

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

BASE DE DADOS PARA ESTUDOS DE CONFIABILIDADE EM
SISTEMAS DE POTÊNCIA

TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA PARA OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

EDSON LUIZ DA SILVA

FLORIANÓPOLIS, DEZEMBRO - 1985

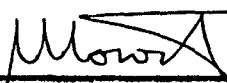
BASE DE DADOS PARA ESTUDOS DE CONFIABILIDADE EM SISTEMAS DE POTÊNCIA

EDSON LUIZ DA SILVA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

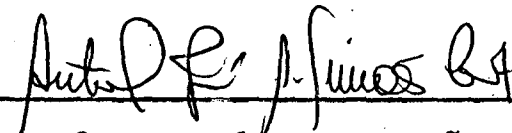
MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA ELÉTRICA E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO



Prof. MARCIANO MOROZOWSKI FILHO, M.Sc.

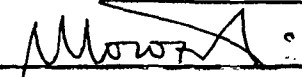
ORIENTADOR



Prof. ANTÔNIO JOSÉ ALVES SIMÕES COSTA, Ph.D.

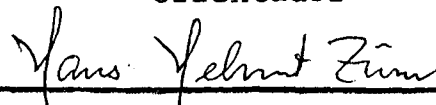
COORDENADOR DO CURSO

BANCA EXAMINADORA :

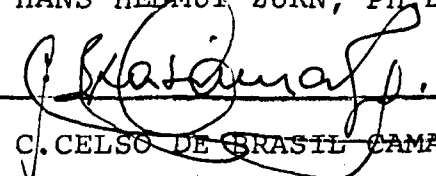


Prof. MARCIANO MOROZOWSKI FILHO, M.Sc.

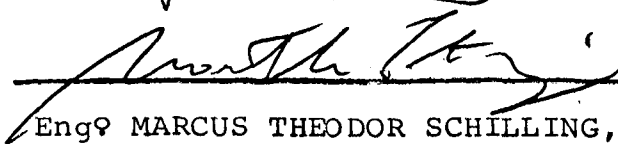
Orientador



Prof. HANS HELMUT ZÜRN, Ph.D.



Prof. C. CELSO DE BRASIL CAMARGO, M.Sc.



Eng. MARCUS THEODOR SCHILLING, D.Sc.

A meus pais ENO e MARIA

A minha esposa MADALENA

A minha filha CAMILA

A G R A D E C I M E N T O S

Gostaria de externar meus agradecimentos às entidades e pessoas sem as quais seria impossível a realização deste trabalho.

Ao Prof. Marciano Morozowski Filho, pela amizade e dedicação dispendida na orientação.

À Universidade Federal de Santa Catarina e em especial à Coordenadoria de Pós-Graduação.

Aos Departamentos de Planejamento do Sistema (DPS), de Operação do Sistema (DOS) e de Recursos Humanos (DRH) da Centrais Elétricas do Sul do Brasil S. A. - ELETROSUL, pelo apoio dado.

Aos colegas de trabalho, pelo interesse, ajuda e sugestões.

A minha esposa Madalena, pelo apoio e compreensão durante todas as fases do trabalho.

R E S U M O

A crescente utilização de metodologias probabilísticas no planejamento do sistema elétrico brasileiro tem evidenciado, de forma clara, a indisponibilidade ou inadequação de estatísticas de desempenho do sistema e de seus componentes, na forma e na amplitude requerida pelos métodos e modelos de confiabilidade em uso e em desenvolvimento no setor. A superação desta dificuldade requer um esforço coordenado entre as equipes de operação, manutenção e de planejamento das empresas, o que só poderá ser efetivado pelo estabelecimento de procedimentos e terminologias uniformes e ajustados à realidade e necessidade das empresas.

Tendo em vista a superação das dificuldades apresentadas, este trabalho tem por finalidade prover uma base técnica para discussão objetiva do problema e posterior encaminhamento do tema. Para tanto é apresentado o "ante-projeto" de uma base de dados, compreendendo: levantamento das necessidades e da disponibilidade de dados estocásticos, a formulação de terminologia compatível com o enfoque de sistemas compostos, análise e especificação dos procedimentos de coleta, classificação, registro, recuperação e tratamento de dados, necessários para a implantação com sucesso de uma base de dados.

Com vistas a melhor explicitar a estrutura de

classificação proposta são apresentados exemplos de classificação a partir de registros históricos de eventos ocorridos em sistemas de potência.

A B S T R A C T

The growing utilization of probabilistic methodologies in the Brazilian electric system planning has shown the scarcity of system and component performance statistics, both in the form and in the extension required for the reliability models in use and under development. To overcome this difficulty, a coordinated effort is necessary among the utilities planning, engineering and operations staff, which demands the establishment of procedures and a uniform terminology, shaped to the needs and realities of each utility.

From this point of view, this work provides a sound technical basis for both the discussion and the development of a power system reliability data base. The results of this work may be synthesized as the "blue-print" of a data base, encompassing a survey of reliability data requirements and availability, the formulation of a terminology adjusted to the composite systems theory, the analysis and specification of data collection, classification, storage and retrieval procedures, as well as the statistical treatment requirements, all of these being fundamental for successful data-base implementation. Additionally, examples of power system failure event classification are presented to clarify the classification procedures.

S U M Á R I O

CAPÍTULO I: Introdução	1
1.1 - A confiabilidade no contexto do planejamento dos sistemas de potência	1
1.2 - Aplicações potenciais de uma base de dados e justificativa de sua implantação	5
1.3 - Desenvolvimento do trabalho	7
CAPÍTULO II: Dados necessários para estudos de confiabilidade de sistemas de transmissão	11
2.1 - Etapas de um estudo de confiabilidade.	11
2.1.1 - Estabelecimento dos objetivos e escolha dos índices de confiabilidade	11
2.1.2 - Modelagem matemática	14
2.1.3 - Aquisição dos dados necessários	15
2.1.4 - Estabelecimento dos critérios	16
2.1.5 - Cálculo dos índices e avaliação dos resultados	18
2.2 - Natureza dos dados necessários para estudos de confiabilidade	18
2.3 - Requisitos de dados probabilísticos	22
2.3.1 - Modelos disponíveis na literatura	23

2.3.2 - Dados necessários à aplicação dos modelos computacionais em uso ou em desenvolvimento no Brasil	43
2.4 - Conclusão	46
CAPÍTULO III - Estado da Arte em Sistemas de Estatística .	47
3.1 - Evolução Histórica dos Sistemas de Es tatística	47
3.2 - Proposta de uma base de dados segundo EPRI	75
3.3 - Disponibilidade de dados estocásticos a nível nacional	83
3.4 - Resumo e conclusões	86
CAPÍTULO V - Especificação geral da base de dados	87
4.1 - Introdução	87
4.2 - Funções da base de dados	88
4.3 - Aquisição e tratamento de informações.	90
4.4 - Informações supridas pela base de da dos	92
4.5 - Estrutura da base de dados	94
4.5.1 - Terminologia	96
4.5.2 - Procedimento de coleta e críti ca dos dados de entrada	96
4.5.3 - Critérios e procedimentos de classificação dos dados de en trada	97

4.5.4 - Critérios e procedimentos de recuperação de dados	101
4.5.5 - Critérios e procedimentos para estimativa de parâmetros esta- tísticos	101
CAPÍTULO V - Conceitos e terminologia para coleta, regis- tro e análise de estatísticas de desempenho.	
5.1 - Introdução	103
5.2 - Definições gerais	104
5.3 - Classificações de componentes	106
5.4 - Eventos, estados de componentes e expo- sição	115
5.5 - Estatísticas	126
CAPÍTULO VI - Sistema de coleta, classificação e recupera- ção de dados	
6.1 - Introdução	131
6.2 - Sistema de coleta e crítica dos dados de entrada	132
6.3 - Sistema de classificação dos dados de entrada	139
6.3.1 - Classificação de componentes .	140
6.3.2 - Sistema de classificação dos dados de componentes	147
6.3.3 - Sistema de classificação de eventos	152
6.3.4 - Critérios de atribuições de fa- lhas	157

6.4 - Sistema de recuperação de dados . . .	159
6.5 - Exemplos de classificação e registro dos dados de entrada	159
6.5.1 - Exemplos de cadastro de componentes	159
6.5.2 - Exemplos de classificação e registro dos dados de eventos .	164
 CAPÍTULO VII - Base de dados - conceitos e estrutura . .	189
7.1 - Introdução	189
7.2 - O ambiente da base de dados	190
7.3 - Requisitos funcionais	190
7.4 - Estrutura lógica	192
7.4.1 - Módulos internos	192
7.4.2 - Módulos de interface	194
7.4.3 - Módulos externos	195
7.5 - Interfaces homem-máquina	196
7.5.1 - Tipos de interface	196
7.5.2 - Recursos de hardware	198
7.6 - Gerenciamento da base de dados	198
7.6.1 - Objetivo	198
7.6.2 - Modalidades de acesso à base de dados	199
7.6.3 - Controle das transações . .	201
7.6.4 - Agrupamento de dados - "data pooling"	203
7.6.5 - Recursos humanos	205
7.7 - Estratégia de implantação	206

CAPÍTULO VIII - Considerações finais	
8.1 - Síntese da proposta	208
8.2 - Conclusões	212
8.3 - Recomendações para futuros trabalhos	213
ANEXO I - Formulários e tabelas	215
ANEXO II - Exemplo de estimativas de parâmetros estatísticos	233
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	238

C A P Í T U L O I

INTRODUÇÃO

1.1 - A confiabilidade no contexto do planejamento dos sistemas de potência

O planejamento de sistemas elétricos tem sido historicamente realizado através do uso de critérios determinísticos embora seja conhecido que estes sistemas estão sujeitos à influência de fenômenos aleatórios caracterizando o problema como de natureza essencialmente estocástica. Como principal exemplo de critério determinístico, tem-se a já consagrada consideração de que os sistemas elétricos devem suportar a perda simples de um elemento da rede, sem perda de carga e sem violação de limites de tensão e de carregamento. Tais critérios procuram traduzir, qualitativamente, experiências acumuladas na operação dos sistemas e têm proporcionado resultados satisfatórios do ponto de vista de confiabilidade de suprimento e flexibilidade operacional.

Recentemente a necessidade de ajustamento a conjunturas econômico-financeiras adversas tem levado as empresas a repensar os critérios e procedimentos de planejamento e à adoção de técnicas não triviais, com base em métodos probabilísticos.

Por sua vez, a adoção de métodos e critérios probabilísticos na fase de planejamento, torna-se viável na medida em que haja disponibilidade de modelos probabilísticos e de dados compatíveis com estes modelos.

Com relação ao desenvolvimento da modelagem, seu estágio de desenvolvimento se encontra bastante avançado, não se podendo dizer o mesmo dos dados estatísticos.

A partir desta constatação, fica evidente "(...)" a necessidade de informações básicas sobre o desempenho do sistema de potência e de seus componentes, não só com vistas a balizar o estabelecimento de critérios de risco mas também para permitir a formulação e posterior aplicação de ferramental analítico condizente com a realidade operacional do sistema elétrico brasileiro (...)* ^[01]. Torna-se imperativo portanto, a estruturação e implantação de uma base de dados a fim de viabilizar a realização de estudos de confiabilidade com enfoque probabilístico.

Para tanto, este trabalho tem por objetivo a formulação de um "ante-projeto" de base de dados para aplicações em estudos de confiabilidade enfocando as necessidades do planejamento de sistemas de potência e o dimensionamento de seus componentes principais, através da proposição de uma base técnico-conceitual.

Conceitualmente uma base de dados consiste não só de um conjunto de informações ordenadas segundo critérios pré-definidos, mas incorpora também, um conjunto de procedimentos que abrange desde a coleta de dados sobre componentes e eventos, juntamente com informações relativas a fatores ambientais até a estimativa de parâmetros estatísticos, passando por uma fase de tratamento dos dados.

Pelo exemplo, observa-se que o atendimento a todas essas necessidades, alvos de uma base de dados, com iguais níveis de detalhamento se constitui em meta bastante ambiciosa, implicando na necessidade de se reduzir o universo do problema.

No presente trabalho, a base de dados proposta é restrita ao tratamento de dados associados aos sistemas de transmissão, visando dar subsídios, em primeiro plano, às aplicações no planejamento de sistemas elétricos. Assim as principais aplicações são, em ordem de prioridade na formulação da base de dados, as seguintes:

- 1 - Estudos de confiabilidade a nível de planejamento.
- 2 - Estudos de confiabilidade e gerenciamento do sistema a nível de operação.
- 3 - Projeto de instalações de transmissão.
- 4 - Política de manutenção em instalações de transmissão.

Embora limitada no escopo, a base de dados pode ser dotada com flexibilidade suficiente para viabilizar o intercâmbio de informações com outras bases de dados a nível de geração, desde que os conceitos e a abordagem dada sejam comuns.

Embora recente em termos nacionais, a preocupação de se estabelecer uma base de dados nesse sentido, a nível internacional, os primeiros esforços começaram por volta de 1962, através da constituição de um Comitê formado pelos Comitês de Transmissão e Distribuição do Edison Electric Institute (EEI) e do Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). Este Comitê tinha por objetivos principais:

- 1 - obter estatísticas de causas para as saídas de linhas de transmissão;
- 2 - correlacionar as causas das saídas com os projetos das linhas de transmissão e características do sistema;
- 3 - agregar estas informações para subsidiar a operação e o projeto de linhas de transmissão.

Já a nível nacional, encontram-se consolidados os sistemas de estatísticas da Comissão de Integração Elétrica Regional (CIER) e do Grupo de Trabalho da Proteção (GTP) do GCOI - Grupo Coordenador para Operação Interligada, ambos voltados basicamente para atendimento às necessidades de operação e manutenção.

Embora tenha havido diversas contribuições ao tema após 1962, somente em 1981, foi realizada a consolidação dos diversos aspectos e formulações alternativas através da proposição de uma base conceitual. Este trabalho foi desenvolvido pela Westinghouse e patrocinado pelo Electrical Power Research Institute (EPRI) ^[02]. Este trabalho tem por objetivo estabelecer a estrutura conceitual e definir os requisitos funcionais de uma base de dados para apoio a estudos de confiabilidade em sistemas de potência, a partir dos conceitos e nomenclatura atualmente em uso neste campo de aplicação de metodologias probabilísticas.

1.2 - Aplicações potenciais de uma base de dados e justificativa de sua implantação

A disponibilidade de informações a respeito do desempenho de componentes e dos sistemas a que pertencem, permite dar subsídios ao estabelecimento de níveis de risco adequados para o planejamento do sistema. No entanto, apesar do uso principal da base de dados serem as aplicações a nível de planejamento, outras aplicações devem ser atendidas a nível de operação e manutenção.

Alguns trabalhos ^[1,2,3] disponíveis na literatura abordam as principais aplicações de uma base de dados, conforme apresentado a seguir:

. Subsidiar o estabelecimento de níveis de risco adequados ao planejamento do sistema de potência e a identificação dos principais modos de falha do sistema.

. Comparar as diversas alternativas de projeto em termos de confiabilidade.

. Comparação do arranjo de subestações em termos de confiabilidade.

. Encontrar um balanço ótimo entre custo e benefício.

. Validação dos modelos de confiabilidade em uso e estabelecimento de outros que melhor representem o desempenho de componentes e de sistema.

. Comparar as frequências de saída de linhas de duplo circuito e de duas linhas na mesma faixa de passagem. Pode ser avaliada a economia nos projetos de linhas de transmissão frente ao impacto na confiabilidade do sistema.

. Identificação de pontos fracos no sistema e de equipamentos que necessitem de maior atenção.

. Avaliar a eficácia das práticas de manutenção.

. Identificar em seu estágio inicial, a incidên-

cia de novos modos de falha introduzidos por alterações na estrutura ou composição do sistema.

. Estabelecer o nível ótimo de estoque de sobressalentes.

. Comparar o desempenho de equipamentos de mesmo tipo e de diferentes origens.

. Informar aos consumidores industriais o nível de confiabilidade do suprimento de potência para comparação com fontes alternativas de energia.

. Avaliar a influência do desempenho de partes do sistema na qualidade e continuidade de serviços ao consumidor.

1.3 - Desenvolvimento do trabalho

As etapas de desenvolvimento do trabalho e seus principais resultados, estão estruturados como segue:

a - Levantamento dos dados necessários para estudos de confiabilidade de sistemas de transmissão (Capítulo II).

b - Levantamento do "estado da arte" em sistemas de estatística (Capítulo III).

c - Especificação geral da base de dados (Capítulo IV).

d - Estabelecimento dos conceitos e terminologia para coleta, registro e análise de estatísticas de desempenho (Capítulo V).

e - Formulação de um sistema de coleta, classificação e recuperação de dados (Capítulo VI).

f - Descrição geral da base de dados - conceitos e estrutura (Capítulo VII).

Complementando as informações básicas, são apresentadas em anexo sugestões de tabelas de códigos e formulários necessários à implantação da base de dados, bem como um exemplo de estimação de parâmetros estatísticos de transformadores, com fins ilustrativos de uma aplicação típica deste tipo de sistema de informação.

Descreve-se a seguir, sucintamente, o conteúdo de cada capítulo, conforme seqüência acima.

No Capítulo II estão apresentados diversos modelos aplicáveis na avaliação da confiabilidade, onde são identificadas as informações necessárias para alimentação desses modelos.

No Capítulo III é apresentado o "estado da arte" em sistemas de estatísticas, procurando-se identificar as características principais destes sistemas. Adicionalmente, explicita-se a disponibilidade atual de dados no âmbito dos sistemas de informações estatísticas em uso no Brasil (BRASEC/CIER e GTP/GCOI). Neste capítulo é verificada a necessidade de se adequar os procedimentos de coleta e classificação de dados coerentemente com o uso, através de um processamento adequado das informações básicas.

No Capítulo IV é apresentada a especificação geral da base de dados, relacionando-se suas características desejáveis.

O Capítulo V descreve os conceitos e terminologia para coleta, registro e análise estatística, visando atender os requisitos especificados no capítulo IV.

A partir das especificações enunciadas no capítulo IV, detalha-se no Capítulo VI, o sistema de coleta, classificação e recuperação de dados.

No Capítulo VII descreve-se a estrutura geral da base de dados e explicitam-se os aspectos relevantes para sua futura implantação no âmbito das Empresas do setor elétrico.

O Capítulo VIII visa sintetizar os principais resultados, conclusões e recomendações para futuros trabalhos nes

ta linha de pesquisa.

C A P Í T U L O II

DADOS NECESSÁRIOS PARA ESTUDOS DE
CONFIABILIDADE DE SISTEMAS DE TRANSMISSÃO2.1 - Etapas de um estudo de confiabilidade¹

Não obstante a diversidade de abordagens metodológicas e técnicas de avaliação quantitativa de índices de confiabilidade disponível atualmente, pode-se identificar, num estudo típico de confiabilidade, várias atividades comuns, quais sejam:

- a) estabelecimento dos objetivos e escolha dos índices de confiabilidade pertinentes;
- b) seleção do método de cálculo dos índices de confiabilidade desejados e desenvolvimento do modelo matemático associado;
- c) aquisição dos dados necessários;
- d) estabelecimento dos critérios de confiabilidade;
- e) cálculo dos índices e avaliação dos resultados.

Estas etapas não são estanques e se interpenetram, podendo os resultados de uma etapa conduzir à revisão de outras. Procura-se analisar, à seguir, alguns aspectos conceituais de cada etapa, bem como as informações necessárias para sua execução.

2.1.1 - Estabelecimento dos objetivos e escolha dos índices de confiabilidade

Estas definições são dependentes, em larga escala,

das informações que o analista necessita para instrumentar o processo decisório, ou seja, da própria finalidade da análise.

No caso da análise de sistemas de potência, um objetivo comum na fase de planejamento é a obtenção de uma seqüência de adições (plano de expansão) que atenda a requisitos de confiabilidade, segurança e economia. Em geral, é possível formular diversas seqüências de expansão, que atendam aos diversos requisitos de maneira não homogênea. Surge então o problema de comparar o desempenho das alternativas sob um enfoque global, que considere as vantagens e desvantagens que as alternativas apresentam, umas em relação às outras. No caso de critérios determinísticos, o índice de comparação global se resume ao custo atualizado de cada alternativa, partindo da pressuposição (nem sempre verdadeira) de que os benefícios são equivalentes. Já com critérios probabilísticos, é possível associar a cada alternativa um índice de mérito homogêneo que reflita, por exemplo, a contribuição de cada alternativa para redução do risco de falha do sistema. Nesse caso o objetivo a ser alcançado na análise pode ser expresso como segue: "quantificar o risco de perda de carga de uma dada alternativa de expansão". Fixado o objetivo, em termos qualitativos, torna-se necessário estipular índices de confiabilidade quantitativos que reflitam de modo consistente, as variações de desempenho entre alternativas.

Conforme evidenciado pelo documento "CONFIABILIDADE DE SISTEMAS ELÉTRICOS - ÍNDICES E CRITÉRIOS" (publicado pelo GCPS/CTST/SGC em 01.12.83) dispõe-se atualmente de um numeroso elenco de índices quantitativos para aferir a confiabilidade de um sistema elétrico. Para orientar a escolha do índice mais adequado em cada

situação, é importante observar se o índice escolhido satisfaz às três condições a seguir:

- (i) o índice é calculável a partir das informações disponíveis sobre o desempenho do sistema e seus componentes;
- (ii) o índice é mensurável a partir dos dados históricos de operação do sistema;
- (iii) comporta-se de modo consistente e previsível em relação às diferenças verificadas entre alternativas distintas.

Como se pode observar, as características (i) e (ii) condicionam, diretamente, a escolha do índice à efetiva disponibilidade de dados de mesma natureza conceitual. Assim, uma base de dados estruturada em termos de probabilidades de falha dificulta ou mesmo impossibilita a aplicação de índices de frequência e duração.

A característica (iii) implica na seleção das classes de eventos que efetivamente diferenciam as alternativas em análise. Mais uma vez, as classes de ocorrência cujas estatísticas estejam disponíveis numa base de dados condicionam os tipos de índices passíveis de seleção.

Como se depreende do exposto, a existência e disponibilidade de uma base de dados é requisito fundamental para fixação dos objetivos e seleção dos índices num estudo de confiabilidade.

2.1.2 - Modelagem matemática

Definidos os objetivos da análise e selecionados os índices de confiabilidade adequados, é necessário estabelecer um modelo matemático conveniente ao cálculo dos índices. O estabelecimento do modelo matemático compreende:

- . determinação do modelo de desempenho do sistema (fluxo de potência DC ou AC, por exemplo);
- . caracterização dos eventos considerados de falha (sobrecarga em componentes, violação de tensão, cascadeamento, etc.);
- . caracterização das medidas corretivas (redespacho, reconfiguração, corte de carga, etc.);
- . identificação dos modos de falha (saídas independentes, dependentes, de modo comum, etc.).

A maior ou menor complexidade do modelo resultante é função direta do grau de detalhe na representação do sistema e de seus componentes, o qual por sua vez é definido pela gama de fenômenos (estáticos, dinâmicos) cuja representação seja relevante para caracterizar o desempenho do sistema sob análise. Aqui novamente é importante dispor-se de informações seguras sobre a relevância ou não de cada classe de ocorrência, para balizar o desenvolvimento do modelo matemático, evitando-se tanto o superdetalhamento, oneroso e muitas vezes inócuo, quanto o sub-detalhamento, que levaria a uma avaliação incorreta da confiabilidade do sistema.

De qualquer forma, a disponibilidade de informações é crítica para a validação do modelo matemático.

2.1.3 - Aquisição dos dados necessários

Uma vez estabelecido um modelo matemático condizente com os objetivos do estudo e representativo do sistema em análise, torna-se necessário adquirir os dados necessários para efetiva aplicação do modelo.

Esta fase compreende a coleta e, eventualmente, tratamento estatístico dos vários tipos de informações requeridas pelo modelo.

Em geral, a indisponibilidade de informações sobre o sistema específico leva ao uso de parâmetros considerados "típicos" para uma certa categoria de equipamentos. Este procedimento, se por um lado simplifica a tarefa de coleta de dados, por outro complica a análise e dificulta uma decisão, uma vez que não se pode concluir, a priori, sobre a validade dos resultados calculados em relação àqueles que seriam "medidos" no sistema. Em parte, esta inconsistência pode ser neutralizada por análises de sensibilidade dos resultados obtidos aos parâmetros estatísticos considerados típicos, mas estas análises podem se tornar proibitivamente caras se realizadas em caráter geral.

Assim, é fundamental dispor-se de um conjunto de dados abrangente e consistente, uma vez que, por melhor que seja a precisão do modelo matemático, a qualidade dos resultados não pode ser melhor que a qualidade dos dados de entrada.

2.1.4 - Estabelecimento dos critérios

Consiste no estabelecimento dos níveis de confiabilidade considerados satisfatórios, para o sistema ou subsistema em estudo.

A obtenção do nível de risco adequado é uma das tarefas mais importantes e difíceis, pois influi diretamente nos custos de expansão do sistema e por consequência, na própria economia da empresa e do país.

O estabelecimento do nível de risco adequado pode ser feito a partir da experiência operativa, de consenso normativo, de valores legais, da análise das repercussões técnico-econômicas de níveis de risco alternativos, ou por combinações dos métodos acima.

No caso dos critérios determinísticos, o nível de risco de uma dada alternativa é fixado implicitamente, através da especificação de categorias de eventos, do grau de severidade aceitável de suas consequências para o sistema e das medidas corretivas aplicáveis em cada situação.

Assim, sistemas de potência são dimensionados de forma que contingências de alta probabilidade de ocorrência (contingências simples) possam ser suportadas sem consequências para os consumidores e sem intervenção de medidas corretivas, julgando-se anti-econômico dimensionar o sistema para suportar contingências de maior severidade, porém com probabilidade de ocorrência remota.

De qualquer forma, deve-se sempre verificar se contingências múltiplas não conduzem a situações incontroláveis e a risco de ruptura do sistema, caso no qual medidas de controle adequadas devem ser previstas para limitar a probabilidade e a extensão dos danos dessas ocorrências.

Para que critérios determinísticos forneçam níveis de confiabilidade adequados é necessário, por um lado, identificar os modos de falha de cada configuração e coletar as estatísticas associadas (taxas de falha, tempo médio de reparo, etc.). Por outro, é necessário o levantamento e análise de estatísticas de interrupção de consumidores, do custo de interrupções, da efetividade de ações corretivas, de forma a medir adequadamente os efeitos das diversas classes de contingências. O confronto da probabilidade de ocorrência dos diversos modos de falha com suas consequências esperadas fornece uma base para estabelecer o elenco de testes que define a adequação de configurações propostas, bem como os meios de torná-las tecnicamente aceitáveis.

Já no caso de critérios probabilísticos, a introdução das estatísticas de desempenho do sistema e seus componentes na avaliação da confiabilidade do sistema permite a explicitação do nível de risco associado a cada alternativa, permitindo comparação consistente das alternativas entre si e contra valores de risco préestabelecidos, por exemplo, em função de valores observados na operação, desde que convenientemente registrados.

2.1.5 - Cálculo dos índices e avaliação dos resultados

Nesta etapa, são calculados os índices de desempenho associados a cada alternativa, cujo confronto entre si ou contra valores pré-especificados possibilita uma decisão quanto a aceitação, modificação ou rejeição das alternativas propostas.

Adicionalmente, outras investigações podem ser realizadas nesta etapa, com vistas a aferir a adequação da metodologia proposta, a necessidade de reformulação dos objetivos e/ou adaptação do modelo matemático, etc.

Em todas as etapas, mas nesta em particular, um bom resultado depende não só da experiência e sensibilidade do analista mas também do conhecimento qualificado das características do sistema em exame.

2.2 - Natureza dos dados necessários para estudos de confiabilidade

Conforme evidenciado anteriormente todas as atividades necessárias para a consecução de um estudo de confiabilidade dependem, direta ou indiretamente, da disponibilidade de informações básicas sobre o comportamento do sistema e de seus componentes.

As categorias principais de dados para estudos de confiabilidade podem ser agrupadas como segue:

- a nível de componente:
 - . parâmetros elétricos

- . limites de carregamento
 - . parâmetros estatísticos
 - . modos de falha
- a nível de sistema:
- . topologia da rede
 - . política de manutenção
 - . modos de falha
 - . medidas corretivas
 - . índices de desempenho estatístico
 - . carga

Outra forma de caracterizar os dados diz respeito a etapa de análise que cada um dos itens de informação subsidia. Em geral um estudo de confiabilidade compreende um módulo de análise de desempenho do sistema (fluxo de potência, por exemplo) e um módulo de cálculo e acumulação de índices de confiabilidade. O módulo de análise de desempenho corresponde, normalmente, a uma representação determinística do sistema, envolvendo um módulo de desempenho da rede (regime permanente - fluxo de potência) e um modelo de medidas corretivas (redespacho de geração e corte de carga, por exemplo). Os dados necessários à operação deste modelo são designados dados "determinísticos". Assim, os parâmetros elétricos e limites de carregamento constituem dados determinísticos a nível de componente. A topologia da rede e o elenco de medidas corretivas que podem ser acionadas em caso de emergências constituem dados determinísticos a nível de sistema.

As demais informações, normalmente processadas por um modelo estocástico do sistema, podem ser designadas, para facilitar

dade de referência, como "estocásticas".

No grupo de dados estocásticos a nível de componente incluem-se os modos de falha e parâmetros estatísticos associados. A nível de sistema, os modos de falha, parâmetros estatísticos associados e índices de desempenho podem ser considerados dados estocásticos.

As informações sobre políticas de manutenção preventiva podem ser especificadas de forma determinística ("ciclos de manutenção", por exemplo) ou estocástica (taxa de saída para manutenção, por exemplo). Usualmente, a manutenção de unidades geradoras (de longa duração) é especificada deterministicamente, ao passo que a manutenção de linhas de transmissão, quando considerada, pode ser expressa probabilisticamente.

No tocante à disponibilidade de dados para realização de estudos de confiabilidade, constata-se larga variação entre os vários tipos e níveis de informação.

Assim, os dados determinísticos a nível de componente e sistema estão usualmente disponíveis nas empresas, dada sua ampla e freqüente utilização nos estudos de planejamento e operação, não requerendo nenhum esforço adicional para sua coleta e depuração.

No grupo de dados estocásticos, observa-se que sua disponibilidade varia com o nível de referência. Assim, dados estocásticos de componentes (freqüências e durações médias de falha, por exemplo) são relativamente fáceis de obter, uma vez que a mai

or parte dos sistemas de estatística tem sido assim orientada. Esta orientação para componentes facilita a obtenção das estatísticas associadas a contingências simples mas dificulta a obtenção dos modos de falha que envolvem a saída forçada de dois ou mais componentes (contingências múltiplas), particularmente nos casos de propagação dos efeitos de um distúrbio inicial, e nos casos de falha dos esquemas de proteção e controle, cuja atuação pode agravar ou minorar as consequências de uma dada perturbação.

Para sistematizar a coleta e registro de contingências múltiplas, é usual classificá-las como segue:

- a - saídas independentes
- b - saídas relacionadas
 - b.1 - dependentes
 - b.2 - de modo comum

A modelagem de múltiplas indisponibilidades de causa independente depende tão somente das estatísticas de desempenho de cada componente, individualmente consideradas, não exigindo, portanto dados adicionais àqueles coletados a nível de componente. Não obstante, a consideração de contingências múltiplas independentes de ordem superior a dois, embora teoricamente possível, só se justifica se a probabilidade de ocorrência deste tipo de evento for estatisticamente significativa.

Já a modelagem das indisponibilidades forçadas associadas de dois ou mais elementos requer um conjunto adicional de estatísticas, cuja obtenção implica na formulação de uma estrutura de classificação adequada, que permita identificar e categorizar

corretamente cada ocorrência no sistema. Por sua vez, a formulação e implantação de uma estrutura de classificação não prescinde da precisa definição de todos os descritores de uma ocorrência, em termos de:

- localização dos elementos afetados;
- descrição dos elementos afetados;
- horário da ocorrência e condições ambientais dominantes;
- tipo, causa e meios de isolamento da falha;
- usuários e cargas afetados pela ocorrência;
- duração da indisponibilidade e descrição dos modos de retorno ao serviço.

A explicitação do desempenho do sistema de proteção e controle e dos esquemas de religamento envolve um elenco adicional de informações e um maior detalhamento da estrutura de classificação, que passa a incluir sub-categorias de eventos, em particular no caso de saídas de modo comum com falha em terminal.

2.3 - Requisitos de dados probabilísticos

Historicamente, estudos de confiabilidade de sistemas de potência visam, normalmente, a avaliação da confiabilidade de suas partes (geração, transmissão e distribuição), isoladamente. Mais recentemente, o problema da avaliação da confiabilidade do sistema integrado geração-transmissão tem merecido considerável atenção por parte das empresas concessionárias de energia elétrica^{|04|}. Vem merecendo atenção, também, a influência dos sistemas de proteção e controle, cujo desempenho tem sido modelado como apresentados nos trabalhos de C. Singh e A.D.Patton^{|05,06|} (1980).

Conforme evidenciado na seção 2.1.2 e 2.1.3 e analisado a seguir, a aplicação desses modelos requer dados probabilísticos adequados, em função dos modelos de confiabilidade existentes e em desenvolvimento no Brasil. A nível de País constata-se que as concessionárias e universidades dispõem de considerável quantidade de programas computacionais para fins de avaliação de confiabilidade. Deste modo, pode-se classificar os modelos em:

- a) disponíveis na literatura técnica especializada; e
- b) implementados em programas em uso e em desenvolvimento no País.

A seguir, estão apresentados alguns dos modelos pertinentes a cada classificação, restringindo-se a exposição aos modelos de desempenho de componentes do sistema de transmissão. A apresentação desses modelos é feita com o objetivo precípuo de mostrar quais os dados requisitados por cada um deles.

2.3.1 - Modelos disponíveis na literatura

a) Modelo de saída independente de um componente

O modelo mais elementar para representação do desempenho de um componente de transmissão, é aquele cujo componente apresenta apenas dois estados operativos: um estado operável e outro falhado. A Figura 2.1 mostra o diagrama de espaço de estados deste modelo.

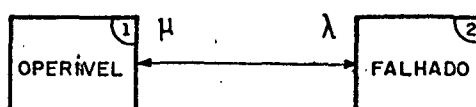


Figura 2.1 - Modelo de desempenho de componente de transmissão a dois estados.

O estado operável engloba a condição de que o componente esteja operando ou desligado, porém com condição de ser acionado quando necessário.

Neste modelo, λ representa a taxa de transição do estado 1 para o 2 (taxa de falha), e μ , a taxa de transição do estado 2 para o 1 (taxa de reparo).

Os parâmetros requisitados pelo modelo são:

λ - taxa de falha para saída simples;

μ - taxa de reparo para saída simples.

Este modelo é válido para representar o desempenho de uma linha de transmissão ou transformador.

b) Modelos que consideram as saídas de modo comum

A probabilidade de ocorrência de um evento consistindo de um conjunto de saídas coincidentes e independentes entre si, é dada pelo produto das probabilidades individuais de cada saída. Normalmente este produto de probabilidades é muito pequeno. A probabilidade de uma saída de modo comum, ou seja, saída coincidente de elementos por uma única causa, que resulte num evento similar pode entretanto, ser muitas vezes maior^[04].

Do exposto, comprova-se a necessidade de se considerar modelos que reconheçam as saídas de modo comum.

Normalmente os eventos com saídas de modo comum ocorrem em circuitos de transmissão que ocupam a mesma faixa de passagem, ou estrutura comum, ou que partem de uma única subesta

ção. São causas frequentes desses eventos as descargas atmosféricas, vendavais, queimadas, inundações, queda de objetos estranhos sobre as linhas, etc.

A seguir, estão apresentados vários modelos de desempenho de linhas de transmissão que consideram saídas de modo comum [16].

Nas figuras a barra sobre o número indica que o componente correspondente está falhado.

b.1) Modelo 1 - O modelo básico de saída de modo comum

O mais simples modelo de desempenho para duas linhas que apresentam exposição a saídas de modo comum está representado pelo diagrama de espaço para estados da Figura 2.2, onde apenas dois estados se fazem presentes: o estado operável-1 e o estado de falha-2, de ambas as linhas.

As taxas de saídas dos estados 1 e 2 são respectivamente, λ_c e μ_c .



Figura 2.2 - Modelo básico de saídas de modo comum

Este modelo é similar ao modelo convencional para saída simples de um componente, e poderia ser válido no caso de dois componentes se as saídas individuais de cada componente não ocorressem

O modelo requisita os seguintes parâmetros:

λ_c - taxa de falha para saída de modo comum;

μ_c - taxa de reparo para reposição simultânea de circuitos em saída de modo comum.

O Modelo 1 pode ser combinado com o modelo básico de saídas simultâneas independentes da Figura 2.3 para uma representação genérica dos eventos de falha envolvendo dois componentes.

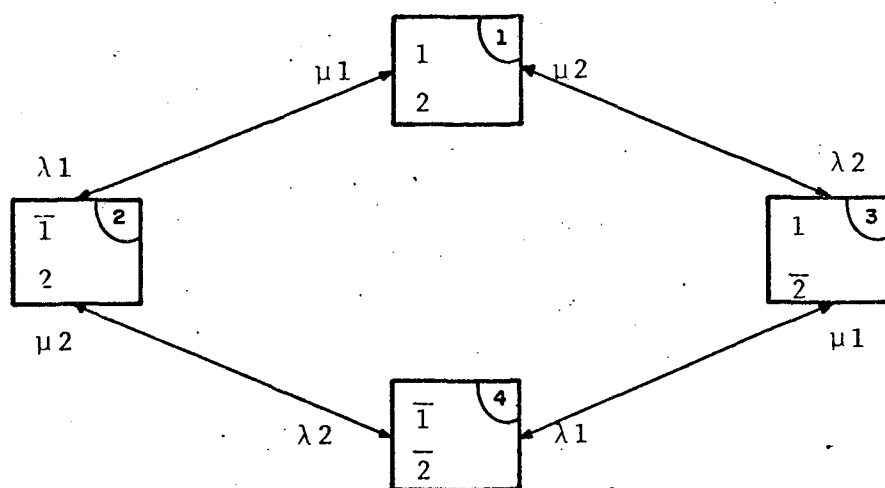


Figura 2.3 - Modelo básico para consideração de saídas simultâneas independentes.

Dependendo da configuração e particularidades de cada sistema, um modelo específico pode ser formulado de modo a representar adequadamente as características particulares do sistema sob análise. A seguir estão apresentados alguns modelos que representam diversas situações práticas.

b.2) Modelo 2 - O modelo IEEE

Este modelo é apresentado na Figura 2.4^[16].

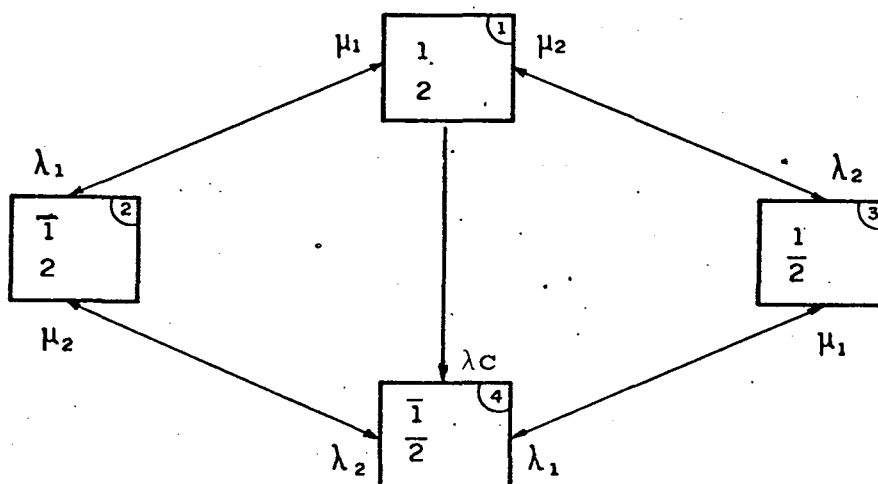


Figura 2.4 - Modelo 2 - O modelo IEEE.

Os parâmetros requisitados são:

λ_i - taxa de falha do componente i ;

μ_i - taxa de reparo do componente i ;

λ_c - taxa de falha para saída de modo comum.

b.3) Modelo 3 - O modelo IEEE modificado

O modelo descrito na seção anterior admite basicamente o mesmo processo de reparo para todas as falhas, incluindo as falhas de modo comum. Entretanto, podem ocorrer situações em que os reparos de duas linhas que sofreram saída de modo comum sejam conduzidas simultaneamente, implicando numa transferência direta do estado 4 para o estado 1 através da taxa de reparo μ_c . Isso é o que ocorre, por exemplo, quando uma estrutura que suporta dois circuitos é derrubada por um vendaval e o reparo da estrutura resulta na possibilidade de energização simultânea de ambas as linhas. A figura 2.5 apresenta este modelo.

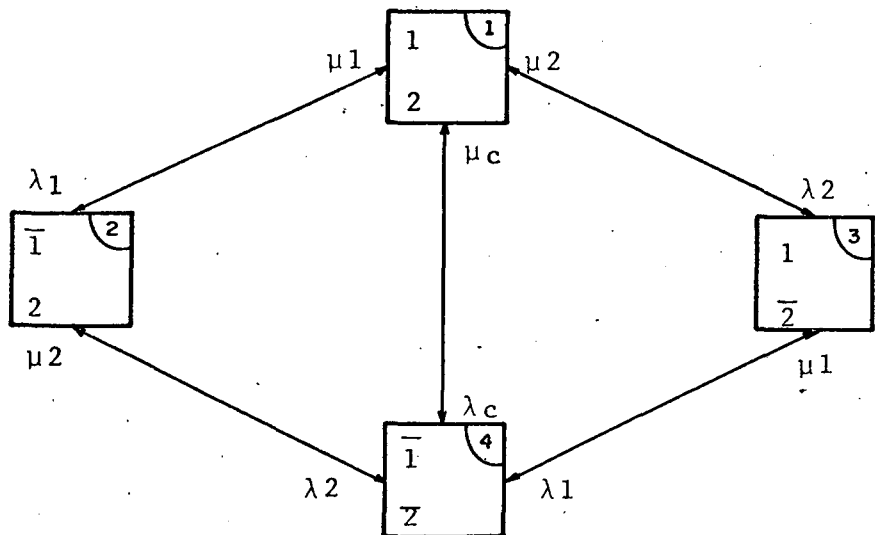


Figura 2.5 - Modelo 3 - O modelo IEEE modificado.

Caso seja necessária a determinação em separado das probabilidades de ambas as linhas estarem fora de operação simultaneamente por saída de modo comum e por saídas independentes, o estado 4 do Modelo 3 pode ser desmembrado em dois outros. É o que mostra a Figura 2.6.

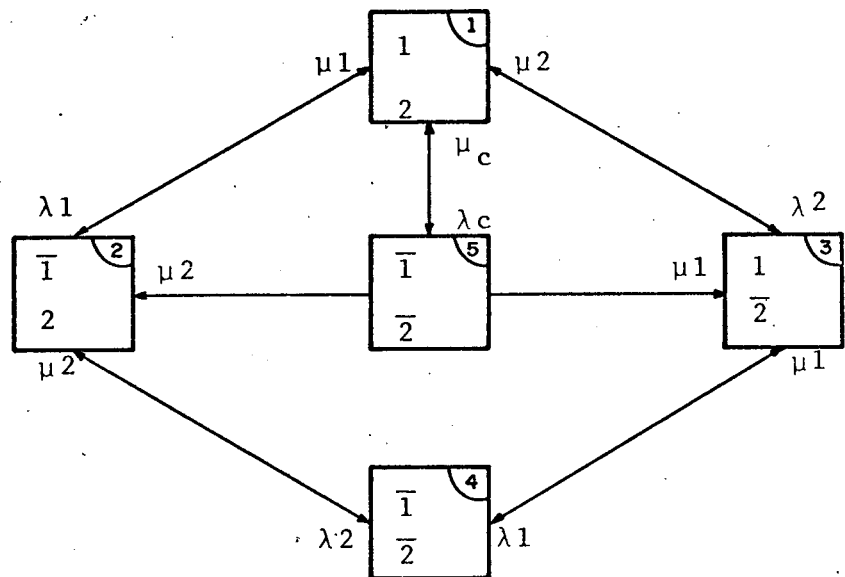


Figura 2.6 - Uma representação alternativa do Modelo 3.

