

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO**

**Liliane Dolores Fagundes**

**MAPEAMENTO DE FALHAS EM  
CONCESSIONÁRIA DO SETOR ELÉTRICO:  
GESTÃO DO CONHECIMENTO AUXILIANDO A  
GESTÃO DA MANUTENÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Engenharia de Produção*

**Orientador:** Prof. Dagoberto Alves de Almeida, PhD.

**Co-orientador:** Prof. Carlos Alberto Mohallem Guimarães, PhD.

**Itajubá**

**Abril de 2005**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá – UNIFEI  
Bibliotecária Jacqueline Rodrigues de Oliveira Balducci- CRB\_6/1698

F156m

Fagundes, Liliane Dolores.

Mapeamento de Falhas em Concessionárias do Setor Elétrico:  
gestão do conhecimento auxiliando a gestão da manutenção / por  
Liliane Dolores Fagundes -- Itajubá (MG) : [s.n.], 2005.

165 p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Dagoberto Alves Almeida

Co-Orientador : Prof. Dr. Carlos Alberto Mohallem Guimarães

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá –  
Departamento de Produção e Gestão.

1. Gestão do conhecimento. 2. Análise de falhas. 3. Falhas no  
setor de Energia Elétrica. I. Almeida, Dagoberto Alves de, orient.

II. Guimarães, Carlos Alberto Mohallem, co-orient. III. Universidade  
Federal de Itajubá. IV. Título.

CDU 620.91: 658.58 (043.2)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

**Liliane Dolores Fagundes**

**MAPEAMENTO DE FALHAS EM  
CONCESSIONÁRIA DO SETOR ELÉTRICO:  
GESTÃO DO CONHECIMENTO AUXILIANDO  
NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 4 de Abril de 2005, conferindo a  
autora o título de *Mestre em Engenharia de Produção*

**Banca Examinadora:**

Prof. Dagoberto Alves de Almeida (Orientador)

Prof. Manoel Eduardo Miranda Negrisoni

Prof. Carlos Eduardo Sanches

Prof. Roberto Alves de Almeida

**Itajubá**

**Abril de 2005**

Dedico este trabalho aos meus queridos pais,  
Maria Tadeu de Souza Fagundes e José Tadeu Fagundes.

## AGRADECIMENTOS

Para a concretização deste trabalho foi necessário muito estudo, muita pesquisa, contribuição de diferentes pessoas e algum tempo para a organização de todas as informações recolhidas. Durante todo este tempo muitas pessoas se tornaram peças-chaves e merecem meus sinceros agradecimentos.

Primeiramente agradeço ao meu orientador, o professor Dagoberto Alves de Almeida, pela confiança que depositou em mim, pelo incentivo e principalmente por estar sempre pronto a orientar-me. Agradeço também ao professor Carlos Alberto Mohallem Guimarães, meu co-orientador, pela preciosa contribuição que proporcionou neste trabalho devido a seus conhecimentos. Meus agradecimentos também aos professores Fabiano Leal e Alexandre Pinho, que contribuíram durante todo o tempo de desenvolvimento do trabalho. Sou grata também a todos os demais professores do Instituto de Engenharia de Produção que durante o período de mestrado compartilharam generosamente seus conhecimentos comigo e com meus colegas.

Meus agradecimentos a Bandeirante Energia S.A., em especial aos senhores Júlio Galvão, Olmede C. dos Santos, Márcio Pereira e Domingos Sávio. Também sou grata aos funcionários desta empresa que fizeram parte do grupo de análise de falhas: Waldyr Mendonça, Luiz André Alves, Carlos A. G. Bustamante, Francisco Paulo Lima Paim e Antonio C. Pacito. Sem eles a construção das árvores de falhas se tornaria um trabalho mais árduo e menos preciso.

Agradeço também aos demais professores que também fizeram parte do grupo de análise de falhas: Roberto Alves de Almeida, Jamil Haddad, Hector Arango e Roberto Akira.

Também sou muito grata a todos meus colegas de mestrado pelas sugestões, críticas e pelo companheirismo durante esta importante fase de nossas vidas. Da mesma forma sou grata aos meus amigos pessoais que também me incentivaram e entenderam meus momentos de ausência.

Agradeço a CAPES pelo incentivo financeiro e à pesquisa no nosso país.

Meus agradecimentos especiais à minha família, principalmente aos meus pais pela confiança e incentivo depositados em mim.

Finalmente, sou muito grata a Deus por ter me dado esta oportunidade e ter colocado pessoas tão especiais em meu caminho que me ajudaram a tornar este trabalho mais fácil.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	1
1.1	Tema	1
1.2	Delimitação do tema	2
1.3	Justificativa	3
1.4	Objetivos	7
1.4.1	Objetivo principal	7
1.4.2	Objetivos complementares	7
1.5	Pesquisa qualitativa	8
1.6	Método de pesquisa	9
1.7	Estrutura do trabalho	10
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: Falhas, Gestão da Manutenção, Considerações Sobre Distribuição de Energia Elétrica, Gestão do Conhecimento</b>	12
2.1	Considerações iniciais sobre falhas	12
2.2	Detecção e análise de falhas	16
2.3	Algumas técnicas utilizadas na detecção e análise de falhas	17
2.3.1	FTA ( <i>Fault Tree Analysis</i> )- Análise da Árvore de Falhas	18
2.3.1.1	Considerações históricas	18
2.3.1.2	Definições e características da FTA	19
2.3.1.3	Símbolos e passos utilizados na construção da FTA	20
2.3.1.4	Exemplos de FTA	22
2.3.2	ETA ( <i>Event Tree Analysis</i> )- Análise da Árvore de Eventos	24
2.3.3	Diagrama Sistemático e Diagrama de Afinidade	27
2.3.3.1	As Sete Novas Ferramentas da Qualidade	27
2.4	Gestão da Manutenção	38
2.4.1	Considerações iniciais sobre a Gestão da Manutenção	38
2.4.2	Tipos de manutenção	38
2.4.3	Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)	41
2.4.4	Importância da Gestão da Manutenção	42
2.5	Considerações Sobre Qualidade no Fornecimento de Energia Elétrica	43
2.6	Gestão do Conhecimento (GC)	48
2.6.1	Importância da Gestão do Conhecimento	48
2.6.2	Origens do interesse na GC	50
2.6.3	Conceitos fundamentais	50
2.6.4	Os dez princípios da Gestão do Conhecimento	53
2.6.5	Diferenças entre conhecimento e informação	56
2.6.6	Diferenças entre GC e Gestão da Informação (GI)	56
2.6.7	Tipos de conhecimento	57
2.6.7.1	Conhecimento tácito	57
2.6.7.2	Conhecimento explícito	59
2.6.7.3	As dimensões do conhecimento	59
2.6.7.4	Modelo de cinco fases do processo de criação do conhecimento organizacional	64
<b>3</b>	<b>PESQUISA-AÇÃO</b>	66
3.1	Apresentação do objeto de estudo	66
3.1.1	Breve histórico	66
3.1.2	Panorama da empresa	67

