SENDI 2004
XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Padronização de Indicadores Estatísticos para Sistemas de Distribuição Aéreos em Média Tensão (SDMT)

Guilherme Filippo Filho
UNESP – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
gfilippo@feg.unesp.br

Palavras-chave: Registro de Interrupções, Indicadores de Desempenho, Sistema de Distribuição - Estatística, Banco de Dados

RESUMO:

Conforme Resolução da ANEEL, as empresas de distribuição de energia elétrica são obrigadas a registrar todas as interrupções sustentadas, isto é, com duração superior a 1 minuto, com vistas à apuração dos indicadores de continuidade. Os registros devem indicar os fatos geradores das interrupções. Não existe uma padronização entre as concessionárias brasileiras para o registro dessas ocorrências. Mesmo dentro de uma determinada concessionária é possível observar enormes discrepâncias entre as estatísticas de causas de desligamentos entre conjuntos de apuração em tudo similares. Esse trabalho propõe uma forma padronizada para registro de ocorrências de interrupções para os sistemas de distribuição aéreos em média tensão (SDMT), posto que são dominantes por todo o Brasil. Os registros são codificados de forma a identificar o desligamento, as condições climáticas sob as quais ele ocorreu e classificá-lo quanto ao tipo, forma, modo e causa. A codificação visa a obter um banco de dados compacto com todos os registros. Diversos indicadores de desempenho do SDMT podem ser obtidos a partir de consultas ao banco de dados. Tais indicadores podem fornecer valiosas informações para a operação, manutenção, planejamento e engenharia das empresas de distribuição de energia elétrica.

1. INTRODUÇÃO

A partir de meados da década de 1.990 passou a ser dispensada grande atenção à qualidade do fornecimento de energia elétrica aos consumidores. Índices de qualidade de fornecimento tornaram-se de conhecimento público, especialmente os de continuidade. Metas foram estabelecidas pelo agente regulador, as quais são rigorosamente fiscalizadas. Os consumidores tornaram-se mais exigentes. De usuários passivos passaram a consumidores ativos. Cada vez mais as empresas concessionárias de distribuição são duramente cobradas pelas ocorrências de interrupção do fornecimento.

De uma maneira geral, as concessionárias lograram notável evolução dos seus sistemas de registro e apuração dos índices de continuidade. Muitas delas dispõem de sistema com certificação ISO 9.000. Os investimentos em tecnologia de informação, call-center, data-center, sistemas de informações georeferenciados e centros de operação foram expressivos nesses últimos anos. Hoje em dia nota-se investimentos crescentes em sistemas de telesupervisão e telecomando. Tudo isso tem sido feito com objetivo final de melhorar a qualidade do serviço.

Para o consumidor pouco importa as razões pelas quais houve interrupção do fornecimento de energia elétrica. Sempre será "culpa da concessionária". Em verdade, as interrupções ao consumidor final devem ser segregadas em quatro diferentes níveis de atribuição:

- suprimento (geração e transmissão);
- sistemas de distribuição em alta tensão (SDAT);
- sistemas de distribuição em média tensão (SDMT) e
- sistemas de distribuição em baixa tensão (SDBT).

A partir de dados apurados no ano de 2002 pela CSPE – Comissão de Serviços Públicos de Energia, conclui-se que, em média, 25% do DEC e 19% do FEC do conjunto das distribuidoras paulistas foram atribuídos às interrupções do suprimento.

O exame dos índices DEC e FEC de determinada concessionária do Estado de São Paulo durante os anos de 2.002 e 2.003 apontam uma contribuição do SDAT para o DEC, inclusive suprimento, de 12% e 10%, respectivamente. Para o FEC a contribuição foi maior, atingindo 28% em média.

Observações levadas a efeito na Califórnia durante cinco anos (HORTON, 1.991) pela Pacific Gas & Electric (PG&E), envolvendo 85 alimentadores de zona rural e 95 de zona urbana, mostram que o número dos desligamentos sustentados tiveram a seguinte distribuição participativa: 10% de suprimento, 15% de falhas de equipamentos e materiais e 75% de agentes externos. Para todos os efeitos este trabalho considera desligamento sustentado todos aqueles com duração superior a 1 minuto, com ou sem interrupção de carga ao consumidor.

Existe um senso comum de que os desligamentos das redes de baixa tensão pouco afetam os indicadores globais de continuidade DEC e FEC. Isto posto, fica óbvio que o sistema de distribuição em média tensão (SDMT) é o principal responsável pelas ocorrências de interrupção de energia elétrica para o consumidor final em média e baixa tensão. Por sua vez, os sistemas de distribuição em média tensão são predominantemente aéreos com cabos condutores nus. Esses sistemas estão

totalmente expostos às intempéries do clima, ao meio ambiente e à ação do homem. É mister que cada empresa concessionária de distribuição isoladamente, e todas em conjunto, tenham informações precisas das verdadeiras razões que acarretam as ocorrências de desligamentos de seus sistemas, e por conseqüência, interrupção do fornecimento ao consumidor.