Para o modelo 3 e sua representação alternativa (Figura 2.6), os parâmetros requisitados são:

λ_i - taxa de falha do componente i ;

μ_i - taxa de reparo do componente i ;

λ_c - taxa de falha para saída de modo comum;

μ_c - taxa de reparo para reposição simultânea de circuitos em saída de modo comum.

b.4) Modelo 4 - Processo de reparo separado para saída de modo comum

O Modelo 3 supõe que as saídas de modo comum apresentem processos de reparo simultâneo ou em separado dos componentes. Entretanto, se a probabilidade de ocorrer reparos em separado, quando das saídas de modo comum, é muito pequena, o diagrama de espaço de estado pode ser representado de acordo com a Figura 2.7.

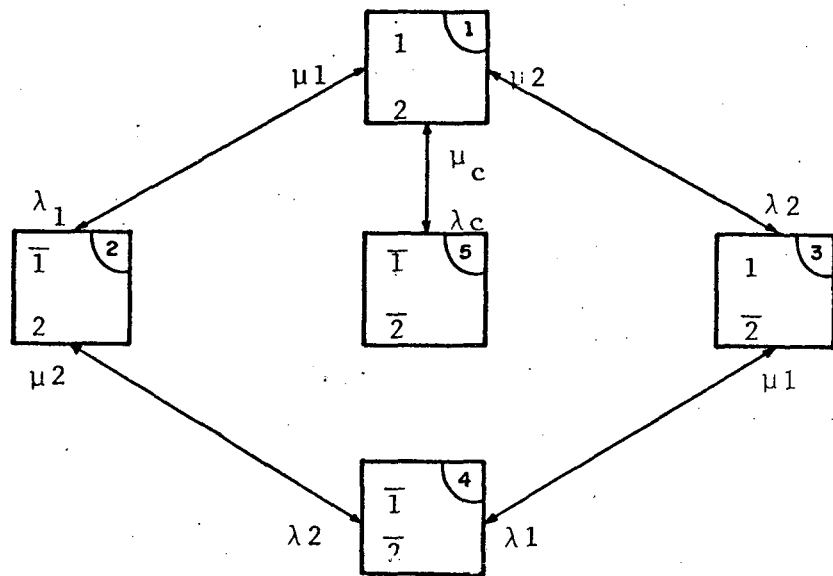


Figura 2.7 - Modelo 4 - Processo de reparo separado para saída de modo comum.

Os parâmetros requisitados pelo modelo são:

λ_i - taxa de falha do componente i ;

μ_i - taxa de reparo do componente i ;

λ_c - taxa de falha para saída de modo comum;

μ_c - taxa de reparo para reposição simultânea de circuitos em saída de modo comum.

b.5) Modelo 5 - Representação aperfeiçoada do Modelo 4

Os eventos de falhas de modo comum, segundo R. Billinton, T. K. P. Medicherla e M. S. Sachev (1981), podem ser divididos em duas categorias. A primeira categoria de eventos inclui a falha de uma estrutura de transmissão o equipamento terminal, etc. O reparo da parte afetada do componente permite que ambas as linhas retornem à operação simultaneamente. A segunda categoria de eventos de modo comum ocorre com falha direta de ambas as linhas de transmissão, com a possibilidade do processo de reparo ser iniciado simultaneamente em ambas as linhas. Se o reparo de uma linha é completado anteriormente ao da outra, esta pode ser colocada em serviço antes da segunda linha. O Modelo 4 não faz uma distinção clara entre estas duas categorias de falhas de modo comum. Uma representação aperfeiçoada do Modelo 4 é mostrada na Figura 2.8. Neste modelo, a taxa de falha de modo comum é expressa em duas partes por λ_{c1} e λ_{c2} . As falhas de modo comum assinaladas por λ_{c2} implicam em repa-

ros com taxa de reparo μ_c .

Os reparos das duas linhas devido ao restante das falhas de modo comum ocorrem de forma independente. A aplicação prática deste modelo requer uma mais detalhada coleção de dados.

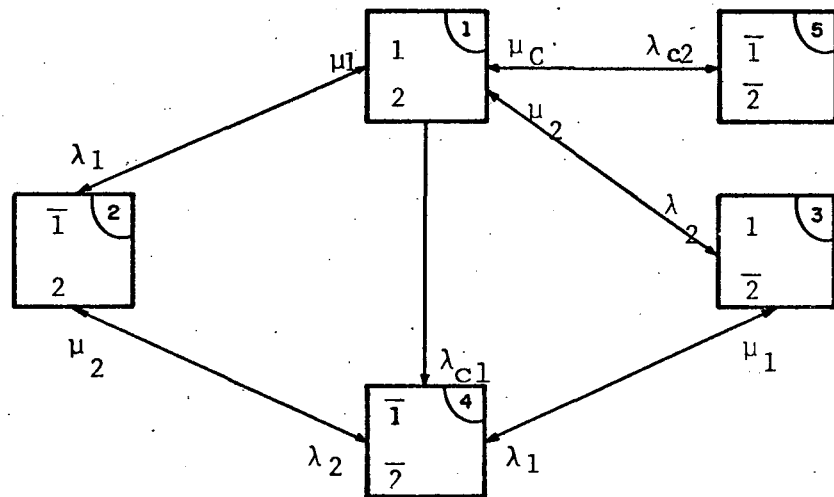


Figura 2.8 - Uma representação aperfeiçoada do Modelo 4.

Este modelo requer os seguintes parâmetros:

λ_i - taxa de falha do componente i ;

μ_i - taxa de reparo do componente i ;

λ_{c1} - taxa de falha para saída de modo comum (reposição não simultânea);

λ_{c2} - taxa de falha para saída de modo comum (reposição simultânea);

μ_c - taxa de reparo para reposição simultânea de circuitos em saída de modo comum.

c) Modelos que representam o desempenho do sistema de proteção

Os sistemas de proteção são geralmente assumidos como perfeitamente confiáveis na análise de sistemas de potência. Quando um componente de um sistema de potência falha, considera-se que o mesmo é isolado pelo sistema de proteção associado. Entretanto, na realidade, os sistemas de proteção podem falhar pelos seguintes modos: não operar quando comandado ou operar quando não comandado (falsa operação), ou ainda, pela ocorrência de uma falta para terra em um disjuntor. Desde que as falhas para operar são dependentes das falhas dos componentes protegidos pelo disjuntor, qualquer modelo de desempenho do disjuntor deve incluir os estados do componente por ele protegido. Um modelo simples, representando os estados do disjuntor (B) e um único componente protegido por ele (C), é mostrado na Figura 2.9^[07], onde N representa o estado normal, C o estado de falha do componente, B o estado de falha do disjuntor e BC o estado de falha do componente e disjuntor, simultaneamente. No diagrama λ_1 e λ_2 são as taxas de falha de falta para terra e de falsa operação, respectivamente; p é a probabilidade de o disjuntor falhar para operar; μ_B é a taxa de reparo do disjuntor; λ_C é a taxa de falha, e μ_C a taxa de reparo do componente C.

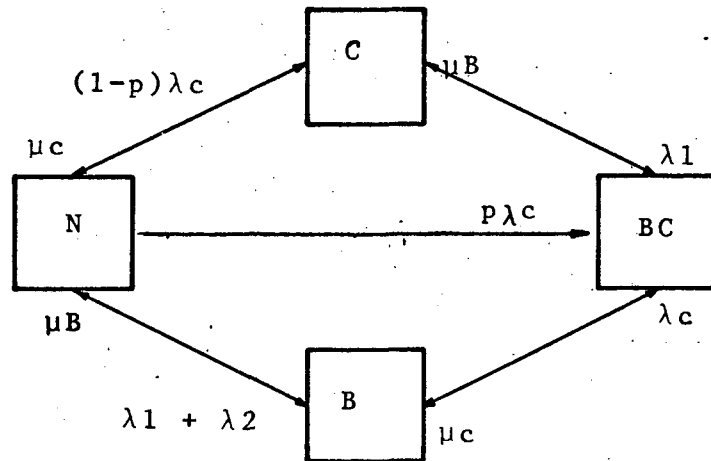


Figura 2.9 - Modelo simples de disjuntor.

Os parâmetros requeridos pelo modelo são:

λ_1 - taxa de falha para falta à terra;

λ_2 - taxa de falha por falsa operação;

p - probabilidade de não operar quando comandado;

λ_B - taxa de reparo do disjuntor;

λ_C - taxa de falha do componente protegido;

μ_C - taxa de reparo do componente protegido.

Se a falha do componente é seguida por processo de chaveamento, o modelo da Figura 2.9 é estendido para modelo da Figura 2.10^[07]. A taxa μ_s é o inverso do tempo médio de chaveamento T_s que é considerado o mesmo para ambos B e C.

No diagrama tem-se os seguintes estados:

N - componente e disjuntor normais;

- C_r - reparo do componente;
 C_s - isolamento do componente sob falha;
 B_r - reparo do disjuntor;
 B_s - isolamento do disjuntor.

Os demais estados decorrem de combinações entre os anteriores. Nesta representação, a diferença entre a falsa operação e a falta para terra é evidente. Enquanto para terra faz com que o disjuntor passe pelo ciclo a três estados N-S-R, a falsa operação requer que o disjuntor passe apenas pelo ciclo a dois estados N-R.

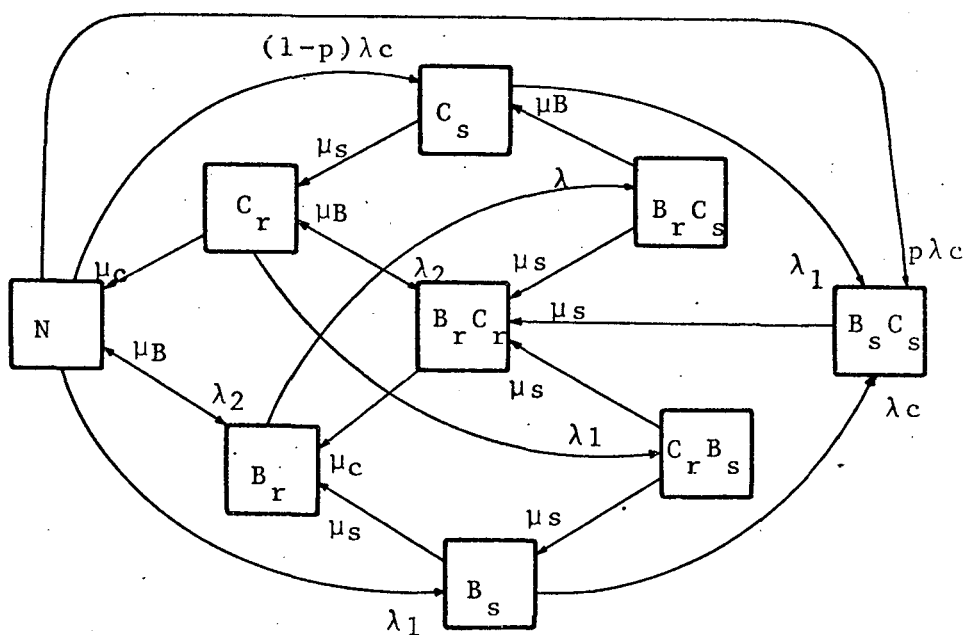


Figura 2.10 - Modelo de disjuntor com chaveamento após falha.

Os parâmetros requisitados pelo modelo são:

λ_1 - taxa de falha para falta à terra;

λ_2 - taxa de falha para falsa operação;

p - probabilidade de não operar quando comandado;

T_B - tempo médio de reparo do disjuntor;

T_S - tempo de chaveamento;

λ_C - taxa de falha do componente protegido;

μ_C - taxa de reparo do componente protegido.

d) Modelos que consideram a influência das condições ambientais

Condições ambientais adversas são reconhecidamente uma das principais causas de saídas forçadas de componentes nos sistemas de transmissão; são necessários, portanto, modelos que considerem de forma adequada os efeitos das condições ambientais adversas sobre as indisponibilidades de linhas de transmissão, bem como os dados necessários para a sua aplicação^[07]. A abordagem usual para consideração das flutuações ambientais sobre a confiabilidade de sistemas expostos ao tempo consiste em reduzir o universo de condições ambientais a dois estados representativos, caracterizados por "tempo normal" e "tempo adverso". São apresentados na literatura^[8, 9, 10], diversos modelos que realizam a integração das condições ambientais às indisponibilidades das linhas de transmissão. No que segue é apresentado

um modelo de desempenho de um componente^[07], onde as flutuações ambientais são representadas por um modelo de Markov a dois estados, tal como ilustrado pela Figura 2.11.

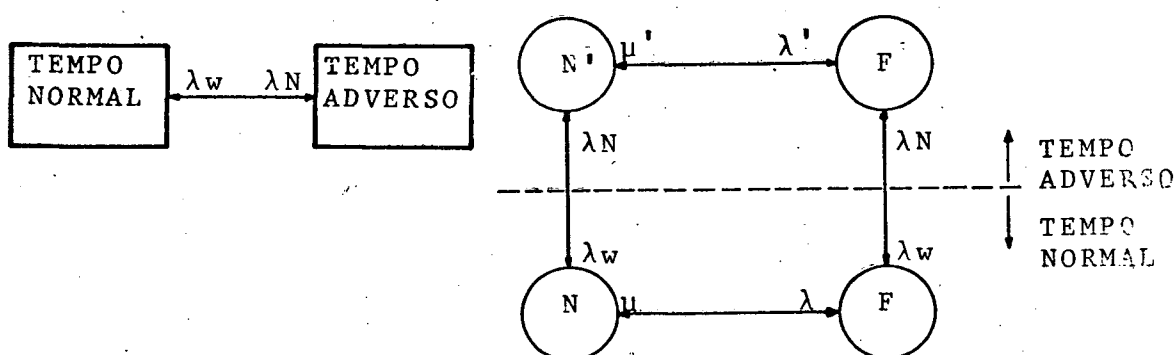


Figura 2.11 - (a) Modelo do tempo.

(b) Um componente em tempo normal e adverso.

Este modelo requer os seguintes parâmetros:

λ_N - taxa de transição do estado "tempo normal" para o estado "tempo adverso";

λ_w - taxa de transição do estado "tempo adverso" para o estado "tempo normal";

λ - taxa de falha do componente sob tempo normal;

μ - taxa de reparo do componente sob tempo normal;

λ' - taxa de falha do componente sob tempo adverso e

μ' - taxa de reparo do componente sob tempo adverso.

Sob o aspecto de colecionamento de dados, com vistas à viabilização do uso de modelos que consideram a influência das condições ambientais, ressalte-se que já existe na ELETROSUL trabalho que coleta dados climatológicos da região de atuação da Empresa. Um relato deste trabalho é apresentado na Nota Técnica 006/85, sob o título de "Dados Climatológicos da Região de Atuação da ELETROSUL".

e) Modelos que consideram saídas programadas

Uma saída programada consiste normalmente na retirada de um ou mais componentes, com a finalidade de se realizar manutenção preventiva. Esta categoria de indisponibilidade tem como característica essencial a possibilidade de adiamento de seu início, ou mesmo a sua suspensão, sempre que sua efetivação seja inconveniente para a operação do sistema. A consideração pode ser incluída de forma determinística ou probabilística. Na situação onde as saídas para manutenção são consideradas como eventos aleatórios, Endrenyi (1978)^[07] apresenta um modelo bastante simplificado para consideração desta categoria de eventos. O modelo consiste de três estados (normal - manutenção - reparo), tal como ilustrado na Figura 2.12. Neste modelo admite-se que não pode ocorrer falha durante manutenção, bem como não pode ser iniciada manutenção durante o processo de reparo.

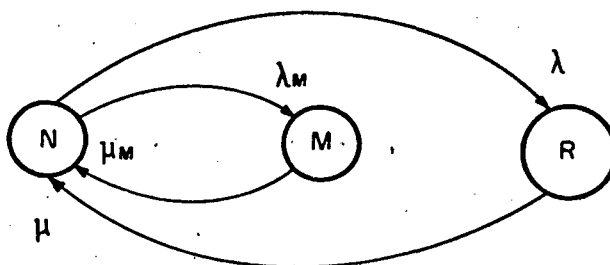


Figura 2.12 - Modelo de Markov de um componente com reparo e manutenção.

Cabe observar que, nas condições apresentadas, a consideração de saída para manutenção seria irrelevante para análise de confiabilidade, uma vez que não se iniciaria a manutenção se isto levasse à falha do sistema. Esta consideração torna-se importante na medida em que haja superposição de saída para manutenção com falha de outro componente.

A aplicação deste modelo requer os seguintes parâmetros:

λ - taxa de falha;

μ - taxa de reparo;

λ_M - taxa de manutenção;

μ_M - taxa de transição do "estado de manutenção" para o "estado normal".

f) Requisitos de dados para modelos propostos na literatura

Com base nos modelos apresentados anteriormente, o Quadro 2.1 sintetiza os dados necessários para aplicação dos referidos modelos. Cabe chamar a atenção para o fato de que embora não apresentados na tabela, modelos de indisponibilidade forçada incluindo saídas de modo comum, saídas por manutenção e considerações sobre condições ambientais, simultaneamente, também são propostos na literatura. Não obstante, os dados necessários para tais modelos podem ser obtidos pela combinação dos modelos básicos constantes no Quadro 2.1, onde foi adotada a seguinte simbologia:

- λ - taxa de falha para saída simples;
- r - tempo médio de reparo para saída simples;
- λ_c - taxa de falha para saída de modo comum;
- r_c - tempo médio de reparo para reposição simultânea de circuitos em saída de modo comum;
- λ_{c1} - taxa de falha para saída de modo comum (reposição não simultânea);
- λ_{c2} - taxa de falha para saída de modo comum (reposição simultânea);
- p - probabilidade de disjuntor não operar quando comandado;
- λ_1 - taxa de falha de disjuntor para falta à terra;
- λ_2 - taxa de falha por falsa operação;
- T_B - tempo médio de reparo de disjuntor;

- T_S - tempo médio de chaveamento de componente ou disjuntor;
- λ_M - taxa de manutenção;
- r_M - tempo médio de manutenção;
- $\lambda\lambda'$ - taxa de falha sob tempo normal e adverso;
- $r\lambda'$ - tempo médio de reparo sob tempo normal e adverso;
- T_N - duração média de tempo normal;
- T_W - duração média de tempo adverso.

Quadro 2.1 - Requisitos de dados para modelos de confiabilidade disponíveis na literatura

M O D E L O	P A R Â M E T R O S																
	λ	r	λ_c	r_c	λ_{c1}	λ_{c2}	p	λ_1	λ_2	T_B	T_S	λ_m	r_m	λ/λ'	r/r'	T_h	T_w
Um componente a dois estados	X	X															
Modelo básico de saídas de modo comum			X	X													
Modelo IEEE	X	X	X														
Modelo IEEE Modificado	X	X	X	X													
Processo de reparo separado p/saída de modo comum	X	X	X	X													
Representação aperfeiçoada de saídas de m.comum	X	X		X	X	X											
Modelo simples de disjuntor	X	X				X	X	X	X	X							
Modelo de disjuntor com chaveamento	X	X				X	X	X	X	X	X						
Modelo que considera condição ambiental														X	X	X	X
Modelo que considera manutenção preventiva	X	X										X	X				

2.3.2 - Dados necessários à aplicação dos modelos computacionais em uso ou em desenvolvimento no Brasil

A nível nacional já se dispõe hoje de uma considerável quantidade de programas computacionais para avaliação de confiabilidade de sistemas de potência. Um importante trabalho, que reúne informações gerais sobre os principais programas para avaliação de confiabilidade disponíveis atualmente no país, é a Nota Técnica nº 002/82, "Seminário de Confiabilidade: Principais Programas Computacionais Disponíveis no Brasil", emitida pelo Sub-Grupo para Estudos de Confiabilidade (SGC/GTCP/GCPS). Este trabalho é fundamentado em informações divulgadas durante o Seminário de Confiabilidade realizado em novembro de 1982 no Rio de Janeiro.

Com base neste trabalho foram obtidas informações acerca dos tipos de dados necessários para aplicação dos programas de avaliação de confiabilidade, conforme sintetizado nos Quadros 2.3 e 2.4, onde são assinalados os requisitos de dados de cada programa.

Na Tabela 2.4 observa-se que apenas quatro programas consideram falhas de modo comum, limitando-se os demais a saídas simples.

No Quadro 2.3, que relaciona os programas de confiabilidade de subestações, observa-se que nenhum dos programas requisita, explicitamente, o tempo médio de chaveamento de componente ou disjuntor, embora este dado seja requisitado em modelos disponíveis na literatura^[07].

Quadro 2.2 - Requisito de dados de componentes de transmissão em programas de confiabilidade global e inter-áreas.

NOME DO PROGRAMA (1)	OBJETIVO (2)	ORIGEM (3)	SITUAÇÃO (4)	TAXA DE FALHA (λ) E TEMPO MÉDIO DE REPARO (r)		PROBABILIDADE $p = \lambda r / 8760$ (7)	ELOS DC (8)
				Saída Simples (5)	Saídas Múltiplas de modo comum (6)		
MULTIAR	Análise de confiabilidade inter-áreas	CEPEL	Em utilização	X			
SACI	Análise de confiabilidade inter-áreas	ELETRORÁS	Em utilização	X		X	
CONFTRA	Confiabilidade global	CEPEL	Em utilização	X			
SICRET	Confiabilidade global	CESP (ENEL)	Em utilização			X	
PAPC	Confiabilidade global	CESP	Em utilização			X	
DCCR ACCR	Confiabilidade global	CELG	Em utilização	X			
TEE 047	Confiabilidade global	THEMAG	Em utilização			X	X
IPP	Confiabilidade global	COPEL	Em utilização	X	X		
GATOR	Confiabilidade global	FLORIDA POWER	Em utilização	X	X		
CSP	Confiabilidade global	ELETROSUL	Em desenvolvimento	X	X		X
PACOS	Confiabilidade global	CESP	Em desenvolvimento	X	X		X

OBSERVAÇÕES:

- (1) - O programa SACI permite que seja fornecido, opcionalmente, a probabilidade p_r
- (2) - Na coluna 8 estão assinalados os programas que permitem a modelagem de ELOS DC;
- (3) - O efeito das falhas localizadas nos terminais dos equipamentos, estão incorporados na taxa de falha do componente.

Quadro 2.3 - Requisito de dados de componentes em programas de confiabilidade de subestações.

NOME DO PROGRAMA	OBJETIVO	ORIGEM	ELEMENTOS ESTÁTICOS E DINÂMICOS				ELEMENTOS DINÂMICOS			
			Taxa de falha	Tempo médio de reparo	Taxa de saída para manutenção	Tempo médio para falha	Taxa de falha para operação	Tempo de reparo para falha	Probabil. do disj. não operar quando requerido	Tempo médio de reparo para disj. preso
SANDREA	Confiabilidade de subestações	HYDRO QUEBEC	X	X	X	X	X	X	X	
CONFSE	Confiabilidade de subestações	COPEL	X	X	X			X		
CST	Confiabilidade de subestações	ELETROSUL	X	X	X			X		

OBSERVAÇÕES:

- (1) - Todos os programas estão disponíveis para uso;
- (2) - Elementos estáticos: linhas, transformadores, reatores, capacitores, barras, etc.;
- (3) - Elementos dinâmicos: disjuntores, chaves de interrupção em carga e chaves seccionadoras.

2.4 - RESUMO

Neste capítulo procurou-se identificar quais os dados requisitados pelos diversos modelos de confiabilidade de sistemas de energia elétrica, tanto para os em uso no País, como para aqueles disponíveis na literatura e ainda não implantados através de programas computacionais.

Do exposto evidencia-se crescente necessidade de dados probabilísticos, na medida em que os modelos disponíveis na literatura venham a ser implantados no Brasil. Como consequência, deverá ser preparada uma infraestrutura para dar suporte, em termos de dados, à aplicação destes modelos.

No que segue, são analisadas as características de diversos sistemas de estatísticas a nível nacional, de modo a ressaltar a disponibilidade atual de dados, à luz das necessidades apontadas neste capítulo.

CAPÍTULO III

ESTADO DA ARTE EM SISTEMAS DE ESTATÍSTICA

3.1 - Evolução Histórica dos Sistemas de Estatística

Neste capítulo são analisadas diversas bases de dados para sistemas de transmissão, conforme disponíveis na literatura, enfocando-se objetivos, grau de abrangência e critérios de classificação, para cada uma delas.

A nível internacional o colecionamento de dados de falha de componentes dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica vem sendo realizado há muitos anos. Inicialmente, esse colecionamento se limitava ao registro das frequências das saídas dos componentes, a partir de uma estrutura de classificação por causas. Nesses trabalhos iniciais, as durações das saídas não eram em geral computadas, fazendo-se apenas a classificação do tipo "temporária" ou "permanente", dependendo do tipo de restabelecimento executado.

Na década de 60, possivelmente devido à maior disponibilidade de computadores mais poderosos, foi proposto o uso de modelos estocásticos para o cálculo de confiabilidade de sistemas de transmissão e distribuição, em termos de dados de confiabilidade de componentes. Esses trabalhos mostraram claramente a necessidade de uniformização e padronização da linguagem utilizada no relato e análise

lise de saídas de componentes dos sistemas de transmissão e distribuição, bem como no cômputo de interrupções para os consumidores^[12].

Dessa necessidade surgiu em 1973 o IEEE Standard 346 /1973, "Standard Definitions in Power Operations Terminology Including Terms for Reporting and Analyzing Outages of Electrical Transmission and Distribution Facilities and Interruptions to Customer service"^[18].

A seguir são discutidas as principais bases de dados apresentadas na literatura.

a) Base de dados do "IEEE-EEI Committee Report"

Essa base de dados é apresentada no trabalho "Extra High Voltage Line Outage"^[11], desenvolvido por um Comitê formado pelo IEEE e EEI. O referido Comitê foi formado entre 1962 e 1963 pelos Comitês de Transmissão e Distribuição do Edison Electric Institute (EEI) e do Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), com a finalidade de sistematizar a obtenção dos dados de saídas de linhas de transmissão. Este trabalho tinha como objetivos principais os seguintes:

- (1) obter estatísticas de causas para as saídas de linhas de transmissão;
- (2) correlacionar as causas das saídas com os projetos das linhas de transmissão e características do sistema; e
- (3) agregar estas informações para subsidiar a operação e o projeto de linhas de transmissão.

A partir dos objetivos pré-fixados, dois questionários, juntos com instruções e códigos de preenchimento, foram elaborados e enviados pelo Comitê para 42 empresas de energia e elétrica dos Estados Unidos e Canadá. Esses questionários foram posteriormente processados e analisados segundo os critérios que seguem:

- (1) separação das linhas por classe de tensão; e
- (2) separação das linhas por regiões com níveis cerâmicos dentro de faixas pré-estabelecidas.

Um dos questionários se caracterizava por requisitar dados físicos das linhas de transmissão enquanto que o outro visava obter dados de saída. O questionário sobre dados físicos das linhas requisitava itens como:

- (1) número de identificação do circuito;
- (2) data de entrada em serviço;
- (3) comprimento total do circuito;
- (4) data de registro no arquivo;
- (5) tensão nominal;
- (6) nível cerâmico médio da região;
- (7) máxima resistência de pé de torre admissível; e
- (8) ângulo máximo de blindagem para o condutor.

O questionário referente aos dados de saídas das linhas preocupava-se em determinar a causa primária, os efeitos secundários, tipo de falta e forma de reposição da linha em serviço, além de dados básicos como condições do tempo no momento da saída, data e duração da saída.

Alguns pontos desse trabalho merecem destaque e estão comentados a seguir.

- (1) A classificação adotada para o tipo de saída emprega as categorias permanente e temporária, não se utilizando de uma categoria bastante difundida que é a do tipo transitória, que inclui as saídas onde a reposição do componente em serviço acontece de forma automática. Como as definições e critérios utilizados no processo de classificação não estão apresentados explicitamente, supõe-se que esta categorização (transitória) esteja embutida dentro da categoria temporária.
- (2) A estrutura de classificação é idealizada objetivando, em primeiro plano, a obtenção de dados de saídas de linhas de forma isolada, sem se preocupar em estabelecer relações entre uma saída e as demais, em eventos de saídas múltiplas.
- (3) Apesar da estrutura de classificação não prever uma categorização que separe as falhas ocorridas na linha das ocorridas em equipamentos terminais, como por exemplo no disjuntor, a possibilidade desta separação existe em função da existência do item "terminal equipment" dentro da categoria causa da saída.

b) Base de Dados da TESCO

A base de dados da Texas Electric Service Company (TESCO) é apresentada no trabalho desenvolvido por Alton D. Patton com

o título de "Determination and Analysis of Data for Reliability Studies"¹³. Esse trabalho descreve como os parâmetros necessários à análise de confiabilidade de sistemas de transmissão e distribuição podem ser obtidos a partir de dados de campo, utilizando dados de falha do sistema de transmissão da TESCO durante os anos de 1960 a 1965.

Em relação a Base de Dados IEEE-EEI, constata-se uma evolução no que tange ao universo de componentes. Na Base de Dados IEEE-EEI o processo de relato das saídas estava limitado às linhas de transmissão; na da TESCO o universo de equipamentos passou a abranger, além das linhas de transmissão, os transformadores, disjuntores, chaves seccionadoras, barras e reguladores de tensão.

Para o relato das saídas de componentes a estrutura de classificação de dados adotada é aquela representada na Figura 3.1. No caso particular das linhas de transmissão, um terceiro nível de classificação é acrescentado.

As definições utilizadas pelo autor para os tipos de saídas são as seguintes:

1. saída forçada - é aquela que resulta de condições de emergência diretamente associadas com o componente, requerendo que o mesmo seja retirado de serviço imediatamente;
2. saída forçada com causa persistente - saída forçada em que o componente afetado é reparado ou substituído antes

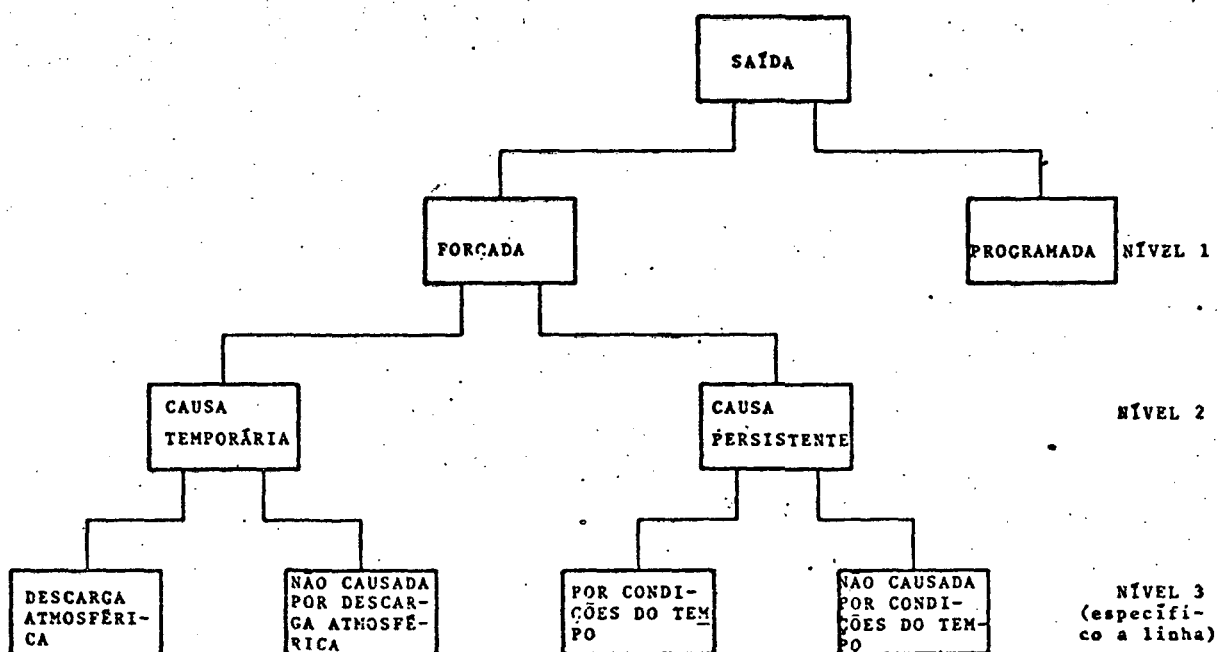


Figura 3.1 - Categorização das saídas dos componentes de transmissão

de retornar ao serviço;

3. saída forçada com causa transitória - saída forçada em que o componente afetado é recolocado em serviço por operação de religamento ou reposição de um fusível;
4. saída programada - saída que resulta quando um componente é deliberadamente tirado de serviço por um tempo especificado para fins de construção, manutenção, reparo, ou outro trabalho diretamente associado ao componente.

Os componentes cujas saídas são relatadas têm suas fronteiras definidas da seguinte forma:

1. transformador - qualquer parte do transformador, terminais, fusíveis, chaves de aterramento e dispositivos da proteção diferencial;
2. disjuntor - qualquer parte do disjuntor propriamente dito, relés associados e transformadores de instrumentos;
3. chave seccionadora - qualquer parte da chave seccionadora;
4. barra - barras, estruturas, descarregadores, ou qualquer dispositivo que, sob estado de falha, provoque a saída simultânea de todos os circuitos conectados à barra (atuação da proteção diferencial de barra);
5. regulador - qualquer parte do regulador propriamente di

to, terminais, descarregadores e acessórios.

Neste ponto cabem algumas considerações com relação ao trabalho em referência, no que diz respeito às definições e aos critérios adotados pelo autor, conforme descrito a seguir.

- (1) Estrutura de classificação - examinando-se a Figura 3.1 em conjunto com as definições de tipos de saídas de componentes, fica evidente que o relato das saídas é restringido apenas aos eventos diretamente associados aos componentes, não sendo relatadas as saídas dependentes, como por exemplo, a saída por sobrecarga de um transformador em decorrência de um distúrbio no sistema de potência. Este fato é evidenciado pelo uso nas definições dos tipos de saídas, da expressão "diretamente associada ao componente".

Da Figura 3.1 observa-se adicionalmente os seguintes critérios de classificação dos dados:

- nível 1 - o componente no momento de sua saída está sob condição de emergência?
- nível 2 - o retorno do componente ao serviço é realizado com ação de reparo?
- nível 3 - a causa da saída está associada a condições adversas de tempo?

- (2) Universo de componentes - como a base de dados em questão tem por objetivo fornecer parâmetros para análise

da confiabilidade de sistemas de transmissão e distribuição, observa-se que esses sistemas foram identificados como um conjunto exaustivo de componentes que desempenham, individualmente, uma função básica, necessária ao desempenho global a nível de sistema. Assim, os componentes são constituídos por equipamentos ou grupo de equipamentos, tais como linha de transmissão, barra, transformador, regulador, disjuntor e chave seccionadora. Convém notar que a palavra componente é utilizada como elemento de um conjunto. No caso, o componente é o equipamento; enquanto que o conjunto é o sistema de transmissão e distribuição.

Das definições propostas constata-se que o critério utilizado para determinação da fronteira do componente é do tipo funcional, ou seja, o componente é constituído por um equipamento principal e outros dispositivos, de modo que, em caso de falha, provocam a perda da função principal do componente.

c) Base de dados da CEA

Essa base de dados tem por objetivo a acumulação organizada de dados de saídas forçadas dos principais componentes de transmissão e distribuição, além de manter um inventário desses componentes.

A referida base foi implantada em 1978 pela Canadian Electrical Association (CEA), passando por uma revisão em 1982, que deu origem a um novo manual de instruções¹⁴.

Os componentes inventariados são os chamados componentes principais e estão relacionados a seguir:

- 1 - linha de transmissão;
- 2 - cabo;
- 3 - banco de transformador;
- 4 - disjuntor;
- 5 - compensador síncrono;
- 6 - compensador estático;
- 7 - banco de reator shunt;
- 8 - banco de capacitor shunt; e
- 9 - banco de capacitor série.

Todos os dados de saídas forçadas são registrados para os componentes principais inventariados.

Um componente principal deve ser visualizado como a junção de uma unidade de equipamento de transmissão com seus dispositivos auxiliares¹⁴, enquanto que o termo sub-componente, usado na base de dados, deve ser entendido como qualquer parte do componente.

A Figura 3.2 esquematiza a relação hierárquica existente entre o sistema de transmissão e distribuição, e suas partes.

Tomando-se como exemplo o componente principal linha de transmissão, segundo o manual de instruções¹⁴ verifica-se que o mesmo é constituído por uma unidade de equipamento de transmissão (linha) mais os elementos auxiliares que formam o terminal. Os sub-componentes desse componente são:

- 1 - estrutura;
- 2 - juntas;
- 3 - condutores;
- 4 - sistema de isolamento;
- 5 - cabo pára-raios;
- 6 - acessórios;
- 7 - equipamento de proteção e controle;
- 8 - pára-raios;
- 9 - barra;
- 10 - chave seccionadora;
- 11 - transformador de corrente;
- 12 - dispositivo de potencial; e
- 13 - bobina de bloqueio.

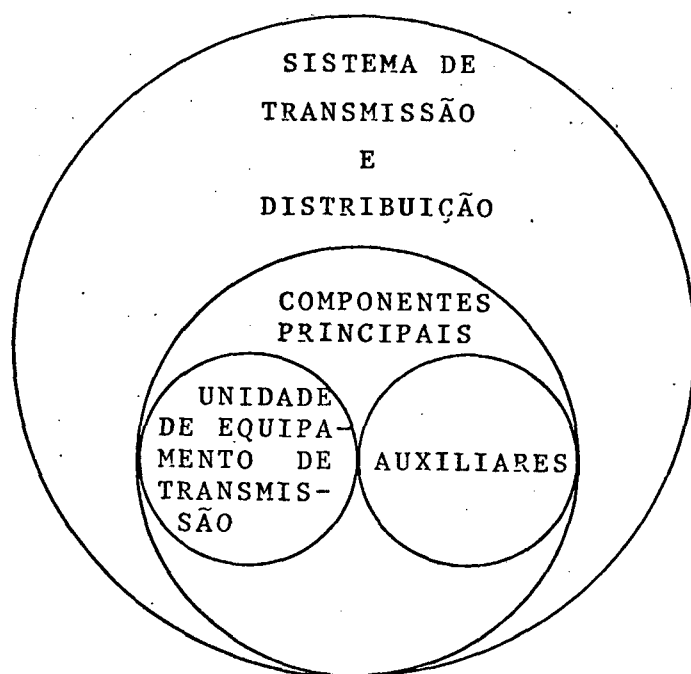


Figura 3.2 - Representação esquemática da hierarquia entre sistema de transmissão e distribuição com suas partes - CEA.

Para o registro das saídas forçadas, a base de dados CEA possui uma estrutura de classificação por causa de saída, além de classificar a saída forçada como pertencente ou não a um conjunto de saídas relacionadas de modo comum. Essa estrutura é apresentada de forma esquematizada na Figura 3.3.

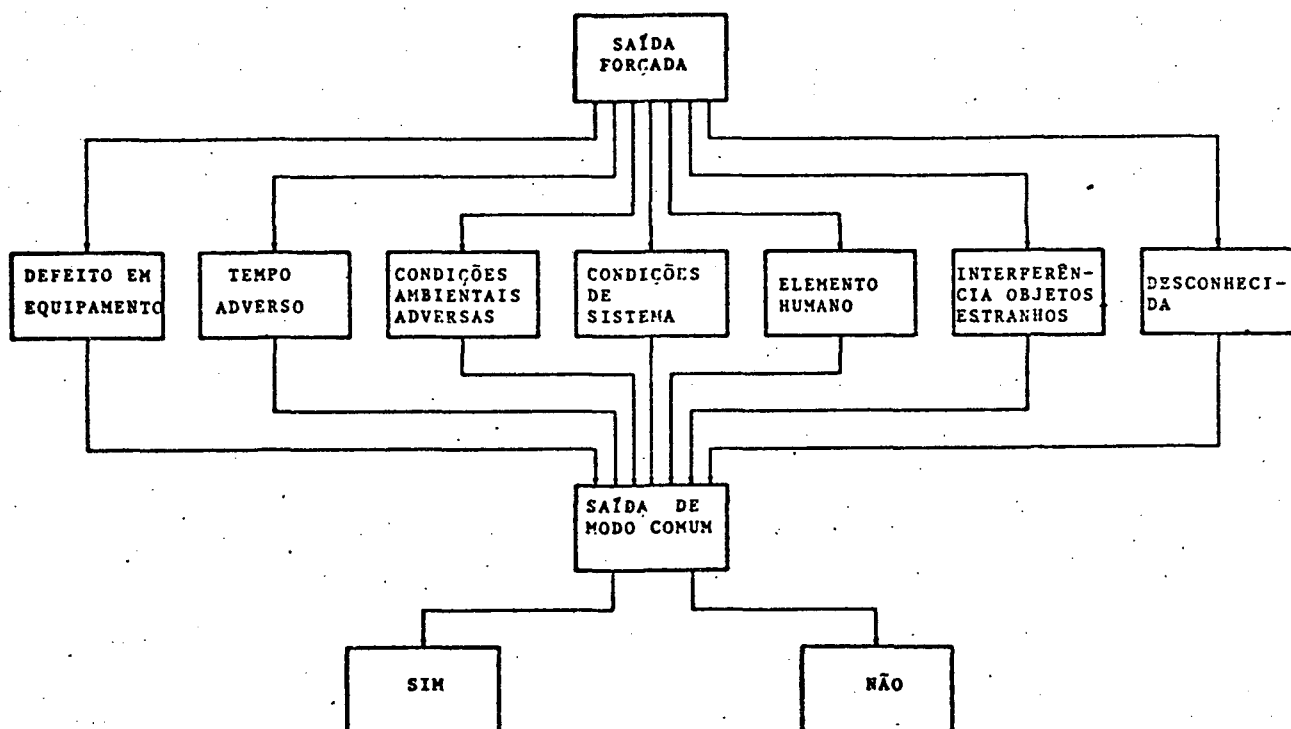


Figura 3.3 - Estrutura de classificação das saídas forçadas de componentes - CEA

No manual de instruções estão apresentadas algumas definições que merecem destaque, como as que seguem:

- (1) A saída forçada de um componente refere-se à remoção não programada de um componente principal (ou incapacidade para desempenhar sua função especificada) diretamente causada por equipamento defeituoso, tempo adverso, ambiente adverso, condição do sistema, elemento humano, interferência de objeto estranho, ou alguma razão desconhecida.
- (2) Uma saída de modo comum é um evento onde mais que uma saída forçada de componente resulta de uma única causa primária, de modo que uma saída não é conseqüente de outra.

A seguir são comentados alguns pontos envolvendo as definições e critérios utilizados na base de dados CEA.

- (1) O relato das saídas forçadas identifica o conceito de saída forçada de modo comum, sendo este conceito inexistente no trabalho anterior¹³.
- (2) A saída forçada de um componente por condição do sistema como por exemplo, saída por sobretensão, implica necessariamente em que o componente retirado esteja avariado, evidenciando portanto, que saídas em cascata de componentes de um sistema de transmissão não são catalogadas se nenhum componente estiver avariado.

- (3) Para determinação das fronteiras de um componente principal, o critério utilizado é do tipo funcional aliado a uma escala hierárquica. Para melhor explicar esse critério, considere-se um transformador como o representado na Figura 3.4, tomado como componente principal para a descrição do evento.

O conjunto de subcomponentes é escolhido de modo que a falha em apenas um deles implica na impossibilidade de o componente principal desempenhar sua função, qual seja, no caso, a transmissão de potência entre os pontos A e B.

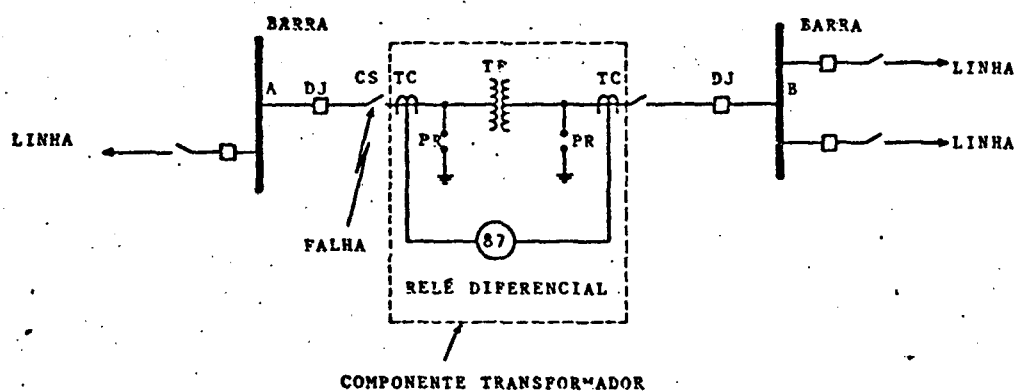


Figura 3.4 - Exemplo de delimitação das fronteiras de um transformador - CEA.