3.2	O Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D B25)	69
3.3	Diagnóstico	69
3.3.1	Setores da empresa	69
3.3.2	Fluxo de informação	73
3.3.3	Dinâmica de atendimento das ocorrências	75
3.3.4	Formas de detecção das falhas no sistema da Bandeirante Energia S.A.	75
3.3.5	Tratamento e finalização da ocorrência	76
3.3.6	Conclusões parciais da fase de diagnóstico	77
3.3.7	Principais falhas diagnosticadas	78
3.4	Metodologia para análise de falhas	81
3.4.1	Etapa de padronização	83
3.4.2	Etapa de diagramação	88
3.4.3	Etapa de parametrização	91
3.5	Árvores mapeadas	92
3.5.1	Grupo Interrupção do Fornecimento de Energia	93
3.5.1.1	Abertura de chave fusível	93
3.5.1.2	Atuação do disjuntor	99
3.5.1.3	Atuação do religador da subestação	101
3.5.1.4	Cabo interrompido	103
3.5.1.5	Interrupção do suprimento externo	106
3.5.1.6	Manobra inadequada	106
3.5.1.7	Pára-raio aberto	107
3.5.1.8	Problema interno no cliente	109
3.5.1.9	Problemas de isolamento	110
3.5.1.10	Problemas nas conexões	112
3.5.1.11	Transformador de distribuição danificado	114
3.5.2	Grupo Iluminação Pública (IP)	116
3.5.2.1	Atraso no atendimento da solicitação de IP	116
3.5.2.2	Baixa luminosidade	118
3.5.2.3	Lâmpada acesa durante o dia	119
3.5.2.4	Lâmpada apagada	120
3.5.2.5	Luminária danificada	122
3.5.2.6	Ruídos de componentes da IP	122
3.5.3	Grupo Qualidade do Atendimento	123
3.5.3.1	Deficiência da comunicação institucional	123
3.5.3.2	Deficiência da equipe de campo	125
3.5.3.3	Deficiência do <i>Call Center</i>	127
3.5.3.4	Deficiência no posto de atendimento	129
3.5.4	Grupo Qualidade Técnica da Energia	131
3.5.4.1	Cintilação	131
3.5.4.2	Desequilíbrios	132
3.5.4.3	Harmônicos de tensão	133
3.5.4.4	Interrupções de curta duração	135
3.5.4.5	Variação de tensão	136
3.5.4.6	Variação momentânea de tensão	139
4	<b>CONCLUSÕES</b>	141
4.1	Conclusões relativas às ferramentas utilizadas	141
4.2	Conclusões com relação à mudança para a empresa	142
4.3	Conclusões com relação à prática da Gestão do Conhecimento	143
4.4	Desafios encontrados	144

## 4.5 Propostas para trabalhos futuros

144

## RESUMO

O presente trabalho mostra o mapeamento de falhas da concessionária Bandeirante Energia S.A., ou seja, o desenvolvimento de mapas dos modos de falhas que ilustram a arquitetura de formação das falhas da referida empresa. Para realizar o mapeamento destas falhas foi criada uma metodologia que permitiu um desenvolvimento mais eficaz do mapeamento, dividida basicamente em três grandes etapas.

A primeira etapa desta metodologia consistiu de um diagnóstico onde foi conhecida a empresa principalmente nos aspectos relacionados à gestão de falhas. Durante o diagnóstico foi possível realizar um levantamento das principais falhas ocorridas na empresa.

A segunda fase consistiu na escolha das técnicas que melhor se adequariam ao propósito do trabalho. Desta forma as ferramentas escolhidas foram o Diagrama de Afinidades e o Diagrama de Árvore ou Diagrama Sistemático, ambas pertencentes ao grupo das Sete Novas Ferramentas da Qualidade.

Finalmente a terceira etapa consistiu no mapeamento, ou seja, na padronização, diagramação e parametrização das principais falhas levantadas. Nesta fase, uma equipe denominada de “Grupo de Análise de Falhas”, formada por acadêmicos da Engenharia Elétrica e da Engenharia de Produção bem como por funcionários da empresa, contribuíram com seus conhecimentos para a construção dos mapas dos modos de falhas.

Durante o processo de mapeamento de falhas ficou claro o papel relevante da Gestão do Conhecimento na organização e geração de dados, informações e conhecimentos das empresas, notadamente do setor elétrico.

A intenção é que estes mapas construídos sirvam como ferramentas na gestão de falhas da empresa, uma vez que o detalhamento das falhas ajudará a evitar a reincidência das mesmas, ou no caso de reincidência, proporcionará detalhes que auxiliem em uma rápida resolução do problema.