De posse dessas informações é possível elaborar análises estatísticas que identifiquem o desempenho do sistema, bem como identificar as providências necessárias para sua melhoria, entre elas: adequação da programação da operação e manutenção, novas concepções de projeto e engenharia, melhoria dos esclarecimentos ao consumidor, redução de custos operacionais, etc. O próprio agente regulador teria melhor base para o estabelecimento de metas de continuidade e de fiscalização dos aspectos técnicos e operacionais. Portanto, os registros das ocorrências de desligamentos sustentados dos SDMT precisam ser padronizados de forma objetiva, clara e precisa. O desenvolvimento de um sistema com esse propósito é o objetivo principal deste trabalho.

2. DESLIGAMENTOS DO SDMT

Os sistemas de distribuição aéreos em média tensão (SDMT) são predominantes no Brasil. Alimentadores aéreos partem das subestações (SEs) e avançam pelas vias urbanas e rurais com vistas a levar a energia elétrica para consumidores ligados em média (A3a e A4) e baixa tensão (B). Como ordem de grandeza, estima-se que existam por volta de 20.000 alimentadores no Brasil, aos quais estão conectados cerca de 50 milhões de unidades consumidoras BT e AT. Os alimentadores radiais com recursos são os mais adotados nas regiões metropolitanas e nas zonas urbanas das cidades. A ocorrência de sistemas subterrâneos de distribuição geralmente está circunscrita às zonas centrais das regiões metropolitanas. Como já mencionado, sistemas aéreos estão inteiramente expostos às intempéries do clima, ao meio ambiente e à ação do próprio homem. Devido às ações do clima e do meio ambiente é de se esperar que os índices de continuidade apresentem uma forte componente sazonal. O gráfico 1 mostra as médias de DEC e FEC para os anos de 2.002 e 2.003, excluídas as contribuições do suprimento e do SDAT, de uma certa concessionária paulista. O caráter sazonal fica claramente evidenciado.

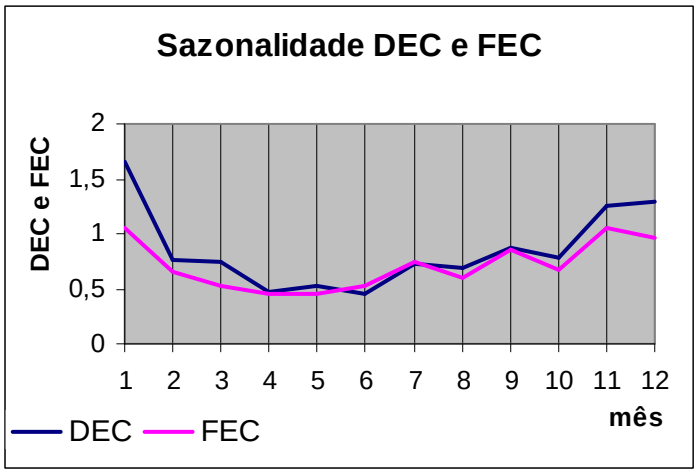

Gráfico 1: média DEC e FEC, 2.002 e 2.003, SDMT.

2.1 Descargas atmosféricas

Os meses de novembro a março são os mais difíceis para os sistemas aéreos de distribuição em razão das chuvas e ventos mais intensos e, especialmente, da maior incidência de descargas atmosféricas. A literatura é farta no apontamento das interferências do clima em geral, e das descargas atmosféricas em particular, como principais causas de desligamentos dos sistemas de distribuição em média tensão. Estudos comparativos entre três distribuidoras norte-americanas (McDANIEL, 2.003) deixam claro que existe uma componente constante dos desligamentos ao longo dos meses e um pico no verão devido a descargas atmosféricas e outras causas.

Uma análise que envolveu o maior período de observação foi realizada no Oak Rigde National Laboratory – Tennessee (TOLBERT, 1.997). Durante 32 anos todos os desligamentos de 8 alimentadores do laboratório foram precisamente registrados. A tabela 1 sintetiza os resultados.

TABELA 1: Causas de desligamentos verificados de 1.960 a 1.992

Causas dos desligamentos	**% ocorrência**
Clima	56 %
Animais	4 %
Equipamento	21 %
Erro humano	13 %
Desconhecido	5 %

Mais da metade dos desligamentos está associada à ação do clima (56%), sendo que 75% desses estão diretamente correlacionados às descargas atmosféricas. Por outro lado, dos desligamentos atribuídos à falha de equipamentos (21%), 9% está associado a danos de isoladores pela ação de descargas.

O monitoramento, durante três anos, numa área de teste da Florida Power Company (PARRISH, 1.991), de 2.448 transformadores aéreos de distribuição e suas respectivas chaves fusíveis indicou uma taxa de falhas estimada em 0,25% para os transformadores, e de 0,43% de atuação de fusíveis de transformadores, devido a ação de descargas atmosféricas. A taxa total de falhas observadas dos transformadores foi de 0,79% e de atuação de fusíveis foi de 3,54%. A incidência de descargas medida foi de 10,2 descargas/km^2/ano. Para cada 10.000 transformadores, 25 seriam danificados anualmente e 43 fusíveis de proteção atuariam pela ação direta das descargas atmosféricas.