Os disjuntores, chaves seccionadoras e barras não fazem parte do componente principal transformador, pois os primeiros são considerados componentes principais também, enquanto que, chaves seccionadoras e barras, são sub-componentes dos disjuntores, segundo uma escala de hierarquia apresentada no trabalho^[14], como descrita a seguir:

"na condição onde um sub-componente interliga dois componentes principais, considera-se que o sub-componente pertença ao componente que apresente o maior posto na hierarquia de finida. No caso, onde a falha ou disfunção de um sub-componente ocasione a saída de dois ou mais componentes principais do mesmo posto, fica estabelecido que a saída é do tipo forçada de modo comum, e o registro da falha ou disfunção do sub-componente é feito para todos os componentes envolvidos".

A escala hierarquizada dos componentes principais é a seguinte:

<u>POSTO</u>	<u>COMPONENTE PRINCIPAL</u>
1	Disjuntor
2	Compensador Síncrono ou Estático, Capacitor Série ou Shunt, Reator Shunt.
3	Transformador
4	Cabo
5	Linha de Transmissão

Ainda com referência ao exemplo da Figura 3.4 observa-se que a ocorrência de falha na chave seccionadora assinalada, segundo o critério adotado, seria atribuída ao disjuntor.

Uma evolução possível deste sistema seria a consideração da chave seccionadora como um componente principal pois deste modo haveria a disponibilidade de dados de falha de chaves seccionadoras, para uso em análise de confiabilidade de subestações.

d) Base de dados CIER

Ainda a nível internacional, a primeira base de dados que se desenvolveu na América do Sul foi a da Comissão de Integração Elétrica Regional (CIER) em 1964. Entretanto, somente em 1975 foi iniciado a coleta dos dados de falha. Em dezembro de 1980 foi implantado um sistema computacional — o Sistema Estatístico da CIER (SEC), que permite o processamento dos dados a nível de empresa, a nível de país e a nível da CIER.

Esse sistema de estatística tem por objetivo o cálculo de índices de desempenho em sistemas de potência de cada empresa, globais de cada país, globais da CIER, anuais e plurianuais | 15|.

O Sistema de Estatística da CIER é o mais difundido atualmente no setor elétrico brasileiro, e se caracteriza essencialmente por coletar dados de falha a nível de sistemas de geração e transmissão, sob o enfoque de componentes individualizados sem que sejam consideradas possíveis relações entre os componentes em um evento de saída múltipla.

Os componentes, para os quais o relato de saídas é realiza

do são:

- (1) linhas aéreas;
- (2) linhas com cabo de força;
- (3) componentes de operação, sistemas de barramentos e equipamentos associados;
- (4) componentes de transformação, compensação e aterramento;
- (5) proteção; e
- (6) miscelâneos.

O Manual do Sistema de Estatística CIER¹⁵ define cada um dos componentes anteriormente relacionados, o que permite inferir que a cada componente corresponde tão somente um equipamento específico. Como exemplo temos o componente transformador. Este componente é subdividido em enrolamento, tanque, radiador, respirador, equipamento de resfriamento, comutador de derivação, isolador e outras partes que compõem fisicamente o transformador.

Em termos de estrutura de classificação, o objetivo é catalogar todos os desligamentos de equipamentos, independentemente da origem do evento causador do desligamento, envolvendo, portanto, tanto os desligamentos programados como os forçados.

A Figura 3.5 ilustra a estrutura de classificação adotada para os desligamentos de componentes.

A seguir é apresentada a definição de desligamento forçado

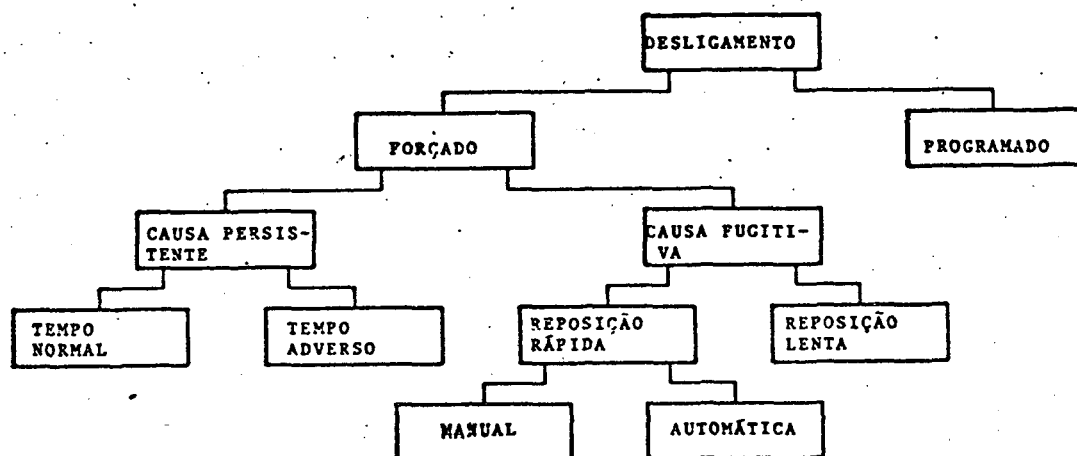


Figura 3.5 - Estrutura de classificação dos desligamentos de componentes - CIER

por causa fugitiva:

"é aquele decorrente de uma causa fugitiva (transitória) isto é, em que o retorno do componente ou unidade ao serviço pode ser feito automaticamente, ou tão logo operações de manobras sejam executadas, sem intervenção da manutenção".

Observa-se desta definição que a classificação "desligamento forçado por causa fugitiva" considera todos os desligamentos por causa fugitiva, independente da causa ter origem externa ao componente ou não. Deste modo, a estimação de parâmetros estatísticos para uso em estudos de confiabilidade, fica prejudicada.

No decorrer da exposição dessa base de dados (CIER), o termo "desligamento" foi usado em substituição ao termo "saída" que vinha sendo utilizado anteriormente, garantindo assim, coerência com as definições apresentadas no manual de instrução¹⁵. Entretanto, o termo "saída" deve ser preferido, como justificado a seguir.

Considere-se uma situação em que um transformador é retirado de serviço para fins de manutenção preventiva. No ato de colocação do transformador em serviço, ocorre atuação de proteção, e o conseqüente adiamento no retorno do componente ao serviço.

Pode-se constatar do exposto que no momento da atuação da proteção, o transformador não foi desligado pois o mesmo já se encontrava neste estado. Caracteriza-se assim, propriamente, uma saída (transição) do estado de manutenção para o estado de defeito.

Deve ser destacado que o sistema CIER apresenta, além das estatísticas de desligamentos de componentes, dados de interrupções a consumidores. Sua estrutura de classificação

está representada no diagrama da Figura 3.6.

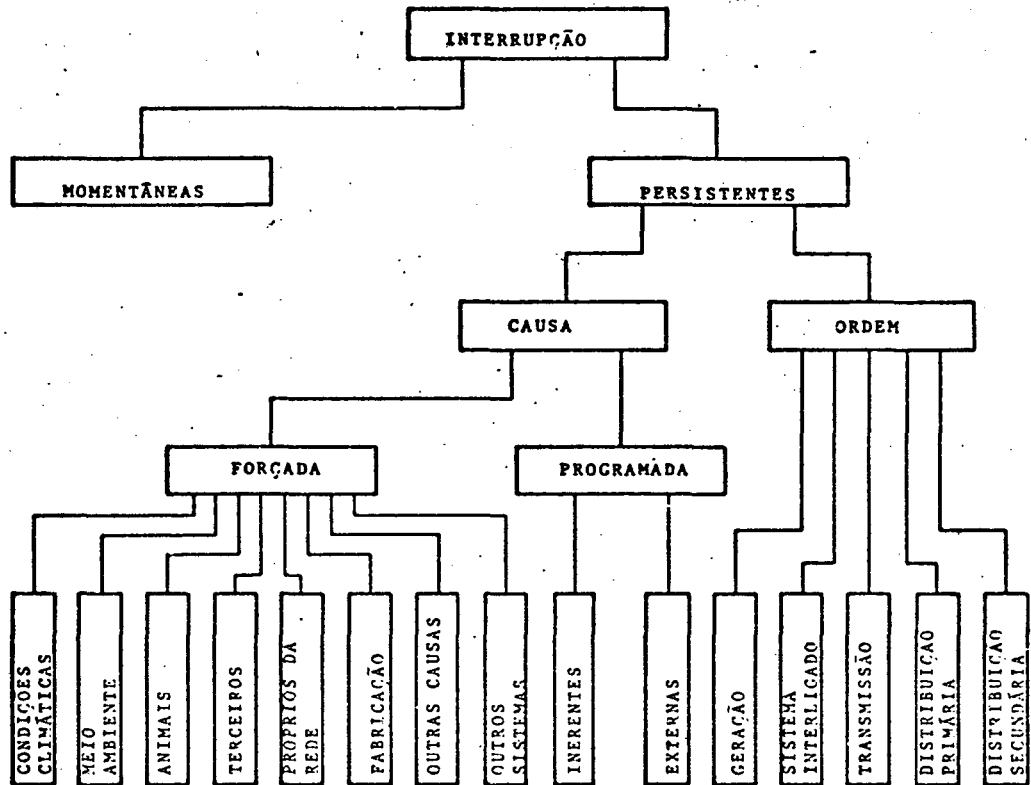


Figura 3.6 - Estrutura de classificações das interrupções - CIER.

e) Base de dados GTP

Além da estatística da CIER, da qual participa grande parte das empresas brasileiras, um outro sistema de estatística em uso no País é o desenvolvido pelo Grupo de Trabalho

de Proteção (GTP), do Grupo Coordenador para Operação Interligada (GCOI).

No sistema GTP os dados coletados referem-se aos desligamentos forçados de linhas de transmissão e de interligações, geradores, transformadores, barramentos e equipamentos de compensação reativa, bem como às atuações das respectivas proteções. Essa estatística foi implantada em 1979 com a denominação de "Sistemática para Levantamento Estatístico das Atuações das Proteções e Aberturas Automáticas de Linhas do Sistema Sudeste" ^[16], passando por uma revisão em 1982, que é a utilizada atualmente.

Em termos de estatística associada ao sistema de transmissão, os seguintes tipos de componentes têm seus desligamentos registrados:

- (1) linha de transmissão;
- (2) transformador de potência;
- (3) barramento;
- (4) reator;
- (5) capacitor; e
- (6) compensador síncrono.

Cada componente inclui, além do equipamento principal, os disjuntores, seccionadoras do lado do componente, TP's, TC's e outros. A fim de mostrar como é determinada a fronteira dos componentes, considere-se os exemplos A e B da Figura 3.7.

No exemplo A, uma falta para terra na chave seccionadora as sinalada, implica em desligamento do transformador, com lo calização interna.

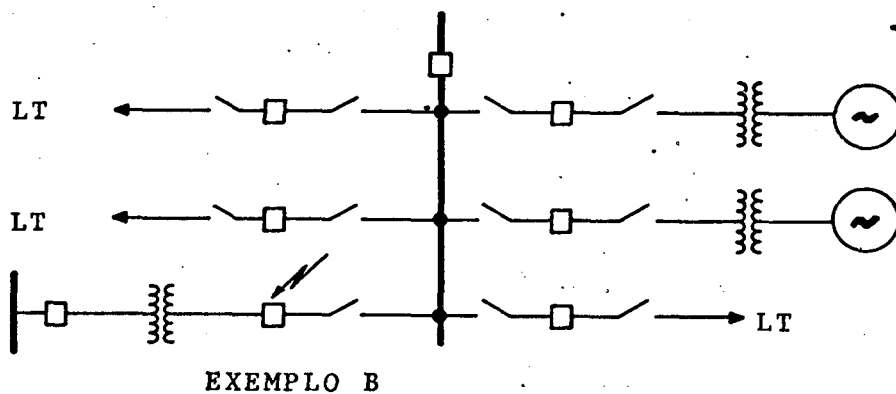
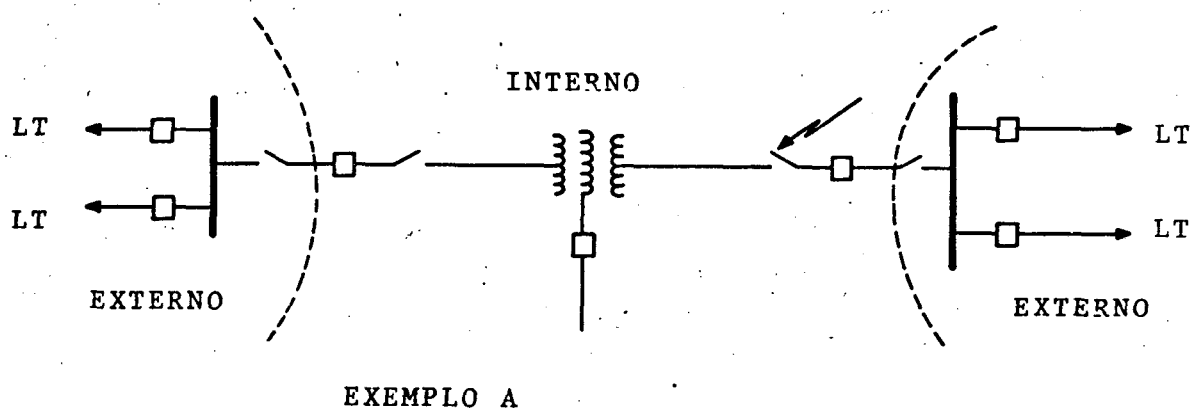


Figura 3.7 - Exemplos de determinação da fronteira de componentes.

No exemplo B a ocorrência de falta para terra no disjuntor assinalado provoca o desligamento do transformador, barra e demais circuitos ligados a mesma, considerando a existência de proteção diferencial de barra. Deste modo, a classificação quanto a origem da causa dos desligamentos, para cada componente, é a seguinte:

<u>Componente</u>	<u>Origem da causa</u>
transformador	interno
barra	interno
demais circuitos	externo

Através deste exemplo observa-se que, dependendo do componente a ser classificado, um elemento, no caso o disjuntor, pode pertencer tanto a um componente como a outro.

A estrutura básica de classificação dos desligamentos força dos dos componentes é representada esquematicamente na Figura 3.8.

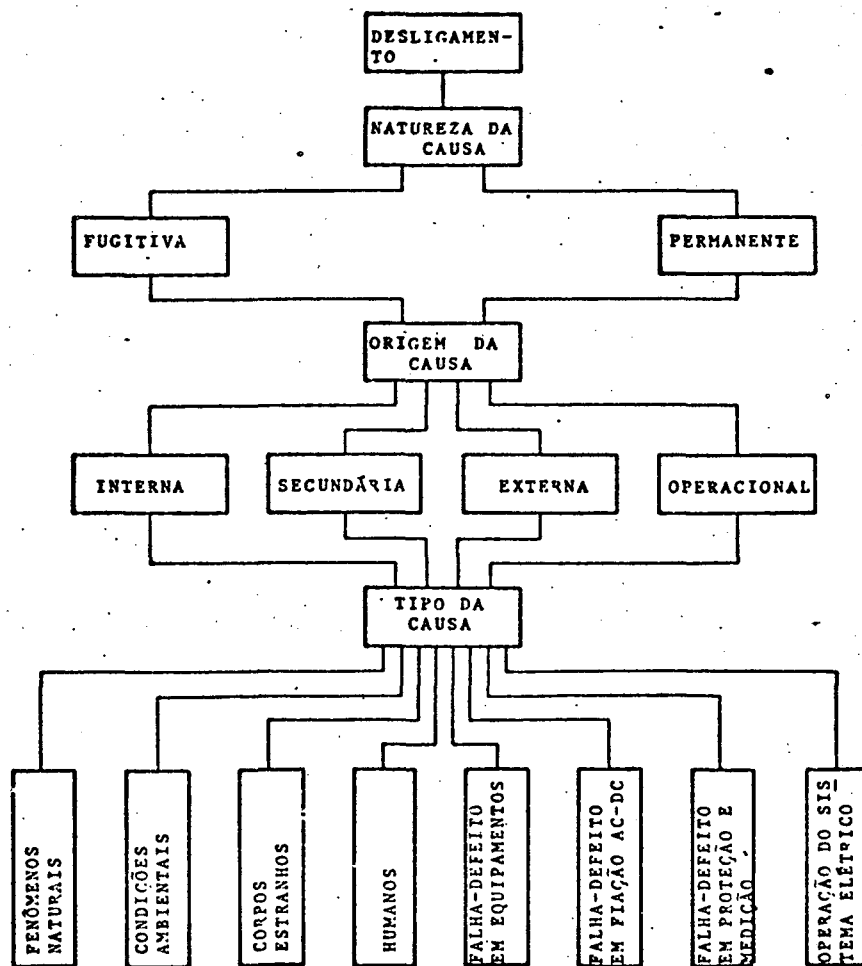


Figura 3.8 - Estrutura de classificação dos desligamentos forçados - GTP.

A conceituação dos desligamentos forçados, fugitivos e permanentes é análoga a adotada pelo Sistema de Estatística da CIER, enquanto que na classificação da origem da causa são adotados os seguintes conceitos ^{|16|}:

- (1) Interno - se a causa do desligamento for interna ao componente.
- (2) Externo - a origem da causa se localiza em outro componente, ou área externa, que não o componente em análise
- (3) Secundária - a origem da causa está relacionada com os lados secundários (comando, controle, proteção, supervisão, etc.) dos equipamentos terminais do próprio componente.
- (4) Operacional - se o desligamento do componente em questão decorre de problemas operacionais que se manifestaram no componente, independente da causa primária da perturbação.

Neste ponto cabe um comentário com relação à categoria "origem da causa". A classificação "operacional" não segue o mesmo critério que as demais, pois para as classificações "interna", "secundária" e "externa" segue-se um critério de localização física da falha ou defeito, enquanto que na classificação "operacional" é assinalado se o desligamento do componente sob análise decorreu de problemas operacionais.

Em resumo, diz-se que a não ocorrência de mútua exclusividade entre as categorias de classificação de dados, implica na inexistência de univocidade conceitual entre o código de classificação e a informação a ser classificada. Deve ficar claro que a estrutura de classificação dos desligamentos forçados é muito mais abrangente do que o disposto na Figura 3.8, permitindo catalogar informações adicionais como: tipo da falta, fases afetadas, forma de restabelecimento do componente ao serviço (manual ou automática), tentativas de restabelecimento sem sucesso, anormalidades do esquema de teleproteção, condições do tempo e outras, possibilitando então que uma estatística de sistemas de proteção seja obtida, permitindo assim o uso de modelos de confiabilidade que explicitem o sistema de proteção.

Convém salientar que, para o caso específico das linhas de transmissão, a estrutura de classificação permite ainda que sejam registrados e assinalados os casos de saídas de modo comum.

f) Base de dados CECO

Mais recentemente outros trabalhos foram desenvolvidos a nível internacional, apresentando conceituações mais abrangentes e modernas, como é o caso da base de dados para sistemas de transmissão da Commonwealth Edison Company (CECO).

Uma descrição dessa base de dados é apresentada no trabalho "Data Base for EHV Transmission Reliability Evaluation", editado em 1981 no IEEE Transactions on Power Apparatus and

Systems. Este trabalho^[17] apresenta as categorizações necessárias ao relato das saídas de linhas, além das estatísticas de saídas forçadas, cobrindo cerca de vinte anos de operação da Commonwealth Edison Company. Constitui-se em objetivo da base de dados a predição do desempenho de uma linha discreta baseado em sua exposição para causas de saídas.

A base de dados CECO utiliza a terminologia do IEEE Power Engineering Society^[18,19,20] e da Mid-America Interpool Network (MAIN)^[21], além de algumas definições próprias e inovadoras, como as apresentadas a seguir:

- .1. saídas coincidentes - duas saídas que coexistem ao longo de um período de tempo;
 - 1.1. saídas simultâneas - duas saídas coincidentes onde ambas ocorrem ao mesmo tempo;
 - 1.2. saídas superpostas - duas saídas coincidentes são superpostas se elas são iniciadas em instantes de tempo diferentes;
- .2. saída de modo comum de linha - é uma das duas ou mais saídas superpostas de linha, tendo uma causa comum identificada, onde nenhuma saída é consequência de qualquer outra.

O exame desta última definição, que está apresentada pelos autores na parte de discussão do artigo^[17], mostra que seria mais interessante o uso da palavra "coincidentes" no lugar da palavra "superpostas", para que a definição abrangesse

se também saídas simultâneas.

g) Sistema de estatística MAPP

Em 1984 foi publicado no IEEE-PAS^{|22|} o trabalho "MAPP Bulk Transmission Outage Data Collection and Analysis", onde é descrita uma técnica de coleção de saídas de linhas de transmissão, juntamente com o desempenho histórico do sistema de transmissão da Mid-Continent Area Power Pool (MAPP), no período de 1977 a 1983.

Os dados colecionados nessa base de dados são de dois tipos: (1) cadastro (inventário) de componentes e (2) dados de saídas.

Para formar o cadastro de componentes foram colecionadas informações a respeito das características físicas das linhas tais como:

- (1) número de terminais;
- (2) nível de tensão;
- (3) forma de exposição (linhas que ocupam estruturas comuns ou faixas de passagem comuns);
- (4) data de entrada em serviço.

Para o colecionamento dos dados de saídas o sistema MAPP segue a estrutura apresentada na Figura 3.9^{|22|}.

Embora não explicitado na estrutura, a base de dados MAPP considera ainda um critério de localização da falha ou de feito. Deste modo, se uma falha ou defeito se apresenta na

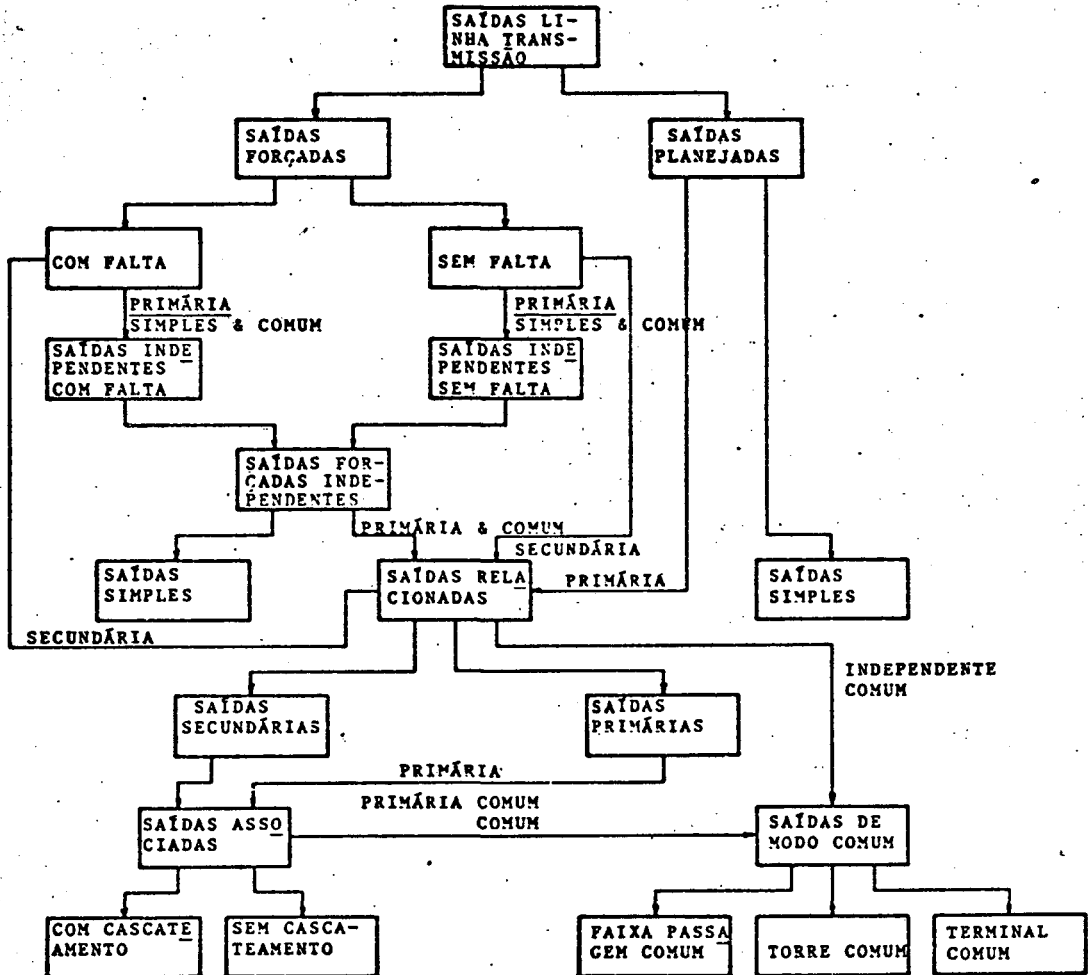


Figura 3.9 - Estrutura de classificação de saídas forçadas e planejadas - MAPP

barra, disjuntor ou outro equipamento pertencente ao terminal, a saída é assinalada como relacionada ao terminal.

Na base de dados MAPP a saída de modo comum é definida como sendo:

"Uma saída que resulta de uma única causa em que a saída de uma linha não é consequência direta da saída de outras linhas". Estas podem ser divididas em três tipos: faixa de passagem comum, estrutura comum e terminal comum.

3.2 - Proposta de uma base de dados segundo EPRI

Devido ao elevado grau de abrangência do assunto base de dados, o trabalho "Bulk Transmission System Component Outage Data Base"², desenvolvido pela Westinghouse sob patrocínio do Electrical Power Research Institute (EPRI), merece destaque.

Esse trabalho tem por objetivo principal o desenvolvimento de um sistema consistente de definições, formatos e procedimentos a serem empregados no colecionamento de dados de eventos de sistemas de transmissão. O trabalho compreende quatro etapas interrelacionadas que são:

- (1) revisão de trabalhos relacionados ao assunto;
- (2) definição do problema;
- (3) discussão da base de dados;
- (4) administração da base de dados.

Na primeira etapa os autores comentam a respeito da

existência de duas escolas que direcionam a formulação e implantação das bases de dados. Uma delas propõe o colecionamento de dados de saídas para os equipamentos físicos, tais como: transformador, disjuntor, etc., enquanto que outra propõe o colecionamento de dados de saídas para unidades funcionais. Deste modo a estrutura de classificação proposta visa atender a ambos os enfoques.

Ressalta-se neste trabalho que o colecionamento de dados para unidades funcionais tem sido mais praticado que o colecionamento para equipamentos físicos; isto decorre de que a maioria dos dados de saídas de linhas de transmissão está associada ao conceito de linha como entidade funcional, ou seja, uma entidade capaz de transferir potência entre dois ou mais pontos. Além disto, os modelos existentes para avaliação da confiabilidade de sistemas de transmissão representam o sistema por uma rede de "ramos". Em cada modelo, cada ramo representa a capacidade de transmitir potência entre dois pontos (nós).

Observa-se ainda que a base de dados EPRI utiliza o termo "componente" como uma parte do equipamento, ao passo que as demais referências utilizam este termo como elemento de um conjunto que dependendo do nível de complexidade considerado, pode ser uma unidade de transmissão ou um equipamento, ou ainda um sub-equipamento. Segundo o EPRI², um sistema de transmissão é constituído por unidades de transmissão, estes por equipamentos e auxiliares, e estes por componentes.

Para delimitar o universo de equipamentos escolhido pela equipe de projeto 1283-1 do EPRI, foi observada a importância desses equipamentos para operação contínua dos sistemas de potência a partir da idéia de que os dados obtidos deverão ser utilizados por planejadores e operadores.

Assim, os equipamentos principais foram categorizados em cinco principais grupos e 19 equipamentos específicos, como segue:

Equipamentos de transferência de potência

- . linha de transmissão
- . cabo
- . transformador

Equipamentos de chaveamento

- . disjuntor
- . chave seccionadora

Equipamentos terminal

- . barra

Equipamentos de compensação reativa

- . compensador síncrono
- . compensador estático
- . reator em derivação
- . banco de capacitor em derivação
- . banco de capacitor série

Equipamentos de proteção e religamento

- . proteção de linha
- . religamento de linha
- . proteção de cabo
- . proteção de transformador
- . proteção de barra
- . proteção de condicionador de potência
- . outras proteções

Equipamento especial

- . de acordo com a necessidade

A última categoria permite a inclusão de equipamentos considerados especiais, tais como: estações conversoras CA/CC, reatores séries, etc., recomendando os autores que os demais dispositivos deverão ser incluídos como componentes de equipamentos. Desta forma, chaves seccionadoras, pára-raios, transformadores de corrente e de potencial devem ser considerados como componentes de equipamentos principais.

As Figuras 3.10 e 3.11 apresentam, respectivamente, as classificações de saídas e classificações de saídas múltiplas para unidades de transmissão ou equipamentos de transferência de potência.

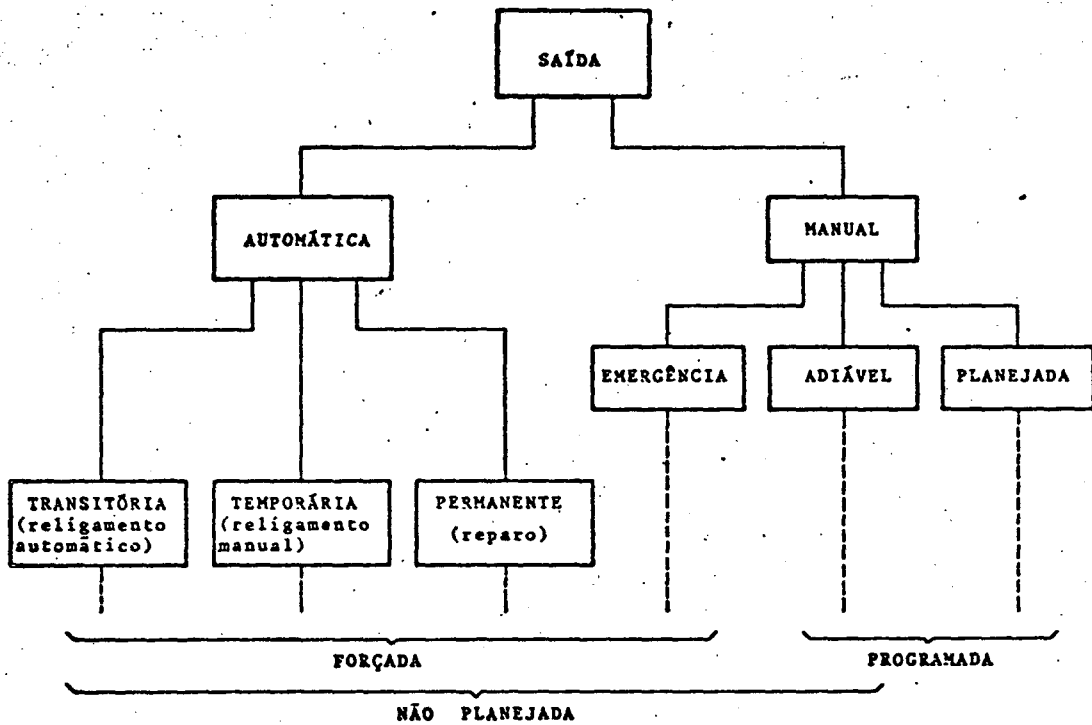


Figura 3.10 - Classificação de saídas de equipamentos de transferência de potência de unidades de transmissão.

- EPRI

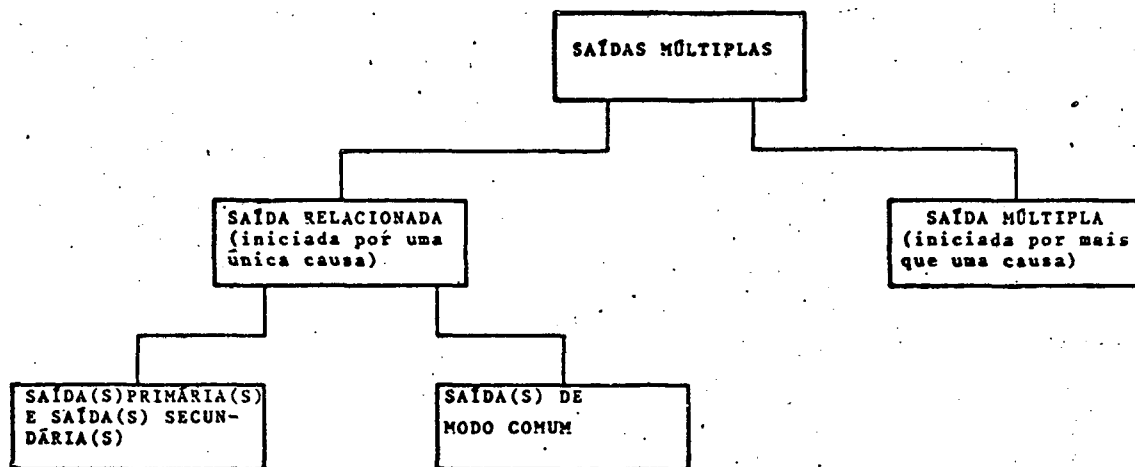
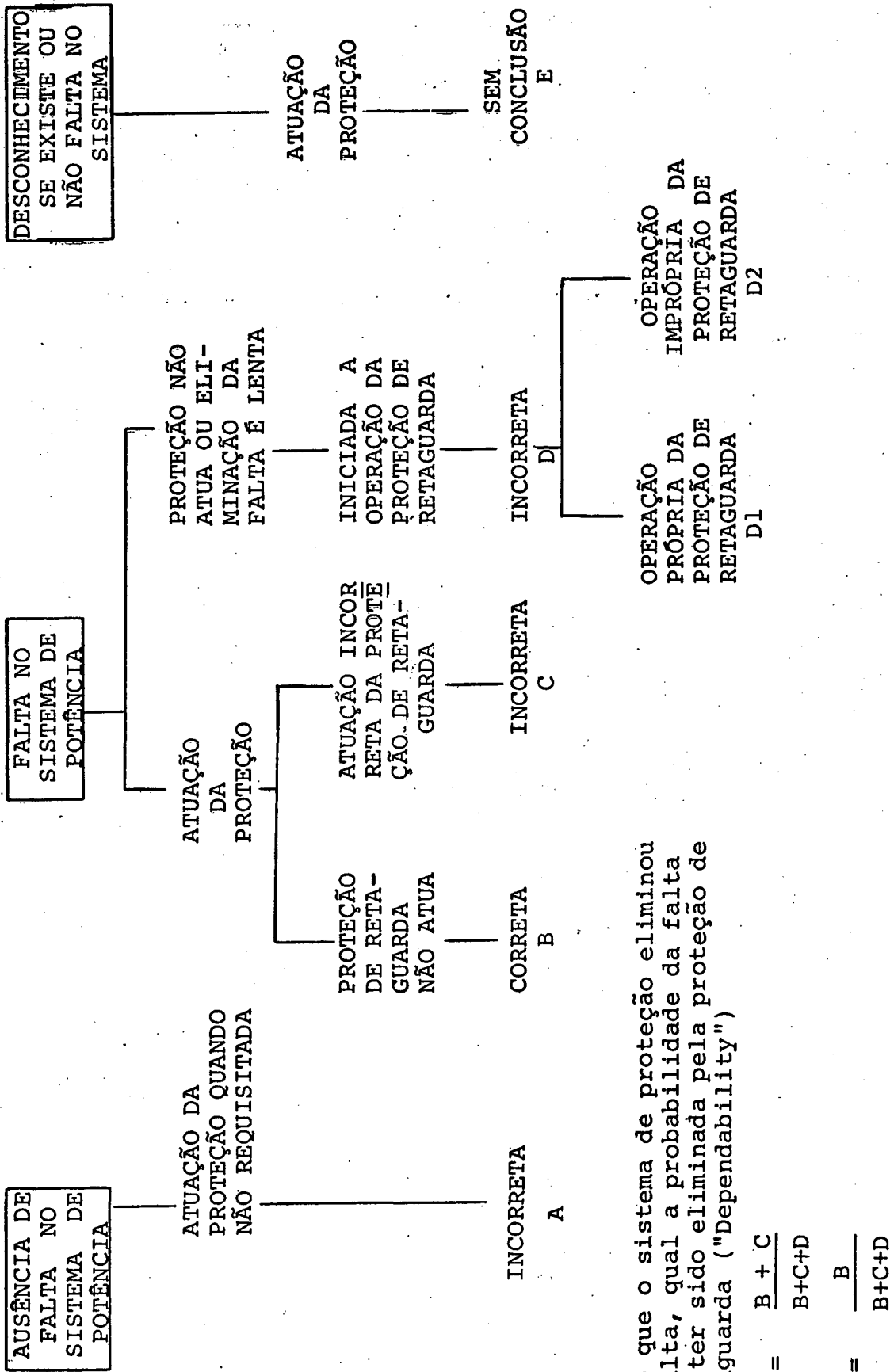


Figura 3.11 - Classificação de saídas múltiplas para equipamentos de transferência de potência ou unidades de transferência de potência.

Uma importante contribuição do trabalho desenvolvido pelo EPRI está na abordagem do desempenho de sistemas de proteção e de religamento automático.

A Figura 3.12 apresenta a classificação das opera-



F-Dado que o sistema de proteção eliminou a falta, qual a probabilidade da falta não ter sido eliminada pela proteção de retaguarda ("Dependability")

$$F = \frac{B + C}{B+C+D}$$

$$S = \frac{B}{B+C+D}$$

S-Probabilidade do sistema de proteção ter atuado corretamente em toda sua extensão para eliminação da falta (segurança)

Figura 3.12 - Classificação das operações de um sistema de proteção

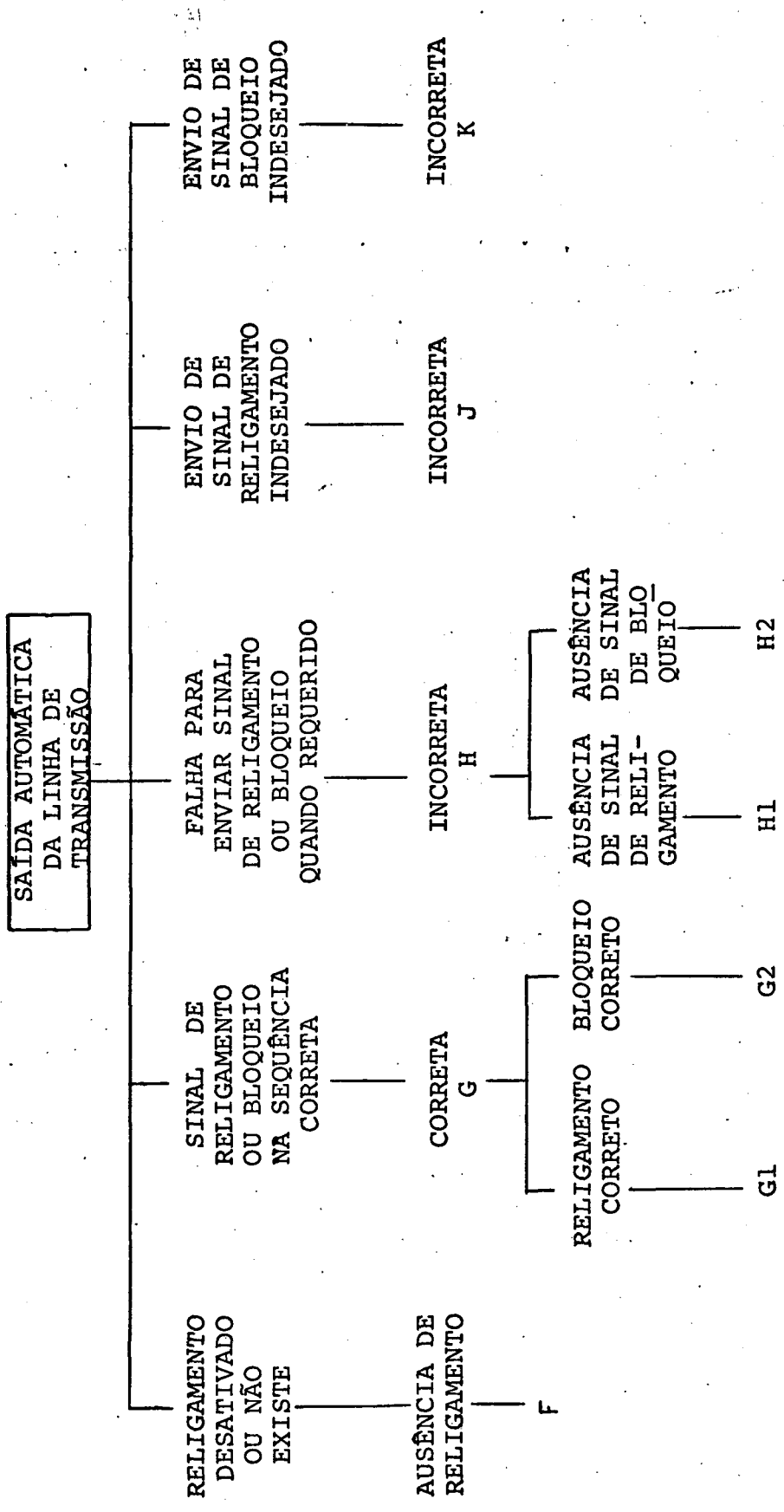


Figura 3.13 - Classificação dos sinais de religamento ou bloqueio enviados pelo equipamento de religamento automático

ções de um sistema de proteção, onde estão apresentadas as possíveis atuações do sistema de proteção frente a ocorrência de falta no sistema ou quando ocorre atuação do sistema de proteção na ausência de falta.

Da figura observa-se que parâmetros como probabilidade do sistema de proteção não atuar quando deveria, e taxa de falha por falsa operação são facilmente obtíveis.

A Figura 3.13 apresenta a estrutura de classificação de operações de equipamento de religamento automático associado a um terminal de linha.

3.3 - Disponibilidade de dados estocásticos a nível nacional

O Quadro 3.1 apresenta quais os tipos de parâmetros obtíveis através dos sistemas de estatísticas nacionais para linhas de transmissão.

Quadro 3.1 - Disponibilidade de parâmetros estatísticos de linhas de transmissão para uso em modelos de confiabilidade

Sistema de estatística	λ	r	λ_c	r_c	λ_{c1}	λ_{c2}	λ_m	r_m
CIER	D	D	-	-	-	-	-	-
GTP	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	-	-

D = disponível

ND* = não disponível no formato adequado

Simbologia utilizada no Quadro 3.1:

- λ - taxa de falha para saída simples;
- r - tempo médio de reparo para saída simples;
- λ_c - taxa de falha para saída de modo comum;
- r_c - tempo médio de reparo para reposição simultânea de circuitos em saídas de modo comum;
- λ_{cl} - taxa de falha para saídas de modo comum (reposição não simultânea)
- λ_m - taxa de saída para manutenção;
- r_m - tempo médio de manutenção.
- λ_{c2} - taxa de falha para saídas de modo comum (reposição simultânea)

Os Quadros 3.2 e 3.3 apresentam os tipos de parâmetros obteníveis através dos sistemas de estatísticas nacionais para cabos, transformadores, barras, compensadores síncronos, compensadores estáticos, reatores, capacitores, chaves seccionadoras e disjuntores.

Quadro 3.2 - Disponibilidade de parâmetros estatísticos de cabos, transformadores, barras, compensadores síncronos, compensadores estáticos, reatores, capacitores e chaves seccionadoras, para uso em modelos de confiabilidade

PARÂMETRO ESTATÍSTICO	CABO	TRANSFORMADOR	BARRA	COMPENSADOR SÍNCRONO	COMPENSADOR ESTÁTICO	REATOR	CAPACITOR	CHAVE SECCIONADORA
Taxa de falha para saída simples (λ)	CIER	CIER	CIER		-	CIER	CIER	CIER
	-	GTP*	GTP*	GTP*	-	GTP*	GTP*	-
Tempo médio de reparo para saída simples (r)	CIER	CIER	CIER	-	-	CIER	CIER	CIER
	-	GTP*	GTP*	GTP*	-	GTP*	GTP*	-
Taxa de saída para manutenção (λ_m)	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo médio para manutenção (r_m)	-	-	-	-	-	-	-	-

* - Estatística não disponível no formato adequado.

Quadro 3.3 - Disponibilidade de parâmetros estatísticos de disjuntores para uso em modelos de confiabilidade

SISTEMA DE ESTATÍSTICA	p	λ_1	λ_2	T_s	T_{FD}	T_{DP}	λ_m	r_m
CIER	-	-	-	-	-	-	-	-
GTP	ND*	ND*	ND*	-	ND*	ND*	-	-

ND* - não disponível no formato adequado

Simbologia utilizada no Quadro 3.3:

- p - probabilidade de não operar quando requerido;
- λ_1 - taxa de falha para falta à terra;
- λ_2 - taxa de falha para falsa operação;
- T_s - tempo médio de chaveamento;
- T_{FD} - tempo médio de reparo para falsa operação;
- T_{DP} - tempo médio de reparo para disjuntor preso;
- λ_m - taxa de saída para manutenção;
- r_m - tempo médio de manutenção.

A título de observação, convém salientar que os parâmetros assinalados como "não disponíveis no formato adequado", podem ser obtidos através do uso de programas periféricos que realizem um processamento de dados de forma adequada às aplicações, uma vez que os dados básicos são disponíveis.