**Palavras-chaves:** Gestão do Conhecimento, Análise de Falhas, Falhas no Setor de Energia Elétrica.

## ABSTRACT

The present work shows the faults mapping of the Bandeirante Energia S.A. electricity, that is to say, the development of maps of the faults ways that illustrate the architecture of faults formation processes in the related firm. To achieve the faults mapping was created a methodology that permitted a more effective development of the mapping process, basically divided in three great stages.

The first stage of the methodology consisted of a diagnosis to know the firm in the aspects connected with the fault management. During the diagnosis was possible to achieve an understanding of the main faults that happened in the firm.

The second stage consisted in the choice of techniques that would be adequate to the research purposes. Accordingly, the tools chosen was the Affinity Diagram and the Tree Diagram or Systematic Diagram, both pertaining to the group of the Seven New Quality Tools.

Finally, the third stage consisted in the mapping process, that is to say, in the standard, diagram and parameterization of the selected main faults. In this phase, a team called "Group of Faults Analysis", consisted by academics and process practitioners of the firm that contributed with their knowledge for the construction of the diagrams.

During the mapping process the Knowledge Management approach was quite relevant to organize and generate data, information and knowledge of electricity utility companies.

The intention is that these maps is to be useful as tools for the faults management process, since the detail of the faults will help to avoid the reincidence of the same, or in case of reincidence, will provide details that will help to achieve quick solution of the problem.

**Key-words:** Knowledge Management, Faults Analysis, Electricity Faults.

## LISTA DE FIGURAS

- Pág 21 - Figura 2.1** - Simbologia lógica de uma árvore de falhas
- Pág 22 - Figura 2.2** - Árvore da Falha de um sistema com dois compressores
- Pág 23 - Figura 2.3** - Árvore da Falha para um erro no atendimento a um paciente em um hospital
- Pág 24 - Figura 2.4** - Elaboração da Árvore de Falhas para o serviço de concretagem
- Pág 26 - Figura 2.5** - Esquema de funcionamento da AAE
- Pág 26 - Figura 2.6** - Exemplo fictício de aplicação da ETA
- Pág 30 - Figura 2.7** - Diagrama de Relação
- Pág 31 - Figura 2.8** - Diagrama de Setas
- Pág 32- Figura 2.9** - Matriz de Relacionamento
- Pág 33 - Figura 2.10** - Carta Programa de Processo de Decisão
- Pág 34 - Figura 2.11** - Diagrama de Afinidades das Dimensões Valorizadas pelo Cliente Final
- Pág 60 - Figura 2.12** - Modos de Conversão do Conhecimento
- Pág 63 - Figura 2.13** - Espiral do Conhecimento
- Pág 65 - Figura 2.14** - Modelo de cinco fases do processo de criação do conhecimento
- Pág 67 - Figura 3.1** - Área de Concessão da concessionária Bandeirante Energia S.A.
- Pág 68 - Figura 3.2** - Perfil do consumidor da Bandeirante Energia S.A.
- Pág 73 - Figura 3.3** - Fluxo de Informação com relação às reclamações
- Pág 80 - Figura 3.4** - Diagrama de Pareto das solicitações de emergência mais ocorridas em 2003
- Pág 80 - Figura 3.5** - Reclamações mais ocorridas na Ouvidoria em 2003
- Pág 81 - Figura 3.6** - Diagrama de Pareto das solicitações comerciais mais ocorridas em 2003
- Pág 83 - Figura 3.7** - Metodologia para Análise de Falhas
- Pág 88 - Figura 3.8** - Diagrama de Afinidades das principais falhas da Bandeirante Energia S.A.
- Pág 89 - Figura 3.9** - Diagramação e parametrização das falhas
- Pág 91 - Figura 3.10** - Diagrama Sistemático da falha "Atraso no Atendimento de Solicitação de IP"
- Pág 93 - Figura 3.11** - Diagrama Sistemático da falha "Abertura de chave fusível"

- Pág 94 - Figura 3.12** - Exemplo de um elo fusível rompido
- Pág 96 - Figura 3.13** - Exemplo de objetos jogados na rede
- Pág 97 - Figura 3.14** - Exemplo de um pára-raio aberto
- Pág 98 - Figura 3.15** - Exemplo de conexão que sofreu aumento de temperatura
- Pág 99 - Figura 3.16** - Diagrama Sistemático da falha "Atuação do disjuntor"
- Pág 101 - Figura 3.17** - Diagrama Sistemático da falha "Atuação do religador de subestação"
- Pág 103 - Figura 3.18** - Diagrama Sistemáticos da falha "Cabo interrompido"
- Pág 104 - Figura 3.19** - Exemplo de cabo interrompido
- Pág 106 - Figura 3.20** - Diagrama Sistemático da falha "Interrupção do suprimento externo"
- Pág 106 - Figura 3.21** - Diagrama Sistemático da falha "Manobra inadequada"
- Pág 107 - Figura 3.22** - Diagrama Sistemático da falha "Pára-raio aberto"
- Pág 109 - Figura 3.23** - Diagrama Sistemático da falha "Problema interno no cliente"
- Pág 110 - Figura 3.24** - Diagrama Sistemático da falha "Problemas de isolamento"
- Pág 111 - Figura 3.25** - Exemplo de problema na conexão no pontalete
- Pág 112 - Figura 3.26** - Diagrama Sistemático da falha "Problemas nas conexões"
- Pág 114 - Figura 3.27** - Diagrama Sistemático da falha "Transformador de distribuição danificado"
- Pág 116 - Figura 3.28** - Diagrama Sistemático da falha "Atraso no atendimento da solicitação de IP"
- Pág 118 - Figura 3.29** - Diagrama Sistemático da falha "Baixa luminosidade"
- Pág 119 - Figura 3.30** - Diagrama Sistemático da falha "Lâmpada acesa durante o dia"
- Pág 120 - Figura 3.31** - Diagrama Sistemático da falha "Lâmpada apagada"
- Pág 122 - Figura 3.32** - Diagrama Sistemático da falha "Luminária danificada"
- Pág 122 - Figura 3.33** - Diagrama Sistemático da falha "Ruído de componentes da IP"
- Pág 123 - Figura 3.34** - Diagrama Sistemático da falha "Deficiência da comunicação institucional"
- Pág 125 - Figura 3.35** - Diagrama Sistemático da falha "Deficiência da equipe de campo"
- Pág 127 - Figura 3.36** - Diagrama Sistemático da falha "Deficiência do *Call-Center*"
- Pág 129 - Figura 3.37** - Diagrama Sistemático da falha "Deficiência no posto de atendimento"
- Pág 131 - Figura 3.38** - Diagrama Sistemático da falha "Cintilação"
- Pág 132 - Figura 3.39** - Diagrama Sistemático da falha "Desequilíbrios"
- Pág 133 - Figura 3.40** - Diagrama Sistemático da falha "Harmônicos de tensão"
- Pág 135 - Figura 3.41** - Diagrama Sistemático da falha "Interrupções de curta duração"