Levantamento desenvolvido pela TEPCO – Tokio Electric Power Co. (HIRAI, 2.004) durante cinco anos mostrou que numa região urbana com 3,4 descargas/km^2/ano, as redes de distribuição foram diretamente atingidas com um índice de 0,24 descarga/km de rede/ano. Cerca de metade (51,5%) das descargas que atingiram a rede diretamente provocaram falta que levaram à atuação do relé da subestação, com ou sem religamento automático – desligamentos momentâneos ou sustentados. Em contrapartida, apenas 3,1% das descargas indiretas provocaram falta. Considerando o

maior número de descargas indiretas, os desligamentos apresentaram uma freqüência de 81% para as descargas diretas contra 19% para as indiretas.

Estudos comparativos entre três companhias de distribuição norte-americanas (McDANIEL, 2.003) indicam uma correlação linear entre o número de desligamentos e descargas atmosféricas. O fator de correlação (R^2) é mais intenso quanto maior o nível de incidência de descargas. A tabela 2 mostra o fator de correlação obtido, enquanto a figura 1 ilustra a forma da regressão linear considerada. Para $R^2 > 0,80$ a correlação é aceitável. Para $R^2 > 0,90$ a correlação é considerada muito boa.

TABELA 2: Fator de correlação desligamentos x descarga

Região	**Descargas/ km^2/ano**	**R^2**
Detroit	2,1	0,52
Carolina S e N	3,9	0,82
Florida	9,3	0,93

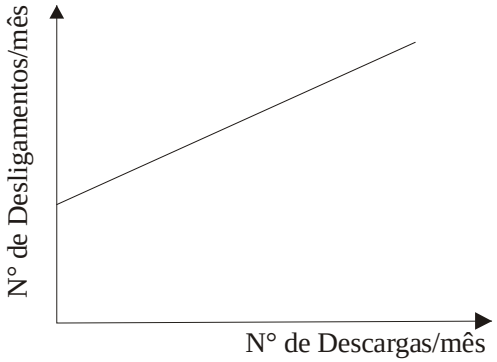

Figura 1: ilustração desligamentos x descargas.

Além da sazonalidade dos desligamentos a literatura faz referência à distribuição das ocorrências ao longo das horas do dia. As ocorrências de desligamentos associados às descargas atmosféricas são mais acentuadas no período vespertino e nas primeiras horas da noite (CHISHOLM, 2.001). Em regiões mais elevadas ou montanhosas as ocorrências tendem a ser mais intensas se comparadas com regiões planas (TOLBERT, 1.997). O mesmo estudo mostra que a elevação do nível de isolamento reduz substancialmente os desligamentos devido às descargas.

Recente trabalho realizado pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - mapeou a distribuição da incidência de descargas atmosféricas por todo o território nacional (INPE, 2.004). Destaca-se a tremenda variação registrada, desde regiões com 0,5 descarga/km^2/ano até regiões com mais de 15 descargas/km^2/ano. De acordo com normas internacionais (IEEE, 1.997) isso pode implicar em diferenças de incidência direta de descargas sobre as redes de até 100 vezes. Como exemplo para reforçar a afirmação acima, a incidência de descargas na área de concessão da BANDEIRANTE é superior em cerca de 50% à da área de concessão da CPFL Paulista. Registra-se ainda que em regiões metropolitanas as taxas de incidências podem variar enormemente entre áreas próximas. Por tudo isso é de se esperar que os índices de continuidade sejam afetados diferentemente entre as diversas

concessionárias. Evidentemente que além do nível de incidência deve-se ter atenção às normas de projeto adotadas para os alimentadores aéreos (IEEE, 1.997).

2.2 Outros fatores

Além das descargas atmosféricas, muitos outros fatores externos contribuem para desligamentos dos SDMT. A ocorrência de objetos estranhos sobre os alimentadores é uma constatação comum nas redes brasileiras, entre elas destacam-se as pipas e papagaios, sapatos e tênis, e especialmente, árvores e galhos. O vandalismo contra as redes infelizmente tem sido crescente. Acidentes de todos os tipos, particularmente de trânsito, são registrados com lamentável rotina.

Relatos bem sintetizados de ocorrências dessas naturezas na CEMIG já foram publicados (RAGONE FILHO, 2.001). Os desligamentos por interferência da vegetação também já foram bem estudados, inclusive com desenvolvimento de algoritmos para otimização da manutenção referente a poda e corte de árvores (KUNTZ, 2.002). Os índices de desligamentos de transformadores de distribuição e suas respectivas chaves fusíveis também já foram amplamente examinados (PARRISH, 1.991).

As falhas de equipamentos e materiais, ou simplesmente falha de componentes, podem responder por 15% dos desligamentos (HORTON, 1.991). Nessa estimativa foram considerados apenas os componentes principais: transformador aéreo de distribuição, chave fusível, chave seccionadora, capacitor, religador, condutor e regulador de tensão. As falhas em conectores parecem ter uma contribuição significativa para os desligamentos (PARRISH, 1.991). Todas essas ocorrências costumam ser classificadas como falhas internas ou próprias do sistema. Óbvio que as intempéries do clima, como vento forte e descargas atmosféricas, acabam agindo como indutores de falhas.