Embora o sistema de estatística do GTP possibilite a obtenção de diversos parâmetros estatísticos indiretamente, o mesmo

não apresenta terminologia e conceituação adequadas à avaliação da confiabilidade de sistemas de potência.

Com relação à disponibilidade de estatísticas de interrupção de consumidores, ambos os sistemas, CIER e GTP, as dispõe.

Pode-se concluir através da observação das tabelas e exposição anterior que é necessária a especificação de uma base de dados para suprir as deficiências atuais.

3.4 - Resumo

Neste capítulo, procurou-se apresentar uma visão de conjunto dos sistemas de informações estatísticas existentes e propostos, tanto a nível nacional quanto internacional, destacando-se os aspectos relevantes para a implementação de uma base de dados adequada às necessidades de dados estocásticos apontados no capítulo 2. No caso específico dos sistemas de estatísticas da CIER(SEC) e do GTP, ambos acessíveis a nível nacional, procurou-se, adicionalmente, fazer um levantamento dos dados disponíveis nestes sistemas de estatísticas evidenciando-se as lacunas existentes, à luz das necessidades anteriormente apontadas. Confirma-se, assim, a necessidade de um esforço adicional no sentido de complementar e adequar os atuais sistemas de informação às necessidades dos modelos de confiabilidade em uso e em desenvolvimento. Este esforço adicional exige, como pré-requisito, a formulação de terminologias, procedimentos e estruturas de classificação adequadas, como será visto nos capítulos a seguir.

CAPÍTULO IV

ESPECIFICAÇÃO GERAL DA BASE DE DADOS

4.1 - Introdução

O desenvolvimento de um sistema computacional de grande porte impõe, como preliminar, a especificação dos objetivos e do escopo do sistema, de modo a maximizar a vida útil do sistema e visando minimizar a freqüência e a amplitude de intervenções para manutenção ou adaptação do sistema.

No caso particular de uma base de dados estatísticos derivados da experiência de operação do sistema, esta especificação é particularmente crítica, uma vez que, além de mudanças de "software", a alteração das especificações pode influir em rotinas administrativas e mesmo em atribuições funcionais já estabelecidas.

Em vista do exposto, é importante ter-se em mente, ao projetar a estrutura detalhada da base de dados, não só a ampla gama de funções que a base de dados se propõe a atender, mas também o potencial de evolução dos procedimentos de aquisição de dados de entrada para a base de dados e dos tipos de relatórios e informações que a base de dados deve produzir.

Trata-se, portanto, de planejar uma base de dados de modo a minimizar o risco de sua obsolescência prematura. Para

isto, analisam-se neste capítulo, alguns aspectos conceituais, relevantes para estabelecer a estrutura da base de dados, a partir dos quais serão detalhados as propostas de implantação nos capítulos a seguir.

4.2 - Funções da base de dados

Conforme salientado anteriormente, a viabilização do uso de métodos probabilísticos na área de planejamento de sistemas de potência requer o apoio de um sistema de informações estatísticas ajustado às necessidades de dados dos modelos de confiabilidade em uso e em desenvolvimento no setor.

Embora abrangentes, os requisitos de dados discriminados no capítulo II não esgotam o potencial de uso da base de dados, a qual deve prover suporte para outras aplicações em:

- 1 - planejamento do sistema e dimensionamento de componentes principais;
- 2 - gerenciamento da operação e manutenção do sistema;
- 3 - avaliação do desempenho do sistema e de seus componentes.

Nestas e em outras áreas, a base de dados deve permitir responder a questões, tais como:

- a) Qual a relação benefício/custo de se reduzir o nível de redundância da capacidade de transmissão em certas áreas do sistema?

- b) Qual a frequência de ocorrência de distúrbios mais severos que os normalmente considerados no planejamento do sistema de transmissão?
- c) Qual a confiabilidade de suprimento a uma determinada área onde irão se instalar grandes consumidores industriais e qual a necessidade de fontes de suprimento alternativas?
- d) Qual a possibilidade de otimizar a utilização de cabos pára-raios por zonas geográficas?
- e) Que nível de contingências envolvendo falhas do sistema de proteção deve ser considerado na seleção das características de disjuntores e de pára-raios em subestações específicas?
- f) Qual a influência da melhoria da manutenção sobre a efetiva disponibilidade do sistema de transmissão?

Assim, a par de fornecer parâmetros segundo a ótica dos modelos de confiabilidade existentes e planejados, a base de dados deve ser estruturada com flexibilidade suficiente para fornecer informações de caráter geral (consultas avulsas) tanto quanto para o fornecimento de informações para processamento de programas de aplicação pré-especificados.

Neste sentido cabe salientar que, além de atender a consultas gerais e de dar suporte a aplicações de modelos de confiabilidade, dever-se-á projetar a base de dados de forma a viabilizar a aplicação de outros modelos, sob enfoque probabilístico já em uso ou que venham a ser usados no planejamento, dimensionamento e operação de sistemas de potência, como por exemplo:

- análise de segurança probabilística^{|23|};
- curto-circuito probabilístico^{|24|};
- estabilidade probabilística^{|25|}.

No caso da análise de segurança probabilística os requisitos de dados coincidem com os de modelos de confiabilidade de sistemas compostos.

Nas demais aplicações, alguns tipos de dados adicionais, tais como tipo de falha, época de ocorrência da falha, localização da falha na linha, tempo de atuação da proteção e tempo de abertura de disjuntores, falhas de proteção, etc., passam a ser necessários para viabilizar o uso desse ferramental.

4.3 - Aquisição e tratamento de informações

Em qualquer sistema de informações a quantidade e qualidade da informação a coletar deve ser estabelecida, precipuamente, em função das necessidades de informações a serem fornecidas pelo sistema.

Um ponto importante a observar é o estabelecimento de um conjunto mínimo de informações a coletar, tendo em vista o

atendimento das necessidades imediatas e previstas de dados, por um lado, e o custo de aquisição e tratamento dos dados de entrada, por outro. No caso específico de uma base de dados para estudos de confiabilidade de sistemas de potência, independentemente da variedade de tipos e formas de apresentação das informações de saída, os dados básicos são sempre de dois tipos: dados de componentes e dados de eventos.

Dados de componentes dizem respeito à caracterização física e espacial dos equipamentos e instalações que compõem o sistema de potência. O conjunto de descritores de componentes constitui o assim designado "cadastro de componentes".

Dados de eventos são as descrições estruturadas das ocorrências de desligamentos (ou de outras ações de interesse), que envolvam um ou mais elementos do sistema cujo desempenho estatístico seja de interesse para a formação da base de dados e cujas características estejam registradas no cadastro de componentes. Em geral, a obtenção e o tratamento (depuração e classificação) dos dados de campo envolve um processamento seqüencial de informações, cujo desenvolvimento afeta profundamente a qualidade dos dados de entrada, nos seguintes aspectos:

- erros na fase de coleta de dados: registro e medição;
- erros de transmissão de informações;
- erros de classificação e de lançamento.

A minimização desses erros e a melhor qualidade dos dados de entrada para a base de dados repousa, portanto, numa série de cuidados a serem tomados na fase de coleta de dados, como por e

xemplo:

- estabelecimento de terminologia clara e consistente;
- estabelecimento de formulários de preenchimento simples e ao mesmo tempo "auto-verificável";
- estabelecimento de vários níveis de crítica e avaliação de consistência dos dados coletados, manual e automática;
- treinamento continuado de operadores e lançadores de dados.

Como se depreende do exposto, a formação de uma base de dados confiável tem como requisitos básicos:

- formulação e difusão de terminologia e conceitos associados;
- a formação de um cadastro abrangente e atualizado; e
- o estabelecimento de procedimentos de coleta e de crítica de dados.

A formulação de terminologia e conceitos associados foi tratada anteriormente no Capítulo IV. Os demais aspectos serão objetivo de análise neste e em outros capítulos a seguir.

4.4 - Informações supridas pela base de dados

Conforme descrito na seção 4.2, uma base de dados deve ser projetada de modo a suportar diversas aplicações, nas áreas de (1) planejamento de sistemas de potência, (2) gerência da operação e manutenção e (3) avaliação de desempenho de componentes e sistema. Deste modo a base de dados tem como objetivos básicos (1) o fornecimento de parâmetros estatísticos para modelos de confiabilidade e (2) o fornecimento de índices de desempenho a nível de compo

nentes e sistema.

Os parâmetros estatísticos básicos são as taxas de falha e tempos médios de reparo de componentes, em eventos de saídas simples e múltiplas de modo comum.

Os índices de desempenho de sistema ficam por conta da frequência e duração média das interrupções de fornecimento aos consumidores, enquanto que os índices de desempenho de componentes podem ser do tipo frequência anual de falha e indisponibilidade anual.

Para fins de aplicação em modelos de confiabilidade de sistemas compostos, conforme analisado no Capítulo II, os dados foram divididos em duas categorias principais: (1) dados a nível de componente, e (2) dados a nível de sistema.

Os dados de componentes, bem como os de sistema, podem ser sub-divididos ainda em: (1) determinísticos e (2) estocásticos, conforme descrito no Capítulo II.

A seguir estão apresentados os tipos de dados básicos a nível de componente e de sistema, que devem constituir o conjunto mínimo de informações necessárias para viabilizar as diversas aplicações levantadas, conforme consta na seção 4.2.

A nível de componente:

- | | | |
|------------------------------|---|-------------------------|
| (1) parâmetros elétricos, | } | dados "determinísticos" |
| (2) limites de carregamento, | | |

- | | | |
|------------------------------|---|----------------------|
| (3) parâmetros estatísticos, | } | dados "estocásticos" |
| (4) modos de falha. | | |

A nível de sistema:

- | | | |
|---------------------------|---|-------------------------|
| (1) topologia da rede, | = | dados "determinísticos" |
| (2) modos de falha, | } | dados "estocásticos" |
| (3) Índices de desempenho | | |
| (4) carga | | |

A base de dados deve ser dotada de flexibilidade suficiente para atender as funções relacionadas na seção 4.2.

Assim, no que tange ao fornecimento de parâmetros estatísticos, a base de dados deve permitir a obtenção não só de parâmetros clássicos tais como taxas de falha e tempos médios de reparo, mas também parâmetros estatísticos que possibilitem a identicação de funções distribuição de probabilidade dos parâmetros básicos. Adicionalmente, deve permitir um eventual agrupamento de dados entre empresas com o objetivo de se estimar parâmetros mais confiáveis, principalmente no caso de eventos raros para os quais a amostragem de uma única empresa seja estatisticamente não-significativa.

4.5 - Estrutura da base de dados

Do exposto nas seções anteriores, fica claro que a formação e o uso de uma base de dados para análise de desempenho do sistema e de seus componentes envolve uma série de atividades além

existência de duas escolas que direcionam a formulação e implantação das bases de dados. Uma delas propõe o colecionamento de dados de saídas para os equipamentos físicos, tais como: transformador, disjuntor, etc., enquanto que outra propõe o colecionamento de dados de saídas para unidades funcionais. Deste modo a estrutura de classificação proposta visa atender a ambos os enfoques.

Ressalta-se neste trabalho que o colecionamento de dados para unidades funcionais tem sido mais praticado que o colecionamento para equipamentos físicos. Isto decorre de a maioria dos dados de saídas de linhas de transmissão estar associada ao conceito de linha como entidade funcional, ou seja, uma entidade capaz de transferir potência entre dois ou mais pontos. Além disto, os modelos existentes para avaliação da confiabilidade de sistemas de transmissão representam o sistema por uma rede de "ramos". Em cada modelo cada ramo representa a capacidade de transmitir potência entre dois pontos (nós). Deste modo, enquanto as unidades de transmissão não formam partições físicas mutuamente exclusivas e exaustivas do sistema, os ramos formam funcionalmente.

Observa-se ainda que a base de dados EPRI utiliza o termo "componente" como uma parte do equipamento, ao passo que as demais referências utilizam este termo como elemento de um conjunto que, dependendo do nível de complexidade considerado, pode ser uma unidade de transmissão ou um equipamento, ou ainda um sub-equipamento. Segundo o EPRI^[2], um sistema de transmissão é constituído por unidades de transmissão, estes por equipamentos e auxiliares, e estes por componentes.

do registro de ocorrências. A definição de terminologia adequada, a caracterização dos componentes e de sua exposição a diversas condições ambientais, o estabelecimento de procedimentos de coleta e crítica de dados, o projeto e a formatação dos relatórios de saída são exemplos dessas atividades. O registro das condições ambientais, do perfil de carga e de geração, da política de operação e de manutenção pode ser incluído ou ser coordenado com o registro de eventos na base de dados. A estruturação de uma base de dados deve considerar, portanto, todos os processos e atividades que possam influir na sua formação e aplicação, conforme analisado a seguir.

4.5.1 - Terminologia

A estruturação de uma base de dados tem como pré-requisito essencial o estabelecimento de uma terminologia clara, consistente e uniforme. Deste modo é recomendável que sejam utilizadas terminologias já consagradas pelo uso desde que adequadas ao enfoque dado. Como exemplo de uma terminologia consagrada tem-se a desenvolvida pelo IEEE Standard 346-1973, "IEEE Standard Definitions in Power Operations Terminology Including Terms for Reporting and Analyzing Outages of Electrical Transmission and Distribution Facilities and Interruptions to Customer Service".

4.5.2 - Procedimento de coleta e crítica dos dados de entrada

A experiência mostra que o sucesso de qualquer sistema de dados está intimamente ligado à confiança que o usuário deposita no sistema desde o início de sua operacionalização. No caso

específico de uma base de dados para estudos de confiabilidade, as informações são coletadas em diversas fontes e em tempos distintos. Estes fatos constituem-se em fatores agravantes para a montagem e aplicação da base de dados, uma vez que, nesta situação, a probabilidade de acontecer distorções da informação é ampliada.

Deste modo, para que o usuário tenha confiança nos dados disponíveis é necessário que o procedimento de coleta de dados seja executado de modo sistemático, além de incluir a análise crítica dos dados em todas as etapas do procedimento.

Assim, é de fundamental importância que todo o pessoal envolvido no fluxo de informação esteja apto a receber e transmitir informações com o mínimo de distorções, o que pode ser facilitado pelo uso de uma terminologia padronizada ou mesmo de uma linguagem codificada.

O resultado da fase de coleta e crítica dos dados é uma massa de dados organizada em seqüência cronológica, porém não classificada segundo uma conceituação fundamentada na teoria da confiabilidade.

4.5.3 - Critérios e procedimentos de classificação dos dados de entrada

Ao se estabelecer uma estrutura de classificação de dados é importante que a mesma viabilize as diversas aplicações planejadas, sem apresentar um detalhamento excessivo. Assim, a solução proposta deve representar um compromisso entre as aplicações re

quisitadas e a qualidade estatística dos dados registrados, pois o fracionamento excessivo das categorias de dados pode levar à estimação de parâmetros com baixos níveis de significância estatística.

Como destacado na seção 4.3, os dados a serem classificados são de dois tipos: (1) dados de componentes e (2) dados de eventos. O conjunto de dados de componentes constitui o "Cadastro de Componentes", enquanto o conjunto de dados de eventos constitui o "Registro de Dados de Eventos".

Como regra geral, o procedimento de classificação e registro de dados deve ser simples, consistente e abrangente, devendo-se deste modo, considerar aspectos como os que seguem.

Univocidade - cada código de endereçamento de um determinado registro deve estar associado univocamente a uma única categoria de dados.

Abrangência do cadastro de componentes - o cadastro ideal de componentes seria aquele que tivesse uma abrangência estendida a todos os equipamentos do sistema. No entanto, este procedimento além de ser inviável em termos práticos, conduziria certamente a estimação de parâmetros com baixos níveis de significância estatística, como mencionado anteriormente. Do exposto, vem a necessidade de se dividir o sistema estudado em um número suficiente de tipos de componentes de modo que haja um compromisso entre as aplicações requisitadas e a qualidade estatística dos dados disponíveis.

Critérios de divisão do sistema - segundo a literatura, existem duas filosofias básicas de divisão do sistema de transmissão. A primeira considera que um sistema de transmissão é constituído pela interconexão de unidades funcionais que representam a capacidade de transferir potência entre pontos; a segunda considera que um sistema de transmissão é constituído pela interconexão de equipamentos físicos que possibilitam a transferência de potência. Estes conceitos serão posteriormente detalhados no Capítulo V.

Critérios de atribuição de falhas - considerando-se o sistema de transmissão como a interconexão de componentes segundo um dos dois critérios anteriores (unidades funcionais ou equipamentos físicos), deverá existir um critério de atribuição de falhas para aqueles elementos não cadastrados como componentes. Assim, na ocorrência de falha em um elemento do sistema que não esteja cadastrado como componente, esta deverá ser atribuída a um componente, garantindo-se, deste modo, a abrangência do sistema estudado.

Na literatura¹⁴ são apresentados dois critérios de atribuição de falhas: (1) o elemento sob falha é atribuído ao componente principal em cuja zona de proteção este elemento esteja incluído; e (2) os componentes do sistema possuem um posto ("ranking") em uma escala de modo que o elemento sob falha é atribuído ao componente de maior posto ao qual esteja diretamente ligado. Em ambos os critérios um elemento pode pertencer a mais que um componente; essas situações configuram então "saídas de modo comum" de múltiplos componentes.

Dados de eventos - a classificação dos dados de eventos deve apresentar uma abordagem a nível de sistema e também a nível de compo-

nente. Na abordagem sistêmica devem ser classificadas as informações referentes aos relacionamentos existentes entre os componentes envolvidos no evento, além de informações relativas a fornecimentos aos consumidores e/ou a suprimentos de energia em grosso (caso das empresas regionais, p.ex.). A nível de componente, devem ser classificadas informações como: causa da saída, tipo da saída (transitória, temporária e permanente), duração da saída, além de outras informações específicas ao componente em referência.

Estrutura de classificação dos dados de eventos - esta estrutura deve ser idealizada em diversos graus de detalhamento, de modo que possa ser implantada por partes, ou seja, deve permitir adições de novos níveis de informações na estrutura de classificação. Isto pode ser conseguido através da adoção de uma estrutura de classificação em forma de árvore lógica, tal como a ilustrada na Figura 4.1.

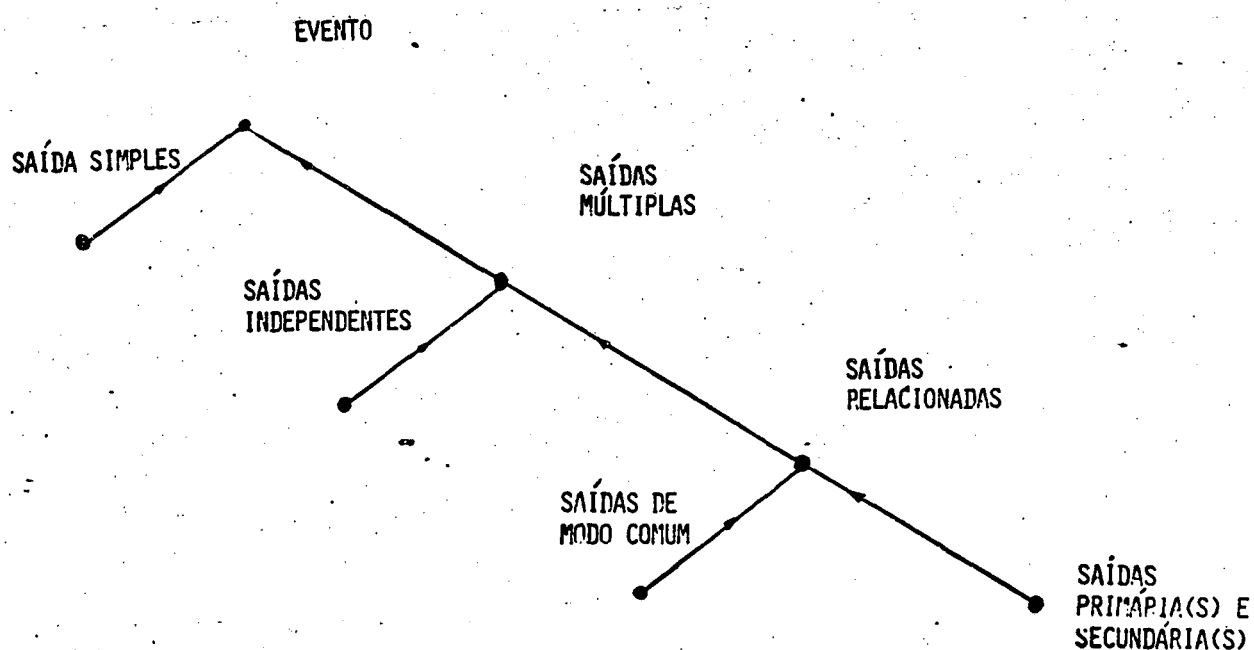


Figura 4.1 - Classificação dos dados de eventos sob o enfoque sistêmico.

Sistema de crítica de dados - a etapa de classificação de dados deve possuir um sistema de crítica de dados. A crítica pode ser feita através do pessoal responsável pela classificação, associada ao uso de programas de supervisão via computador.

4.5.4 - Critérios e procedimentos de recuperação de dados

O uso de uma estrutura de classificação em forma de árvore lógica permitirá que o usuário tenha a possibilidade de recuperação de dados em diversos níveis de agregação.

O procedimento de recuperação de dados deve ser dotado de flexibilidade suficiente para permitir a escolha do sub-conjunto amostral adequado a cada aplicação visualizada. Por exemplo, em um processo de estimação de parâmetros estatísticos pode ser necessária a retirada de alguns valores discrepantes da amostra. Isto deve ser passível de realização sem que a amostra fonte seja alterada em definitivo.

4.5.5 - Critérios e procedimentos para a estimativa de parâmetros estatísticos

A estimativa de parâmetros estatísticos de uma determinada categoria de componentes ou eventos requer a acumulação de um volume suficiente de dados para que seja obtido um nível de significância adequado.

De posse de amostras significativas, este procedimento deverá propiciar a estimativa de parâmetros estatísticos necessá

rios aos modelos de confiabilidade, bem como dar condições à identificação de funções distribuições de probabilidades.

A experiência tem mostrado que o processo de acumulação de dados é lento, e por consequência baixas significâncias estatísticas ocorrem na estimação de parâmetros. Para contornar esta situação é interessante a obtenção de amostras mais expressivas por meio da agregação de estatísticas de diversas empresas ("data pooling"). Para tanto, é necessário dispor-se das médias e desvios padrões das amostras componentes.

CAPÍTULO V

CONCEITOS E TERMINOLOGIA PARA COLETA, REGISTRO E ANÁLISE DE ESTATÍSTICAS DE DESEMPENHO

5.1 - Introdução

Apresentam-se, neste capítulo, os principais conceitos e terminologia necessários para o registro e análise de ocorrências em sistemas de transmissão, em conformidade com as necessidades de dados explicitados no Capítulo II.

Este conjunto de definições constitui elemento fundamental para a posterior formulação da estrutura de classificação de ocorrências que, por sua vez, viabiliza a obtenção de dados na forma, extensão e profundidade requeridas pelos modelos de análise de confiabilidade de sistemas de potência.

A terminologia e o enunciado das definições se baseia em larga escala, nos seguintes trabalhos: IEEE T & D Definitions Task Force, do Application of Probability Methods Subcommittee e publicado no IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-104, nº 2, de Fevereiro de 1985, sob o título "Proposed Terms for Reporting and Analyzing Outages of Electrical Transmission and Distribution Facilities", e o trabalho desenvolvido pela Westinghouse, sob o patrocínio do Electrical Power Research Institute (EPRI), intitulado "Bulk Transmission System Component Outage Data Base".¹²

As definições provenientes de outros trabalhos que não aqueles citados anteriormente, estão devidamente referenciadas ao longo do texto, enquanto que as definições resultantes da pesquisa a diversas referências bibliográficas estão assinaladas por asterisco (*).

O conjunto de termos e definições se encontra em quatro grupos principais:

- (1) definição geral;
- (2) classificação de componentes;
- (3) estados de componentes, eventos e exposição;
- (4) estatísticas.

5.2 - Definições Gerais

1. Sistema de Potência*

Sistema elétrico que compreende as instalações de produção, transmissão e distribuição de energia elétrica.

2. Sistema Elétrico*

Circuito ou conjunto de circuitos elétricos interrelacionados, constituídos para atingir um determinado objetivo.

3. Sistema de Transmissão*

Parte de um sistema de potência constituído pelos componentes cujas funções estão associadas à transmissão de energia elétrica.

4. Sistema de Geração*

Parte de um sistema de potência constituído pelos componentes cujas funções estão associadas à produção de energia elétrica.

5. Sistema de Proteção

Conjunto constituído pelo equipamento de chaveamento mais o equipamento de proteção que o controla.

6. Sistema de Religamento Automático

Conjunto constituído pelo equipamento de chaveamento mais o equipamento de religamento automático que o controla.

7. Dados Determinísticos [1]

São dados considerados não sujeitos a incertezas, para fins de estudos de confiabilidade sob enfoque probabilístico. Os dados determinísticos podem ser classificados em dois níveis: (1) nível de componentes e (2) nível de sistema.

Os dados a nível de componentes incluem parâmetros conhecidos, tais como: impedâncias e susceptâncias, capacidades de condução de corrente e demais parâmetros normalmente utilizados em estudos de fluxo de potência.

Os dados a nível de sistema incluem informações do tipo: (1) quais as medidas corretivas a serem tomadas em situações de emergência do sistema e (2) quais os eventos constituem-se em modos de falha do sistema.

8. Dados Estocásticos |1|

São dados associados as variáveis consideradas aleatórias, para fins de estudos de confiabilidade sob enfoque probabilístico. A exemplo dos dados determinísticos, os estocásticos podem ser classificados em dois níveis: (1) nível de componentes e (2) nível de sistema.

Os dados a nível de componentes incluem parâmetros individuais de falha e de reparo dos elementos do sistema.

Os dados a nível de sistema incluem parâmetros relacionados aos eventos que envolvem a saída de dois ou mais componentes.

5.3 - Classificações de Componentes

1. Componente

É a parte de um equipamento ou sistema que é vista como uma única entidade, para fins de relato e análise.

Um sistema de transmissão pode ser visualizado de dois modos:

- a) como um grupo de "unidades funcionais", que representam a capacidade de transferir potência de um ponto a outro. Deste modo, o sistema pode ser dividido funcionalmente em um conjunto de elementos mutuamente exclusivos e coletivamente exaustivo.
- b) Como a composição de equipamentos, tais como disjuntores, barras e linhas de transmissão. Deste modo, o sistema de

transmissão pode ser dividido fisicamente em um conjunto mutuamente exclusivo de elementos.

Na primeira definição de sistema de transmissão o componente se refere a uma "unidade funcional"; na segunda o termo componente diz respeito ao "equipamento".

2. Unidade de Transmissão

Uma instalação que transfere potência entre dois ou mais terminais em um sistema de transmissão.

Nota: A operação de uma unidade de transmissão envolve a operação de equipamentos físicos, tais como linhas de transmissão, cabos, transformadores, disjuntores, chaves seccionadoras e equipamentos de proteção e controle. Pela definição acima é possível que um equipamento seja compartilhado por duas ou mais unidades de transmissão.

Uma unidade de transmissão típica inclui uma linha de transmissão, disjuntores, barras de cada terminal e equipamentos de proteção e de religamento de linha. Pelo exposto, conclui-se que a unidade de transmissão não apresenta fronteira física de forma rígida, sendo portanto um conceito mais útil na fase de utilização dos dados.

3. Equipamento

Uma instalação que desempenha uma função principal dentro de um sistema de transmissão e que é visualizado como um todo para o propósito de registro de dados de saída e dados de exposição.

Este termo pode também ser referenciado como "equipamento principal". Os equipamentos são classificados quanto à função em seis categorias principais, como segue:

- a) transferência de potência;
- b) chaveamento;
- c) terminal;
- d) compensação reativa;
- e) proteção e religamento automático;
- f) especial.

De forma esquemática, a Figura 5.1 apresenta a hierarquia entre os componentes do sistema de transmissão.

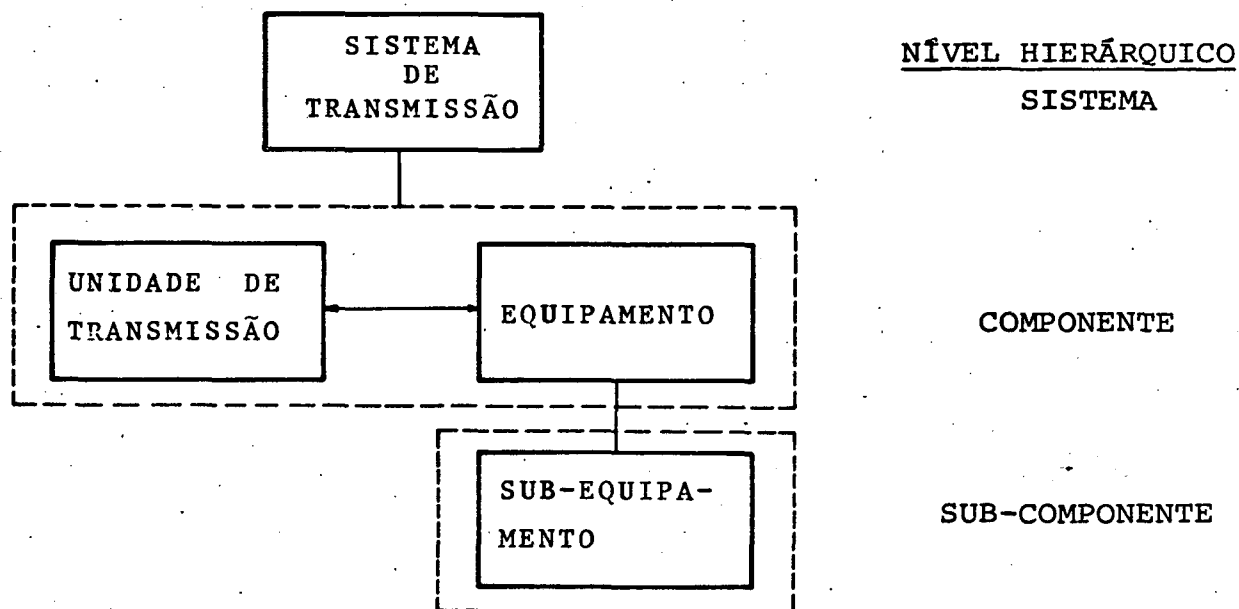


Figura 5.1 - Hierarquia dos componentes do sistema de transmissão.

4. Unidade de Transmissão Aérea

Uma unidade de transmissão que transfere potência entre dois ou mais pontos separados geograficamente e que satisfaz às seguintes condições adicionais:

- a) A conexão entre os pontos é efetuada por uma linha de transmissão aérea.
- b) Não inclui transformadores entre seus pontos terminais.
- c) Cada terminal de linha é equipado com disjuntor(es).

5. Unidade de Transmissão em Cabo

Uma unidade de transmissão que transfere potência entre dois ou mais pontos separados geograficamente e que atende as seguintes condições adicionais:

- a) A conexão entre os pontos é por cabo.
- b) Não inclui transformadores entre seus pontos terminais.
- c) Cada terminal de cabo é equipado com disjuntor(es).

6. Unidade de Transmissão Transformadora

Uma unidade de transmissão em que um transformador é o equipamento principal envolvido na transmissão de potência e que pelo menos dois terminais da unidade são equipados com disjuntores.

7. Unidade de Transmissão Combinada

Uma unidade de transmissão que pode conter linha, cabo e transformador, e tem seus terminais equipados com disjuntores.

8. Unidade de Transmissão Multiterminal

Uma unidade de transmissão que transfere potência entre três ou mais pontos geograficamente separados, em um sistema de transmissão, e tem todos os seus terminais equipados com disjuntores.

9. Unidade de Transmissão Aérea com Derivação

Uma unidade de transmissão aérea que transfere potência entre três ou mais pontos geograficamente separados em um sistema de transmissão e que atende as seguintes condições adicionais:

- a) A conexão entre os pontos é feita por linha de transmissão.
- b) Em um ou mais pontos inclui uma derivação alimentando uma carga.
- c) Os pontos que não envolvem a derivação são necessariamente equipados com disjuntores.

10. Ponto de Derivação

Um ponto da unidade de transmissão onde seções da unidade que se dirigem para três ou mais terminais são juntadas.

11. Seção

Uma porção de uma unidade de transmissão limitada por dois terminais, um terminal e um ponto de derivação ou dois pontos de derivação.

Nota: A Figura 5.2 ilustra as últimas três definições.

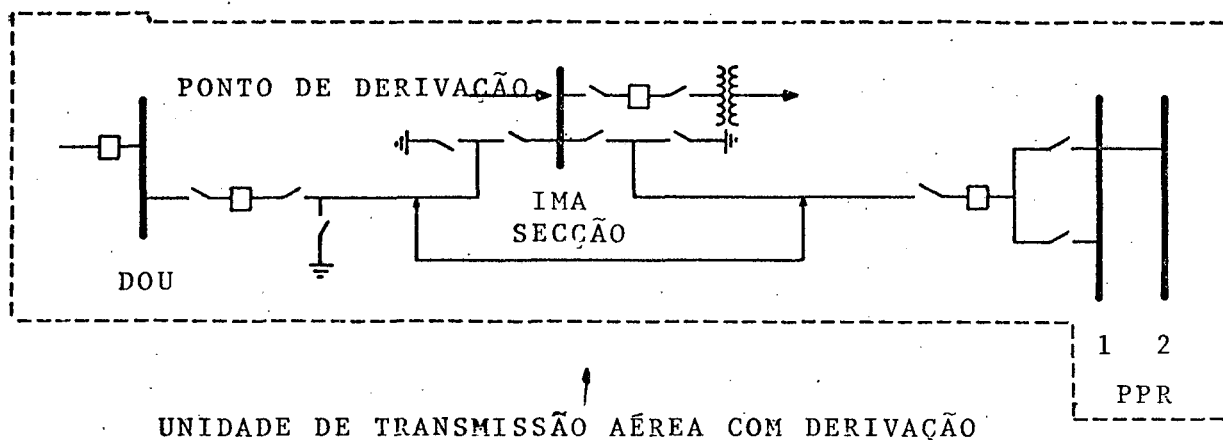


Figura 5.2 - Exemplo de unidade de transmissão aérea com derivação.

12. Segmento

Aquela porção de uma unidade de transmissão que tem um tipo particular de construção, como poste de madeira, torres de aço de circuito duplo, entre outros e cuja diferenciação seja relevante para fins de análise de desempenho da unidade de transmissão.

13. Unidade de Modo Comum

Uma combinação de duas ou mais unidades de transmissão que apresentam exposição de modo comum. Ver definição de "exposição" no item 34, da seção 5.4.

Nota: A exposição de modo comum pode não ser o comprimento total da linha. O comprimento da unidade de modo comum é um parâmetro da unidade de modo comum.

As unidades de modo comum podem ser classificadas quanto à exposição em três tipos principais:

- a) Faixa de passagem comum;

b) Estrutura comum;

c) Terminal comum.

14. Unidade de Faixa de Passagem Comum

Uma unidade de modo comum cuja exposição de modo comum resulta de linhas aéreas que compartilham uma única faixa de passagem, porém em estruturas separadas. Uma unidade de faixa de passagem comum pode envolver mais que duas unidades de transmissão.

15. Unidade de Estrutura Comum

Uma unidade de modo comum cuja exposição de modo comum resulta de linhas aéreas que compartilham as mesmas estruturas ao longo de um trecho.

16. Unidade de Terminal Comum

Uma unidade de modo comum cuja exposição de modo comum resulta de unidades de transmissão que possuem um terminal comum.

17. Terminal

Conjunto de instalações localizadas em cada ponto conectado por uma unidade de transmissão. Com exceção das unidades de transmissão transformadoras e conversoras de frequência ("back-to-back"), os terminais estão normalmente em locais geograficamente separados. Os terminais incluem os pontos de interconexão entre unidades de transmissão, podendo ser também pontos de distribuição de carga ou pontos de interconexão com outros sistemas. Um terminal inclui disjuntores, barras, equipamentos de proteção e de religamento automático, entre outros.

18. Equipamento de Transferência de Potência

Um equipamento cuja função principal é transferir potência elétrica entre dois ou mais pontos. O equipamento não inclui os dispositivos de chaveamento, terminações e outros equipamentos necessários para interconectar os equipamentos de transferência de potência dentro do sistema de transmissão. Isto distingue um equipamento de transferência de potência de uma unidade de transmissão.

Nota: Uma unidade de transmissão inclui normalmente um equipamento de transferência de potência; eventualmente, poderá ser constituída por mais que um equipamento de transferência de potência, tal como uma linha e um transformador em série, nos casos em que não exista um disjuntor entre eles.

19. Equipamento de Chaveamento

Um equipamento cuja função principal é conectar ou desconectar equipamentos para permitir ou evitar a transferência de potência elétrica. Exemplos de equipamentos de chaveamento são os disjuntores e chaves seccionadoras.

20. Equipamento Terminal

Um equipamento cuja função primária é prover um ponto de interconexão para dois ou mais equipamentos de transferência de potência. O exemplo principal de equipamento terminal é o barramento de subestações.

21. Equipamento de Compensação Reativa

Um equipamento cuja função primária é controlar o nível de tensão, o fluxo de potência reativa e/ou aumentar a capacidade de

transmissão do sistema. Exemplos de equipamentos de compensação reativa são:

- compensador síncrono;
- reator em derivação;
- capacitor em derivação;
- capacitor série;
- compensadores reativos estáticos controlados.

22. Equipamento de Proteção

Um equipamento cuja função primária é controlar a operação de um ou mais dispositivos de chaveamento após uma falha ou sobrecarga. O equipamento de proteção pode ser classificado de acordo com o tipo de equipamento protegido. Como exemplo destes equipamentos temos:

- equipamento de proteção de linha;
- equipamento de proteção de cabo;
- equipamento de proteção de transformador;
- equipamento de proteção de barra.

Nota: O equipamento de proteção inclui relés, TC's, TP's, cablagem, bateria, canal de comunicação e outros componentes. Disjuntores e equipamentos de chaveamento não constituem equipamentos de proteção.

23. Equipamento de Religamento Automático

Um equipamento cuja função primária é controlar o religamento automático de um ou mais equipamentos de chaveamento em uma linha de transmissão, após uma falta na linha. O equipamento de religamento automático inclui relés, cablagem, bateria, senso-

res e outros componentes.

Nota: Disjuntores e equipamentos de chaveamento não constituem equipamentos de religamento automático.

24. Equipamento Especial

Um equipamento cujas características não se enquadram dentro de uma das categorias definidas anteriormente. Um exemplo de equipamento especial é uma estação conversora de frequência CA/CC.

25. Componente Intrínseco

É um componente que está diretamente associado à função primária do equipamento. Um exemplo de componente intrínseco é o isolador de uma linha de transmissão. O isolador está diretamente associado com a função de transferir potência de uma linha de transmissão.

26. Componente Auxiliar

É um componente que não está diretamente associado com a função primária do equipamento. Um exemplo de componente auxiliar é a bobina de bloqueio. Observe-se que, mesmo não estando ligado à função primária do equipamento, a falha de um componente auxiliar pode provocar a falha do equipamento ao qual está associado.

5.4 - Eventos, Estados de Componentes e Exposição

1. Evento

Considera-se como evento qualquer ocorrência passível de registro num sistema de estatísticas de desempenho de sistemas de

transmissão. Na maior parte dos casos a iniciação do registro de um evento está associada à saída de um componente, embora nem todo evento envolva a saída de um componente, como é o caso, por exemplo, da redução de capacidade de uma unidade transformadora.

É importante observar que, em geral, a coleta exaustiva de eventos é impraticável; assim sendo, o critério básico para relação das ocorrências a reportar é o da relevância das informações dentro dos usos visualizados para a base de dados.

2. Evento de Saída Simples

Um evento envolvendo a saída de apenas um componente.

3. Evento de Saídas Múltiplas

Um evento envolvendo a saída de dois ou mais componentes.

4. Evento de Saídas Múltiplas Independentes

Um evento de saídas múltiplas onde as ocorrências das saídas têm incidentes iniciadores distintos e a ocorrência de uma saída não é consequência de qualquer outra.

5. Evento de Saídas Múltiplas Relacionadas

Um evento de saídas múltiplas em que uma saída é consequente de uma outra saída ou em que saídas múltiplas são iniciadas por um único incidente.

Nota: Cada saída, pertencente a um evento de saídas múltiplas, é classificada como uma saída primária ou uma saída secundária dependendo do relacionamento entre aquela saída e o incidente iniciador.

6. Saída Primária

Uma saída dentro de um evento de saídas múltiplas, que ocorre como uma consequência direta do incidente iniciador e não depende de qualquer outra saída.

Nota: Saída primária de um componente pode ser causada por:

- falta em componente;
- reparo em componente.

7. Saída Secundária

Uma ocorrência de saída que é consequência direta de uma ocorrência de saída anterior.

Nota: Saídas secundárias podem ser causadas por:

- falta em uma barra ou disjuntor resultando em saídas de outros componentes;
- reparo de outros componentes requerendo saídas adicionais para providenciar isolamento físico do componente;
- falha de um disjuntor para eliminar uma falta.

Nota: Caso o componente do sistema fosse a "unidade de transmissão" na ocorrência de falta em uma barra, as consequentes saídas de linhas não seriam classificadas como secundárias, e sim como "primárias de modo comum".

Nota: É comum se referenciar saídas primárias como "saídas independentes" e saídas secundárias como "saídas dependentes".

8. Evento de Saídas de Modo Comum

Um evento de saídas múltiplas relacionadas consistindo de duas ou mais ocorrências de saídas iniciadas por um único incidente

onde as mesmas não são conseqüências uma das outras.

Nota: Exemplos de eventos de saídas de modo comum são:

- uma descarga atmosférica causando a saída de dois circuitos em uma linha de transmissão de torre comum;
- um objeto estranho causando a saída de dois circuitos na mesma faixa de passagem;
- um vendaval causando a saída de múltiplos circuitos mesmo que não se encontrem em faixa de passagem comum ou torre comum.

9. Estados

Estado de um componente é uma condição particular deste componente que é relevante para o propósito de relato de uma saída.

10. Estado "Em Serviço"

Quando o componente está energizado e completamente conectado ao sistema.

11. Estado "Fora de Serviço"

Quando o componente não está no estado em serviço, isto é, o mesmo está parcial ou completamente isolado do sistema.

Nota: transformador de dois terminais desconectado em um ou em ambos os lados, está no estado "fora de serviço". Um disjuntor está em estado "fora de serviço" quando o mesmo não está disponível para desempenhar suas funções requeridas (abrir/fechar). Um componente que está desconectado do sistema por razões operativas, porém apto a desempenhar suas funções quando requerido, se encontra também em estado "fora de serviço".

12. Estado de Saída Completa ou Total

Quando o componente está completamente desenergizado em pelo menos um terminal, de modo que não pode desempenhar suas funções na sua plenitude.

13. Estado de Saída Parcial

Quando o componente está energizado porém não está conectado em todos os terminais, ou quando não pode desempenhar algumas de suas funções.

Nota: Uma linha de transmissão de três terminais encontra-se em estado de saída parcial, quando está desconectada em uma subestação porém duas secções de linhas conduzem potência.

14. Ocorrência de Saída

Uma mudança no estado de um componente do estado em serviço para o estado fora de serviço.

Nota: O termo "saída" neste trabalho é usado com o significado de ocorrência de saída ou estado de saída. A interpretação própria depende do contexto.

15. Saída Automática

Uma saída que resulta de operação automática de dispositivos de chaveamento.

16. Saída Manual

Uma saída que resulta da abertura de dispositivos de chaveamento pelo operador de forma intencional ou inadvertida.

17. Saída Forçada

Uma saída automática ou manual que não pode ser adiada sem risco para o sistema ou equipamento.

18. Saída Forçada Transitória

Uma saída forçada onde o componente não está avariado e retorna ao serviço automaticamente.

19. Saída Forçada Temporária

Uma saída forçada onde o componente não está avariado e tem seu retorno para serviço por operação manual de chaveamento.

Nota: Também é considerado saída forçada temporária a situação em que uma inspeção é realizada no componente.

20. Saída Forçada Permanente

Uma saída forçada onde o componente está avariado e não pode ter retorno ao serviço até que uma ação de reparo ou reposição seja efetuada.

21. Saída Forçada Relacionada ao Sistema

Uma saída forçada que resulta de um distúrbio no sistema e não é causada por um evento diretamente associado com o componente que está sendo reportado.

Nota: Essas saídas não têm sido consideradas no desenvolvimento de índices de confiabilidade do sistema.

22. Saída Planejada

Uma saída manual que poderia ter sido adiada sem risco de perda

de características ou avaria do componente.