**Pág 136 - Figura 3.42 - Diagrama Sistemático da falha “Variação de tensão”**

**Pág 139 - Figura 3.43 - Diagrama Sistemático da falha “Variação momentânea de tensão”**

# CAPÍTULO 1- Introdução

## 1.1 Tema

Lakatos e Marconi (1991) definem o tema de um trabalho como sendo o assunto que se deseja provar ou desenvolver, ou seja, uma proposição abrangente. Seguindo esta definição, o presente trabalho tem como tema o processo de gestão de falhas em uma empresa distribuidora de energia elétrica, a Bandeirante Energia S.A., através de mapeamento que utiliza análise de causa e efeito e da Gestão do Conhecimento (GC).

O mapeamento envolveu primeiramente a definição dos modos de falha e as etapas de padronização, diagramação e parametrização das principais falhas existentes na empresa. A padronização foi basicamente uma preparação para a fase de diagramação, onde foi realizado um diagnóstico para levantamento das principais falhas que ocorrem na empresa alvo de estudo. À seguir estas falhas foram classificadas em “Grupos de Falhas” de acordo com a similaridade do impacto da falha no cliente, utilizando o Diagrama de Afinidades, que pertence ao grupo das Sete Novas Ferramentas da Qualidade. A diagramação consistiu em partir das falhas relacionadas no Diagrama de Afinidades e encontrar as causas relacionadas com elas. Nesta fase de diagramação também foi utilizada uma das Sete Novas Ferramentas da Qualidade, denominada de Diagrama Sistemático ou Diagrama de Árvore. Já a parametrização teve como objetivo o detalhamento de todas as falhas e causas padronizadas e diagramadas. Durante toda a fase de mapeamento de falhas, que visa auxiliar na Gestão da Manutenção da Empresa, foram utilizados conceitos de Gestão do Conhecimento.

De acordo com Barros e Lehfeld (1999), a definição do tema de um trabalho pode surgir com base em algumas situações, como: observação do cotidiano; vida profissional; contato e relacionamento com especialistas; no *feedback* de pesquisas já realizadas; estudo da literatura especializada.

A observação do cotidiano foi o ponto inicial no processo de definição do tema deste trabalho. Existe um extenso campo de aplicação dos conceitos de gestão de falhas para empresas do setor elétrico, tal como mostrado neste trabalho. O ideal é que cada falha, ou pelo menos as que ocorrem com maior frequência, sejam detalhadas e que sejam encontradas as causas que foram responsáveis pelo seu acontecimento. Desta forma a empresa teria como alocar adequadamente seus recursos, tanto materiais como humanos, no combate à

reincidência e no caso de reincidência, teria como responder mais rapidamente em combate à falha.

Com relação à vida profissional, a experiência desta pesquisadora em uma empresa de autopeças submetida a um ambiente que possui um rigoroso processo de gestão de falhas, criou a visão que a alocação dos recursos em pontos geradores de falhas é fundamental para extinguir situações indesejadas. Já no caso de tais ocorrências, a gestão de falhas promove uma resposta mais rápida de recuperação.

A importância do segmento de energia elétrica e os impactos que falhas podem ocasionar no sistema de abastecimento, incentivaram o contato com o assunto e com especialistas da área, pertencentes à instituição de ensino da pesquisadora.

## 1.2 Delimitação do tema

Segundo Lakatos e Marconi (1991) delimitar a pesquisa é estabelecer limites para a investigação. As mesmas autoras citam que a pesquisa pode ser limitada em relação aos seguintes aspectos:

- Ao assunto: selecionado um tópico, a fim de que se torne ou muito extenso ou muito complexo;
- À extensão: porque nem sempre se pode abranger todo o âmbito onde o fato se desenrola;
- A uma série de fatores: meios humanos, econômicos e de exigüidade de prazo- que podem restringir o seu campo de ação.

Com relação ao presente trabalho, ele foi delimitado da seguinte forma:

- O processo de gestão tratado neste trabalho implica somente o mapeamento das falhas, ou seja, diagramação, parametrização e padronização: logicamente um processo de gestão de falhas pode envolver outros passos mais complexos, como por exemplo, a criação de indicadores de desempenho. No entanto, neste trabalho, foi realizado somente o mapeamento, o que se trata neste caso de um grande passo para a empresa, uma vez que ela não possuía nem uma relação mais detalhada de falhas com seus fatores causadores.
- Análise apenas qualitativa no mapeamento: a análise que foi realizada teve por objetivo encontrar as causas de determinada falha através de uma análise lógica por parte de especialistas. Este estudo não envolveu a análise quantitativa, pois para a

realização de tal análise seriam necessários valores relativos aos percentuais de chance de cada uma das causas colaborarem para o acontecimento de cada falha. A empresa não tem dados históricos que permitiriam uma análise quantitativa satisfatória.