A deterioração da taxa de falhas com a idade dos componentes impactam os índices de continuidade (ROSS, 2.001). Para as regiões metropolitanas e urbanas, os índices de continuidade são bastante sensíveis à idade das chaves seccionadoras e fusíveis.

O fator humano, aqui entendido como erro de operação, manutenção, montagem ou projeto, também contribui de forma considerável nos desligamentos do SDMT. Numa instalação considerada como referência, cerca de 13% das ocorrências de desligamento se devem ao fator humano (TOLBERT, 1.997).

Em apertada síntese, os fatores de desligamentos sustentados de SDMT podem ter suas origens no suprimento (incluindo o SDAT), clima, meio ambiente, terceiros e aquelas consideradas como próprias do sistema.

3. REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE DESLIGAMENTOS

Através da Resolução ANEEL n° 24/2000 e alterações posteriores, o agente regulador exige que o fato gerador da interrupção seja registrado. O reconhecimento da importância desses registros vem de longa data. Há mais de 20 anos o antigo CODI já propunha uma forma padronizada de registros de ocorrências (ELETROBRÁS, 1.982). Entretanto, ainda hoje essa padronização não é aplicada de forma geral. Mais ainda, dentro de uma mesma empresa concessionária de distribuição são

observados registros feitos sem qualquer critério metodológico mais consistente. Não raro, da análise de dados coletados resultam indicadores estatísticos completamente discrepantes entre conjuntos de apuração considerados similares. Muitas vezes sequer existe a possibilidade de registro de desligamentos associados às descargas atmosféricas. Chega a ser espantoso o registro de causas consideradas como “indeterminadas”, “não-classificadas” e “outras”. Enfim, os esforços para registrar os fatos geradores dos desligamentos muitas vezes não trazem quaisquer benefícios para as empresas, e muito menos para o agente regulador, resultando num esforço inútil. Bem verdade que, com a progressiva unificação dos centros de operação de distribuição, a qualidade das informações registradas vem apresentando alguma melhora.

Os registros dos desligamentos devem ser claros, precisos e concisos. A terminologia precisa ser uniforme. Não pode haver espaço para interpretações. Para os sistemas de transmissão existe inclusive norma sobre os termos empregados para registro de desligamentos (IEEE, 1.987).

A seguir são descritos os blocos de informações sugeridas para o efetivo registro dos desligamentos.

3.1 Identificação e condições dos desligamentos

Tendo como foco principal o alimentador e todos os seus componentes, o primeiro bloco de registros consiste na identificação do alimentador afetado, hora e data da ocorrência (início e fim), carga afetada, número de consumidores atingidos, indicadores de continuidade apurados e as condições climáticas reinantes no momento da ocorrência. Com relação às condições climáticas se propõe uma abordagem bastante inovadora. Em primeiro lugar é mister que se registre se as condições das instalações estavam SECAS ou MOLHADAS. A condição molhada pode significar que chovia no instante da ocorrência ou que choveu momentos antes. Importa registrar que as condições de isolamento elétrico do SDMT molhado ficam piores que numa situação normal, ou seja, situação seca. Ao invés de registrar uma situação climática simplesmente como adversa, deve-se procurar atribuir um grau de adversidade. O grau de adversidade é crescente em função dos riscos impostos ao SDMT, conforme escala sugerida na tabela 3.

TABELA 3: Grau de adversidade climática

GRAU	CARACTERÍSTICA
0	tempo seco normal, sem chuva, vento ou trovoada
1	garoa/chuva leve, sem vento forte
2	chuva forte, sem vento forte
3	vento forte
4	trovoada
5	chuva/trovoada, vento/trovoada, chuva/vento
6	tempestade (chuva/vento/trovoada)

Com o intuito de depurar registros imprecisos deve-se anotar se havia ou não incidência de descargas atmosféricas na região de ocorrência do desligamento. Para isso, sugere-se utilizar as

informações do sistema RINDAT – Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas. Em que pese algumas limitações quanto à precisão relativa à localização das descargas, é possível colocar registros conflitantes sob suspeita. O sistema RINDAT vem evoluindo de forma extraordinária. Especialmente para as regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste é de todo conveniente anotar se havia aproximação de frente fria no dia da ocorrência.

Também se propõe que seja anotada a temperatura no momento da ocorrência bem como a máxima temperatura registrada no dia. Materiais podem sofrer micro fissuras em decorrência de choque térmico. Quedas abruptas de temperaturas associadas a um incremento de troca de calor propiciada pela água de chuva incidente podem agravar a deterioração de materiais. Esse fenômeno merece ser investigado. Por isso a proposta desses novos registros.

3.2 Classificação dos desligamentos forçados

Um primeiro registro a ser anotado sobre a classificação do desligamento diz respeito ao **tipo** do evento: programado ou forçado. O desligamento programado é aquele que tem data e hora previamente estabelecidas. Os consumidores afetados foram avisados com antecedência, conforme determina a legislação. A hora do restabelecimento é previsível. Nesses casos devem ser registrados os motivos que levaram ao desligamento, quais sejam: MANUTENÇÃO PROGRAMADA, OBRAS PRÓPRIAS DE MELHORIA/ADEQUAÇÃO, OBRAS PRÓPRIAS DE EXPANSÃO, ATENDIMENTO A TERCEIROS. O atendimento a terceiros geralmente se refere a obras viárias de responsabilidade do poder público. No caso de desligamento programado os registros terminam nesse ponto. Nos casos de desligamentos forçados, as anotações de informações prosseguem adiante.