Nota: Uma saída manual é classificada como planejada se é possível adiar a saída quando o adiamento é desejável. Por exemplo, o adiamento de uma saída pode ser desejável para evitar sobrecargas em componentes ou interrupção de serviço para o consumidor.

23. Saída Programada

Uma saída planejada para o propósito de manutenção, construção, reparo ou com outra finalidade, que não esteja relacionada à operação do sistema.

24. Saída Relacionada à Operação

Uma saída planejada em que o componente é removido do serviço para propiciar condições operativas desejáveis no sistema.

Nota: Em geral essas saídas não são consideradas no desenvolvimento de parâmetros para uso na avaliação da confiabilidade do sistema.

25. Falha

É o término da capacidade de um componente para desempenhar suas funções requeridas.

Nota: Os componentes podem apresentar dois tipos de função: aquelas que são continuamente requeridas e aquelas que são requisitadas em resposta a uma condição particular do sistema. A função continuamente requerida inclui a condução de corrente, a provisão de isolamento elétrico e a capacidade da proteção de não enviar sinais para abrir disjuntores na ausência de falhas.

Exemplos de inabilidades para funções continuamente (falhas ativas) ^{|26|} requeridas são:

- componente em curto-circuito;
- componente com circuito aberto;
- equipamento de chaveamento aberto sem comando próprio;
- equipamento de chaveamento fechado sem comando próprio.

Funções requisitadas como resposta a uma dada condição incluem: a resposta para uma condição de falta (sistemas de proteção), de comando (disjuntor) e para operação manual (chaves seccionadas). As falhas oriundas da inabilidade de resposta para uma dada condição são denominadas de falhas passivas ^{|26|}. Como exemplo temos:

- falha de equipamento de chaveamento para abrir sob comando;
- falha de equipamento de chaveamento para fechar sob comando;

26. Falta ^{|22|}

Qualquer tipo de curto-circuito ou circuito aberto que impede um equipamento de desempenhar suas funções requeridas.

27. Defeito

Imperfeição de um componente do equipamento que pode, eventualmente, resultar na falha deste ou outro componentes.

28. Duração da Saída

É o período de tempo desde o início da saída de um componente até o seu restabelecimento para o estado em serviço.

Nota: As durações das saídas podem ser definidas para tipos específicos de saídas e diferentes estados que o componente pode ocupar. Por exemplo, as durações das saídas podem ser do tipo transitória, temporária ou permanente. Com relação aos estados que o componente pode ocupar, as durações podem ser classificadas como duração no estado programado, relacionado à operação do sistema, ou ainda forçado permanente, por exemplo. Neste ponto, cabe esclarecer porque o termo saída é preferível ao termo desligamento, como é justificado a seguir.

Considere-se, como exemplo, o desligamento de uma linha com a finalidade de manutenção preventiva. Esta linha, ao retornar ao serviço, não aceita o seu religamento devido à falha do disjuntor, permanecendo desligada até que seja concluído o reparo deste. Evidencia-se, assim, que o termo desligamento não é adequado para representar a transição da linha de um estado para outro, uma vez que a linha já se encontrava desligada.

A duração de uma saída normalmente é igual à soma dos tempos de chaveamento, reparo e acesso ao local do defeito.

29. Tempo de Serviço

É o tempo acumulado que um componente experimenta no estado em serviço durante o período reportado.

30. Tempo de Saída

É o tempo acumulado em que um componente permanece no estado de saída, ao longo do período reportado.

31. Período de Tempo

É a duração do período reportado.

32. Tempo de Chaveamento*

É o tempo transcorrido desde a ocorrência da saída de um componente até o instante em que o componente defeituoso é isolado do sistema, por meio de componentes de chaveamento do tipo chave seccionadora e disjuntor.

33. Tempo de Exposição

É o tempo durante o qual um componente está exposto a falhas.

Nota: O tempo de exposição pode incluir apenas o tempo em serviço, ou pode incluir também o tempo de saída, dependendo do tipo de componente e modo de falha.

Considere-se, por exemplo, as saídas forçadas temporárias, às quais uma linha de transmissão é submetida durante um período de observação.

Este é o caso típico em que pode-se admitir que o tempo de exposição é aproximadamente igual a soma do tempo em serviço mais o tempo de saída.

34. Exposição para Operação

É uma operação específica durante a qual o componente está exposto a certos tipos de falhas.

Nota: Como exemplo, observe-se que o número de comandos para abrir o disjuntor é o parâmetro de exposição no evento "falha na abertura".

35. Comprimento da Exposição

É o comprimento de uma secção de linha, estrutura comum ou faixa de passagem comum que influencia na estimativa da taxa de falha.

36. Tempo Adverso

Designa a condição de tempo que causa uma taxa de saída não planejada anormalmente elevada, durante períodos em que há persistência dessa condição, e que não é caracterizada como um grande distúrbio ("Major Storm Disaster").

Nota: Condição de tempo adversa pode ser definida para um sistema particular pela seleção de valores e combinações de condições reportadas: tempestadas, tornados, vendavais, chuva, temperatura, etc.

37. Grande Distúrbio ("Major Storm Disaster")

Designa a condição de tempo adverso que excede aos limites de projeto da instalação e que satisfaz as seguintes condições:

- a) avaria mecânica da instalação que põe em risco a integridade do sistema;
- b) um número de consumidores maior que uma percentagem especificada não é atendido;
- c) o tempo de restauração é maior que um tempo especificado.

Nota: Segundo o trabalho desenvolvido pelo EPRI², a prática nos Estados Unidos é a de utilizar, para a percentagem descrita anteriormente, o valor de 10%, e para o tempo de restauração, valores acima de 24 horas.

38. Tempo Normal

Inclui todas as condições de tempo não designadas como adverso e grande distúrbio.

Nota: Com relação aos parâmetros de exposição, verifica-se que foram apontados aqueles que influenciam os valores estimados de taxas de falhas. Deste modo, os parâmetros de exposição não se limitam aos apresentados, possibilitando o surgimento de outros desde que haja evidências estatísticas.

5.5 - Estatísticas1. Independência^[17]

Dois eventos A e B são chamados estatisticamente independentes se a probabilidade

$$P(AB) = P(A) \cdot P(B),$$

$$P(A/B) = P(A), \text{ e}$$

$$P(B/A) = P(B).$$

onde:

$P(AB)$ é a probabilidade de ambos eventos A e B ocorrerem, e $P(A)$ é a probabilidade do evento A ocorrer. $P(B/A)$ é a probabilidade do evento B ocorrer condicionado à prévia ocorrência do evento A.

2. Dependência Estatística^[17]

Pela Regra de Bayes se $P(A/B) \neq P(A)$ na equação anterior, e $P(B/A) \neq P(B)$, então os dois eventos são dependentes e $P(AB) = P(A) \cdot P(B/A)$.

3. Taxa de Saída

É o número de saídas por unidade de tempo de serviço.

$$= \frac{\text{Número de Saídas}}{\text{Tempo de Serviço}}$$

4. Taxa de Saída Programada

É o número de saídas programadas por unidade de tempo de serviço.

$$= \frac{\text{Número de Saídas Programadas}}{\text{Tempo de Serviço}}$$

5. Taxa de Saída Programada para Manutenção

É o número de saídas programadas com a finalidade de manutenção por unidade de tempo de serviço.

$$= \frac{\text{Número de Saídas Programadas para Manutenção}}{\text{Tempo de Serviço}}$$

6. Taxa de Saída sob Tempo Adverso

É o número de saídas por unidade de tempo de serviço sob a condição de tempo adverso.

$$= \frac{\text{Número de Saídas Durante Tempo Adverso}}{\text{Tempo de Serviço sob Condição Adversa}}$$

7. Taxa de Saída sob Tempo Normal

É o número de saídas por unidade de tempo de serviço sob a condição de tempo normal.

$$= \frac{\text{Número de Saídas Durante Tempo Normal}}{\text{Tempo de Serviço sob Condição Normal}}$$

8. Taxa de Falha

É o número de falhas por unidade de tempo de exposição para falhar.

$$= \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Tempo de Exposição}}$$

Nota: Taxas para diferentes modos de falha podem ser calculadas pela expressão acima. Deve-se considerar que os tempos de exposição podem ser diferentes entre os diversos modos de falha.

9. Taxa de Falha para Secção de Linha de Transmissão

É o número de falhas em uma secção de linha de transmissão por unidade de comprimento e por unidade de tempo.

$$= \frac{\text{Número de Falhas}}{(\text{Comprimento da Secção de Linha}) \times (\text{Tempo de Exposição})}$$

10. Km x Ano

É o produto entre o comprimento da linha, secção de linha ou cabo em quilômetro, pelo tempo de exposição em anos.

11. Terminal x Ano

É o produto entre o número de terminais de uma linha e seus respectivos tempos de exposição em anos.

12. Unidade x Ano

É o produto entre o número de componentes de uma certa categoria funcional e seus respectivos tempos de exposição em anos.

13. Taxa de Falsa Operação do Sistema de Proteção

$$= \frac{\text{Número de Falsas Operações}}{\text{Tempo de Exposição}}$$

14. Tempo Médio para Saída (TMPS)

$$= \frac{\text{Tempo de Serviço}}{\text{Número de Saídas}}$$

A Figura 5.3 ilustra este parâmetro.

15. Tempo Médio de Saída (TMDS)

$$= \frac{\text{Tempo de Saída}}{\text{Número de Saídas}}$$

A Figura 5.3 ilustra este parâmetro.

16. Tempo Médio entre Saídas (TMES)

$$= \text{TMPS} + \text{TMDS}$$

A Figura 5.3 ilustra este parâmetro.

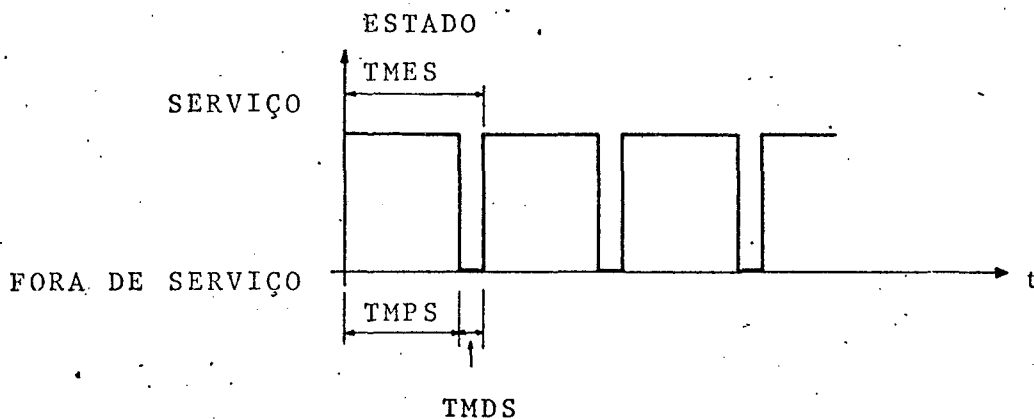


Figura 5.3 - Ciclo médio de operação a dois estados

17. Disponibilidade

$$= \frac{\text{Tempo em Serviço}}{\text{Período de Tempo Observado}}$$

18. Indisponibilidade

$$= \frac{\text{Tempo de Saída}}{\text{Período de Tempo Observado}}$$

19. Indisponibilidade Forçada

$$= \frac{\text{Tempo de Saída Forçada}}{\text{Período de Tempo Observado}}$$

20. Indisponibilidade Programada

$$= \frac{\text{Tempo de Saída Programada}}{\text{Período de Tempo Observado}}$$

21. Probabilidade de Falha do Sistema de Proteção

É a probabilidade de um componente falhar em resposta a um comando.

$$= \frac{\text{Número de Falhas}}{\text{Exposição para Operação}}$$

22. Probabilidade de Falha para Abrir Sob Comando

$$= \frac{\text{Número de Falhas para Abrir}}{\text{Número de Comandos para Abrir}}$$

23. Probabilidade de Falha para Fechar sob Comando

$$= \frac{\text{Número de Falhas para Fechar}}{\text{Número de Comandos para Fechar}}$$

C A P Í T U L O VI

SISTEMA DE COLETA, CLASSIFICAÇÃO
E RECUPERAÇÃO DE DADOS6.1 - Introdução

Com base na exposição do capítulo IV, detalham-se nas seções a seguir os procedimentos de coleta e crítica de dados, os critérios de classificação dos dados de entrada, os procedimentos de recuperação de informações e exemplos de classificação de ocorrências típicas com base na estrutura de classificação proposta.

Os procedimentos de coleta e crítica de dados são baseados na experiência da ELETROSUL que, a menos de detalhes processuais, podem ser considerados como representativos daqueles normalmente utilizados no setor elétrico brasileiro.

Os critérios de classificação dos dados de entrada e os procedimentos de recuperação representam propostas de operacionalização dos conceitos emitidos no capítulo IV com vistas a uma futura implementação da base de dados.

Os exemplos ilustram detalhes relevantes da estrutura de classificação proposta, com vistas a facilitar seu entendimento e fornecer subsídios para posterior implementação da interfa

ce homem-máquina da base de dados.

6.2 - Sistema de coleta e crítica dos dados de entrada

Neste segmento são analisadas as características que um procedimento de coleta e crítica de dados deve apresentar, salientando-se as dificuldades inerentes a este procedimento e as soluções pertinentes.

São fontes básicas de informação para aquisição dos dados de eventos, os relatórios diários da operação, que registram a ação dos operadores e a atuação do sistema de proteção. Essas fontes são complementadas por informações oriundas de sistemas SCADA ("Supervisory Control and Data Acquisition"), quando disponíveis.

A Figura 6.1 esquematiza o estado atual do fluxo de informação de eventos da ELETROSUL, onde se distingue a possibilidade de realimentação do fluxo, tendo em vista a validação das informações recebidas.

Em um estágio mais avançado, o procedimento pode ser melhorado com o aproveitamento das facilidades de aquisição de dados que um sistema de supervisão e controle em tempo real (SCADA) propicia. Deste modo, passar-se-ia a ter informações do estado do sistema em tempo real, além do registro preciso da seqüência de desligamentos em eventos de saídas múltiplas.

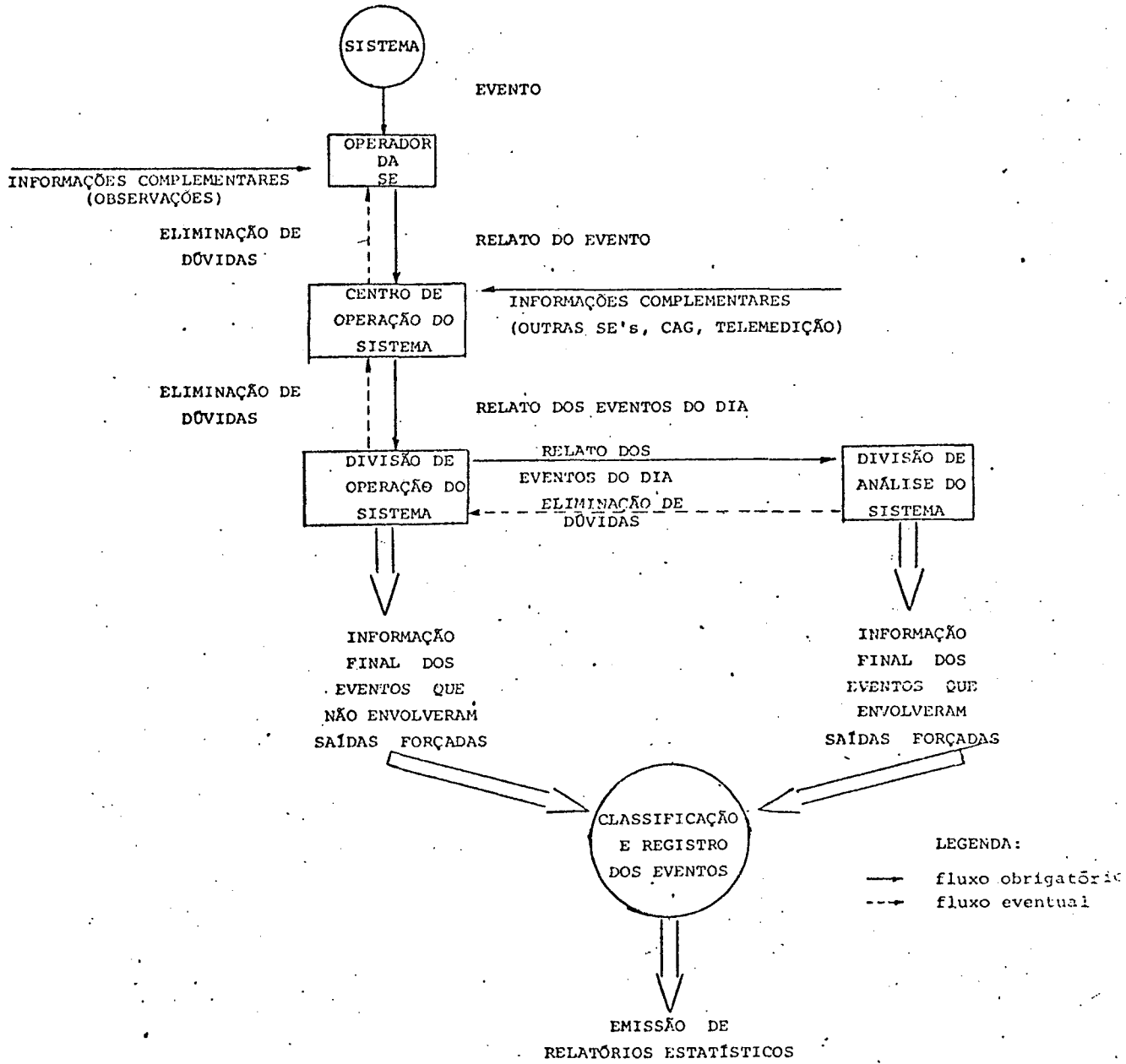


Figura 6.1 - FLUXO DE INFORMAÇÃO EM SISTEMAS DE ESTATÍSTICA

No que diz respeito aos prazos de obtenção das informações para classificação, deve-se ressaltar que o relato do operador, juntamente com o registro do desempenho do sistema de proteção, são compilados em base diária. A interpretação desses dados, com apoio de informações complementares, pode requerer um intervalo de semanas após o registro inicial do evento.

De modo geral, os dados primários enviados pelo operador ao centro de operação do sistema são:

- horário inicial e final dos desligamentos dos componentes envolvidos no evento;
- relato das proteções e sinalizações atuadas;
- informações complementares tais como condições do tempo e observações advindas de inspeções no local.

No caso específico da ELETROSUL, as informações básicas do evento, juntamente com informações de subestações (SE's) não envolvidas diretamente com o evento, do Controle Automático da Geração (CAG) e da telemedição são consolidadas no Centro de Operação do Sistema, que elabora o Registro Diário de Ocorrências do Sistema (RDOS), conforme ilustrado na Figura 6.2.

Essas informações são transmitidas diariamente à Divisão de Operação do Sistema (DVOS) por meio de um "Fac-Simile". Nessa etapa as informações são condensadas no Relatório Diário de Desligamentos e Interrupções (RDI), conforme ilustrado na figura 6.3.

Nº	HORA	UNIDADE	OCORRÊNCIA	FOLHA 03 /	
				DATA 23 / 12 / 83	
51	17:14	CELESC	JOI 3 e 4 desarmaram por atuação do 67 N (instantâneo e temporizado). Chuvas e Trovoadas.		
52	17:14	JOI	CBA 1 e 2 e BLU 1 e 2 - Sinalizou recepção sinal bloqueio.		
53	17:14	ITA	JOI 1 e 2 - Sinalizou PAR, RT, PE, letras R, T e E para as referidas LT's.		
54	17:14	BLU	JOI 1 e 2 e UTLB - Sinalizou recepção sinal bloqueio TLP.		
55	17:16	JOI	JOI 3 e 4 ligadas.		
56	17:16	CELESC	JOI 3 e 4 ligadas.		
57	17:17	SID	RMA (13 MW) desarmou. Operou 50 N e 79.		
58	17:25	SID	RMA, CRI 1 e CRI 2 desarmaram. Operou 51 N e 79 para RMA, 51 N e 21 D, E, T para CRI 1 e 51 N e 21 E, T para CRI 2. Cargas: 8 MW, 25 MW e 24 MW respectivamente. UTLB 2 - Sinalizou bloqueio TLP.		
59	17:26	SID	CRI 1 e 2 ligadas.		
60	17:33	SID	RMA, CRI 1 e CRI 2 desarmaram. Operou 50 B e 79 para RMA, 51 N e 21 D, E, T para CRI 1 e 51 N e 21 E, T para CRI 2; UTLB - recepção sinal bloqueio.		
61	17:34	SID	CRI 1 e 2 ligadas.		
62	17:40	JOI	OSC 2 operou pelo sensor de sobrecorrente de neutro dos TF's.		
63	17:48	JOI	CBA 1 desarmou. Operou 67 N (instantâneo), 50 TP 1 e 79. CBA 2 e BLU 2 - Sinalizou recepção sinal bloqueio. JOI 3 e 4 - Sinalizou 21 S, T e E para ambos. OSC 1 operou pelo sensor de sobrecorrente de neutro do TF e subtensão de barras. OSC 2 operou pelos sensores de subtensão de barras 1 e 2 e sobrecorrente de neutro do TF.		
64	17:48	CBA	JOI 1 desarmou. Operou 21 P, 21 N, 85 e 79. OSC Sangano operou pelos sensores 13 e 14 tapa A. Não operou OSC de 230kV.		
65	17:48	BLU	JOI 1 e 2 desarmaram. Operou 21 P e 85 para JOI 1 e 67 NP e 85 para JOI 2. JOI 1 e 2, UTLB e CBA - Sinalizou recepção sinal TLP bloqueio.		
66	17:48	CELESC	JOI 3 e 4 desarmaram. Operou 67 N (instantâneo e temporizado) para as LT's.		
67	17:48	ITA	JOI 1 e 2 - Sinalizou JAT, PE letras R, T e E para		

Mod. ELETROSUL - 34117-7

FIGURA 6.2 - EXEMPLO DE REGISTRO DIÁRIO DE OCORRÊNCIAS DO SISTEMA

DATA 28/12/83 - QUARTA

CORRENCIA / CALSA

AN	UNID	CIRCUITO	EE	ATE	TOTAL	MH	IN/RE	V/I	DESCRICAÇÃO
18	JOI	IN JCI I	17:14	17:16	0:02	18.0	I	I	FD, PAR, PAS, PAT, PE E PSH IC, R, S, T, E F II. SINALIZOU PA- PAT E PE PARA O CIRCUITO ILHOTA I E PAR, PAT, PE E PSH PARA ILHOTA II. OPEROU O OSCILOGRAFO I PELOS SENSORES DE SOBRECOR- RENTE DOS TRAFOS E SUBTENSÃO DE BARRA E C II PELOS SENSORES DE SUBTENSÃO DAS BARRAS I E II E SOBRECORRENTE DE NEUTRO DOS TRAFOS DE 138/69 KV. EM JOINVILLE (CELESCI), DESARMOU C CIR- CUITO JOINVILLE III PELA ATUACAO DO GRN (RELICAO AS 17:16 HORAS). CHUVA E DESCARGAS ATMOSFERICAS.
19	JOI	IN JGI IV	17:14	17:16	0:02	18.0	I	I	FD, PAR, PAS, PAT PE E PSH IC, R, S, T, E II. SINALIZOU RE- CEPCAO SINAL BLOQUEIO TELEFONECA PARA OS CIRCUITOS CURITI- BA I E II E BLUMENAU I E II. EM ILHOTA, SINALIZOU PAR, PAT E PE PARA OS CIRCUITOS JOINVILLE I E II. EM BLUMENAU, SINALI- ZOU RECEPCAO SINAL BLOCUEIO TELEFONECA PARA OS CIRCUITOS JOINVILLE I E II E JORGE LACERDA 6. EM JOINVILLE (CELESCI), DESARMOU C CIRCUITO JOINVILLE IV PELA ATUACAO DO GRN (RELI- GACAO AS 17:16 HORAS). CHUVA E DESCARGAS ATMOSFERICAS.
20	SIO	IN FMA	17:17	I	-	13.0	I	I	SCN. CHUVA E DESCARGAS ATMOSFERICAS.
21	SIO	IN CRI IA	17:25	17:26	0:01	25.0	I	I	SIN, ZIC, E E T. SINALIZOU RECEPCAO SINAL BLOCUEIO PARA C CIRCUITO JORGE LACERDA B II. CHUVA E DESCARGAS ATMOSFERICAS.
22	SIO	IN CRI IIA	17:25	17:26	0:01	24.0	I	I	SIN, ZIE E T. CHUVA E DESCARGAS ATMOSFERICAS.
23	SIO	IN FMA	17:25	I	-	8.0	I	I	SIN, CHUVA E DESCARGAS ATMOSFERICAS.
24	SIO	IN CRI IA	17:22	17:24	0:02	25.0	I	I	SIN, ZID, E E T. SINALIZOU RECEPCAO SINAL BLOCUEIO TELEPROTE- CAC PARA C CIRCUITO JORGE LACERDA B II. CHUVA E DESCARGAS AT- MOSFERICAS.
25	SIO	IN CRI IIA	17:22	17:24	0:02	24.0	I	I	SIN, ZIE E T. CHUVA E DESCARGAS ATMOSFERICAS.
26	SIC	IN FMA	17:22	I	-	8.0	I	I	SOB. CHUVA E DESCARGAS ATMOSFERICAS.
27	CBA	LT 701C JCI	17:46	I	-	-	I	I	ZIP, ZIN E 85. OPEROU O OSCILOGRAFO SANGANG PELOS SENSORES 13 E 14, FITA A. C OSCILOGRAFO DE 230 KV NAO PARTIU. TEMPO NULOCCO.
28	JOI	LT 701C CBA	17:46	I	-	-	I	I	67AI E 85. SINALIZOU RECEPCAO SINAL BLOCUEIO TELEFONECA PA- RA OS CIRCUITOS CURITIBA II E BLUMENAU II. OPEROU C OSCILO- GRAFO I PELOS SENSORES DE SOBRECORRENTE DE NEUTRO DOS TRAFOS E SUBTENSÃO DAS BARRAS E C II PELOS SENSORES DE SOBRECORREN- TE DE NEUTRO DOS TRAFOS E SUBTENSÃO DAS BARRAS I E II. EM I- LHOTA, SINALIZOU PAR, PAT E PE PARA OS CIRCUITOS JOINVILLE I E II. EM JOINVILLE (CELESCI), DESARMOU OS CIRCUITOS JOINVI- LE III E IV PELA ATUACAO DO GRN (RELI- GACAO AS 17:49 HORAS). CHUVA E DESCARGAS ATMOSFERICAS.
29	BLU	LT 7020 JCI	17:46	17:49	0:03	-	I	I	ZIP E 85. SINALIZOU RECEPCAO SINAL BLOCUEIO TELEFONECA PA- RA OS CIRCUITOS JOINVILLE I E II, CURITIBA E JORGE LACERDA B. TEMPO NULOCCO.

ELÉTRICO

FIGURA 6.3 - EXEMPLO DE RELATÓRIO DIÁRIO DE DESLIGAMENTOS E INTERRUPTÕES

O RDI é enviado à Divisão de Análise e Estudos do Sistema (DAES) e demais áreas de interesse da Empresa. Desse documento são obtidas as informações finais referentes aos eventos que não envolvem saídas forçadas de componentes.


Os eventos que envolvem saídas forçadas de componentes são posteriormente analisados na DAES quanto às causas e quanto à atuação da proteção. A partir dessa análise resulta um documento denominado Análise de Ocorrência do Sistema (AOS), conforme ilustrado na Figura 6.4, com descrição pormenorizada de causas, da atuação correta ou não do sistema de proteção, das condições gerais do sistema no instante da ocorrência, dos efeitos da ocorrência e, quando pertinente, as recomendações operativas ou de manutenção necessárias.

Resumindo a discussão anterior, pode-se dizer que o fluxo de informação de eventos apresenta as seguintes características principais:

- 1 - os dados são obtidos em diversas fontes e em tempos diferentes;
- 2 - a informação final do evento é obtida após decorrido um certo tempo de seu registro inicial, depois da investigação completa das causas e eventual realização de correções;
- 3 - um sistema de crítica é necessário para eliminar possíveis erros a fim de garantir a confiabilidade dos registros necessários à classificação dos eventos.

Observa-se que a crítica de dados é obtida durante a elaboração dos documentos envolvidos no processo (RDOS, RDI e AOS), através de questionamentos entre o pessoal envolvido no pro-

3: ESTÁGIO

 ELETROSUL	ANÁLISE DE OCORRÊNCIA NO SISTEMA	NÚMERO 0999/93 OCORRÊNCIA 1748231283
	DISTRIBUIÇÃO <input checked="" type="checkbox"/> DO <input type="checkbox"/> DGT <input checked="" type="checkbox"/> DTR <input type="checkbox"/> DEG <input type="checkbox"/> DMS <input type="checkbox"/> DGH <input type="checkbox"/> DES <input type="checkbox"/>	TIPO DE ANÁLISE <input checked="" type="checkbox"/> PRELIMINAR <input type="checkbox"/> DEFINITIVA <input type="checkbox"/> COMPLEMENTAR

I - DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA

Às 17:48 horas do dia 28.12.83 ocorreu o desligamento da linha Curitiba - Joinville I por atuação das proteções primária de fases e terra em Curitiba e secundária do terra em Joinville, ocorrendo religamento automático bem sucedido em ambos os terminais. Simultaneamente, desligaram os circuitos Joinville I e II em Blumenau por atuação das proteções primárias de fases e terra, respectivamente. Religados às 17:49 horas.

II - ANÁLISE DA OCORRÊNCIA

Ver folha 2/2.

III - CLASSIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA

UNIDADE		CIRCUITO		ATUAÇÃO DA PROTEÇÃO								CAUSA		CONSEQUÊNCIA	
				CORRETA				INCORRETA				CLASSE	TIPO		
		NORMAL	INADEQUADA	TESTES / MANUTENÇÃO	OUTRAS	CÁLCULO	CALIBRAÇÃO	INSTALAÇÃO	EQUIPAMENTO	INDETERMINADA	NATURAL	DESCARGA ATMOSFÉRICA			
CBA	JOI I	X									X		21P, 21P, 85, 79		
JOI	CBA I	X									X		67NI, 79		
BLU	JOI I									X			21P, 85		
BLU	JOI II									X			67NP, 85		

IV - PROVIDÊNCIAS TOMADAS

Ver folha 2/2.

V - ANEXOS

6482 ELETROSUL - 37153-3

FIGURA 6.4 - EXEMPLO DE ANÁLISE DE OCORRÊNCIA NO SISTEMA

cesso.

Cabe destacar, adicionalmente, que os relatos dos eventos são puramente verbais e informalmente estruturados até o estágio de classificação e registro de eventos. Assim, somente após essa etapa, que envolve a codificação dos eventos, há a possibilidade de processamento das informações por computador digital e a conseqüente automatização do processo de formação e atualização da base de dados.

6.3 - Sistema de classificação dos dados de entrada

A partir das informações consolidadas nos relatórios diários e nas análises de ocorrência do sistema, tem início o processo de classificação dos dados para formação da base de dados, de forma compatível com os requisitos funcionais explicitados no capítulo IV. Para minimizar o nível de redundância das informações armazenadas, os procedimentos de classificação de dados se apoiarão em um sistema de classificação, que compreende dois subsistemas distintos, porém complementares, que são:

- subsistema de classificação de componentes (cadastro de componentes);
- subsistema de classificação de eventos.

O subsistema de classificação de componentes, por sua vez, consiste na estruturação hierárquica de módulos básicos de informação, os quais podem representar unidades funcionais ou equipamentos fi-

sicos do sistema. Cada um dos conceitos apresenta vantagens e desvantagens, conforme analisado na seção 6.3.1.

O subsistema de classificação de eventos permite classificar as ocorrências segundo uma estrutura de classificação compatível com as necessidades de dados apontadas no Capítulo II.

6.3.1 - Classificação de componentes

A nível internacional, muitos trabalhos sobre colecionamento de dados têm sido propostos com base no enfoque de unidade funcional, conforme conceituação apresentada no Capítulo IV, em virtude deste conceito ser o mais usado nos modelos de confiabilidade. Por outro lado, existe um interesse crescente em modelos que permitam a representação detalhada da configuração do sistema, como é o caso, por exemplo, dos estudos de confiabilidade associados a seleção de esquemas de manobra e de arranjos de subestações.

Deste modo, a base de dados deve estar apta a fornecer dados tanto a nível de unidade funcional quanto a nível de equipamento físico.

Para atender as necessidades de dados de desempenho sob o enfoque unidade funcional ou sob o enfoque equipamento físico, isoladamente, os sistemas de colecionamento de dados poderiam ser formulados de acordo com enfoque dado, também de forma isolada. No entanto, como as solicitações de dados ocorrem sob ambos enfoques simultaneamente, torna-se necessário um sistema híbrido, tal

como proposto no trabalho "Bulk Transmission System Component Outage Data Base" - EPRI². Este terceiro procedimento reúne as vantagens dos anteriores através da compilação de um conjunto mínimo de categorias de dados que satisfaz a ambos os enfoques e atende a maioria das aplicações visualizadas.

Na seqüência são discutidos os três enfoques alternativos para análise e predição de desempenho de componentes de transmissão.

a) Enfoque Unidade

É aquele em que a unidade de transmissão é visualizada como um grupo de equipamentos, os quais são identificados como uma entidade operacional, de modo que a unidade é delimitada pela zona de proteção primária dos equipamentos do sistema de proteção associados ao grupo de equipamentos que constituem a unidade de transmissão.

Os índices de desempenho para uma unidade de transmissão específica devem ser determinados a partir de dados históricos de eventos de unidade e da exposição física desta unidade em relação as demais.

O procedimento unidade requer esforço relativamente pequeno para compilação dos dados, porém não detalha informações de desempenho de componentes tais como barra e disjuntores, que devem ser compilados separadamente, caso sejam necessários.

A figura 6.5 apresenta os passos para obtenção das taxas de transição utilizadas em modelos de confiabilidade. As categorias probabilísticas são separadas em primárias e secundárias, sendo as primárias sub-divididas em independentes e de modo comum, conforme definido no Capítulo V.

b) Enfoque Equipamento

É aquele em que os dados de saídas são colecionados para os principais equipamentos físicos do sistema de transmissão tais como linhas, transformadores e disjuntores, sem preocupação quanto à unidade de transmissão que estes equipamentos eventualmente possam constituir.

Um ponto chave do enfoque equipamento é que os índices de desempenho de saídas primárias são estimados a partir da síntese dos dados de desempenho dos equipamentos que a compõem.

No que tange a estimação de índices de desempenho relativos à saídas secundárias são necessários, em adição aos dados de saídas primárias, estatísticas de falhas de disjuntores e equipamentos de proteção, juntamente com as configurações da rede e da subestação. A Figura 6.6 apresenta as etapas de um procedimento equipamento para obtenção das taxas de transição necessárias aos modelos de confiabilidade.

O enfoque equipamento não provê estatísticas onde as causas das saídas não são atribuíveis a um equipamento particular como por exemplo: erros do operador, causas desconhecidas e similares; constituindo-se em uma deficiência inerente ao enfoque.

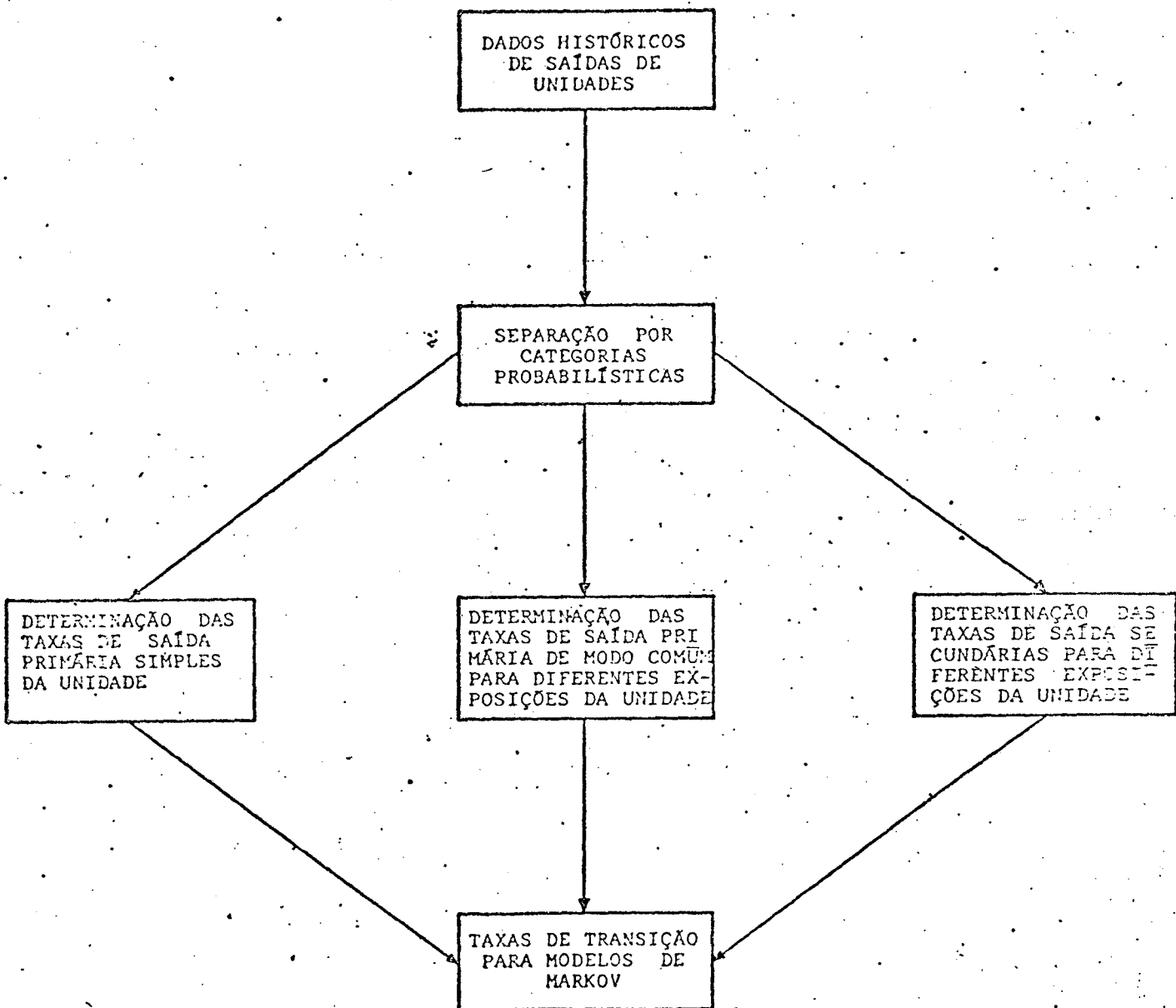


Figura 6.5 = ETAPAS PARA PREPARAÇÃO DE DADOS UTILIZADOS EM MODELOS DE MARKOV, SEGUNDO O ENFOQUE UNIDADE.

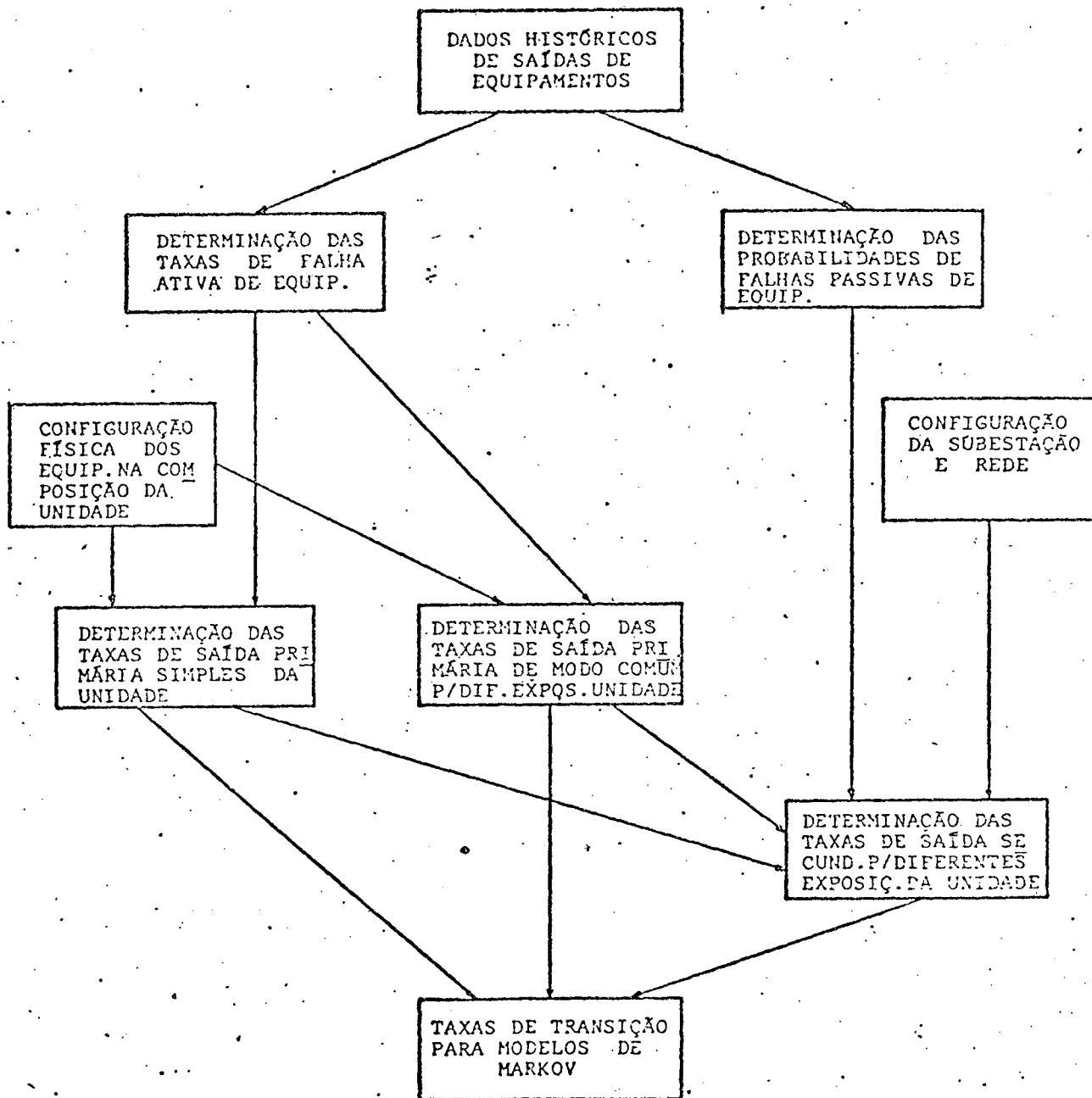


Figura 6.6 - ETAPAS PARA PREPARAÇÃO DE DADOS UTILIZADOS EM MODELOS DE MARKOV, SEGUNDO O ENFOQUE EQUIPAMENTO

c) Enfoque Híbrido

É aquele em que os dados de saída são colecionados para as unidades de transmissão e/ou equipamentos físicos que a constituem. Este procedimento combina as vantagens de ambos os procedimentos, unidade funcional e equipamento físico, e requer um conjunto mínimo de categoria de dados para estimativa dos índices desejados. O procedimento híbrido determina as taxas de transição de saídas primárias das unidades de transmissão com base no enfoque unidade, enquanto que as taxas de transição de saídas secundárias são determinadas a partir do procedimento equipamento.

A Figura 6.7 apresenta os passos necessários à determinação das taxas de transição utilizadas em modelos gerais de confiabilidade no procedimento híbrido. Para determinação das probabilidades de falhas passivas é necessário e suficiente o histórico das respostas à operação dos disjuntores e equipamentos de proteção. Já os índices associados às saídas secundárias são determinados a partir da síntese dos índices de saídas primárias, das configurações da rede e subestação, e das probabilidades de falhas passivas.

d) Conclusões

O enfoque unidade tem por vantagem o menor esforço exigido na fase de classificação dos dados. Apresenta como desvantagem a indisponibilidade de dados de desempenho de componentes tais como disjuntores, barras e chaves seccionadoras.