- Aplicação em apenas uma empresa do ramo: a Bandeirante Energia S.A. é a única empresa alvo deste estudo. Esta empresa foi escolhida porque é uma das maiores distribuidoras de energia elétrica do Estado de São Paulo e sua área de concessão está localizada em uma região altamente desenvolvida em termos de infra-estrutura, escoamento da produção e ambiente empresarial. Desta forma, a ocorrência de falhas do sistema elétrico nesta região pode trazer além dos inconvenientes normais, grandes prejuízos para as indústrias.
- Não é objetivo do trabalho aprofundar nos fundamentos conceituais da Gestão do Conhecimento (GC) e nem do detalhamento minucioso na fase de mapeamento de tal abordagem. A Gestão do Conhecimento teve como finalidade auxiliar na Gestão da Manutenção através de seus conceitos básicos.

### 1.3 Justificativas

As organizações que buscam excelência no processo de gestão de falhas almejam continuamente a redução e eliminação das falhas que estão inerentes aos seus produtos e serviços (SLACK *et al*, 1997). Com as empresas de distribuição de energia elétrica não poderia ser diferente. No entanto, no caso de tais empresas, a eliminação de falhas além de estar ligada com a busca da vantagem competitiva, envolve também o atendimento de padrões estabelecidos pelo órgão regulador, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e a necessidade de se evitar algumas falhas cuja peculiaridade não é comum à outras empresas. Por exemplo, a descontinuidade no fornecimento de energia elétrica para um hospital ou para a residência de um indivíduo que utilize aparelho sobre-vida, é o tipo de falha que não pode ocorrer, pois sua ocorrência implica em efeitos catastróficos.

Com relação à evitar a descontinuidade do abastecimento, Nunes cita:

Devido à necessidade de se garantir a disponibilidade dos recursos energéticos continuamente, as empresas deste setor têm ampliado o uso de novas tecnologias e técnicas. Ou seja, as empresas têm dedicado especial atenção à Gestão da Manutenção com a finalidade de diminuir a probabilidade de ocorrência de falhas, ou pelo menos, ameniza-las e evitar a reincidência das mesmas. Uma vez que a continuidade do fornecimento de energia elétrica é crítica, a indisponibilidade operativa pode representar, em termos de custos, muitas vezes mais do que o que custaria reparar a própria falha (Nunes, 2001).

A busca da vantagem competitiva também passou a ser uma preocupação para empresas deste ramo. O relativamente novo ambiente que se encontra o setor de distribuição de energia elétrica justifica a preocupação com a melhoria dos serviços prestados aos clientes. Neiva (1999) ressalta que “o ambiente do setor elétrico agora deixou de ser um ambiente puramente técnico, para ser um ambiente de negócios, de empresas que querem viver de seus resultados”.

Nunes (2001) alerta para o fato de que os padrões de qualidade, tanto nos serviços quanto nos produtos, passaram a ser extremamente exigentes e a análise das falhas representaram, em muitos casos, a garantia de sobrevivência das empresas, tamanha é a vigilância e a cobrança da sociedade. Com as empresas do setor de energia elétrica tal vigilância e cobrança também é realizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com base em indicadores cada vez mais rigorosos.

Outra razão para o mapeamento é o aumentado do nível de exigência dos consumidores industriais e residenciais aliados a demanda crescente. A previsão de crescimento total de consumo de energia elétrica no país, para o período entre 2000 e 2009, por exemplo, é da ordem de 4,7% ao ano, ou seja, dos atuais 64.300 MW para 109.400 MW, incluindo-se as parcelas de energia importadas através de interligações com países vizinhos (ELETROBRÁS, 2000).

Uma justificativa mais geral e já tradicional é que a manutenção é essencial para garantir continuidade e qualidade dos serviços. Para alguns autores como Stamatis (2003) e Slack *et al.* (1997), manutenção é o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas, cuidando de suas instalações físicas. Tal abordagem enfatiza a prevenção e a recuperação de falhas, uma importante área de atuação da manutenção, embora se entenda que não envolve a sua completa amplitude. Os mesmos autores afirmam que as causas e os efeitos das falhas merecem atenção especial e permanente, assim como o desenvolvimento de ações pró-ativas, com vistas a minimizar a ocorrência e as consequências das falhas, caso ocorram. Esta é a abordagem utilizada neste trabalho, um estudo das falhas, suas causas e efeitos para evitar a reincidência dos mesmos.

Nunes (2001) conclui em seu trabalho que na maioria das definições e conceitos apresentados para o termo ‘manutenção’ são enfocados os aspectos de prevenção do estado de funcionamento e a recuperação, no caso da ocorrência de falhas. É o que o presente trabalho propõe fazer. O mesmo autor cita a importância da manutenção nos dias atuais:

Em linhas gerais, pode-se afirmar que toda evolução tecnológica dos equipamentos, processos e técnicas de manutenção, a necessidade de controles cada vez mais eficientes e de ferramentas de apoio à decisão, o desenvolvimento de estudos relativos ao desgaste e controle das falhas e suas conseqüências, a dependência de equipes treinadas e motivadas para enfrentar estes desafios, o desenvolvimento de novas técnicas e, conseqüentemente, os custos de manutenção em termos absolutos e proporcionalmente as despesas globais, transformaram as áreas de manutenção em um segmento estratégico para o sucesso empresarial (NUNES, 2001).

Já a justificativa quanto a utilização de algumas ferramentas da qualidade de forma conjunta é relatado a seguir: segundo Helman e Andrey (1995), a necessidade cada vez maior em melhorar a qualidade de produtos e serviços e a satisfação dos clientes tem popularizado vários métodos e técnicas. Estas ferramentas têm como objetivo melhorar a confiabilidade de produtos ou processos, ou seja, aumentar a probabilidade de um item desempenhar sua função sem falhas. Dentro deste contexto algumas técnicas e ferramentas da Engenharia de Produção podem ser utilizadas conjuntamente para registrar, detalhar e conseqüentemente evitar a reincidência de falhas. É exatamente isto que ocorre no presente trabalho: algumas ferramentas da Engenharia de Produção são utilizadas conjuntamente (*Brainstorming*, Diagrama Sistemático, Diagrama de Afinidades) para padronizar, diagramar e posteriormente parametrizar as principais falhas da concessionária Bandeirante Energia S.A. Além disto, como alertado por Anjard (1995), a chave para melhoria dos produtos, e também para a prestação de serviços, e conseqüente satisfação dos consumidores está em resolver problemas com fatos e as Ferramentas da Administração são essenciais para alcançar estes objetivos.