Em contraposição ao desligamento programado existe o desligamento forçado. A **forma** desse desligamento pode ser AUTOMÁTICA ou MANUAL. O desligamento MANUAL presume alguma forma de intervenção por ordem da operação. Embora não haja qualquer tipo de falta, o desligamento deve ser feito sem que haja uma programação prévia. Os consumidores não são avisados com antecedência. Geralmente são desligamentos efetuados em situações consideradas de urgência ou emergência. Muitos os classificam como desligamento por precaução. Tais desligamentos podem ser motivados pelo próprio SDMT, isto é, por razões internas. Exemplos típicos: manutenção corretiva de emergência e manobras operacionais de emergência. Também existem os desligamentos motivados por razões externas ao SDMT. Em geral são desligamentos solicitados por agentes de segurança pública, especialmente pelo Corpo de Bombeiros. Tais desligamentos visam evitar riscos para vida ou patrimônio e, também, para o próprio SDMT. Exemplos típicos: resgate de pessoas ou animais, inundação, incêndio, etc. No caso de um evento de desligamento forçado na forma manual os registros terminam nesse ponto. Caso os desligamentos se dêem na forma AUTOMÁTICA, mais informações precisam ser coletadas.

A absoluta maioria das ocorrências de desligamento dos SDMT se dá na forma AUTOMÁTICA. Salvo raras exceções o desligamento se dá pela atuação de algum dispositivo de proteção em conseqüência de curto-circuito, sobrecarga ou distúrbio de tensão. Mais raramente pode ocorrer a falta de tensão por algum tipo de descontinuidade sem que haja a atuação de algum

dispositivo de proteção. É conveniente que se registre qual, ou quais, dispositivos atuaram, tais como: disjuntor da subestação; fusíveis de tronco, ramal ou sub-ramal de alimentador; fusíveis de entrada de consumidor; fusíveis de transformador; fusíveis de outros componentes; chave religadora; outros dispositivos; sem atuação (descontinuidade). Deve-se ter mente que **modo** da atuação pode ser único ou múltiplo. No último caso mais de um dispositivo atua na mesma ocorrência, fato que deve ser convenientemente registrado.

3.3 Classificação das causas dos desligamentos automáticos

Por fim, a tarefa mais difícil, fazer o registro da **causa**, ou causas, consideras suspeitas de provocarem o desligamento. As ações que provocam desligamentos têm origem interna ao próprio SDMT ou decorrem de interferências externas. Por sua vez, as interferências externas se devem ao meio ambiente (natureza) ou a ações de terceiros (homem). Nem sempre será possível identificar com precisão a interferência externa que provocou o desligamento.

Entre as ações de terceiros, as mais comuns são: lançamento de objetos estranhos sobre a rede, atos de vandalismo ou sabotagem, acidentes com veículos (abalroamentos) e outros tipos de acidentes. O lançamento de objetos estranhos pode ser sub-classificado. Em zonas urbanas é muito comum a ocorrência de pipas e papagaios sobre a rede bem como de tênis e sapatos. Invariavelmente essas ações se devem a brincadeira de crianças. Outros objetos também podem ser lançados sobre a rede em conseqüência de ventos fortes, como telhas metálicas. Deve-se observar que nesta situação a causa direta é o lançamento de objeto estranho e não a ação do vento. Os atos de vandalismo ou sabotagem devem ser registrados quando existe ação deliberada para provocar danos à rede elétrica. Um balão que caia sobre a rede não é considerado como vandalismo, mas sim como objeto estranho lançado. Com respeito aos outros tipos de acidentes podem ser registrados uma infinidade de situações, como por exemplo: manipulação de antena de televisão e outdoors; obras de construção civil; obras de outras empresas usuárias da mesma estrutura física – telefonia e TV a cabo; etc. Nem sempre será possível identificar a ação de terceiros. Tome o exemplo de uma telha metálica lançada durante uma ventania que se choca contra a rede, provoca a falta, e continua sua trajetória caindo distante do local do impacto contra rede. Após a inspeção a equipe de operação não terá condições de identificar a causa que provocou a falta.

As principais ações do meio ambiente que induzem desligamentos são as descargas atmosféricas e o lançamento de galhos e árvores sobre a rede. Em menor proporção observam-se ações causadas por pássaros e outros animais e pelo fogo em vegetação, particularmente na zona rural. A ação do vento deve sempre ser classificada como causa interna. No caso de rompimento de condutor por ação de forças eólicas o registro deve ser como falha de componentes, posto que os cabos deveriam suportar aquela solicitação. Se os condutores do circuito secundário entram em contato e provocam a atuação do fusível de proteção do transformador, ocorreu um defeito de componente, posto que esse tipo de curto-circuito deveria ser previsto e evitado. Aliás, os espaçadores (cerca paraguaia) servem para isso. Nunca será possível à equipe de operação afirmar peremptoriamente a ação das descargas atmosféricas. Da análise do banco de dados, aqueles desligamentos com causa não

identificada ocorridos sob os graus 4, 5 ou 6 de adversidade climática, e com registro de incidência de raios pelo RINDAT, estarão sob suspeita da ação direta das descargas atmosféricas.