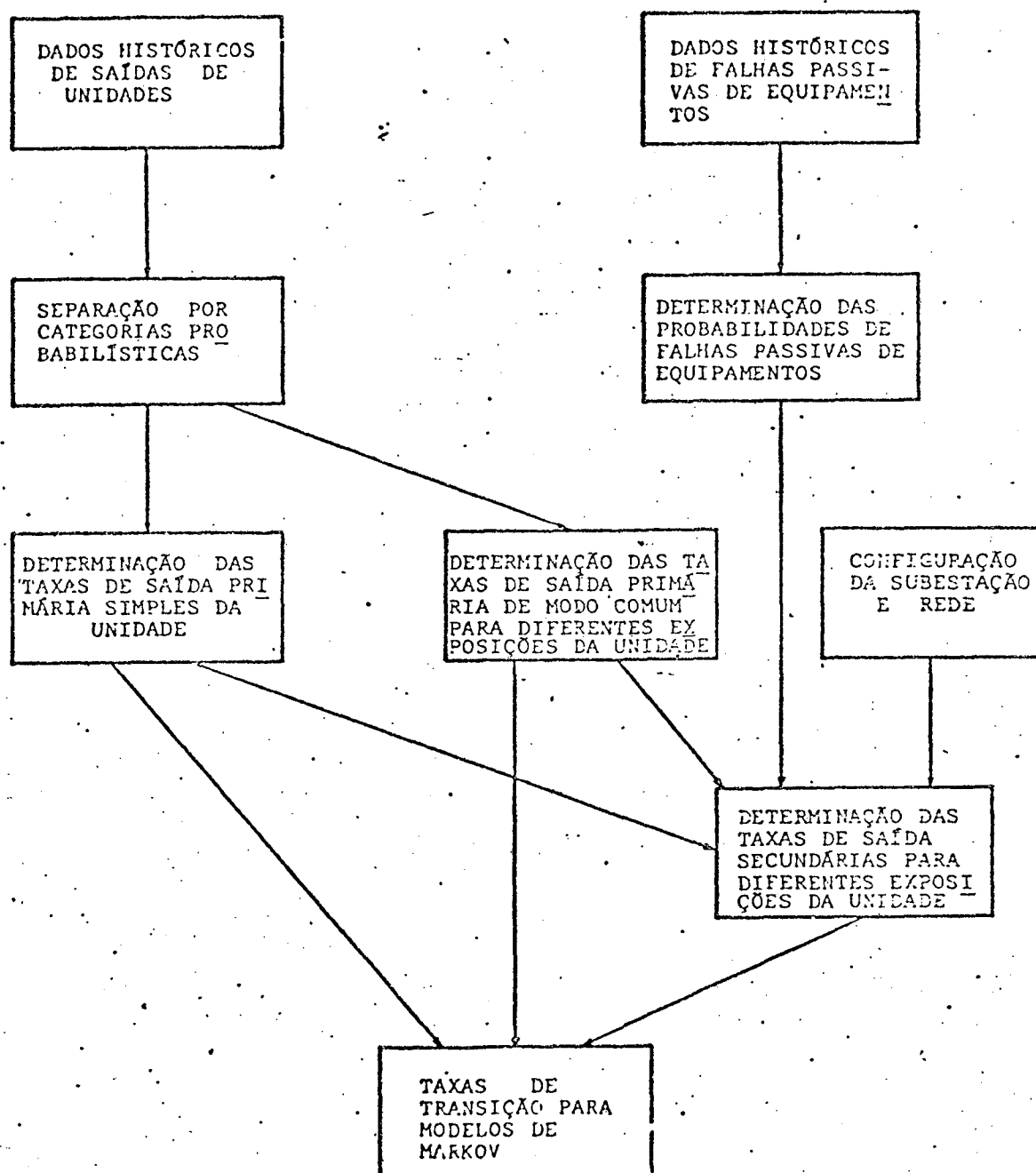


Figura 6.7 - ETAPAS PARA DETERMINAÇÃO DAS TAXAS DE TRANSIÇÃO COM BASE NO ENFOQUE HÍBRIDO

Já o enfoque equipamento requer esforço relativamente maior na fase de classificação de dados e permite a consecução de estudos de confiabilidade mais detalhados.

Neste contexto é importante observar que a síntese dos dados de equipamentos permite obter dados a nível de unidade funcional. Por outro lado, uma vez consumada a agregação, não é possível a conversão inversa. A Figura 6.8 apresenta os componentes de um sistema de transmissão, segundo os enfoques equipamento e unidade.

Do exposto conclui-se que a adoção de um procedimento híbrido de classificação de dados constitui-se na melhor opção, sendo este o enfoque adotado na seqüência deste trabalho.

6.3.2 - Sistema de classificação dos dados de componentes

A classificação de componentes é fundamentada em um cadastro de componentes onde ficam registradas todas as informações relevantes de cada componente do sistema sob análise. Este cadastro deve propiciar informações sobre as características de cada componente tais como data de entrada em operação, potência nominal e classe de tensão, além de informações sobre exposição dos componentes para estimação das taxas de transição.

O cadastro de componentes é composto pelos equipamentos de transmissão juntamente com suas características relevan-

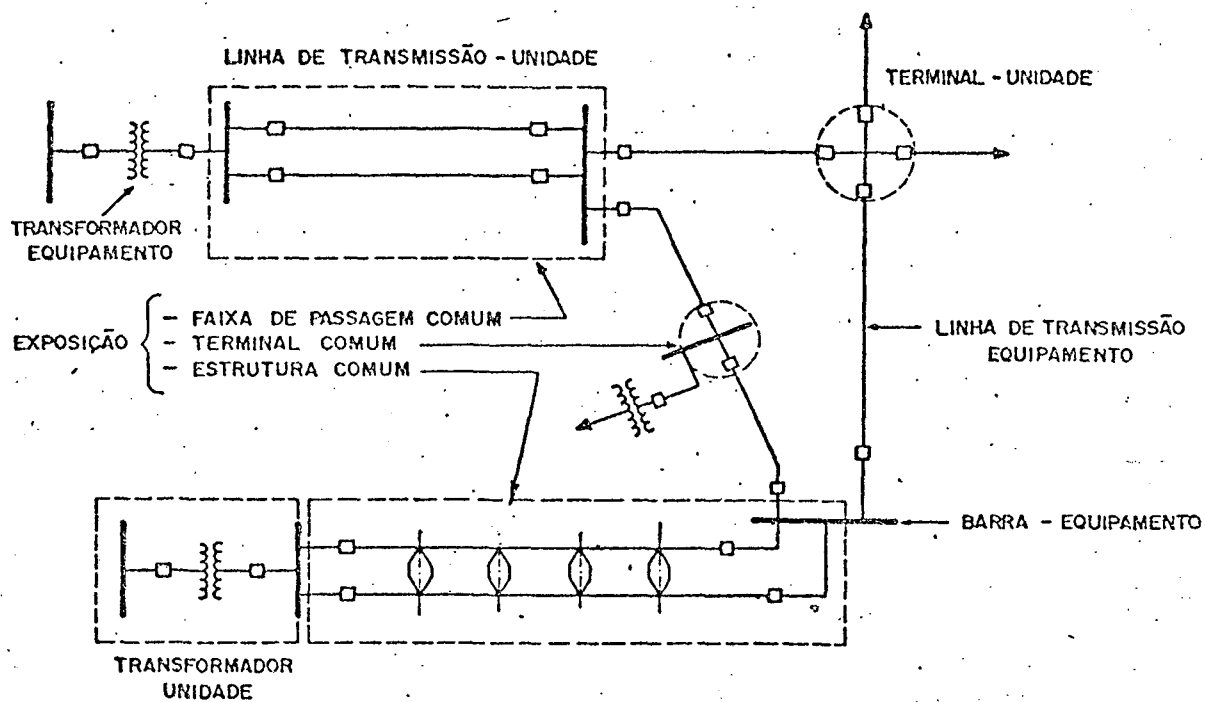


Figura 6.8 - Enfoques unidade e equipamento aplicados em sistemas de transmissão

tes. A escolha dos componentes e características se baseia na importância destes para a operação contínua de um sistema de potência. Deste modo distinguem-se os "equipamentos principais", classificados em cinco grupos funcionais e um grupo adicional para registro de equipamentos não enquadráveis nas demais categorias, tais como conversores de frequência CA/CC, capacitores séries, entre outros.

Os grupos funcionais são classificados como segue:

1 - Equipamento de transferência de potência

1.1 - Linha de transmissão

1.2 - Cabo

1.3 - Transformador

2 - Equipamento de chaveamento

2.1 - Disjuntor

2.2 - Chave seccionadora

3 - Equipamento de compensação reativa

3.1 - Compensador síncrono

3.2 - Compensador estático

3.3 - Reator em derivação

3.4 - Capacitor em derivação

3.5 - Capacitor série

4 - Equipamento terminal

4.1 - Barramento

5 - Equipamento de proteção e religamento automático

5.1 - Equipamento de proteção

5.2 - Equipamento de religamento automático

6 - Equipamento especial

6.1 - De acordo com a necessidade.

Os demais dispositivos do sistema de transmissão não classificados como "equipamentos principais" devem ser incluídos como componentes de equipamentos principais. Assim pára-raios, transformadores de corrente e de potencial, bobinas de bloqueio e outros, devem ser considerados como componentes de equipamentos principais.

A cada equipamento de cadastro é dado um código alfa-numérico que, juntamente com um código por empresa, permite a identificação de qualquer equipamento específico. Deste modo é possível o acúmulo de estatísticas por componente objetivando o aumento da significância da amostra.

A cada equipamento estará associado um montante de informações consideradas relevantes para a perfeita caracterização do componente, dando condições para obtenção de dados de exposição visando a estimação das taxas de transição dos modelos Markovianos de desempenho de componentes.

As características comuns a todos os equipamentos do cadastro são a classe de tensão, os parâmetros elétricos, a da-

ta de registro do equipamento no cadastro, a data de entrada em operação do equipamento e a data de desativação quando o equipamento é retirado, reconstruído, movido para uma nova localização, ou quando qualquer das características do equipamento é alterada. Além desses dados comuns, incluem-se as seguintes características básicas específicas de cada categoria de equipamento:

Linhas de transmissão - comprimento, tipo e material da estrutura.

Cabo - comprimento, fabricante, parâmetros elétricos.

Transformador - potência nominal, fabricante, tipo de refrigeração e composição da unidade.

Compensador síncrono - potência nominal, fabricante.

Compensador estático - potência nominal, fabricante.

Capacitor em derivação - potência nominal, fabricante.

Reator em derivação - potência nominal, fabricante, tipo de refrigeração e composição da unidade.

Barramento - indicação da existência de proteção diferencial ou não.

Disjuntor - capacidade de interrupção, fabricante, tipo.

Equipamento de proteção - subestação; estática ou eletromecânica, equipamento protegido.

Equipamento de religamento automático - subestação, estático ou eletromecânico, linha de transmissão associada.

Em adição a essas características, existem características especiais que, opcionalmente, podem ser fornecidas ou não, como por exemplo o nível cerâmico e as condições ambientais das regiões geográficas que uma linha de transmissão percorre.

Quando uma linha de transmissão é constituída por diferentes tipos de construções, é interessante dispor-se das características da linha assinaladas por segmento.

O processo de classificação dos dados de componentes é efetuado via formulários e tabelas codificadas, conforme ilustrações apresentadas no Anexo I.

6.3.3 - Sistema de classificação de eventos

O sistema de classificação proposto é idealizado de modo a apresentar um enfoque sistêmico e também a nível de componente, devendo permitir flexibilidade na obtenção dos parâmetros necessários para a avaliação da confiabilidade de sistemas de potência. Adicionalmente, o sistema deve atender as especificações apresentadas no capítulo IV.

Basicamente o sistema de classificação de eventos é constituído pelo registro de eventos de saída de componentes do sistema de transmissão fundamentado no procedimento híbrido, com o objetivo principal de propiciar a estimação de taxas de transição para uso em modelos gerais de confiabilidade.

O sistema de classificação de eventos é baseado em um processo de decisões seqüenciais que pode ser representado graficamente por uma estrutura denominada de árvore lógica, conforme ilustrado nas Figuras 6.9 a 6.12.

EVENTO

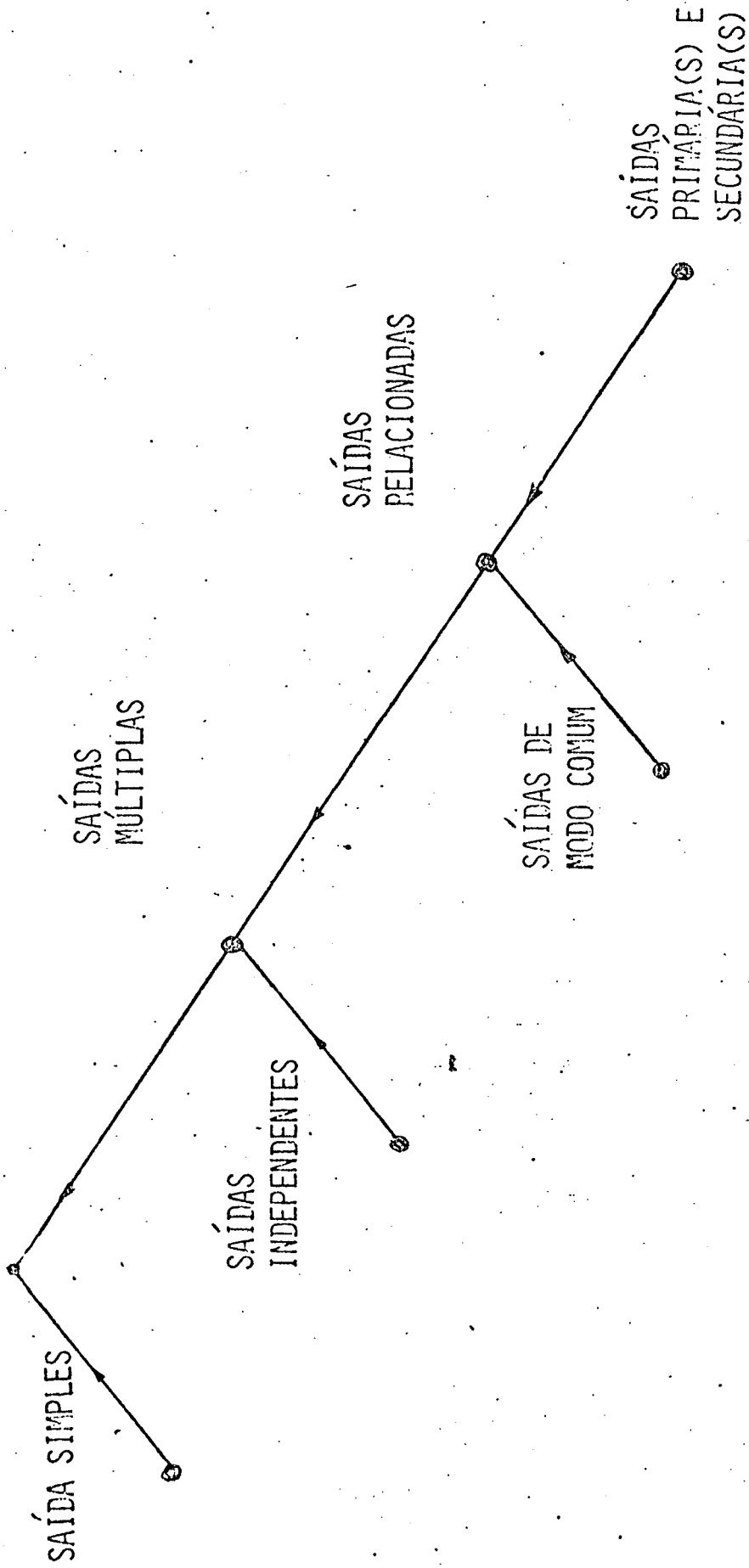


Figura 6.9 - PARTIÇÃO DA ÁRVORE LÓGICA PARA DADOS DE EVENTO A NÍVEL SISTÊMICO

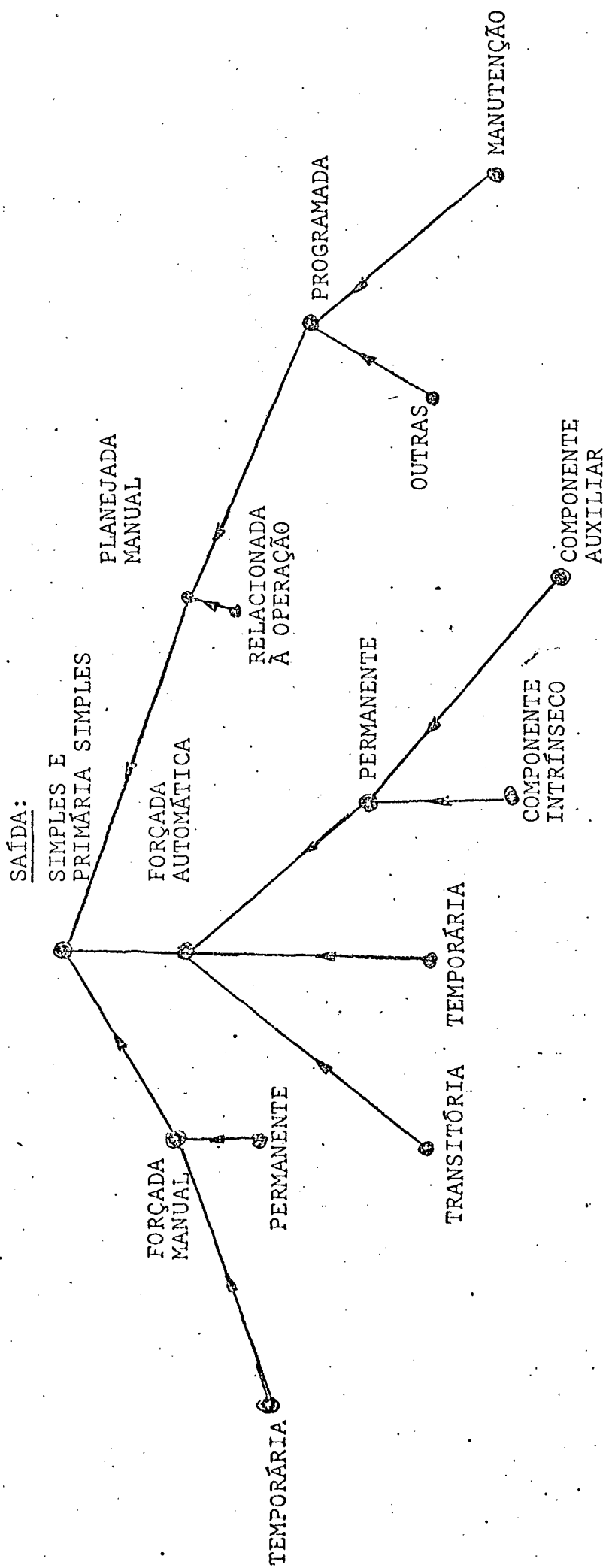


Figura 6.10 - PARTIÇÃO DA ÁRVORE LÓGICA A NÍVEL DE COMPONENTE PARA AS CATEGORIAS DE SAÍDA SIMPLES E PRIMÁRIA SIMPLES

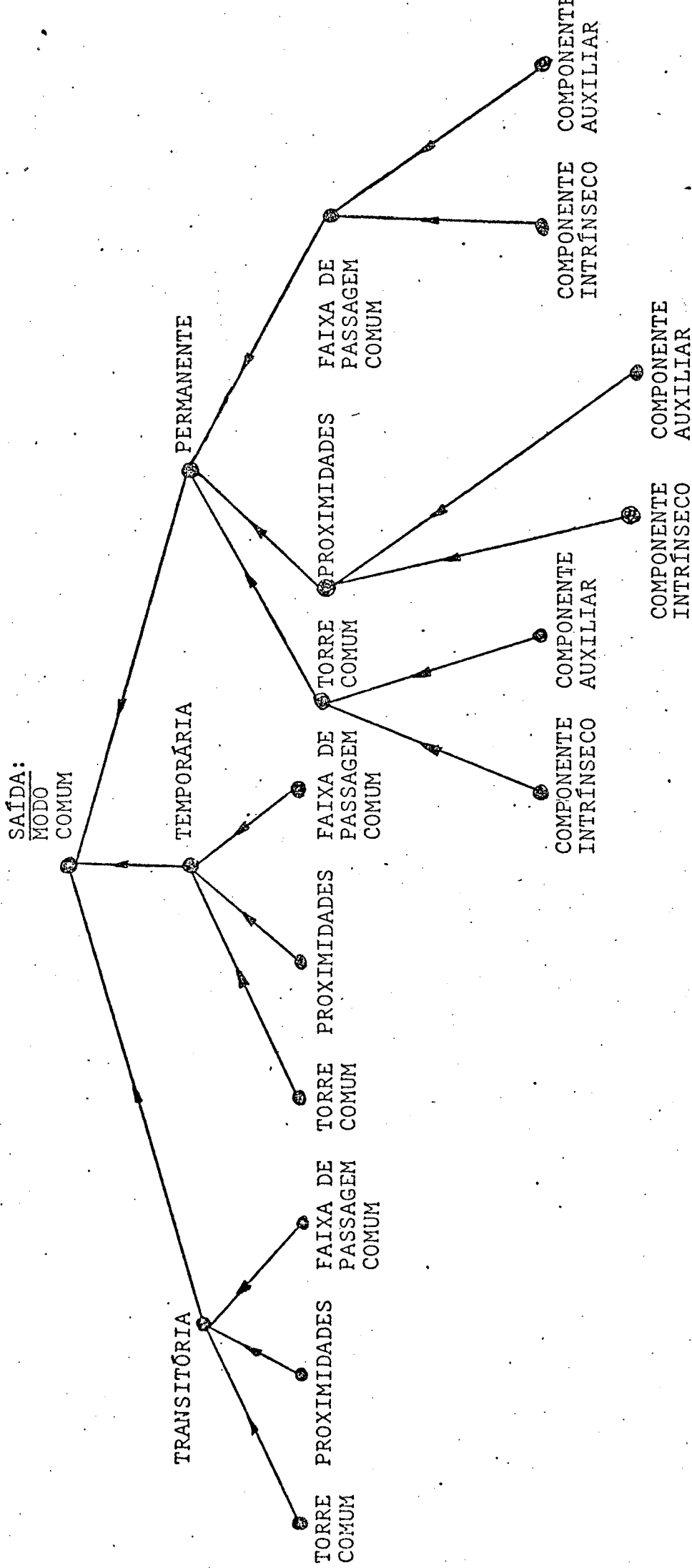
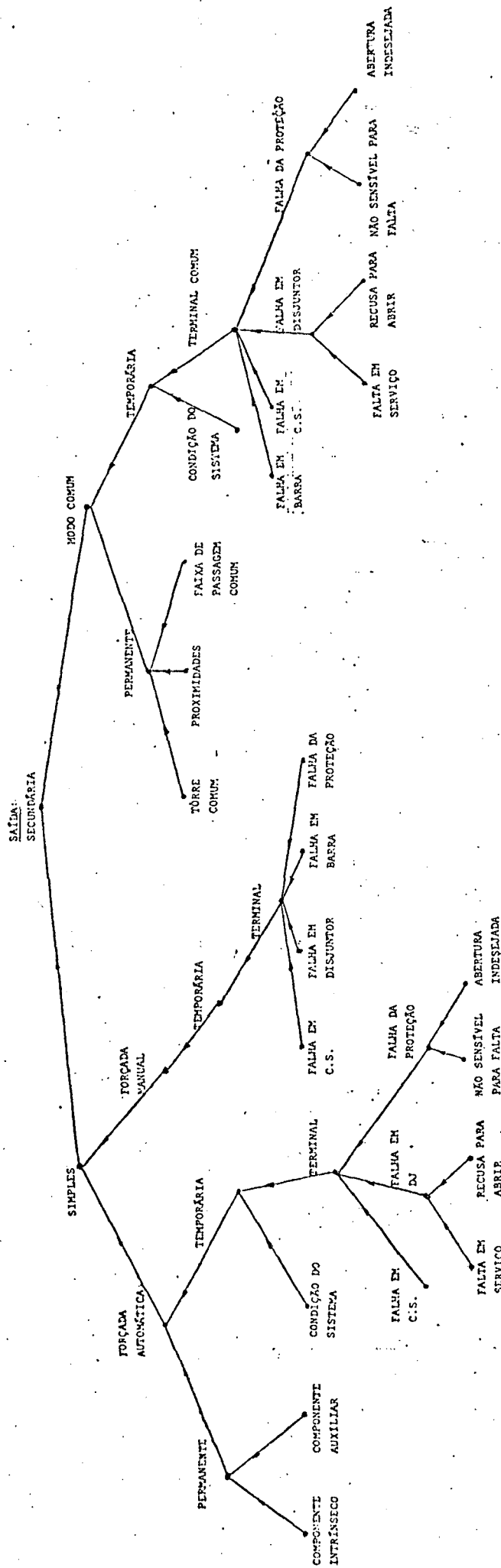


Figura 6.11 - PARTIÇÃO DA ÁRVORE LÓGICA A NÍVEL DE COMPONENTE PARA A CATEGORIA SAÍDAS DE MODO COMUM



NOTA: C.S. - chave seccionadora

DJ - disjuntor

Figura 6.12 - PARTIÇÃO DA ÁRVORE LÓGICA A NÍVEL DE COMPONENTE PARA CATEGORIA DE SAÍDAS SECUNDÁRIAS

Na teoria dos grafos, uma árvore consiste de um conjunto de nós e ramos, onde cada nó é ligado aos outros através de ramos de tal forma a não conter caminhos fechados. Uma árvore com ramos dirigidos (arcos), onde cada nó, exceto um denotado por raiz, recebe a injeção de único arco, é chamada de árvore lógica.

Cada nó da árvore lógica representa uma decisão para uma das categorias de dados disponíveis naquele nível.

Este esquema de classificação de eventos apresenta a vantagem de permitir sua implantação gradativa. Nesse caso, o não detalhamento de um item pode ser associado a não ramificação do nó associado a esse item.

Nas Figuras 6.8 a 6.12, está apresentada a estrutura de classificação de eventos adotada neste trabalho, a qual estão diretamente relacionadas aos formulários de classificação ilustrados no Anexo I.

6.3.4 - Critérios de atribuições de falhas

Na etapa de preenchimento dos formulários, a correta atribuição de uma falha para um ou outro componente, requer critérios de atribuição adequados, conforme definido a seguir.

Segundo a seção 4.5.3 do capítulo IV, existem dois critérios de atribuição de falha ^[14] Neste trabalho o critério utilizado é aquele em que "o elemento sob falha é atribuído ao

componente cuja zona de proteção é responsável pela atuação". Este critério pode ser enunciado da seguinte forma:

"Nas situações onde ocorre falta em um dispositivo situado fisicamente entre dois componentes, atribui-se a falta ao componente cuja zona de proteção é responsável pela saída do dispositivo. Por exemplo, uma falta em um dispositivo situado entre uma linha de transmissão e um disjuntor deve ser atribuída à linha de transmissão.

Certamente outros dispositivos tais como transformadores de corrente e de potencial podem pertencer a componentes de proteção e religamento automático, bem como de outros componentes. Nestes casos, o critério para atribuição de falha é fundamentado na natureza da falha. Se o dispositivo experimenta uma falha que cria uma falta dentro da zona de proteção do componente, então o dispositivo é assinalado como pertencente ao componente de proteção e religamento automático para aquela falha. Se, entretanto, a falha do dispositivo não produz uma falta, porém, mais precisamente uma disfunção do componente de proteção e religamento automático, então o dispositivo é assinalado como pertencente ao componente de proteção e religamento automático para aquela falha".

No Anexo I estão apresentados os formulários referentes à coleta de dados de eventos, juntamente com tabelas de códigos.

6.4 - Sistema de recuperação de dados

Dada a necessidade estatística em diversos níveis de agregação, a base de dados deve ser projetada de forma a permitir a recuperação das informações contidas nos arquivos históricos de eventos, segundo os níveis de agregação desejados.

Para isto, pode-se fazer uso de chaves de classificação que percorram seqüencialmente diversos nós da árvore lógica até a completa composição da informação desejada.

O uso de chaves é recomendado, uma vez que normalmente, não se conhece, a priori, todos os tipos de relatórios a serem emitidos e deste modo, ganha-se flexibilidade na fase de implantação da base de dados.

6.5 - Exemplos de classificação e registro dos dados de entrada

6.5.1 - Exemplos de cadastro de componentes

A seguir estão apresentados três exemplos de cadastramento de componentes do sistema de transmissão da ELETROSUL. Os componentes cadastrados são:

- 1 - Linha de transmissão de 500 kV entre as subestações de Areia e Salto Santiago.
- 2 - Reator Shunt número 1 da subestação de Campos Novos.

3 - Disjuntor número 1022 da subestação de Gravataí.

Os códigos utilizados no preenchimento dos formulários estão em correspondência com aqueles apresentados nas tabelas do Anexo I.

1 - Cadastro da linha de transmissão de 500 kV LT ARE/UHSS.

Características:

- . Número - 8140
- . Data de ativação - 01.11.80
- . Classe de tensão nominal e de operação - 500 kV
- . Comprimento - 115,3 km
- . Estrutura - circuito simples
- . Material - aço
- . Cabos por fase - 4
- . Cabo - 636 MCM
- . Resistência - 0,1060%
- . Reatância - 1,3280%
- . Susceptância - 163,26 MVar
- . Nível cerâmico na região - sem informação
- . Condições ambientais - normal
- . Linha reisolada - não

LINHA DE TRANSMISSAO

EMPRESA	<u>02</u>		
EQUIPAMENTO	<u>LI</u>		
SUBSTACAO	<u>ARE</u>	<u>VHSS</u>	<u>---</u>
NUMERO	<u>8140</u>		
DATA DE ATIVACAO	<u>011280</u>		
DATA DE DESATIVACAO	<u>---</u>		
DATA DE REGISTRO	<u>011280</u>		
	SEGMENTO 1	SEGMENTO 2	SEGMENTO 3
CLASSIF DE TENSAO : - NOMINAL	<u>500</u> KV	<u>---</u> KV	<u>---</u> KV
- DE OPERACAO	<u>500</u> KV		
CARACTERISTICAS BASICAS :			
- COMPRIMENTO	<u>1153</u> KM	<u>---</u> KM	<u>---</u> KM
- ESTRUTURA(TIPO/MATERIAL)	<u>13</u>	<u>---</u>	<u>---</u>
- RESISTENCIA	<u>01060</u> %	<u>---</u> %	<u>---</u> %
- REATANCIA	<u>13280</u> %	<u>---</u> %	<u>---</u> %
- SUSCEPTANCIA (MVAR)	<u>16326</u>	<u>---</u>	<u>---</u>
- CABOS POR FASE	<u>4</u>	<u>---</u>	<u>---</u>
- CABO	<u>636</u> MCM	<u>---</u> MCM	<u>---</u> MCM
CARACTERISTICAS ESPECIAIS :			
- NIVEL CERAUNICO	<u>---</u>	<u>---</u>	<u>---</u>
- CONDICAOES AMBIENTAIS	<u>I</u>	<u>---</u>	<u>---</u>
- LINHA REISOLADA	<u>NAO</u>	<u>---</u>	<u>---</u>

2 - Cadastro do reator shunt de barra, número 1 da subestação de
CNO

Características:

- . Número - 1
- . Data de ativação -
- . Classe de tensão - 500 kV
- . Potência nominal - 100 MVar
- . Refrigeração - óleo e ar natural
- . Composição - bancos monofásicos

REATOR SHUNT

FMPRESA	02
EQUIPAMENTO	RS
SUBESTACAO	CNO
NUMERO	1
DATA DE ATIVACAO	290184
DATA DE DESATIVACAO	
DATA DE REGISTRO	290184
CLASSE DE TENSÃO	500 KV
CARACTERISTICAS BASICAS :	
POTENCIA NOMINAL	100 MVAR
REFRIGERACAO/COMPOSICAO	11
POSSUI UNIDADE DE RESERVA	
TEMPO DE SUBSTITUICAO	
FABRICANTE	

3 - Cadastro do disjuntor número 1022 da subestação de GRA.

Características:

- . Número - 1022
- . Data de ativação - 12.09.82
- . Classe de tensão - 500 kV
- . Capacidade de interrupção - 40 kA
- . Tipo - SF₆

DISJUNTOR

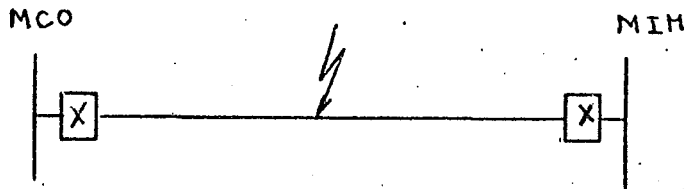
EMPRESA	<u>02</u>
EQUIPAMENTO	<u>DJ</u>
SUBESTACAO	<u>GRA</u>
NUMERO	<u>1022</u>
DATA DE ATIVACAO	<u>120982</u>
DATA DE DESATIVACAO	
DATA DE REGISTRO	<u>120982</u>
CLASSE DE TENSÃO	<u>500</u> KV
CARACTERISTICAS BASICAS :	
CAPACIDADE DE INTERRUPCAO	<u>40</u> KA
TIPO	<u>5</u>
FABRICANTE	<u> </u>

6.5.2 - Exemplos de classificação e registro dos dados de eventos

A seguir são apresentados exemplos de classificação de eventos, todos envolvendo componentes pertencentes ao sistema de transmissão da ELETROSUL, com base nas Análises de Ocorrências do Sistema emitido pela Divisão de Análise do Sistema (DAES).

Os códigos utilizados no preenchimento dos formulários estão em correspondência com aqueles apresentados nas tabelas do Anexo I.

1 - Às 15:31 horas do dia 08.12.82 ocorreu a saída da LT Mimoso-Miguel Couto III, pela proteção de distância nos dois terminais (relé 21). O desligamento foi causado pela colisão da antena de um jipe do exército com os cabos da LT. A LT foi religada às 15:32 horas do mesmo dia, sem haver interrupção de fornecimento aos consumidores.



Disjuntor Aberto

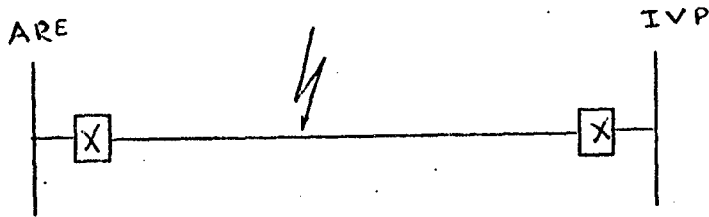
DADOS DO EVENTO A NIVEL DE SISTEMA

01. NUMERO DO EVENTO	_____182			
02. SAIDAS MULTIPLAS	NAO			
03. RELACIONADAS	_____			
04. COMPONENTE(S) :				
	LI	MCO	MIM	NUMERO 6260
	---	---	---	NUMERO _____
	---	---	---	NUMERO _____
	---	---	---	NUMERO _____
	---	---	---	NUMERO _____
	---	---	---	NUMERO _____
	---	---	---	NUMERO _____
	---	---	---	NUMERO _____
05. PRIMARIA(S) E SECUNDARIA(S)	_____			
06. SISTEMA ORIGEM	1			
07. MODO DE FALHA DO SISTEMA	5			
08. INTERRUPCAO DE CARGA	NAO			

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO	<u>182</u>	
02. COMPONENTE	<u>LT MCO</u>	<u>MIN</u> _____ NUMERO <u>6260</u>
03. INICIO	:	
		DATA <u>08/12/82</u>
		HORA <u>1531</u>
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO :		
		PARCIAL _____
		TOTAL _____ 1
05. OPERACAO COM SUCESSO DO(A) :		
		PROTECAO <u>SIM</u>
		RELIGAMENTO AUTOMATICO <u>SIM</u>
		DISJUNTOR <u>SIM</u>
06. CONDICAOES DO TEMPO	<u>1</u>	
07. FORMA DA SAIDA	<u>3</u>	
08. TIPO DA SAIDA	<u>2</u>	
09. SAIDA PRIMARIA	<u>SIM</u>	
10. SAIDA DE MODO COMUM	<u>NAO</u>	
11. EXPOSICAO DE MODO COMUM	<u>NAO</u>	
12. CAUSA	<u>E1</u>	
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO	<u>---</u>	
15. OCORRENCIA DE FALTA	<u>SIM</u>	
16. TIPO DA FALTA	<u>6</u>	
17. FASE(S) AFETADA(S)	<u>---</u>	

2 - Às 18:53 horas do dia 02.07.83 ocorreu a saída de LT ARE-IVP - 500 kV pela atuação da proteção em ambos os terminais, em decorrência da queda de torres provocada por fortes ventos e temporal na região. Em consequência ocorreu curto-circuito entre a fase C e a terra. A linha foi religada às 21:37 horas do dia 15.07.83 após reparos.



DADOS DO EVENTO A NIVEL DE SISTEMA

- 01. NUMERO DO EVENTO
- 02. SAIDAS MULTIPLAS
- 03. RELACIONADAS
- 04. COMPONENTE(S) :

NAO

LT	ARE	IVP	NUMERO
			0060

- 05. PRIMARIA(S) E SECUNDARIA(S)
- 06. SISTEMA ORIGEM
- 07. MODO DE FALHA DO SISTEMA
- 08. INTERRUPCAO DE CARGA

1
S
NAO

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO

02. COMPONENTE

03. INICIO

04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO :

05. OPERACAO COM SUCESSO DO (A) :

06. CONDICAOES DO TEMPO

07. FORMA DA SAIDA

08. TIPO DA SAIDA

09. SAIDA PRIMARIA

10. SAIDA DE MODO COMUM

11. EXPOSICAO DE MODO COMUM

12. CAUSA

13. COMPONENTE AUXILIAR / INTRINSECO

15. OCORRENCIA DE FALTA

16. TIPO DA FALTA

17. FASE(S) AFETADA(S)

LI ARE IVP _____ NUMERO 8060

DATA 020783

HORA 1853

PARCIAL _____

TOTAL 31444

PROTECAO SIM

RELIGAMENTO AUTOMATICO SIM

DISJUNTOR SIM

2

3

3

SIM

NAO

A3

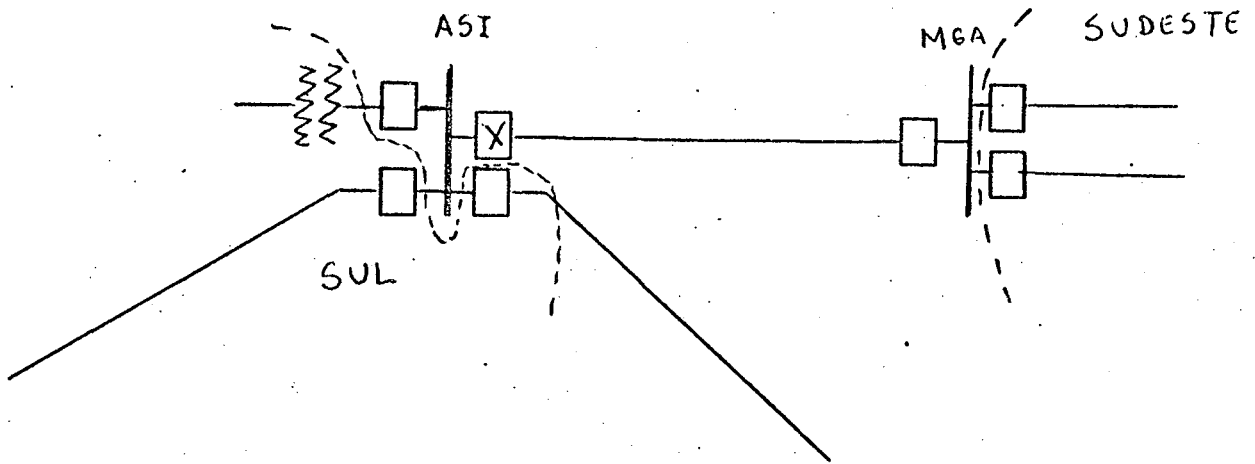
LI1

SIM

I

C

3 - Às 20:09 horas do dia 14.09.82 ocorreu a saída da LT ASI/MGA pela atuação da proteção no terminal ASI. O terminal de MGA foi desligado manualmente. A saída da LT ocorreu em consequência de oscilação entre os sistemas Sul e Sudeste provocada por distúrbios na área da CESP (Sudeste). O religamento da LT ocorreu às 20:26 horas, não acontecendo interrupção de carga na região Sul.



DADOS DO EVENTO A NIVEL DE SISTEMA

- 01. NUMERO DC EVENTO
- 02. SAIDAS MULTIPLAS
- 03. RELACIONADAS
- 04. COMPONENTE(S) :

<u>SIM</u>				NUMERO	<u>7340</u>
<u>SJM</u>				NUMERO	_____
<u>LT</u>	<u>ASI</u>	<u>MGA</u>	_____	NUMERO	_____
_____	_____	_____	_____	NUMERO	_____
_____	_____	_____	_____	NUMERO	_____
_____	_____	_____	_____	NUMERO	_____
_____	_____	_____	_____	NUMERO	_____
_____	_____	_____	_____	NUMERO	_____
_____	_____	_____	_____	NUMERO	_____
_____	_____	_____	_____	NUMERO	_____

- 05. PRIMARIA(S) E SECUNDARIA(S)
- 06. SISTEMA ORIGEM
- 07. MODO DE FALHA DO SISTEMA
- 08. INTERRUPTAO DE CARGA

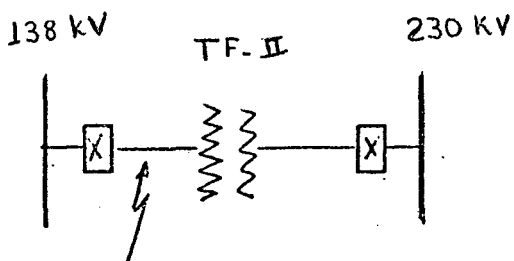
SIM
3
3
NAO

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO	
02. COMPONENTE	<u>LI ASI MGA</u> _____ NUMERO <u>7340</u>
03. INICIO	:
	DATA <u>140982</u>
	HORA <u>2009</u>
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO :	
	PARCIAL _____
	TOTAL <u>17</u>
05. OPERACAO COM SUCESSO DO (A)	:
	PROTECAO <u>SIM</u>
	RELIGAMENTO AUTOMATICO <u>SIM</u>
	DISJUNTOR <u>SIM</u>
06. CONDICoes DO TEMPO	<u>1</u>
07. FORMA DA SAIDA	<u>2</u>
08. TIPO DA SAIDA	<u>2</u>
09. SAIDA PRIMARIA	<u>NAO</u>
10. SAIDA DE MODO COMUM	<u>NAO</u>
11. EXPOSICAO DE MODO COMUM	
12. CAUSA	<u>J3</u>
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO	
15. OCORRENCIA DE FALTA	<u>NAO</u>
16. TIPO DA FALTA	-
17. FASE(S) AFETADA(S)	----

Observação: Este exemplo é o caso típico onde classificação final do evento deve ser efetuada por mais de uma empresa (ELETROSUL e CESP).

4 - Às 15:03 horas do dia 18.12.82 ocorreu a saída do transformador III da SE de BLU pela atuação da proteção diferencial de terra nas fases A e C, em decorrência de defeito no pára-raios da fase C do lado de 138 kV ocasionando curto-circuito à terra. O transformador foi religado no dia 19.12.82 às 17:49 horas após troca do pára-raios danificado.



DADOS DO EVENTO A NIVEL DE SISTEMA

- 01. NUMERO DO EVENTO
- 02. SAIDAS MULTIPLAS
- 03. RELACIONADAS
- 04. COMPONENTE(S) :

NAO

TF	BLU	NUMERO	3
		NUMERO	
		NUMERO	
		NUMERO	
		NUMERO	
		NUMERO	
		NUMERO	
		NUMERO	
		NUMERO	

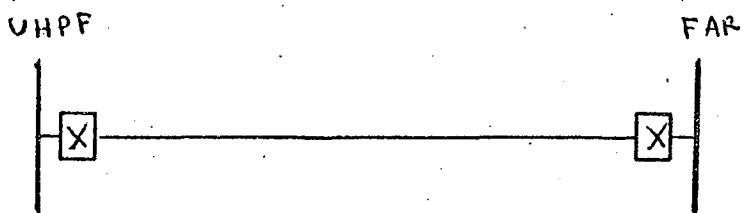
- 05. PRIMARIA(S) E SECUNDARIA(S)
- 06. SISTEMA ORIGEM
- 07. MODO DE FALHA DO SISTEMA
- 08. INTERRUPCAO DE CARGA

1
5
NAO

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO	
02. COMPONENTE	TE 8L0 _____ NUMERO _____
03. INICIO	:
	DATA 10/20/82
	HORA 1503
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO :	
	PARCIAL _____
	TOTAL 2646
05. OPERACAO COM SUCESSO DO(A)	:
	PROTECAO <u>SIM</u>
	RELIGAMENTO AUTOMATICO _____
	DISJUNTOR <u>SIM</u>
06. CONDICoes DO TEMPO	<u>1</u>
07. FORMA DA SAIDA	<u>3</u>
08. TIPO DA SAIDA	<u>3</u>
09. SAIDA PRIMARIA	<u>SIM</u>
10. SAIDA DE MODO COMUM	<u>NAO</u>
11. EXPOSICAO DE MODO COMUM	
12. CAUSA	<u>LI</u>
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO	<u>TE0</u>
15. OCCORRENCIA DE FALTA	<u>SIM</u>
16. TIPO DA FALTA	<u>1</u>
17. FASE(S) AFETADA(S)	<u>C</u>

5 - Às 13:38 horas do dia 16.07.82 ocorreu a saída da LT UHPF-FAR número 7040, pela atuação da proteção em ambos os terminais de vido a descarga atmosférica ocasionando curto-circuito da fase A à terra. A LT foi religada às 13:41 horas. Não aconteceu religamento automático no terminal de UHPF quando o mesmo deveria ocorrer, em razão de que o contato do relé de tempo morto, por se encontrar oxidado, não propiciava condições para contato elétrico.