Com relação à utilização da Gestão do Conhecimento justifica-se porque a troca de conhecimento em empresas geralmente não é algo natural. Como citado por Leite (2001), “parece que esta atividade precisa ser estimulada. As empresas que têm tido mais sucesso nesta atividade têm sido aquelas que têm investido na troca de conhecimento ao invés de deixar que esta troca aconteça naturalmente”. A troca de conhecimento foi estimulada durante as reuniões para o mapeamento das falhas. Além disto também houve o registro de muitas informações, tanto de dados da empresa quanto de conhecimentos práticos e teóricos dos especialistas, que agora como conhecimento explícito facilitarão que outros funcionários entendam como é o processo que leva à ocorrência da falha. Além disto, outros funcionários vão poder contribuir realizando mapeamento para outras falhas.

De forma resumida, as justificativas para a realização do mapeamento são as seguintes:

- Possibilitar adequada atuação gerencial através do estudo das causas que, de fato, provocam um determinado problema. Através de conhecimentos mais precisos é

possível administrar adequadamente os recursos da empresa, tanto técnicos quanto materiais, e desta forma aumentar a vantagem competitiva neste ambiente concorrencial, após a privatização das empresas do setor elétrico.

- Minimizar perdas financeiras devido à carga interrompida: A distribuição de energia elétrica, como qualquer outro serviço, pode conter falhas durante sua prestação. No entanto, falhas mais graves como a interrupção, podem gerar grandes prejuízos, cuja peculiaridade não é comum a outros tipos de prestações de serviços. O prejuízo aqui mencionado não significa apenas a quantidade de dinheiro que a distribuidora deixa de receber quando a carga é interrompida. A falha pode atingir grandes proporções se afetar indústrias que tenham sua produção comprometida e que possam mover processos judiciais, implicando em penalizações financeiras contra a concessionária. Piores ainda são os casos em que as interrupções no fornecimento de energia possam afetar a vida humana, por exemplo, se a energia for interrompida para um hospital ou para a residência de um indivíduo que utilize um aparelho de sobre-vida, como um pulmão artificial.
- Atender mais eficazmente às normas do agente regulador (ANEEL): O desempenho das concessionárias quanto à continuidade do serviço prestado de energia elétrica é medido pela ANEEL com base em indicadores específicos. Dentre estes indicadores os mais conhecidos são a Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC). As concessionárias de energia elétrica precisam obter valores de indicadores satisfatórios, pois ao contrário serão penalizadas. Com o estudo das falhas que afetam o sistema de distribuição, a concessionária consegue reduzir os valores do tempo médio de interrupção e da quantidade de interrupções em determinado período e este fato auxilia na melhoria de tais indicadores.
- Aumentar a satisfação do consumidor: Esta justificativa é praticamente uma extensão da apresentada anteriormente. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) desenvolveu um novo indicador para o setor elétrico brasileiro capaz de avaliar a qualidade das empresas do ponto de vista do consumidor. Este índice é denominado Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor (IASC). O parâmetro foi definido a partir de uma pesquisa sobre satisfação aplicada junto aos clientes de todas as concessionárias de distribuição de energia primeiramente em julho de 2000. O índice pode ser mensurado em números e permite que a ANEEL compare as empresas sem recorrer a detalhes operacionais (ANEEL, 2004). Um atendimento que satisfaça

às expectativas dos consumidores certamente renderá um bom índice IASC, o que é muito positivo para a empresa.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo principal**

Mapear as principais falhas da concessionária Bandeirante Energia S.A.: as que afetam a qualidade do fornecimento de energia elétrica e as falhas relativas ao atendimento dos consumidores, segundo uma metodologia para análise de falhas.

De acordo com Teixeira *et al.* (2003), os problemas relacionados à qualidade da energia elétrica podem ocasionar uma série de inconvenientes aos mais diferentes consumidores e dispositivos. Estes envolvem desde pequenas alterações no funcionamento de equipamentos até interrupções do fornecimento de energia. Desta forma, qualquer problema de energia manifestado na tensão, corrente ou nas variações de frequência que resulte em falha ou má operação de equipamentos, assim como interrupção no fornecimento de energia, implicam em baixa qualidade no fornecimento de energia elétrica.

No capítulo 3 será mostrado como as principais falhas foram selecionadas.

### **1.4.2 Objetivos complementares**

Os objetivos complementares desta dissertação são:

- Estudo das técnicas de análise causa-efeito e seleção da técnica considerada mais adequada para a situação em questão;
- Demonstrar que as ferramentas de engenharia de produção que são largamente utilizadas no ambiente industrial e na área de serviços, também podem auxiliar na melhoria da qualidade dos serviços de distribuição de energia elétrica;
- Estimular a troca de conhecimento entre os profissionais da empresa e o registro de tal conhecimento para posterior disseminação pela organização, ou seja, estimular a conversão do conhecimento. Em resumo, conceituar o tema Gestão do Conhecimento como inserido no escopo da Gestão da Manutenção;
- Capturar e registrar os conhecimentos do Grupo de Análise de Falhas.

## 1.5 Pesquisa qualitativa

Neste trabalho é utilizada a pesquisa qualitativa. Para Glazier e Powell (1992), a melhor maneira de entender o que significa pesquisa qualitativa é determinar o que ela não é. Deste modo, os autores definem que ela não é um conjunto de procedimentos que depende fortemente de análise estatística para suas inferências ou de métodos quantitativos para a coleta de dados.