As causas internas de desligamentos têm as seguintes atribuições: falha/anomalia de suprimento ou SDAT; falha/anomalia de unidade consumidora; fator humano; falha de componentes; defeito de componentes; sobrecarga; distúrbios de tensão; outros. O fator humano se refere aos erros cometidos pelo pessoal de operação ou manutenção. Também são classificados nessa condição os eventuais erros de montagem de novas instalações ou de projeto. Merece destaque a diferenciação entre falha e defeito de componente. A falha pressupõe que o componente deve ser substituído para que haja o religamento. Houve algum tipo de dano material do componente. O defeito exige apenas alguma forma de ajuste, sem que haja a substituição do componente. A atuação de uma chave fusível é natural no caso de faltas do SDMT. Entretanto, ela mesma pode ser a responsável pela sua atuação. Pode-se ter como causa o fator humano quando houver erro na substituição do elo fusível. Pode-se ter uma falha de componente em caso de dano da chave, ou mesmo um defeito em razão de um elo fusível defeituoso.

No caso de falha ou defeito de componentes, esses devem ser apontados para que se possa apurar taxas de falhas com vistas a estudos de confiabilidade. Para evitar uma extensa lista de componentes procura-se um agrupamento em blocos, de acordo com propostas feitas anteriormente (ARORA, 2.001). Os componentes considerados são: linha primária (poste, ferragens, cruzetas, isoladores, condutores, cabos, conectores, muflas, outros), disjuntor/religador (subestação, outros), pára-raios (linha, transformador, outros), chaves fusíveis (linha, transformador, capacitor, regulador, consumidor, outros), chaves seccionadoras, capacitor, regulador de tensão, unidade de transformação (buchas, suportes, transformador) e linhas secundárias.

4. CODIFICAÇÃO PARA O BANCO DE DADOS DOS REGISTROS

Com vistas a reduzir a necessidade de memória para o armazenamento de milhares de registros de ocorrências, foi estabelecida uma codificação para a identificação da ocorrência, condição climática, classificação do desligamento, causas e componente e sub-componentes afetados, conforme tabelas 4, 5, 6, 7 e 8. A forma de codificação foi baseada nas praticadas para desligamentos de sistemas de transmissão dos EUA e Canadá (ADLER, 1.994). Após a identificação, o registro do desligamento teria a formato apresentado na figura 2. A figura 3 mostra um fluxograma simplificado da rotina de registro.

Identificação	CJ	ALIM	di/mi	hi/mi	df/mf	hf/mf	CARGA	CONS
Condições climáticas	A	B	C	D	E	F		

Classificação	TIPO	FORMA	MODO	CAUSA	COMPONENTE
	OX	1X ou 2X	3X	4XY	9XY

Figura 2: Codificação de desligamentos.

TABELA 4: Codificação da identificação

IDENTIFICAÇÃO		N° da ocorrência:	
CJ	Conjunto	2 dígitos	*Nome do conjunto*
ALIM	Alimentador	4 dígitos	*Código do alimentador*
di/hi	Data início	dd/mm	-
hi/mi	Hora início	hh/mm	-
df/hf	Data fim	dd/mm	-
hf/hf	Hora fim	hh/mm	-
CARGA	Carga interrompida	5 dígitos	*Carga estimada em kW*
CONS	Consumidores afetados	4 dígitos	*N° de cons. interrompidos*
-	DEC apurado	4 dígitos	*minutos*
-	FEC apurado	4digitos	-
-	TMA apurado	3 dígitos	*minutos*

TABELA 5: Codificação das condições climáticas

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS			
A	Seco/Molhado	1 dígito	*Seco (0) Molhado (1)*
B	Grau de adversidade	1 dígito	*Conforme texto(0...6)*
C	Incidência raios(RINDAT)	1 dígito	*Não (0) Sim (1)*
D	Aproximação de frente	1 dígito	*Não (0) Sim (1)*
E	Temperatura [°C]	2 dígitos	*No momento*
F	Temp. máx. dia [°C]	2 dígitos	*Máxima do dia*

TABELA 6: Codificação da classificação

CLASSIFICAÇÃO			
TIPO	Forçado (0)	00	**Continue => Forma**
	Programado (0)	01	*Manutenção*
		02	*Obras melhoria*
		03	*Obras expansão*
		04	*Atendimento terceiros*
		05	*Outros*
		=> Fim de registro	
FORMA	Manual (1)	11	*Manobra operacional*
		12	*Manutenção emergência*
		13	*Resgate pessoas/animais*
		14	*Incêndio*
		15	*Inundação*
		16	*Outros*
		=> Fim de registro	
	Automático (2)	21	*Disjuntor/religador SE*
		22	*Ch. Fus. Linha*
		23	*Ch. Fus. Transformador*
		24	*Ch. Fus. Consumidor*
		25	*Ch. Fus.- Outras*
		26	*Ch. Religadora Linha*
		27	*Descontinuidade s/atuação*
		28	*Outros*
		Continue => Modo	
MODO	Único (3)	30	
	Múltiplo (3)	31	*Individualizar atuações*
		Continue => Causas	