DADOS DO EVENTO A NIVEL DE SISTEMA

- 01. NUMERO DO EVENTO
- 02. SAIDAS MULTIPLAS
- 03. RELACIONADAS
- 04. COMPONENTE(S) :

-----				NUMERO	<u>7040</u>
NAO				NUMERO	-----
---				NUMERO	-----
LT	UHPF	FAR	-----	NUMERO	-----
---	---	---	-----	NUMERO	-----
---	---	---	-----	NUMERO	-----
---	---	---	-----	NUMERO	-----
---	---	---	-----	NUMERO	-----
---	---	---	-----	NUMERO	-----
---	---	---	-----	NUMERO	-----
---	---	---	-----	NUMERO	-----

- 05. PRIMARIA(S) E SECUNDARIA(S)
- 06. SISTEMA ORIGEM
- 07. MODO DE PALHA DO SISTEMA
- 08. INTERRUPCAO DE CARGA

 I
 S
 NAO

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

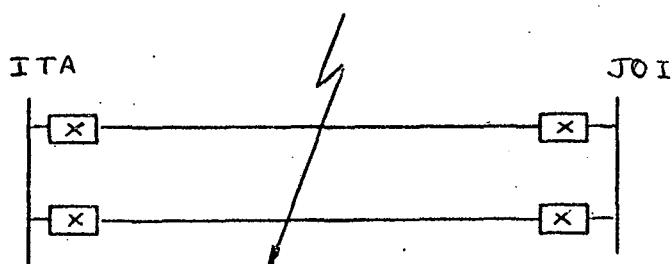
01. NUMERO DO EVENTO	-----	
02. COMPONENTE	<u>LI UHPF FAE</u>	NUMERO <u>7040</u>
03. INICIO	:	
		DATA <u>160782</u>
		HORA <u>1338</u>
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO-:		
		PARCIAL -----
		TOTAL ----- <u>3</u>
05. OPERACAO COM SUCESSO DO(A)	:	
		PROTECAO <u>SIM</u>
		RELIGAMENTO AUTOMATICO <u>NAO</u>
		DISJUNTOR <u>SIM</u>
06. CONDICAOES DO TEMPO		<u>2</u>
07. FORMA DA SAIDA		<u>3</u>
08. TIPO DA SAIDA		<u>2</u>
09. SAIDA PRIMARIA		<u>SIM</u>
10. SAIDA DE MODO COMUM		<u>NAO</u>
11. EXPOSICAO DE MODO COMUM		
12. CAUSA		<u>AI</u>
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO		
15. OCORRENCIA DE FALTA		<u>SIM</u>
16. TIPO DA FALTA		<u>I</u>
17. FASE(S) AFETADA(S)		<u>A</u>

Observação: Neste exemplo é necessário que se faça classificação do evento quanto ao desempenho do componente de religamento automático do terminal de UHPF, uma vez que houve anormalidade em sua operação.

DESEMPENHO DO COMPONENTE DE RELIGAMENTO AUTOMATICO

01. NUMERO DO EVENTO	-----	
02. RELIGAMENTO AUTOMATICO	:	
		SUBESTACAO <u>UHPF</u>
		COMPONENTE <u>LI</u> NUMERO <u>7040</u>
03. MODO DE FALHA		<u>4</u>
04. CAUSA		<u>C8</u>
05. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO		<u>PR1</u>

6 - Às 03:52 horas do dia 23.09.83 ocorreram as saídas das linhas JOI/ITA circuito I e II, números 6160 e 6170 respectivamente, por atuação das proteções distância em todos os terminais, em consequência de descarga atmosférica sobre as linhas. A descarga atmosférica ocasionou curto-circuito trifásico à terra na linha I, e bifásico na linha II envolvendo as fases B e C, e a terra. Ambas as linhas retornaram ao serviço às 03:53 horas do mesmo dia.



DADOS DO EVENTO A NIVEL DE SISTEMA

- 01. NUMERO DO EVENTO
- 02. SAIDAS MULTIPLAS
- 03. RELACIONADAS
- 04. COMPONENTE(S) :

---	SIM		---	NUMERO	6160
---	SIM		---	NUMERO	6170
---	---	---	---	NUMERO	---
---	---	---	---	NUMERO	---
---	---	---	---	NUMERO	---
---	---	---	---	NUMERO	---
---	---	---	---	NUMERO	---
---	---	---	---	NUMERO	---

- 05. PRIMARIA(S) E SECUNDARIA(S)
- 06. SISTEMA ORIGEM
- 07. MODO DE FALHA DO SISTEMA
- 08. INTERRUPCAO DE CARGA

NAO
 I
 S
 NAO

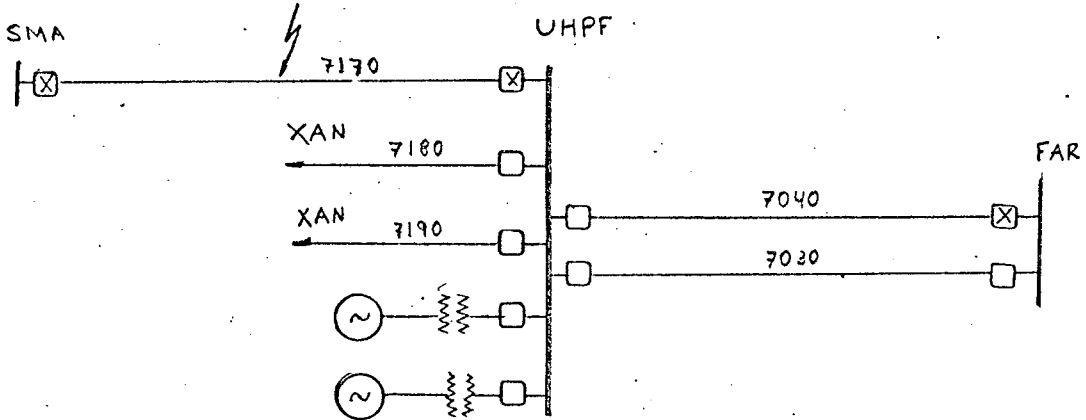
DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO	
02. COMPONENTE	<u>LI IIA JOI</u> _____
03. INICIO	NUMERO <u>6160</u>
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO :	DATA <u>230983</u> HORA <u>0352</u>
05. OPERACAO COM SUCESSO DO(A) :	PARCIAL _____ TOTAL _____ <u>2</u>
06. CONDICAOES DO TEMPO	PROTECAO <u>SIM</u>
07. FORMA DA SAIDA	RELIGAMENTO AUTOMATICO <u>SIM</u>
08. TIPO DA SAIDA	DISJUNTOR <u>SIM</u>
09. SAIDA PRIMARIA	<u>2</u>
10. SAIDA DE MODO COMUM	<u>3</u>
11. EXPOSICAO DE MODO COMUM	<u>2</u>
12. CAUSA	<u>SIM</u>
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO	<u>SIM</u>
15. CCORRENCIA DE FALTA	<u>2</u>
16. TIPO DA FALTA	<u>A1</u>
17. FASE(S) AFETADA(S)	_____ <u>SIM</u> <u>4</u> <u>ABC</u>

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO	
02. COMPONENTE	<u>LI IIA JOI</u> _____
03. INICIO	NUMERO <u>6170</u>
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO :	DATA <u>230983</u> HORA <u>0352</u>
05. OPERACAO COM SUCESSO DO(A) :	PARCIAL _____ TOTAL _____ <u>2</u>
06. CONDICAOES DO TEMPO	PROTECAO <u>SIM</u>
07. FORMA DA SAIDA	RELIGAMENTO AUTOMATICO <u>SIM</u>
08. TIPO DA SAIDA	DISJUNTOR <u>SIM</u>
09. SAIDA PRIMARIA	<u>2</u>
10. SAIDA DE MODO COMUM	<u>3</u>
11. EXPOSICAO DE MODO COMUM	<u>2</u>
12. CAUSA	<u>SIM</u>
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO	<u>SIM</u>
15. CCORRENCIA DE FALTA	<u>2</u>
16. TIPO DA FALTA	<u>A1</u>
17. FASE(S) AFETADA(S)	_____ <u>SIM</u> <u>3</u> <u>BC</u>

7 - Às 21:46 horas do dia 22.09.83 ocorreu a saída da LT UHPF/FAR-7040, por atuação da proteção de distância, simultaneamente a defeito na LT UHPF/SMA-7170, em consequência de queima de capacitor do relê de distância (21) da LT UHPF/FAR na SE de FAR, deixando o relê sem restrição à operação. A LT UHPF/FAR foi religada às 21:47 horas, enquanto que a LT UHPF/SMA foi religada às 21:48 horas do mesmo dia. A saída da LT UHPF/SMA decorreu de curto-circuito entre a fase A e a terra com natureza in determinada.



DADOS DO EVENTO A NIVEL DE SISTEMA

01. NUMERO DO EVENTO	-----			
02. SAIDAS MULTIPLAS	<u>SIM</u>			
03. RELACIONADAS	<u>SIM</u>			
04. COMPONENTE(S) :				
	<u>LT UHPF FAR</u>	-----	NUMERO	<u>7040</u>
	<u>LT UHPF SMA</u>	-----	NUMERO	<u>7170</u>
	-----	-----	NUMERO	-----
	-----	-----	NUMERO	-----
	-----	-----	NUMERO	-----
	-----	-----	NUMERO	-----
	-----	-----	NUMERO	-----
	-----	-----	NUMERO	-----
05. PRIMARIA(S) E SECUNDARIA(S)	<u>SIM</u>			
06. SISTEMA ORIGEM	<u>3</u>			
07. MODO DE FALHA DO SISTEMA	<u>5</u>			
08. INTERRUPTAO DE CARGA	<u>NAO</u>			

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO	
02. COMPONENTE	<u>LI URPE FAR</u> _____
03. INICIO	NUMERO <u>7040</u>
	DATA <u>220983</u>
	HORA <u>2146</u>
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO :	PARCIAL _____
	TOTAL _____ <u>1</u>
05. OPERACAO COM SUCESSO DO(A) :	PROTECAO <u>NAO</u>
	RELIGAMENTO AUTOMATICO <u>SIM</u>
	DISJUNTOR <u>SIM</u>
06. CONDICAOES DO TEMPO	<u>3</u>
07. FORMA DA SAIDA	<u>3</u>
08. TIPO DA SAIDA	<u>2</u>
09. SAIDA PRIMARIA	<u>NAO</u>
10. SAIDA DE MODO COMUM	<u>NAO</u>
11. EXPOSICAO DE MODO COMUM	_____
12. CAUSA	<u>K4</u>
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO	_____
15. OCORRENCIA DE FALTA	<u>NAO</u>
16. TIPO DA FALTA	_____
17. FASE(S) AFETADA(S)	_____

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO	
02. COMPONENTE	<u>LI URPE SMA</u> _____
03. INICIO	NUMERO <u>7170</u>
	DATA <u>220983</u>
	HORA <u>2146</u>
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO :	PARCIAL _____
	TOTAL _____ <u>2</u>
05. OPERACAO COM SUCESSO DO(A) :	PROTECAO <u>SIM</u>
	RELIGAMENTO AUTOMATICO <u>SIM</u>
	DISJUNTOR <u>SIM</u>
06. CONDICAOES DO TEMPO	<u>3</u>
07. FORMA DA SAIDA	<u>3</u>
08. TIPO DA SAIDA	<u>2</u>
09. SAIDA PRIMARIA	<u>SIM</u>
10. SAIDA DE MODO COMUM	<u>NAO</u>
11. EXPOSICAO DE MODO COMUM	_____
12. CAUSA	<u>01</u>
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO	_____
15. OCORRENCIA DE FALTA	<u>SIM</u>
16. TIPO DA FALTA	<u>I</u>
17. FASE(S) AFETADA(S)	<u>A</u>

DESEMPENHO DO COMPONENTE DE PROTECAO

01. NUMERO DO EVENTO

02. PROTECAO

 SUBESTACAO FAR
 COMPONENTE LI NUMERO 7040

03. MODO DE FALHA

04. CAUSA

05. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO

06. RELES QUE ATUARAM

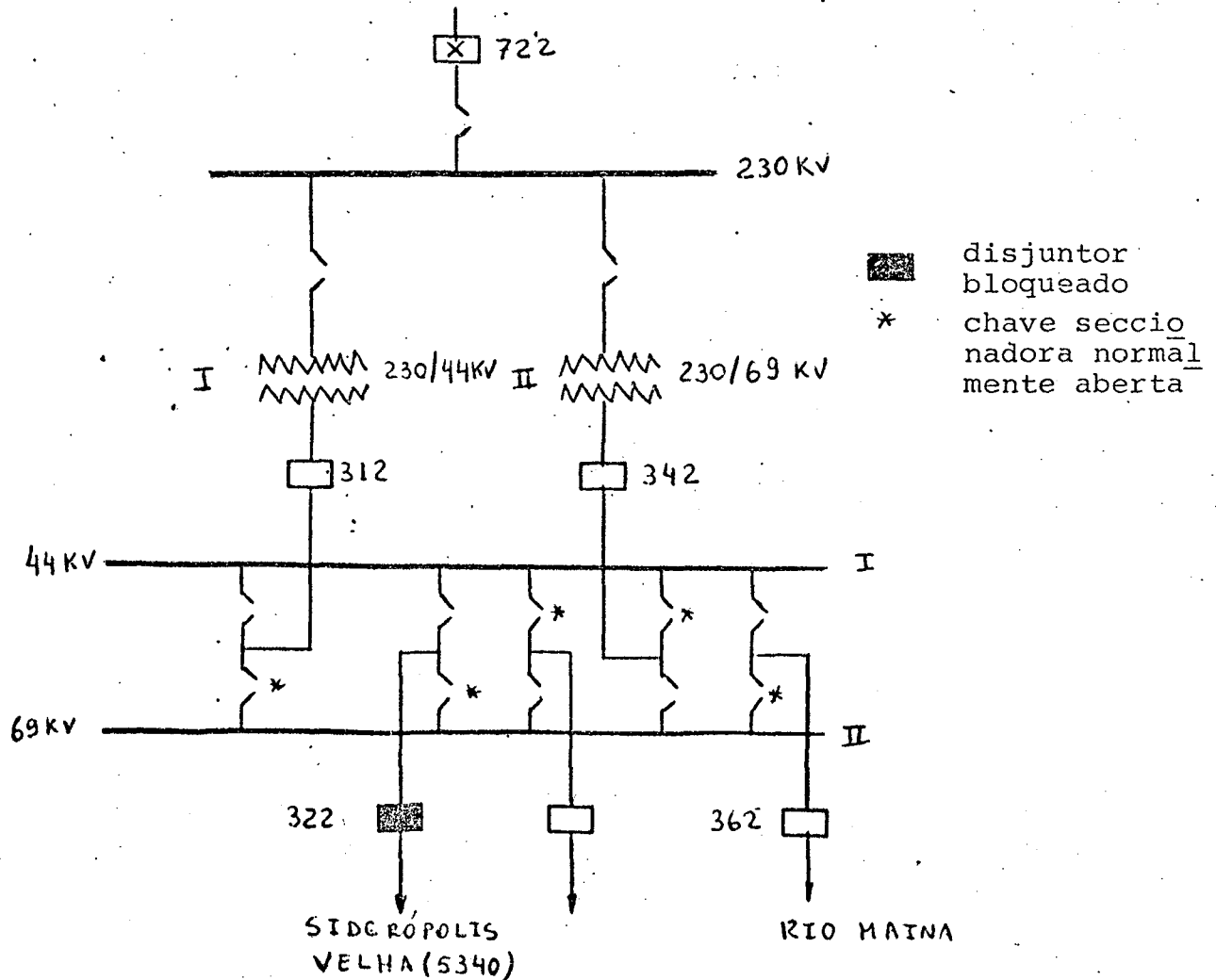
2LIPR2

CORRETAMENTE

INCORRETAMENTE 21

8 - Às 15:33 horas do dia 30.11.82 ocorreu a saída dos transformadores I (230/69 kV) e II (230/44 kV) da SE de SID pela atuação das proteções de sobrecorrente de neutro e bloqueio do transformador II, em consequência da não abertura do disjuntor do circuito SVE número 5340 para uma falta bifásica nesse circuito. O disjuntor 322 não abriu em virtude de um defeito intermitente nos contatos auxiliares de seu comando.

Os transformadores I e II foram religados respectivamente, às 15:40 horas e 15:45 horas do mesmo dia, após reparo do disjuntor. A equipe de manutenção encontrava-se no local do evento. Com a saída dos transformadores houve interrupção de carga para o circuito Siderópolis Velha em 22 MW por um período de tempo igual a 12 minutos.



DADOS DO EVENTO A NIVEL DE SISTEMA

01. NUMERO DO EVENTO					
02. SAIDAS MULTIPLAS	<u>SIM</u>				NUMERO <u>1</u>
03. RELACIONADAS	<u>SIM</u>				NUMERO <u>2</u>
04. COMPONENTE(S) :					NUMERO <u>5340</u>
					NUMERO _____
					NUMERO _____
					NUMERO _____
					NUMERO _____
					NUMERO _____
					NUMERO _____
					NUMERO _____
05. PRIMARIA(S) E SECUNDARIA(S)	<u>SIM</u>				
06. SISTEMA ORIGEM	<u>3</u>				
07. MODO DE FALHA DO SISTEMA	<u>4</u>				
08. INTERRUPCAO DE CARGA	<u>SIM</u>				

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO					
02. COMPONENTE	<u>IF SID</u>				NUMERO <u>1</u>
03. INICIO					
					DATA <u>30/1/82</u>
					HORA <u>1533</u>
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO :					
					PARCIAL _____
					TOTAL <u>7</u>
05. OPERACAO COM SUCESSO DO(A)					
					PROTECAO <u>SIM</u>
					RELIGAMENTO AUTOMATICO _____
					DISJUNTOR <u>SIM</u>
06. CONDICoes DO TEMPO	<u>3</u>				
07. FORMA DA SAIDA	<u>3</u>				
08. TIPO DA SAIDA	<u>2</u>				
09. SAIDA PRIMARIA	<u>NAO</u>				
10. SAIDA DE MODO COMUM	<u>SIM</u>				
11. EXPOSICAO DE MODO COMUM	<u>4</u>				
12. CAUSA	<u>K1</u>				
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO					
15. OCCORRENCIA DE FALTA	<u>NAO</u>				
16. TIPO DA FALTA					
17. FASE(S) AFETADA(S)					

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO	-----	
02. COMPONENTE	<u>LT SID SVE</u>	NUMERO <u>5340</u>
03. INICIO	:	
	DATA <u>301182</u>	
	HORA <u>1533</u>	
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO	:	
	PARCIAL -----	
	TOTAL -----	<u>12</u>
05. OPERACAO COM SUCESSO DO(A)	:	
	PROTECAO <u>SIM</u>	
	RELIGAMENTO AUTOMATICO <u>SIM</u>	
	DISJUNTOR <u>NAO</u>	
06. CONDICoes DO TEMPO	<u>3</u>	
07. FORMA DA SAIDA	<u>2</u>	
08. TIPO DA SAIDA	<u>2</u>	
09. SAIDA PRIMARIA	<u>SIM</u>	
10. SAIDA DE MODO COMUM	<u>NAO</u>	
11. EXPOSICAO DE MODG COMUM	---	
12. CAUSA	<u>01</u>	
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECC	---	
15. OCORRENCIA DE FALTA	<u>SIM</u>	
16. TIPO DA FALTA	<u>3</u>	
17. FASE(S) AFETADA(S)	---	

DESEMPENHO DO DISJUNTOR

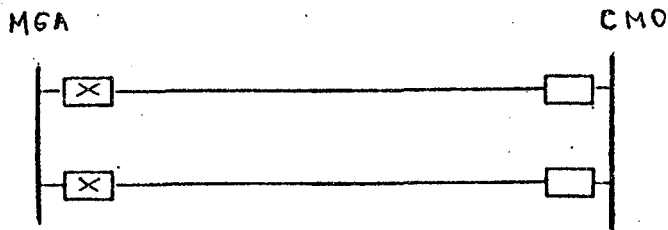
01. NUMERO DO EVENTO	-----	
02. DISJUNTOR	:	
	SUBESTACAO <u>SID</u>	
	NUMERO <u>322</u>	
03. MODO DE FALHA	<u>3</u>	
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO	:	
	PARCIAL -----	
	TOTAL -----	<u>12</u>
05. CAUSA	<u>L</u>	
06. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO	<u>D07</u>	

Observação: A classificação da saída do transformador II não foi
efetuada em razão de ser similar a efetuada para o
transformador I.

DADOS DA INTERRUPCAO

01. NUMERO DO EVENTO	---
02. SUBESTACAO	<u>SID</u>
03. PONTO DE CARGA	<u>SVE</u> NUMERO <u>S340</u>
04. POTENCIA INTERROMPIDA (MW)	<u>22</u>
05. NUMERO DE CONSUMIDORES INTERROMPIDOS	---

9 - Às 16:01 horas do dia 23.09.83 na subestação de MGA, ocorreram as saídas das linhas MGA/CMO (7280) e MGA/ASI (7340) de forma manual, em decorrência de erro de manobra cometido pelo operador durante o procedimento de recomposição do setor de 138 kV da subestação. As linhas foram religadas às 16:03 horas.



DADOS DO EVENTO A NIVEL DE SISTEMA

- 01. NUMERO DO EVENTO
- 02. SAIDAS MULTIPLAS
- 03. RELACIONADAS
- 04. COMPONENTE(S) :

<u>SIM</u>				
<u>SIM</u>				
	<u>LT MGA</u>	<u>CMO</u>		NUMERO <u>7280</u>
	<u>LT MGA</u>	<u>ASI</u>		NUMERO <u>7340</u>
				NUMERO _____
				NUMERO _____
				NUMERO _____
				NUMERO _____
				NUMERO _____
				NUMERO _____

- 05. PRIMARIA(S) E SECUNDARIA(S)
- 06. SISTEMA ORIGEM
- 07. MODO DE FALHA DO SISTEMA
- 08. INTERRUPCAO DE CARGA

NAO
1
5
NAO

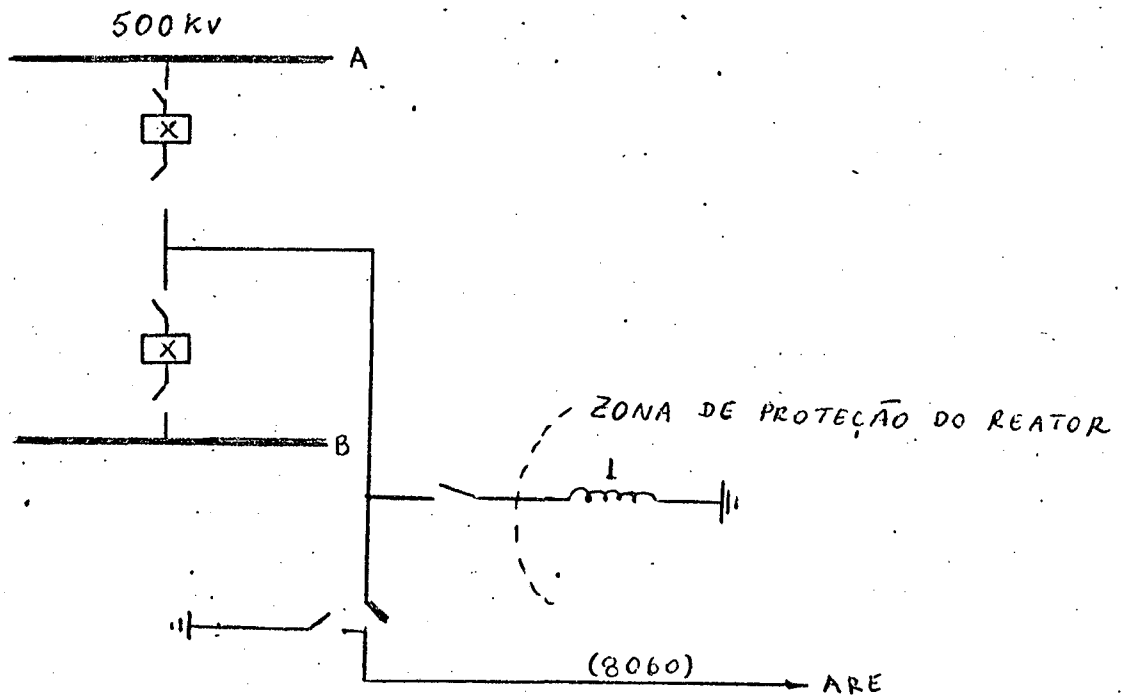
DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO	
02. COMPONENTE	<u>LT MGA CMO</u> _____
03. INICIO	NUMERO <u>7280</u>
	DATA <u>230903</u>
	HORA <u>1601</u>
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO :	
	PARCIAL _____
	TOTAL <u>2</u>
05. OPERACAO COM SUCESSO DO(A) :	
	PROTECAO _____
	RELIGAMENTO AUTOMATICO _____
	DISJUNTOR _____
06. CONDICAOES DO TEMPO	<u>1</u>
07. FORMA DA SAIDA	<u>2</u>
08. TIPO DA SAIDA	<u>2</u>
09. SAIDA PRIMARIA	<u>SIM</u>
10. SAIDA DE MODO COMUM	<u>SIM</u>
11. EXPOSICAO DE MODO COMUM	<u>4</u>
12. CAUSA	<u>H1</u>
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO	_____
15. OCORRENCIA DE FALTA	<u>NAO</u>
16. TIPO DA FALTA	_____
17. FASE(S) AFETADA(S)	_____

Observação: A classificação da saída da LT MGA/ASI foi omitida por ser similar a classificação da saída LT MGA/CMO.

10 - Às 17:53 horas do dia 04.09.83 ocorreu a saída da linha ARE/IVP (8060) por recepção de transferência direta de disparo em ARE e sem indicação da proteção atuada em IVP. Às 17:56 horas foi efetuado uma tentativa de religamento sem sucesso, em IVP, sem indicação da proteção atuada. A linha foi religada às 18:16 horas.

O evento foi causado por baixa isolação do cabo do termômetro do enrolamento da fase A do reator Shunt de linha (1). A baixa isolação do cabo teria simulado uma falsa operação do contato de trip do termômetro, que em consequência causou a saída da LT ARE/IVP.



DADOS DO EVENTO A NIVEL DE SISTEMA

01. NUMERO DO EVENTO					
02. SAIDAS MULTIPLAS	<u>NAO</u>				
03. RELACIONADAS					
04. COMPONENTE(S) :					
	<u>LT</u>	<u>ARE</u>	<u>IVP</u>		NUMERO <u>8060</u>
	<u>1</u>				NUMERO
					NUMERO
					NUMERO
					NUMERO
					NUMERO
					NUMERO
					NUMERO
05. PRIMARIA(S) E SECUNDARIA(S)					
06. SISTEMA ORIGEM	<u>1</u>				
07. MODO DE FALHA DO SISTEMA	<u>5</u>				
08. INTERRUPCAO DE CARGA	<u>NAO</u>				

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO					
02. COMPONENTE	<u>LI</u>	<u>ARE</u>	<u>IVP</u>		NUMERO <u>8060</u>
03. INICIO :					
04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO :					
05. CPERACAO COM SUCESSO DO(A) :					
06. CONDICAOES DO TEMPO					
07. FORMA DA SAIDA	<u>1</u>				
08. TIPO DA SAIDA	<u>3</u>				
09. SAIDA PRIMARIA	<u>2</u>				
10. SAIDA DE MODO COMUM	<u>SIM</u>				
11. EXPOSICAO DE MODO COMUM					
12. CAUSA	<u>K4</u>				
13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO					
15. CCCRRENCIA DE FALTA					
16. TIPO DA FALTA					
17. FASE(S) AFETADA(S)					

DESEMPENHO DO COMPONENTE DE PROTECAO

01. NUMERO DO EVENTO

02. PROTECAO

:

SUBESTACAO IVPCOMPONENTE LT NUMERO 8060

03. MODO DE FALHA

2

04. CAUSA

L

05. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO

PR2

06. RELES QUE ATUARAM

:

CORRETAMENTE

INCORRETAMENTE

C A P Í T U L O VII

BASE DE DADOS - CONCEITOS E ESTRUTURA

7.1 - Introdução

A operacionalização da base de dados requer uma infra-estrutura de processamento de dados adequada, tendo em vista a frequência de acesso para incorporação, alteração, agrupamento e aquisição de informações.

Esta infra-estrutura deve atender a uma série de requisitos para que sua implementação seja bem sucedida e para que seu uso seja conveniente. Para definir esta infra-estrutura, que se traduz em uma estrutura lógica, uma organização física e interfaces homem-máquina, analisam-se inicialmente os principais fatores determinantes dessa infra-estrutura, bem como os requisitos funcionais resultantes. A seguir, são detalhados aspectos relevantes da organização lógica, bem como os recursos de "hardware" necessários para sua implementação. Finalizando, são explicitados os principais diálogos homem-máquina para a específica aplicação em vista, qual seja, a de uma base de dados para estudos de confiabilidade.

7.2 - O ambiente da base de dados

Ao se planejar uma base de dados deve se ter em mente que sua operacionalização acontecerá em um ambiente que possui estrutura organizacional perfeitamente definida, e por consequência, pouco flexível a mudanças. Tal fato implica que a implantação de uma base de dados deve ser de forma gradativa. A implantação gradativa de uma base de dados é obtida, se sua estrutura lógica for do tipo modular, tal como aquela ilustrada na Figura 7.1.

Adicionalmente, os arquivos de dados existentes e todos os esforços já aplicados no tratamento de dados devem, na medida do possível, serem absorvidos pela nova rotina que uma base de dados certamente deverá promover.

O uso de uma estrutura modular permite que a base de dados seja implementada por partes, além de se aproveitar inicialmente, os dados e recursos disponíveis e, posteriormente, seja possível realizar a complementação desejada. Como recursos necessários para o bom desempenho de uma base de dados, cita-se a disponibilidade de terminais de vídeo e de microcomputadores.

7.3 - Requisitos funcionais

Uma base de dados pode ser definida como uma coleção de dados interrelacionados, com o mínimo de redundâncias, para múltiplas aplicações, de modo a possibilitar um diálogo efetivo

homem-máquina, além de simplicidade de uso, segurança dos dados e transmita confiança aos usuários com respeito à fidelidade de suas informações, onde um conjunto controlado de procedimentos é usado para adicionar, modificar e recuperar os dados armazenados |27|.

Pela definição, verifica-se a necessidade de requisitos denominados de funcionais tais como simplicidade de uso, segurança dos dados e fidelidade de informações, que juntamente com outros, farão com que a base de dados cumpra suas funções dentro do ambiente ao qual será introduzida. Esses requisitos funcionais são abordados a seguir.

- Simplicidade de uso

Este requisito é de extrema importância na efetividade do diálogo homem-máquina, não devendo exigir do usuário, conhecimentos sobre linguagem computacional. Para tanto, a etapa de programação da base de dados não deve ser simplificada, quando essa simplificação venha a introduzir dificuldades ao usuário.

- Segurança dos dados

A segurança dos dados é obtida pelo uso de chaves de acesso (senhas) atribuídas aos usuários e pessoal responsável pela administração da base de dados. Estas chaves de acesso permitem que os usuários acessem a base de dados apenas em níveis de complexidades previamente definidas. Por exemplo, o usuário não deve ter acesso aos módulos de gerenciamento da base de dados. Procedendo-se deste modo, consegue-se manter a integridade das informações armazenadas, propiciando em consequência, confiança ao

usuário. O aspecto de transmissão de confiança aos usuários é de extrema importância uma vez que, a constatação de imperfeições nos dados, pode desestimular o uso da base de dados.

- Testes de consistência

A realização de testes de consistência de dados tem por objetivo garantir a qualidade dos dados armazenados. Testes de consistência podem ser introduzidos através de programas de crítica de dados que possam ser acionados pelo responsável do lançamento dos dados. Esses programas não só têm por função básica alertar o lançador de dados quanto a possíveis incoerências entre os campos preenchidos de um formulário, mas também quanto à inconsistência numérica de um campo específico, quando é possível especificar limites superiores e/ou inferiores de um certo parâmetro.

7.4 - Estrutura lógica

Conforme discussão na seção 7.2, a base de dados deve ser dotada de uma estrutura lógica do tipo modular tal como aquela ilustrada na Figura 7.1. A estrutura lógica é composta de módulos (1) internos; (2) interface; (3) externos; conforme detalhamento a seguir.

7.4.1 - Módulos internos

Constituem-se em módulos internos, aqueles definidos em projeto e não sujeitos à reformulação durante a vida útil

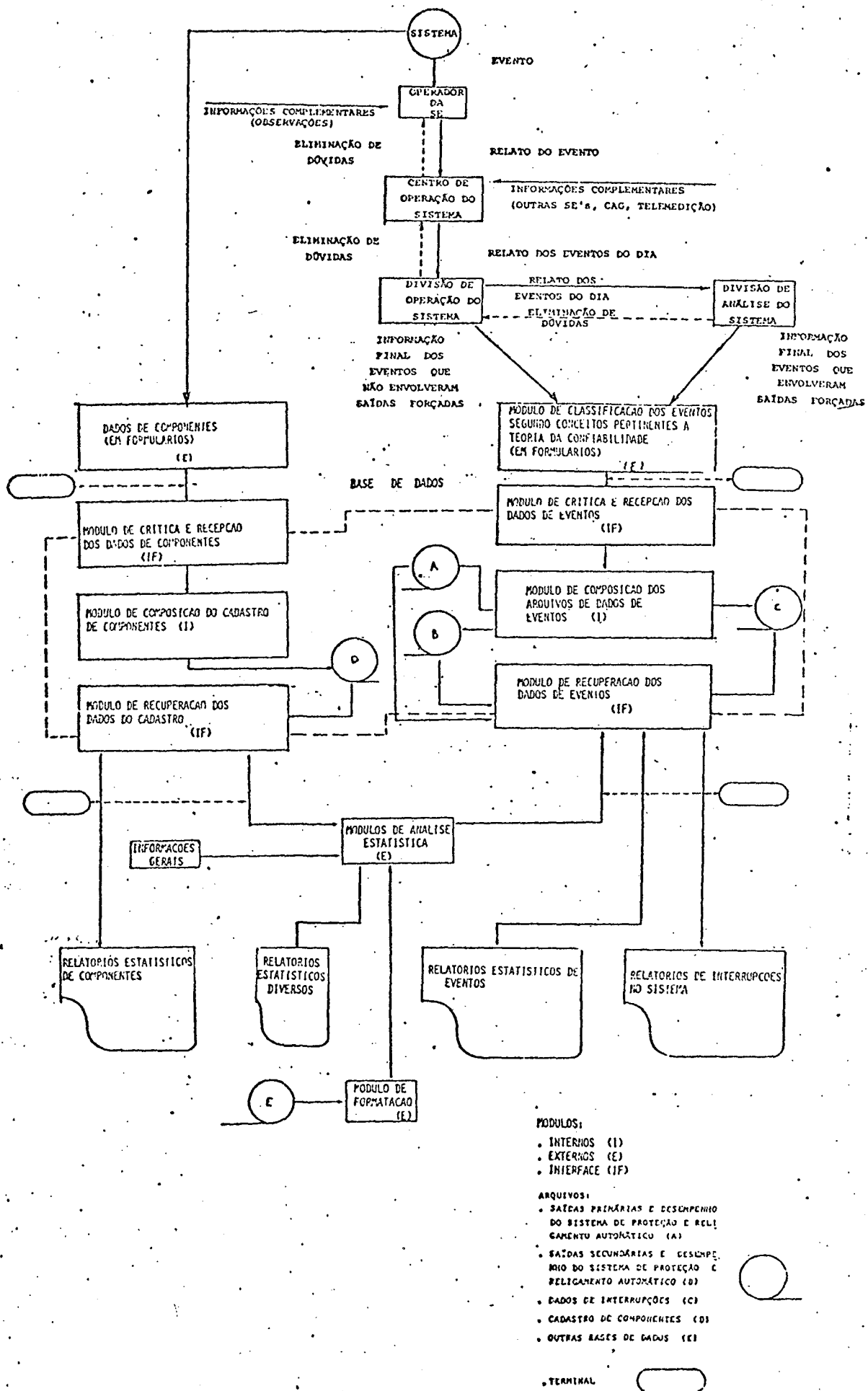


Figura 7.1 - ESTRUTURA LÓGICA DE BASE DE DADOS

da base de dados. A mudança em um determinado relatório de saída, por exemplo, não deve ocasionar alterações nestes módulos.

Na estrutura lógica proposta os módulos internos são dois: (1) módulo de composição do cadastro de componentes; (2) módulo de composição dos arquivos de dados de eventos.

Esses módulos são responsáveis pela transferência de informações disponíveis nos módulos de recepção e crítica de dados para os arquivos correspondentes, obedecendo a regras de agrupamento de dados fundamentadas em conceitos da teoria da confiabilidade

7.4.2 - Módulos de interface

Constituem-se em módulos de interface, aqueles definidos em projeto e passíveis de reformulações durante a vida útil da base de dados de acordo com necessidades emergentes por parte do usuário..

A estrutura lógica proposta abriga quatro módulos de interface: (1) módulo de crítica e recepção dos dados de eventos; (2) módulo de crítica e recepção dos dados de componentes; (3) módulo de recuperação dos dados de eventos; (4) módulo de recuperação dos dados de cadastro.

Esses módulos consistem de programas que oferecem,

via terminal de vídeo preferencialmente, questionários para que o usuário de acordo com suas disponibilidades e necessidades, faça suas opções.

Especificamente aos módulos de recuperação de dados o usuário poderá requerer diversos relatórios que contenham estatísticas básicas tais como médias, soma e desvio padrão de uma variável amostral.

7.4.3 - Módulos externos

Constituem-se em módulos definidos pelo usuário e não devem estar associados necessariamente a um processo computacional, conforme ilustrado na Figura 7.1 através do módulo de classificação de eventos.

O módulo de análise estatística deve abrigar a realização de estatísticas mais elaboradas tais como análise de regressão, testes paramétricos de estimação e identificação de funções distribuições de probabilidades e modelagem de processos estocásticos convenientes.

Esse módulo pode ser implementado computacionalmente na medida em que se disponha de um relativo acúmulo de dados e experiência suficiente para se identificar quais os tipos de técnicas estatísticas mais adequadas às aplicações visualizadas.

O módulo de análise estatística deve ter condições de receber informações gerais tais como, condições ambientais e ní

veis cerâmico por onde passa uma linha de transmissão por exemplo, principalmente para obtenção de correlações estatísticas. Adicionalmente deve ter condições de receber informações de outras bases de dados via módulo de formatação a fim de viabilizar o agrupamento de dados ("data pooling").

O módulo de formatação constitui-se em um processo capaz de adequar o formato das informações de uma base de dados para outra, uma vez que, normalmente o grau de detalhamento na coleção de informações de diversas bases de dados são distintos.

7.5 - Interfaces homem-máquina

7.5.1 - Tipos de interface

As interfaces homem-máquina têm por objetivo proporcionar um meio eficiente de comunicação entre usuários e lançadores de dados, com o computador e consistem de questionários controlados apresentados ao homem via terminal de vídeo, preferencialmente. Estes questionários devem conter perguntas com formatos simples e ordenadas logicamente de modo a aumentar o grau de detalhamento do diálogo.

Os interfaces homem-máquina estão associados aos módulos de interface da organização lógica conforme ilustração da Figura 7.2 e podem ser classificados, segundo suas funções, em dois tipos: (1) de atualização de dados e (2) de recuperação de da

1. INDIQUE A ESTATISTICA DESEJADA

- 1.1- DE COMPONENTES ---
- 1.2- DE EVENTOS ---

2. INDIQUE O RELATORIO DESEJADO

- 2.1- RELACAO DOS COMPONENTES COM CARACTERISTICAS
- 2.2- NUMERO DE COMPONENTES COM CARACTERISTICAS
- 2.3- RELACAO DOS COMPONENTES COM CARACTERISTICAS QUE ENTRARAM EM OPERACAO NO PERIODO
- 2.4- RELACAO DOS COMPONENTES COM CARACTERISTICAS DESATIVADOS NO PERIODO
- 2.5- NUMERO DE (UNIDADES OU KM) X (ANO) PARA OS COMPONENTES COM CARACTERISTICAS QUE ENTRARAM EM OPERACAO NO PERIODO

3. DELIMITE A ANCIORA

- 3.1- SAIDAS PRIMARIAS
 - 3.1.1- DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE PROTECAO E RELIGAMENTO AUTOMATICO
- 3.2- SAIDAS SECUNDARIAS
 - 3.2.1- DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE PROTECAO E RELIGAMENTO AUTOMATICO
- 3.3- COMPONENTES
- 3.4- DESEMPENHO DO SISTEMA
- 3.5- PERIODO

4. INDIQUE O RELATORIO DESEJADO

- 4.1- RELACAO DAS SAIDAS COM CARACTERISTICAS NO PERIODO
- 4.2- FREQUENCIA E DURACAO ACUMULADA DE SAIDAS COM CARACTERISTICAS NO PERIODO

5. INDIQUE O RELATORIO DESEJADO

- 5.1- RELACAO DOS COMPONENTES ENVOLVIDOS NOS EVENTOS COM CARACTERISTICAS OCORRIDOS NO PERIODO
- 5.2- RELACAO DAS INTERRUPTOES OCORRIDAS NO PERIODO
- 5.3- ESTATISTICA DAS INTERRUPTOES OCORRIDAS NO PERIODO

FIGURA 7.2 - EXEMPLO DE INTERFACES PARA RECUPERACAO DE DADOS

dos.

A Figura 7.2 ilustra um exemplo de interface para recuperação de dados, onde os questionários estão dispostos em uma seqüência que possibilita um aumento no grau de detalhamento do diálogo.

7.5.2 - Recursos de "hardware"

Como recursos mínimos para implantação de uma base de dados, figuram o computador, os arquivos de acesso direto e sequencial e os terminais de vídeo. Estes últimos, embora dispensáveis, são importantes para propiciar agilidade e melhor interação no interface homem-máquina, ficando difícil nos dias de hoje, se imaginar uma base de dados sem terminais de vídeo.

Microcomputadores certamente teriam aplicações no módulo de análise estatística, onde a partir de técnicas estatísticas adequadas, os dados amostrais seriam tratados.

7.6 - Gerenciamento da base de dados

7.6.1 - Objetivo

O gerenciamento dos dados está intimamente relacio-

nado com a definição de um sistema computacional para armazenar e manipular dados de componentes e de eventos. O gerenciamento dos dados é obtido pelo uso de uma ferramenta computacional denominada DBMS (Data Base Management System). Paralelamente, é de fundamental importância, a constituição de uma equipe que coordene a base de dados.

Este item não tem por objetivo definir como deve ser o gerenciamento dos dados, mas sim, apresentar alguns pontos que devem ser analisados na fase de implantação da base de dados.

7.6.2 - Modalidades de acesso à base de dados

As modalidades de entrada de dados constituem-se em fator importante na definição do DBMS, e podem acontecer de dois modos:

- não admitem múltiplos lançamentos de dados simultaneamente;
- admitem múltiplos lançamentos de dados simultaneamente.

Na primeira, deve ser impossível que um grupo de pessoas façam o lançamento de dados simultaneamente. A Figura 7.3 ilustra esta situação, enquanto que a Figura 7.4 mostra a segunda situação.