Kaplan e Duchon (1988) citam que as principais características dos métodos qualitativos são a imersão do pesquisador no contexto e a perspectiva interpretativa de condução da pesquisa.

Glazier e Powell (1992) citam ainda que dados qualitativos podem ser: descrições detalhadas de fenômenos; comportamentos; citações diretas de pessoas sobre suas experiências; trechos de documentos, registros, correspondências; gravações ou transcrições de entrevistas e discursos; dados com maior riqueza de detalhes e profundidade; interações entre indivíduos, grupos e organizações.

Liebscher (1998) sintetiza que para aprender métodos qualitativos é preciso aprender a observar, registrar e analisar interações reais entre pessoas, e entre pessoas e sistemas.

O quadro 1.1 mostra algumas características chaves da pesquisa qualitativa e sua diferença com a pesquisa quantitativa:

Quadro 1.1- Características da Pesquisa Qualitativa e da Pesquisa Quantitativa

	<b>Quantitativa</b>	<b>Qualitativa</b>
<b>Paradigma</b>	Hipotético-dedutivo	Holístico-interpretativo
<b>Dados</b>	Representados numericamente Quantitativos Estruturados e não valorativos	Representados verbalmente Qualitativos Com maior riqueza de detalhes
<b>Papel do pesquisador</b>	Observador Distância objetiva	Interpretador da realidade Imerso no contexto
<b>Abordagem</b>	Positivista Experimental Estudos confirmatórios	Interpretativa Não experimental Estudos exploratórios
<b>Análise</b>	Estatística Inferências a partir de amostras Teste de hipóteses e teorias	Conteúdo ou caso Padrões a partir dos próprios dados Hermenêutica e fenomenologia

Fonte: Retirado de Dias (2004)

Seguindo o quadro 1.1 esta dissertação pode ser classificada de acordo com o paradigma como holística-interpretativa. Os dados obtidos são todos representados verbalmente e com grande riqueza de detalhes, ou seja, são dados qualitativos. A pesquisadora esteve imersa no contexto da pesquisa interpretando os fatos. De acordo com a abordagem, esta pesquisa caracteriza-se como sendo interpretativa, não experimental e realizada através de estudos exploratórios. Finalmente, a análise realizada foi com base nos dados coletados. Todas estas características fazem com que a presente dissertação tenha caráter qualitativo.

Explicando a análise da pesquisa qualitativa, ela baseia-se na hermenêutica (busca o significado de um texto) e na fenomenologia (teoria gerada a partir dos dados coletados).

## **1.6 Método de pesquisa**

No presente trabalho é utilizada a pesquisa-ação. Bryman (1989) caracteriza a pesquisa-ação como sendo o método no qual o investigador torna-se parte do ambiente estudado com o objetivo de resolver problemas organizacionais. E é realmente este fato que acontece neste trabalho: a pesquisadora tomou conhecimento do assunto e juntamente com especialistas pertencentes à empresa e outros pertencentes à área acadêmica, passou a participar do desenvolvimento de uma metodologia para auxiliar no processo de gestão de falhas da empresa.

Coughlan e Coughlan (2002) definem, que como o próprio nome sugere, a pesquisa-ação é um método de pesquisa que tem como objetivos tomar ação sobre algum fato e ao mesmo tempo criar conhecimento sobre esta ação. Estes mesmos autores citam quatro características que definem o que é pesquisa-ação:

- Primeiramente, a pesquisa-ação tem como foco a pesquisa em ação e não a pesquisa sobre a ação. A idéia central desta primeira característica é que este método de pesquisa utiliza um método científico para estudar a resolução de importantes problemas sociais ou organizacionais, juntamente com pessoas que lidam diretamente com estes problemas. Coughlan e Coughlan (2002) ainda citam que na pesquisa-ação é utilizado um processo cíclico composto por quatro passos: planejamento, ação, avaliação da ação e planejamentos adicionais para atingir o objetivo, quando necessário.
- A pesquisa-ação é participativa: esta característica menciona que os membros do sistema alvo de estudo participam ativamente do processo cíclico mencionado acima.

De acordo com Montibeller e Ensslin (2001), este tipo de participação contrasta com métodos de pesquisa tradicionais que se baseiam na observação passiva do pesquisador sobre os pesquisados. Para reforçar esta característica, Rocha e Freire (2001) afirmam que a proposta da pesquisa-ação sugere a participação de um pesquisador que atue como consultor, a fim de que ocorra a mediação entre o seu saber formal (rigor teórico-metodológico) e o saber empírico.

- Pesquisa-ação é pesquisa simultânea com ação. O objetivo é fazer com que a ação seja mais efetiva, uma vez que ela é construída simultaneamente com o desenvolvimento do conhecimento científico.
- Finalmente, a pesquisa-ação é ao mesmo tempo uma seqüência de eventos e uma aproximação para solução de problemas. Como uma seqüência de eventos compreende ciclos que envolvem coleta de dados, análise dos mesmos, planejamento de ação, ação e avaliação. Como um método para resolver problemas, é uma aplicação do método científico para problemas práticos que necessitam de soluções que envolvam ação e a colaboração e cooperação dos pesquisadores e dos membros do sistema organizacional alvo de estudo. Coughlan e Coughlan (2002) finalizam com a conclusão de que os resultados desejados com uma pesquisa-ação não são apenas soluções para os problemas, mas também um importante aprendizado sobre os resultados desejados e indesejados. Além disto, se trata de uma contribuição à teoria e ao conhecimento científico.

De acordo com Montibeller e Ensslin (2001) existe uma quantidade enorme de propostas definindo como se deve realizar um experimento na forma de pesquisa-ação. A descrição mais consolidada na literatura define cinco passos ao método, aplicados de forma recursiva: (1) diagnosticar; (2) planejar a ação; (3) atuar; (4) avaliar; (5) especificar o aprendizado.