TABELA 7: Codificação de causas

CAUSAS		
INTERNAS (41)	410	*F/A suprimento ou SDAT*
	411	*F/A unid. Consumidora*
	412	*Distúrbios de tensão*
	413	*Sobrecarga*
	414	*Falha componentes*
	415	*Defeito componentes*
	416	*Outros*
SE 410/411/412/413/414/416 => FIM; **414/415 => Continue**		
EXT. Meio Amb. (42)	420	*Descargas atmosféricas*
	421	*Galhos e árvores*
	422	*Animais/pássaros*
	423	*Fogo vegetação*
	424	*Outros*
	=> FIM DE REGISTRO	
EXT. Terceiros (43)	430	*Pipas/papagaios*
	431	*Tênis/sapatos*
	432	*Outros objetos estranhos*
	433	*Vandalismo/sabotagem*
	434	*Acidentes c/ veículos*
	435	*Outros acidentes*
	=> FIM DE REGISTRO	
NÃO IDENTIFICADA	400	
	=> FIM DE REGISTRO	

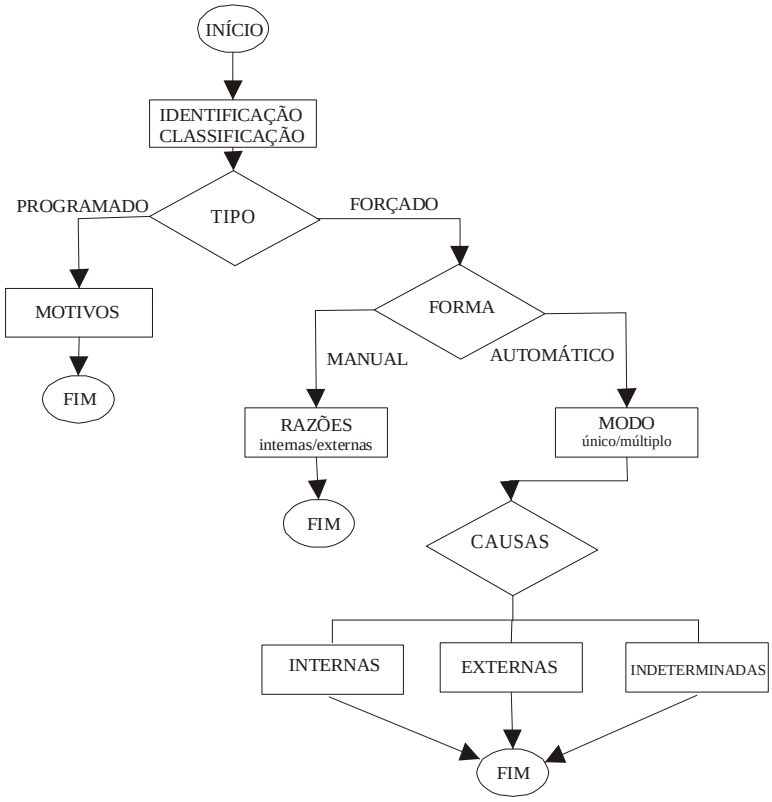

Figura 3: Fluxograma simplificado dos registros.

TABELA 8: Codificação dos componentes

COMPONENTES		
LINHA PRIMÁRIA	900	*Poste*
	901	*Ferragens*
	902	*Cruzetas*
	903	*Isoladores*
	904	*Condutores*
	905	*Cabos*
	906	*Conectores*
	907	*Muflas*
	908	*Outros*
PÁRA-RAIOS	910	*Linha*
	911	*Transformador*
	912	*Consumidor*
	913	*Capacitor*
	914	*Regulador*
	915	*Outros*
CHAVES FUSÍVEIS	920	*Linha*
	921	*Transformador*
	922	*Consumidor*
	923	*Capacitor*
	924	*Regulador*
	925	*Outros*
TRANSFORMADOR	930	*Transformador*
	931	*Buchas*
	932	*Suporte*
DISJUNTOR/RELIG.	941	*SEs*
	942	*Outros*
Ch. SECCIOCNADORA	950	
CAPACITOR	960	
REGULADOR	970	
LINHA SECUND.	980	

Exemplo de registro de ocorrência: atuação de fusível de transformador devido a curto-circuito na rede secundária por queda de árvore, num dia de chuva forte com vento forte sem registro de raio pelo RINDAT e sem aproximação de frente fria, temperatura estimada no momento de 27 °C e máxima do dia igual a 32 °C.

Condições Climáticas:	1	5	0	0	27	32
Classificação:	00	23	30	421	b b b	

O banco de dados resultante com as informações codificadas seria extremamente compacto. Pequenas empresas concessionárias de distribuição poderiam utilizar sistemas básicos, como EXCEL® ou ACCESS®. O agente regulador poderia ter de forma muito compactada os registros de todos os desligamentos anuais de qualquer concessionária. Já foram feitos desenvolvimentos semelhantes em Visual Basic® (CAMILLERI, 1.997).