Numa comparação entre os dois sistemas, constata-se que o sistema que admite lançamento simultâneo de dados é mais flexível, porém em contrapartida, apresenta um tempo de resposta supe

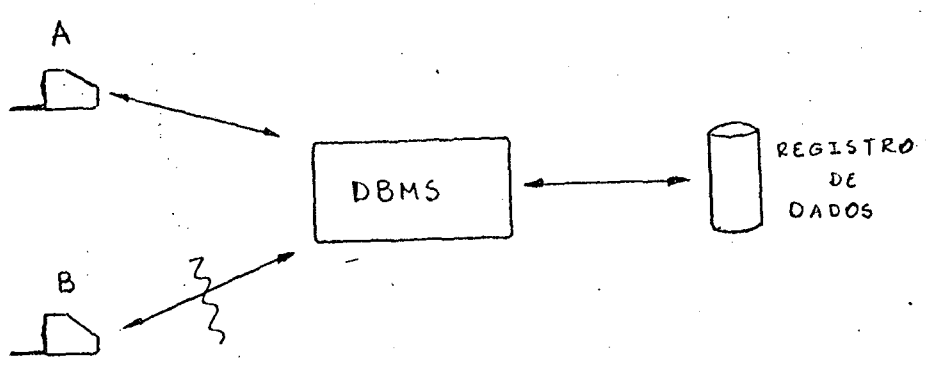


Figura 7.3 - ENTRADA ÚNICA DE DADOS

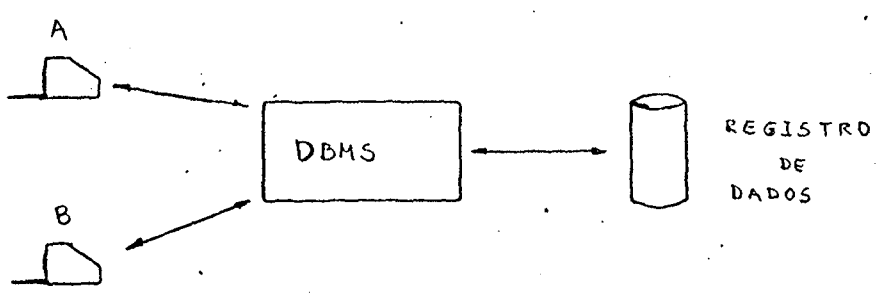


Figura 7.4 - ENTRADA SIMULTÁNEA DE DADOS

rior, quando comparado com aquele que não admite a simultaneidade no lançamento de dados.

Tomando-se como exemplo a ELETROSUL, onde todos os dados de componentes e eventos estão disponíveis no Departamento de Operação do Sistema, e mais, que o escopo desta base de dados é limitado a aplicações de confiabilidade principalmente, poder-se-ia utilizar um DBMS que não admita simultaneidade no lançamento de dados.

Caso o projeto venha a ser ampliado para uma base de dados que possibilite inúmeras outras aplicações tais como, estudos de fluxo de potência, de estabilidade transitória, redução da rede a equivalentes e análise econômica, por exemplo, certamente se fará uso de um DBMS que admita o lançamento simultâneo de dados por diversas áreas da empresa.

7.6.3 - Controle das transações

Quanto a natureza, as informações disponíveis na base de dados são de dois tipos: (1) de componentes e (2) de eventos, estando essas informações contidas em quatro arquivos: (1) ca dastro de componentes; (2) saídas primárias e desempenho do sistema de proteção e religamento automático; (3) saídas secundárias e desempenho do sistema de proteção e religamento automático; (4) de senvimento do sistema; conforme ilustração da Figura 7.1.

Para que haja segurança das informações armazenadas é necessário que os processos de atualização e recuperação de dados seja efetuado com o uso de arquivos de trabalho e de "back-up", além de permitir que usuários e lançadores de dados tenham acesso à base de dados em níveis de informação pré-determinadas.

A Figura 7.5 ilustra o processo de atualização e recuperação de dados. No processo, as informações contidas no arquivo de dados são transportadas para o arquivo de trabalho durante o processo de atualização e recuperação de dados. No arquivo de "back-up" são registradas todas as informações anteriores à atualização, até que se inicie um novo processo, quando então, serão apagados.

O modo pelo qual é possível que lançadores e usuários tenham acesso à base de dados em níveis de informação pré-determinadas, consiste no uso de senhas (chaves de acesso) que habilitam ao usuário, por exemplo, apenas ao acesso de informação sem alterá-la.

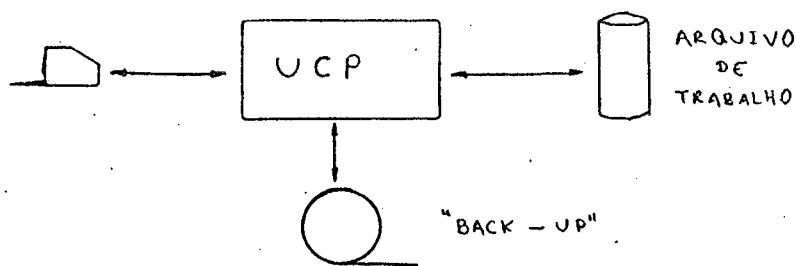


Figura 7.5 - OPERACIONALIZAÇÃO DA BASE DE DADOS

7.6.4 - Agrupamento de dados - "data pooling"

É sabido que, estatisticamente, o "pooling" de dados de eventos conduz a grandes benefícios no sentido de se obter parâmetros estatísticos mais confiáveis. No entanto, cuidados especiais devem ser tomados para que se agrupem dados oriundos de regiões com níveis cerâmicos diferenciados, por exemplo. Assim como a diversificação de níveis cerâmicos entre regiões, outros fatores tais como a sazonalidade, o clima, tipos de construções, poluição ambiental, podem influenciar nos parâmetros estimados a partir de uma população amostral.

A referência "Effects of Pooling Weather Associated Mapp Bulk Transmission Outage Data on Calculated Forced Outage Rates" |²⁷ analisa os efeitos de diversos fatores no desempenho dos sistemas de transmissão. Este tema é de grande interesse atual, e tem lugar na elaboração de futuros trabalhos pós-implantação e manutenção de uma base de dados.

Decidindo-se pela implantação da base de dados via "pooling", e tomando-se os devidos cuidados já mencionados, deve-se partir para a definição de como os dados provenientes de diversas empresas, podem ser agrupados.

Considerando-se o sistema de potência como a composição dos sistemas de geração, transmissão e distribuição, verifica-se que os dados de eventos podem ser originados em um destes sistemas, ou em mais de um simultaneamente. A Figura 7.6 exempli-

fica este aspecto, considerando a ELETROSUL e demais empresas regionais, bem como o sistema da região Sudeste.

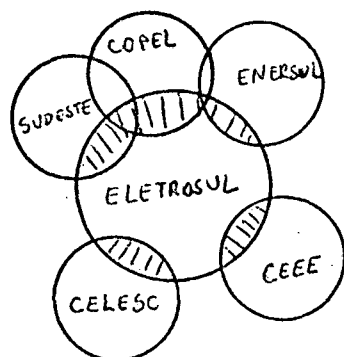


Figura 7.6 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA DE POTÊNCIA DA REGIÃO SUL DO BRASIL

Admitindo-se que a ELETROSUL seja responsável pelo gerenciamento dos dados, podem ocorrer duas hipóteses que envolvam a ELETROSUL: (a) os eventos são compostos por saídas de componentes pertencentes ao sistema da ELETROSUL; e (b) os eventos são compostos por saídas de componentes pertencentes ao sistema da ELETROSUL e de outra empresa (área hachuriada).

No primeiro caso, todo o processo de classificação dos dados se passa no âmbito da ELETROSUL, enquanto que, no segundo, o processo de classificação requer a participação de outra Em-

presa. Para contornar esta situação, uma solução relativamente simples, seria a implantação de um controle numérico uniforme entre empresas, tendo-se o cuidado de registrar um evento com repercussão em duas empresas, por um único número.

O fornecimento de dados ao grupo coordenador ou empresa, pode ser via preenchimento de formulários padrões pelas empresas que constituem o "pooling". Estes formulários podem ser preenchidos numa base diária nas empresas, para posterior gravação em fita e envio ao "pooling" numa base anual, por exemplo. De posse dos dados processados, a equipe coordenadora do "pooling" deve emitir relatórios regulares às empresas colaboradoras, como forma de divulgação da base de dados.

7.6.5 - Recursos humanos

É importante que o controle e administração da base de dados seja atribuído a uma equipe capaz de executar conferência contínua no sistema de lançamento de dados, propiciar manutenção e possíveis ampliações dos programas de acesso e recuperação de dados.

As possíveis ampliações dos programas se justificam em função de que, no processo inicial de implantação da base de dados não se tem definido na totalidade, todos os requisitos de relatórios.

Esse grupo de trabalho deve ser capaz de providenciar instruções claras, e definições de todos os aspectos de codificação e de procedimentos, objetivando formar uma cadeia harmoniosa desde a fase de coleta de dados até o usuário, ficando atento às imperfeições observadas no processo.

Deve-se salientar que o sucesso da base de dados, consiste no entusiasmo do pessoal responsável pela classificação e registro de dados, já que, a qualidade dos dados de saída é determinado principalmente, pela qualidade dos dados de entrada. Portanto, é importante a conscientização do pessoal envolvido no processo de classificação dos dados, no sentido de que, essas pessoas, visualizem as possíveis aplicações dos dados classificados. Esta conscientização pode ser conseguida através de treinamento adequado.

7.7 - Estratégia de implantação

Para implantação de uma base de dados para estudos de confiabilidade em sistemas de potência, é imprescindível que seja constituído um grupo de trabalho para, inicialmente, discutir a terminologia e a estrutura de classificação dos dados. Posteriormente, o grupo deve definir a organização lógica e física da base de dados.

Após esta etapa, uma empresa poderá ser incumbida de implementar computacionalmente um projeto piloto. Depois da fa-

se de consolidação, como projeto piloto, a base de dados deverá ser usada em linha de produção, de modo que todas as empresas responsáveis por sua organização participem dos benefícios que certamente virão.

C A P Í T U L O VIII

CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1 - Síntese da proposta

Este trabalho parte do princípio de que a aplicação eficaz de métodos de confiabilidade ao planejamento e operação de sistemas de potência requer dados de desempenho a nível de sistema e de componentes, de forma tal que permitam a estimativa de taxas de transição utilizadas nos modelos de confiabilidade em uso e em desenvolvimento no Brasil.

Deste modo, o objetivo do trabalho foi o desenvolvimento de um conjunto de definições, formatos e procedimentos que possam ser utilizados na formação de um banco de dados direcionado às aplicações de confiabilidade a sistemas de potência, sob enfoque probabilístico.

Para atender o objetivo do trabalho foi realizado inicialmente um levantamento dos dados necessários a estudos de confiabilidade, os quais foram posteriormente confrontados com os dados disponíveis, evidenciando-se assim a necessidade de se formular uma base de dados, já que as existentes na sua formulação atual, não atendem a grande parte dos dados requisitados pelos métodos probabilísticos em uso

nos estudos de confiabilidade.

A partir das necessidades levantadas foram definidos os requisitos funcionais da base de dados, que serviu como diretriz para a posterior elaboração de sua especificação técnica.

Com apoio da especificação técnica foram detalhados os aspectos relevantes para operacionalização da base de dados.

A Figura 8.1 esquematiza as fases de desenvolvimento deste trabalho, comentadas a seguir.

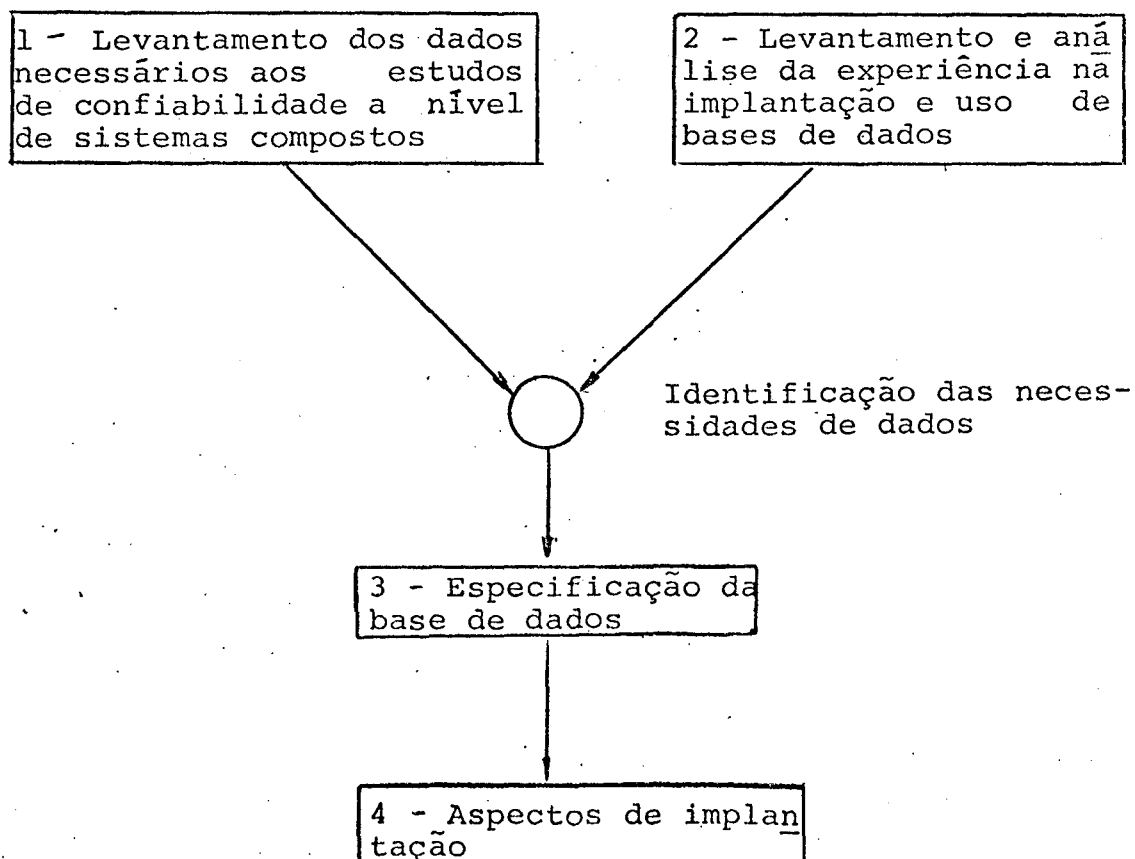


FIGURA 8.1 - ORGANIZAÇÃO DAS FASES DO TRABALHO

Fase 1 - Determinação dos dados necessários aos estudos de confiabilidade a nível de sistemas compostos

Nesta fase objetivou-se determinar as categorias de dados requeridos em estudos de confiabilidade de sistemas de transmissão. Para alcançar este objetivo, foi necessário analisar as etapas normalmente seguidas em estudos de confiabilidade, bem como investigar os principais modelos de confiabilidade, no que tange aos requisitos de dados.

Como resultado desta fase foram apresentados sob a forma de tabela, os tipos de dados requisitados pelos principais modelos de confiabilidade em uso e em desenvolvimento no Brasil.

Fase 2 - Levantamento e análise da experiência na implantação e uso da base de dados

Nesta etapa foi realizado um levantamento das características relevantes dos principais sistemas de coleta de dados, em âmbito nacional e internacional. Atenção especial foi dada ao trabalho "Bulk Transmission System Component Outage Data Base" ^[2], devido ao enfoque abrangente que esse trabalho dá ao assunto, bem como aos sistemas de estatísticas da CIER e do GTP, que refletem a situação atual dos sistemas de estatísticas no Brasil.

Da análise dos sistemas de estatísticas nacionais, constatou-se que as principais dificuldades para as aplicações de confiabilidade ao planejamento são:

- discrepância de terminologia;
- inadequação ou indisponibilidade de várias categorias de dados;
- incompatibilidade de critérios de agregação das informações básicas.

Além de apontar as discrepâncias enunciadas, as investigações efetuadas nesta fase do trabalho permitiram sintetizar, sob a forma de tabela, os requisitos e disponibilidades de dados estatísticos no setor elétrico brasileiro.

Fase 3 - Especificação da base de dados

Nesta fase foi realizada a especificação geral de uma base de dados que atende aos requisitos de dados determinados na fase 2.

Inicialmente foi estabelecida uma terminologia básica coerente com os conceitos atuais da confiabilidade aplicada a sistemas de potência, buscando levar em consideração os conceitos e definições já consagrados pelo uso, desde que compatíveis com o enfoque de sistemas compostos.

Para resolver o problema da inadequação ou indisponibilidade de categorias de dados, bem como o problema da in-

compatibilidade de agregação das informações básicas, formulou-se uma estrutura de classificação de eventos, que permite obter as informações necessárias em diversos níveis de agregação, compatíveis com as necessidades atuais e potenciais de dados estocásticos.

Fase 4 - Aspectos de implantação

Nesta fase foram analisados aspectos relevantes para a implantação da base de dados. Neste contexto foram explicitados os requisitos funcionais da base de dados, dando-se ênfase à interface homem-máquina.

Adicionalmente foi tratado o problema de gerenciamento da base de dados, que compreende a definição de um sistema de gerenciamento da base de dados ("Data Base Management System" - DBMS), bem como a necessidade de formação e treinamento de uma equipe para operação e manutenção da base de dados.

8.2 - Conclusões

Do exposto ao longo deste trabalho, pode-se concluir que é factível a obtenção de dados necessários para os estudos de confiabilidade do sistema elétrico brasileiro. A viabilização desta proposta depende, porém, da formulação de uma estrutura de classificação comum e consensada pelas empresas do setor, de uma terminologia consistente e de procedimentos de coleta e clas-

sificação compatíveis com a extensão e nível de detalhamento requeridos pelas aplicações atuais e potenciais da análise de confiabilidade no Brasil.

Neste contexto, o trabalho aqui descrito provê uma base técnica para discussão objetiva do tema, ao mesmo tempo que estabelece uma referência para futuros trabalhos nesta linha.

8.3 - Recomendações para futuros trabalhos

Uma vez implantada a base de dados outros problemas devem ser atacados e resolvidos para consolidar o emprego de metodologias probabilísticas nos estudos de confiabilidade, tais como:

- . projeto e implantação de uma base de dados para sistemas de geração;
- . projeto e implantação de uma base de dados para sistemas de distribuição;
- . formulação e implementação computacional de sistemas de tratamento estatístico.

A nível internacional pode-se afirmar que os primeiros dois problemas estão resolvidos, no entanto a nível nacional, pouco existe de concreto para resolvê-los, principalmente no que tange à proposição de uma base de dados para distribuição.

Com relação a implementação computacional de siste

mas de tratamento estatístico, caberia o desenvolvimento de algoritmos que, a partir de dados amostrais, identificassem funções, distribuições de probabilidade e possibilitasse a modelagem de processos estocásticos diversos, além de viabilizar análises de regressões e a estimativa de parâmetros estatísticos. No Anexo II é apresentado um exemplo de estimação de parâmetros estatísticos para amostras de desempenho de transformadores.

A N E X O IFORMULÁRIOS E TABELAS

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE SISTEMA

01. NUMERO DO EVENTO _____

02. SAIDAS MULTIPLAS _____

03. RELACIONADAS _____

04. COMPONENTE(S) : _____

_____ NUMERO _____

_____ NUMERO _____

_____ NUMERO _____

_____ NUMERO _____

_____ NUMERO _____

_____ NUMERO _____

_____ NUMERO _____

_____ NUMERO _____

_____ NUMERO _____

_____ NUMERO _____

05. PRIMARIA(S) E SECUNDARIA(S) _____

06. SISTEMA ORIGEM _____

07. MODO DE FALHA DO SISTEMA _____

08. INTERRUPCAO DE CARGA _____

DADOS DO EVENTO A NIVEL DE COMPONENTE

01. NUMERO DO EVENTO _____

02. COMPONENTE _____

03. INICIO _____

_____ NUMERO _____

04. TEMPO DE RESTABELECIMENTO : _____

DATA _____

HORA _____

PARCIAL _____

TOTAL _____

05. OPERACAO COM SUCESSO DO(A) _____

PROTECAO _____

RELIGAMENTO AUTOMATICO _____

DISJUNTOR _____

06. CONDICAOES DO TEMPO _____

07. FORMA DA SAIDA _____

08. TIPO DA SAIDA _____

09. SAIDA PRIMARIA _____

10. SAIDA DE MODO COMUM _____

11. EXPOSICAO DE MODO COMUM _____

12. CAUSA _____

13. COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO _____

15. OCORRENCIA DE FALTA _____

16. TIPO DA FALTA _____

17. FASE(S) AFETADA(S) _____

DADOS DA INTERUPCAO

01. NUMERO DO EVENTO _____

02. SUBESTACAO _____

03. PCNTO DE CARGA _____

04. POTENCIA INTERROMPIDA (MW) _____

05. NUMERO DE CONSUMIDORES INTERROMPIDOS _____

NUMERO _____

LINHA DE TRANSMISSAO

EMPRESA
EQUIPAMENTO
SUESTACAO

NUMERO
DATA DE ATIVACAO
DATA DE DESATIVACAO
DATA DE REGISTRO

SEGMENTO 1 SEGMENTO 2 SEGMENTO 3

CLASSE DE TENSAO : - NOMINAL
 - DE OPERACAO

_____ KV _____ KV _____ KV
_____ KV _____ KV _____ KV

CARACTERISTICAS BASICAS :

- COMPRIMENTO	_____	KM	_____	KM	_____	KM
- ESTRUTURA (TIPO/MATERIAL)	_____		_____		_____	
- RESISTENCIA	_____	%	_____	%	_____	%
- REATANCIA	_____	%	_____	%	_____	%
- SUSCEPTANCIA (MVAR)	_____		_____		_____	
- CABOS POR FASE	_____		_____		_____	
- CAPO	_____	MCM	_____	MCM	_____	MCM

CARACTERISTICAS ESPECIAIS :

- NIVEL CERAUNICO
- CONDICoes AMBIENTAIS
- LINHA REISOLADA

CABO

EMERESA	_____
EQUIPAMENTO	_____
SUBESTACAO	_____
NUMERO	_____
DATA DE ATIVACAO	_____
DATA DE DESATIVACAO	_____
DATA DE REGISTRO	_____
CLASSE DE TENSÃO : - NOMINAL	_____ KV
- DE OPERACAO	_____ KV
CARACTERISTICAS BASICAS :	
- COMPRIMENTO	_____ KM
- RESISTENCIA	_____ %
- REATANCIA	_____ %
- SUSCEPTANCIA (MVAR)	_____
- CABOS POR FASE	_____
- CAEO	_____ MCM
- FABRICANTE	_____
CARACTERISTICAS ESPECIAIS :	
- INSTALACAO	_____

TRANSFORMADOR

EMPRESA	_____
EQUIPAMENTO	_____
SUBESTACAO	_____
NUMERO	_____
DATA DE ATIVACAO	_____
DATA DE DESATIVACAO	_____
DATA DE REGISTRO	_____
CLASSE DE TENSAO :	
LADO DE ALTA - AT	_____ KV
LADO DE MEDIA - MT	_____ KV
LADO DE BAIXA - BT	_____ KV

CARACTERISTICAS BASICAS :

	POTENCIA NOMINAL	CONEXAO
LADO DE ALTA - AT	_____ MVA	_____
LADO DE MEDIA - MT	_____ MVA	_____
LADO DE BAIXA - BT	_____ MVA	_____
XPS	_____ %	
XPT	_____ %	
XST	_____ %	
FABRICANTE	_____	
REFRIGERACAO/COMPOSICAO	_____	
POSSUI UNIDADE DE RESERVA	_____	
TEMPO DE SUBSTITUICAO	_____	

DISJUNTOR

EMPRESA _____
 EQUIPAMENTO _____
 SUBESTACAO _____
 NUMERO _____
 DATA DE ATIVACAO _____
 DATA DE DESATIVACAO _____
 DATA DE REGISTRO _____
 CLASSE DE TENSAO _____ KV
 CARACTERISTICAS BASICAS :
 CAPACIDADE DE INTERRUCCAO _____ KA
 TIPO _____
 FABRICANTE _____

BARRA

EMPRESA _____
 EQUIPAMENTO _____
 SUBESTACAO _____
 NUMERO _____
 DATA DE ATIVACAO _____
 DATA DE DESATIVACAO _____
 DATA DE REGISTRO _____
 CLASSE DE TENSAO _____ KV
 CARACTERISTICAS BASICAS :
 PROTECCAO DIFERENCIAL _____

COMPENSADOR SINCRONO

EMPRESA	_____		
EQUIPAMENTO	_____		
SUBESTACAO	_____		
NUMERO	_____		
DATA DE ATIVACAO	_____		
DATA DE DESATIVACAO	_____		
DATA DE REGISTRO	_____		
CLASSE DE TENSAO	_____	KV	
CARACTERISTICAS BASICAS :			
POTENCIA NOMINAL	_____	INDUTIVA	CAPACITIVA
X2LD	_____	_____	_____
X1LD	_____	_____	_____
XD	_____	_____	_____
FABRICANTE	_____	_____	_____

REATOR SHUNT

EMPRESA	_____		
EQUIPAMENTO	_____		
SUBESTACAO	_____		
NUMERO	_____		
DATA DE ATIVACAO	_____		
DATA DE DESATIVACAO	_____		
DATA DE REGISTRO	_____		
CLASSE DE TENSAO	_____	KV	
CARACTERISTICAS BASICAS :			
POTENCIA NOMINAL	_____	MVAR	
REFRIGERACAO/COMPOSICAO	_____		
POSSUI UNIDADE DE RESERVA	_____		
TEMPO DE SUBSTITUICAO	_____		
FABRICANTE	_____		

CAPACITOR SHUNT

EMPRESA _____
 EQUIPAMENTO _____
 SUBESTACAO _____
 NUMERO _____
 DATA DE ATIVACAO _____
 DATA DE DESATIVACAO _____
 DATA DE REGISTRO _____
 CLASSE DE TENSAO _____ KV
 CARACTERISTICAS BASICAS :
 POTENCIA NOMINAL _____ MVAR

COMPENSADOR ESTATICO

EMPRESA _____
 EQUIPAMENTO _____
 SUBESTACAO _____
 NUMERO _____
 DATA DE ATIVACAO _____
 DATA DE DESATIVACAO _____
 DATA DE REGISTRO _____
 CARACTERISTICAS BASICAS :
 POTENCIA NOMINAL _____

INDUTIVA _____ MVAR
 CAPACITIVA _____ MVAR

EQUIPAMENTO DE PROTECAO

EMPRESA
 SUBESTACAO
 COMPONENTE
 NUMERO
 FUNCAO
 ESTATICA
 ELETROMECANICA
 FABRICANTE
 DATA DE ATIVACAO
 DATA DE DESATIVACAO
 DATA DE REGISTRO

EQUIPAMENTO DE RELIGAMENTO AUTOMATICO

EMPRESA
 SUBESTACAO
 COMPONENTE
 NUMERO
 FABRICANTE
 DATA DE ATIVACAO
 DATA DE DESATIVACAO
 DATA DE REGISTRO

1

CAUSA

A CONDICÖES CLIMATICAS
 A1 DESCARGA ATMOSFERICA
 A2 CHUVA
 A3 VENTOS
 B ARVORE NA LINHA
 B1 ACAC HUMANA
 B2 DURANTE TEMPESTADE
 B3 CRESCIMENTO DE ARVORE SOB A LINHA
 B4 OUTRAS
 C MEIO AMBIENTE
 C1 DEPOSITO SALINO
 C2 CONTAMINACAO INDUSTRIAL
 C3 CORRECCAO
 C4 INUNDACAO
 C5 DESLIZAMENTO DE TERRA
 C6 QUEIMADA
 C7 INCENDIO
 C8 OXIDACAO
 C9 OUTRAS
 D CRIATURAS VIVAS
 D1 PASSAEO
 D2 INSETO
 D3 HUMANO
 D4 OUTRAS
 E OBJETO ESTABANHO
 E1 CARRO
 E2 TRATOR
 E3 AVIAO
 E4 OUTROS
 F ACAO MALICIOSA
 F1 ARMA DE FOGO
 F2 PEDRA
 F3 OUTRAS
 G TRIP ACIDENTAL
 G1 OPERADOR
 G2 MANUTENCAO
 G3 OUTRAS
 H SAIDA IMPROPRIA DE FORMA MANUAL
 H1 OPERADOR
 H2 DESPACHANTE
 H3 MANUTENCAO
 H4 OUTRAS
 I MANUTENCAO INADEQUADA OU IMPROPRIA
 I1 MANUTENCAO INADEQUADA OU IMPROPRIA
 J CODICAO DO SISTEMA
 J1 SOBRETENSAO
 J2 SUBTENSAO
 J3 OSCILACAO
 J4 SOBRECARGA
 J5 SURTO DE TENSAO DURANTE CERRAMENTO
 J6 OUTRAS
 K FALHA/DEFEITO EM UNIDADE TERMINAL
 K1 EM DISJUNTOR
 K2 CHAVE SECCIONADORA
 K3 BARRAMENTO
 K4 EM EQUIPAMENTO DE PROTECCAO E RELIGAMENTO AUTOMATICO

Continuação da Tabela 1

L FALHA/DEFEITO EM COMPONENTE AUXILIAR/INTRINSECO
L1 COM CAUSA INDETERMINADA
M PROJETO/INSTALACAO/CONSTRUCAO IMPROPRIA
M1 ERRO DE AJUSTE (CALCULO)
M2 ERRO DE AJUSTE (EXECUCAO)
M3 ERRO DE PROJETO
M4 CONSTRUCAO IMPROPRIA
M5 OUTRAS
N SAIDA PLANEJADA
N1 MANUTENCAO, ENSAIOS E TESTES
N2 CONTROLE OPERATIVO
N3 OUTRAS
O INDETERMINADA
O1 INDETERMINADA

- 2 FORMA DA SAIDA
 - 1 SAIDA MANUAL PLANEJADA
 - 2 SAIDA MANUAL PCRCADA
 - 3 SAIDA AUTOMATICA

- 3 TIPO DA SAIDA
 - 1 TRANSITORIA
 - 2 TEMPORARIA
 - 3 PERMANENTE

- 4 EXPOSICAO PARA SAIDAS DE MCDC COMUM
 - 1 FAIXA DE PASSAGEM COMUM
 - 2 ESTRUTURAS COMUM
 - 3 PROXIMIDADES
 - 4 TERMINAL COMUM

- 5 CONDICOES DO TEMPO
 - 1 NORMAL
 - 2 ADVERSA
 - 3 SEM INFORMACAO

- 6 SISTEMA ORIGEM DA OCORRENCIA
 - 1 TRANSMISSAO
 - 2 GERACAO
 - 3 OUTRO SISTEMA

- 7 TIPO DA FAITA
 - 1 CURTO CIRCUITO FASE-TERRA
 - 2 CURTO CIRCUITO FASE-FASE
 - 3 CURTO CIRCUITO BIFASICO-TERRA
 - 4 CURTO CIRCUITO TRIFASICO
 - 5 FASE ABERTA
 - 6 INDETERMINADA

8 MODOS DE FALHA DO SISTEMA DE PROTECAO E RELIGAMENTO AUTOMATICO

- 1 NAO SENSIVEL PARA FALTA
- 2 COMANDO DE ABERTURA INDESEJADO
- 3 RECUSA PARA ABRIR CU ABERTURA LENTA
- 4 NAO ENVIO DE COMANDO DE FECHAMENTO PARA O DISJUNTOR
- 5 ENVIO DE COMANDO DE FECHAMENTO INDESEJADO
- 6 RECUSA PARA FECHAR SOB COMANDO AUTOMATICO
- 7 RECUSA PARA FECHAR SOB COMANDO MANUAL
- 8 FALTA EM SERVICO
- 9 ABERTURA INDESEJADA

9 MODOS DE FALHA DO SISTEMA

- 1 TENSAO ANORMAL
- 2 SOBRECARGA
- 2 TENSAO ANORMAL E SOBRECARGA
- 3 CASCATEAMENTO
- 4 INTERRUPCAO
- 5 SEM CONSEQUENCIAS

10 TIPO DE ESTRUTURA

- 1 CIRCUITO SIMPLES
- 2 DUPLC CIRCUITO

11 MATERIAL DA ESTRUTURA

- 1 CONCRETO
- 2 MADEIRA
- 3 ACO
- 4 ALUMINIO
- 5 OUTRAS

12 CONEXAO DO TRANSFORMADOR

- 1 TRIANGULO
- 2 ESTRELA-ATERRADO
- 3 ESTRELA

13 TIPO DO DISJUNTOR

- 1 AR
- 2 AR COMPRIMIDO
- 3 VACUO
- 4 GAS
- 5 SF6
- 6 OLFO
- 9 OUTRAS

14 CONDICÖES AMEIENTAIS

- 1 NCRMAL
- 2 POLUICAO INDUSTRIAL
- 3 VENTCS
- 4 SALINIDADE
- 5 OUTRAS

15 INSTALACAG

- 1 SUBTERRANFO
- 2 SUBMARINA
- 3 OUTRAS

16 REFRIGERACAO

- 1 ONAN
- 2 ONAF
- 3 CPAP
- 4 OFAN
- 5 OUTRAS

17 COMPCSICAO

- 1 BANCC MONCFASICO
- 2 BANCC TRIFASICO

18 COMPONENTE INTRISECO/AUXILIAE

LT LINHA DE TRANSMISSAO
 LT1 ESTRUTURA
 LT2 ISOLADOR
 LT3 CONDUTOR
 LT4 CABO PARA-RAIOS
 LT5 FERRAGENS E ACESSORIOS
 LT6 PARA-RAIOS
 LT7 BOBINA DE BLOQUEIO
 LT8 REATOR
 LT9 GERAL OU DESCONHECIDO
 TF TRANSFORMADOR
 TF1 ELEMENTO INTERNO
 TF2 TANQUE
 TF3 COMUTADOR SOB CARGA
 TF4 BUCHAS
 TF5 SISTEMA DE RESFRIAMENTO
 TF6 CONEXOES
 TF7 TRANSFORMADOR DE CORRENTE DE BUCHA
 TF8 PARA-RAIOS
 TF9 GERAL OU DESCONHECIDO
 CE CABO
 CE1 CONDUTOR
 CE2 ISOLAMENTO
 CE3 JUNCAO
 CE4 OUTRAS
 DJ DISJUNTOR
 DJ1 CAMARA DE EXTINCAO
 DJ2 BUCHAS
 DJ3 TANQUE
 DJ4 RESISTOR
 DJ5 CAPACITOR
 DJ6 SUPORTES
 DJ7 GERAL OU DESCONHECIDO
 CS CHAVE SECCIONADORA
 CS1 LAMINA
 CS2 ISOLADOR
 CS3 SUPORTES
 CS4 GERAL OU DESCONHECIDO
 EA BARRA
 BA1 CONDUTOR
 BA2 ISOLADOR
 BA3 FERRAGENS
 BA4 SUPORTES
 BA5 GERAL OU DESCONHECIDO
 CC COMPENSADOR SINCRONO
 CG1 TERMINAL
 CG2 ENROLAMENTO DO ESTATOR
 CG3 ENROLAMENTO DO ROTOR
 CG4 SISTEMA DE EXCITACAO
 CG5 SISTEMA DE RESFRIAMENTO
 CG6 PARA-RAIOS
 CG7 GERAL OU DESCONHECIDO
 RS REATOR SHUNT
 RS1 NUCLEO
 RS2 ENROLAMENTO
 RS3 BUCHA
 RS4 TANQUE
 RS5 SISTEMA DE RESFRIAMENTO
 RS6 PARA-RAIOS
 RS7 GERAL OU DESCONHECIDO

Continuação da Tabela 18

CE COMPENSADOR ESTATICO
 CE1 TERMINAL
 CE2 REATOR
 CE3 CAPACITOR
 CE4 FILTRO
 CE5 TIRISTOR
 CE6 SISTEMA DE ISOLAMENTO
 CE7 PARA-RAIOS
 CE8 GERAL OU DESCONHECIDO
 CA CAPACITOR SHUNT
 CA1 CAPACITOR
 CA2 TERMINAL
 CA3 ESTRUTURA
 CA4 ISOLADORES
 CA5 PARA-RAIOS
 CA6 GERAL OU DESCONHECIDO
 PE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO E RELIGAMENTO AUTOMATICO
 PE1 RELE
 PE2 CANAL DE TELEPROTEÇÃO
 PE3 CANAL TELEFONICO
 PE4 FIACAÇÃO CC/AC
 PE5 FUSIVEL
 PE6 TRANSFORMADOR DE CORRENTE
 PE7 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
 PE8 DIVISOR CAPACITIVO DE POTENCIAL
 PE9 GERAL OU DESCONHECIDO

19 CLASSE DE TENSÃO

A	750 KV
B	500 KV
C	440 KV
D	340 KV
E	230 KV
F	138 KV
G	88 KV
H	69 KV
I	44 KV
J	32 KV
L	13 KV

A N E X O I IEXEMPLO DE ESTIMATIVAS DE
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

Neste anexo é apresentado um exemplo de predição de taxas de transição para uso em modelos Markovianos, considerando como amostra o desempenho dos transformadores do sistema da ELETROSUL em um período de 6 anos (1978 - 1983).

A amostra é constituída por transformadores de 500 kV, 440 kV, 230 kV e 138 kV, para os quais foram coletados dados de frequência e duração de saídas forçadas permanentes.

Na Tabela II.1 é apresentada a evolução do número de unidades transformadoras ao longo do período analisado.

TABELA II.1 - EVOLUÇÃO ANUAL DO NÚMERO DE TRANSFORMADORES EM EXPOSIÇÃO POR TENSÃO DE ISOLAMENTO

TENSÃO (kV)	NÚMERO DE TRANSFORMADORES						UNIDADE X ANO
	78	79	80	81	82	83	
500	-	-	-	2	2	4	8
440	-	1	1	1	1	1	5
230	13	20	22	22	23	23	123
138	10	10	11	12	12	12	67

Na Tabela II.2, estão apresentadas nas colunas (1) e (5), a frequência de saída forçada permanente e a duração acumulada (horas), respectivamente, para cada categoria de transformadores.

TABELA II.2 - ESTATÍSTICAS DE FREQUÊNCIA E DURAÇÃO

TENSÃO (kV)	n (1)	r_L (2)	\hat{r} (3)	r_U	$\sum_{i=1}^n r_i$ (5)	$\sum_{i=1}^n r_i^2$ (6)	s^2 (7)
500	5	6,1457	11,2467	28,5449	56,2333	1.164,4817	133,0101
440	2	4,7840	11,3500	63,8537	22,7000	368,1539	110,5089
230	27	7,6227	9,5284	14,7854	257,2667	6.161,6344	142,7037
138	9	5,7048	9,1593	17,5578	82,4333	1.363,4733	76,0556

Nesta tabela, temos a seguinte simbologia:

\hat{r} - valor estimado da duração média;

r_L - limite inferior da duração média para intervalo de confiança de 90%;

r_U - limite superior da duração média para intervalo de confiança de 90%;

n - frequência de saídas forçadas permanente;

$\sum_{i=1}^n r_i$ - somatório das durações;

$\sum_{i=1}^n r_i^2$ - somatório dos quadrados das durações; e

s^2 - variância das durações.

As estatísticas da tabela anterior, juntamente com as da tabela II.3, são obtidas por meio de técnica adequada como é apresentado na referência [13], supondo-se que os tempos médios de reparos e tempos médios entre falhas assumem distribuições exponenciais.

TABELA II.3 - ESTATÍSTICAS DE TAXAS DE SAÍDAS FORÇADAS PERMANENTES

TENSÃO (kV)	n	UNIDADE X ANO	λ_L	$\hat{\lambda}$	λ_U
500	5	9	0,2189	0,5556	1,1667
440	2	5	0,0711	0,4000	1,2600
230	27	122	0,1566	0,2213	0,3052
138	9	67	0,0701	0,1343	0,2343

Na tabela, temos a seguinte simbologia:

$\hat{\lambda}$ - estimativa da taxa de falha $[\text{ano}^{-1}]$;

λ_L - limite inferior da taxa de saída forçada permanente para intervalo de confiança de 90% $[\text{ano}^{-1}]$; e

λ_U - limite superior da taxa de saída forçada permanente para intervalo de confiança de 90% $[\text{ano}^{-1}]$.

Nesta tabela, a relação λ_U/λ para os transformadores de 440 kV e 230 kV são 3,15 e 1,38, respectivamente, indicando que, quanto maior for a amostra, maior será a precisão em torno dos resultados obtidos. Esta constatação reforça a tese da realização de um agrupamento de dados entre empresas - "pooling".

Para execução deste exemplo foi necessário um esforço equivalente a 3 homens-mês, em virtude de não se dispor das facilidades de uma base de dados implantada computacionalmente, o que obriga a realização de pesquisa "manual" dos arquivos históricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 - MOROZOWSKI, M. F. Base da Dados para Estudos de Confiabilidade de Sistemas de Potência, II Seminário de Confiabilidade, Rio de Janeiro, Abril, 1984.
- 02 - EPRI Final Report. Bulk Transmission System Component Outage Data Base, EL-1797, Project 1283-1, April, 1981.
- 03 - ALBRECHT, P. F. et al.,. Bulk Power System Reliability Assessment - Why and how?, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-101, September, 1982, p. 39-56.
- 04 - BILLINTON, R.; MEDICHERLA, T. K. P & SACHDEV, M. S. Application of Common - Cause Outage Models in Composite System Reliability Evaluation, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, July 1981, p. 48-57.
- 05 - SINGH, C. & PATTON, A. D. Models and Concepts for Power System Reliability Evaluation Including Protection - System Failures, IEEE Transactions on Reliability, Vol. R-2, October 1980, p. 61-68.
- 06 - ———, Protection System Reliability Modeling: Unreadiness Probability and Mean Duration of Undetected Faults, IEEE Transactions on Reliability, Vol. R-29, October 1980, p. 39-40.
- 07 - ENDRENYI, J. Reliability Modeling in Electric Power Systems, John Wiley e Sons, Inc., 1978.
- 08 - BILLINTON, R. & KUMAR, Y. Transmission Line Reliability Models Including Common Mode and Weather Effects, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, August 1981, p. 3899-3910.

- 09 - RAMAMOORTY, M. & BALGOPAL. Block Diagram Approach to Power System Reliability, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-89, May/June 1970, P. 802-811.
- 10 - INVERMIZZI, A. & MASSUCCO, S. Analysis of Weather Effects on EHV Overhead Line Unavailabilities: Parameter Computation for Reliability Studies, L'Energia Elettrica, nº 10, 1984, p. 414-421.
- 11 - IEEE -EEI COMMITTEE REPORT, Extra High Voltage Line Outages, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-86, May 1967, p. 47-62.
- 12 - ALBRECHT, P. F. et all. Proposed Terms Reporting and Analyzing Outages of Electrical Transmission and Distribution Facilities. IEEE T & D Outage Definious Task Force, Vol. PAS-104, February 1985.
- 13 - PATTON, A. D. Determination and Analysis of Data for Reliability Studies, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-87, January 1968, p. 84-100.
- 14 - CEA - Canadian Electrical Association, Instruction Manual for Reporting Component Forced Outages of Transmission Equipament, July 1982.
- 15 - CIER - Comissão de Integração Elétrica Regional. Manual do Sistema de Estatística - CIER, 1983.
- 16 - GTP/GCOI - Grupo de Trabalho da Proteção. Sistemática para Estatística de Atuações das Proteções e Desligamentos Forçados de Geradores, Transformadores de Potência, Barramentos e Equipamentos de Compensação Reativa do Sistema Interligado, Setembro - 1982

- 17 - LANDGREN, G. L. & ANDERSON, S. W. Data Base for EHV Transmission Reliability Evaluation, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, April 1981, p. 46-58.
- 18 - IEEE Std. 346-1973 - IEEE Standard Definitions.
- 19 - IEEE Committee Report, List of Transmission and Distribution Components for Use in Outage Reporting and Reliability Calculations, IEEE - PAS, July/August 1976.
- 20 - IEEE Committee Report, Common Mode Forced Outages of Overhead Transmission Lines, IEEE-PAS, May/June 1976.
- 21 - LANDGREN, G. L. Transmission Line Performance of the Mid America Interpool Network System, Reliability Engineering Conference for the Electric Power Industry Proceedings, 1978.
- 22 - LAUBY, M. G. et all. MAPP Bulk Transmission Outage Data Collection and Analysis, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-103, January 1984, p. 13-21.
- 23 - BRAMONT, PEDRO PAULO B. Determinação de uma função segurança probabilística objetivando controle preventivo - Tese de Mestrado submetida à PUC/RJ - 1980.
- 24 - EL-KADY, M. A. Probabilistic Short-Circuit Analysis by Monte Carlo Simulations, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-102, May 1983
- 25 - ANDERSON, P. M. et all. Monte Carlo Simulation of Power System Stability, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-102, October 1983.

- 26 - LANDGREN G. L. et all. Transmission Outage Performance Prediction: Unit or Component Approach? IEEE/PES 1985 Summer Meeting, Vancouver, B. C. Canada, July 14-19, 1985.
- 27 - BEN YAACOV, G. Z. Data Base Environment for Power System Simulation Models, IEEE/PES 1980 Summer Meeting, Minneapolis, Minnesota, July 13-18, 1980.
- 28 - LAUBY, M. G. et all. Effects of Pooling Weather Associated MAPP Bulk Transmission Outage Data on Calculated Forced Outage Rates, IEEE Transactions on Power Apparatus Systems, Vol. PAS-103, August 1984, p. 45-51.