Mediante a elaboração de simples consultas ao banco de dados, os índices de desempenho da prestação dos serviços poderiam ser obtidos de forma expedita, desde que conhecidos os ativos físicos

da empresa. Tais índices trariam indicações muito mais valiosas que os indicadores de qualidade tradicionais.

5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Com os dados registrados é possível obter diversos indicadores de desempenho do sistema de distribuição segmentados por alimentador, por conjunto, por concessionária, por estado, por região e para o país. Os indicadores podem ser parametrizados desde que se conheçam os ativos de distribuição e as características do mercado. As taxas de falhas de componentes e sub-componentes também podem ser obtidas com precisão. Muitos resultados podem ser apresentados por histogramas ou gráficos. A lista abaixo sugere alguns dos muitos indicadores possíveis ou com quaisquer combinações desejadas. Considerar Nd como número de desligamentos sustentados (> 1 minuto) em função do:
Período: Nd/ (ano, mês, horas do dia);
Local: Nd/ (alimentador, conjunto, área, empresa, região, país);
Condições: Nd/ (grau de adversidade climática, descargas atmosféricas, variação de temperatura);
Características: Nd/ (carga, consumidor, extensão de rede, n° de transformadores);
Classificação: Nd/ (tipo, forma, modo, causas);
Componentes: Nd/ (componentes, sub-componentes).

São inúmeras as possibilidades de análises de desempenho dos sistemas de distribuição aéreos. A título de curiosidade, pode-se ter o histograma de impacto dos desligamentos (ARORA, 2.001) que nada mais é que o Nd em função do número de consumidores afetados. Alimentadores que apresentem 90% dos desligamentos afetando menos de 10% dos seus consumidores são considerados com bom desempenho.

Nem de longe a proposta de registro das ocorrências de desligamentos dos SDMT pretende ser definitiva. A padronização de uma forma de registro traria ganhos para todos, uma vez que as fortalezas e fraquezas dos SDMT ficariam evidenciadas, permitindo a busca de melhorias com o menor custo possível.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HORTON, W. F.; GOLDBERG, S.; VOLKMANN, C. A. *The failures rates of overhead distribution systems components.* IEEE/PES Transmission and Distribution Conf., 1.991.

McDANIEL, J.; WILLIAMS, C.; VESTAL, A. *Lightning and reliability – a comparison of three utilities.* IEEE Rural Electric Power Conf., 2.003.

TOLBERT, L. M.; DEGENHARDT, L. J.; CLEVELAND , J. T. *Reliability of lightning – resistant overhead lines.* IEEE Industry Applications Magazine, 1.997.

PARRISH, D. E. *Lightning-caused distribution transformer outages on a Florida distribution system.* IEEE Trans. on Power Delivery, 1.991.

HIRAI, T.; TAKINAMI, T.; OKABE, S. *Monitoramento de descargas atmosféricas em redes de distribuição reais.* Revista Eletricidade Moderna, 2.004.

CHISHOLM, W. A.; CRESS, S. L.; POLAK, J. *Lightning-caused distribution outages.* IEEE/PES Transmission and Distribution Conf., 2.001

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IEEE Std. 1.410-1997 *Guide for improving the lightning performance of electric power overhead distribution.* IEEE, 1.997.

RAGONE FILHO, J. A.; PINTO, E.L.F.; CUNHA, A.J.B. *Methodology for enhancing the performance of non-insulated overhead distribution lines.* CIRED, 2.001

KUNTZ, P. A.; CHRISTIE, R. D.; VENKATA, S. S. *Optimal vegetation maintenance scheduling of overhead electric power distribution systems.* IEEE Trans. on Power Delivery, 2.002.

ROSS, D.; WELCH, G. V.; WILLIS, H. L. *Sensitivity of system reliability to component aging in metropolitan urban and rural areas.* IEEE/PES Transmission and Distribution Conf., 2.001

ELETROBRÁS/CODI – Comitê de Distribuição *Desempenho de sistemas de distribuição.*Coleção Distribuição de Energia Elétrica, V. 3; Ed. Campus/Eletrobrás, 1.982.

IEEE Std. 859-1987 *IEEE standard terms for reporting and analyzing outages occurrences and outage states of electrical transmission facilities.* IEEE, 1.987.

ARORA, R. & McMAHON, T. *A case study on reliability improvement of 10 worst performing feeders in Niagara Mohawk power Corp. (NMPC) service territory.* IEEE/PES Transmission and Distribution Conf., 2.001.

ADLER R.B. (Chairman) *An IEEE Survey of U. S and Canadian overhead transmission outages at 230 kV and above.* (IEEE Data Analysis Task Force, Working Group on Statistics of Line Outages) IEEE Trans. on Power Delivery, 1.994.

CAMILLERI, J. S. & CHANDRASEKARAN, A. *Design of service failure database for determing distribution reliability using approved reporting standard.* IEEE - 29ª Southeastern Symp. on System Theory, 1.997.