## **1.7 Estrutura do trabalho**

A dissertação está organizada da seguinte forma:

Este primeiro capítulo mostra o tema, justificativas e objetivos do presente trabalho.

No capítulo 2 é apresentado o atual estado da arte a respeito dos assuntos abordados nesta dissertação. Primeiramente são mostrados os conceitos básicos de falha, de análise de falhas e de gestão da manutenção, assim como de algumas ferramentas empregadas nestes casos. Dentre estas ferramentas estão explicadas detalhadamente o Diagrama de Afinidades e o Diagrama de Árvore, que foram utilizados respectivamente nas fases de padronização e

diagramação. Posteriormente, é apresentado o conceito e a importância da Gestão do Conhecimento. É importante mostrar que neste trabalho está sendo utilizado o conhecimento já existente na empresa para a solução de problemas, ou seja, uma junção da Gestão do Conhecimento e da Gestão de Falhas. Finalizando a fundamentação teórica foram feitas algumas considerações sobre a qualidade na distribuição de energia elétrica no Brasil.

O capítulo 3 é responsável em mostrar a metodologia que foi desenvolvida e a aplicação dela na empresa Bandeirante Energia S.A. É o capítulo que relata todas as fases realizadas nesta pesquisa-ação, principalmente o mapeamento de falhas.

No capítulo 4 estão as conclusões a respeito dos resultados obtidos com a aplicação do mapeamento de falhas. Este item também contém informações sobre dificuldades encontradas na realização do trabalho e de propostas para trabalhos futuros.

Encerrando o trabalho encontram-se todas as referências bibliográficas que foram fundamentais para a confecção desta dissertação.

# CAPÍTULO 2- Fundamentação Teórica: Falhas, Gestão da Manutenção, Considerações Sobre Qualidade no Fornecimento de Energia Elétrica e Gestão do Conhecimento

## 2.1 Considerações iniciais sobre falhas

As organizações almejam continuamente a redução e eliminação das falhas que estão inerentes aos seus produtos ou serviços. Em alguns casos esta busca se deve ao fato das falhas realmente não poder existir, como no caso do fornecimento de energia elétrica para a residência de uma pessoa que utilize aparelho sobre-vida. Em outros casos a redução de falhas está ligada com a vantagem competitiva, ou seja, quanto mais isentos de falhas forem os produtos e serviços que determinada empresa é capaz de fornecer ao cliente final, maior admiração terá destes mesmos clientes.

Rausand e Oien (1996) alertam para o fato que falha é um conceito fundamental em qualquer análise de confiança. Os mesmos autores definem falha como sendo o fim da habilidade de um item executar uma função exigida.

Quadro 2.1 - Diferenciação entre Falha e Defeito

Função Requerida	Conjunto de condições de funcionamento para o qual o equipamento foi projetado, fabricado ou instalado.
Falha	É toda alteração física ou química no estado de funcionamento do equipamento que impede o desempenho de sua função requerida e o leva invariavelmente à indisponibilidade.
Defeito	É toda alteração física ou química no estado de funcionamento de um equipamento que não o impede de desempenhar sua função requerida, podendo o mesmo operar com restrições.

Fonte: adaptado de GCOI-SCM (1998).

O termo falha é frequentemente confundido com o termo defeito. O Grupo Coordenador para Operação Interligada - Subcomitê de Manutenção (GCOI-SCM,1998), apresenta as seguintes definições necessárias para entender as diferenças entre falha e defeito, indicadas no Quadro 2.1.

Também de acordo com o Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade (Branco Filho, 1996), “uma falha é o término da capacidade de um equipamento desempenhar a função requerida e um defeito não torna o equipamento indisponível”. Nunes (2001) alerta que apesar de falha e defeito serem encontrados na literatura como sinônimos, esses termos são considerados de modo diferenciado pelas empresas do Setor Elétrico Brasileiro, como Itaipu, Chesf, Cemig, Eletronorte, Copel, dentre outras. Observa-se que também a norma NBR-5462 (Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT, 1994), apresenta essa diferenciação, confirmando as definições acima de Branco Filho e do GCOI-SCM. Neste sentido, caracteriza-se a manutenção corretiva quando se apresentam situações de estado de falha e, manutenção preventiva, quando se apresentam situações de defeito. No entanto, para o trabalho em questão estaremos mapeando falhas e defeitos e denominando de maneira geral como mapeamento de falhas.

Rausand e Oien (1996) relatam que as falhas são sempre classificadas em modos de falhas. Segundo os autores, modo de falha pode ser definido como o efeito pelo qual uma falha é observada em um item que falhou, ou seja, é como nós podemos observar o defeito. Nunes (2001) define modo de falha como sendo a maneira pela qual um determinado item deixa de executar sua função. Outra definição para modo de falha é a maneira pela qual a falha é observada, citada na norma militar americana Mil-Std 1629 (OLIVEIRA E DINIZ, 2001).

Outro conceito importante quando as falhas estão sendo analisadas é a “causa de falhas”. Rausand e Oien (1996) definem causas de falhas como sendo as circunstâncias durante o projeto, fabricação ou uso que levarão à uma falha. Deste modo, a causa de falhas é um pedaço de informação necessária para evitar as falhas ou a recorrência das mesmas. Como conclusão os autores citam: “Cada modo de falha pode ser causado por diferentes causas de falhas, conduzindo para diferentes efeitos de falhas.” Nunes (2001), ainda ressalta que para cada modo de falha são relacionadas as respectivas causas das falhas, podendo um mesmo modo de falha ter mais de uma causa. Ainda com relação às causas de falhas, Glasser (1990) define de maneira bem resumida: “causas são todos os motivos que nos levam a ter um problema.”

Correia (2003) cita que os problemas estão associados a vários possíveis fatores causadores que atuam, isoladas ou conjuntamente, paralela ou seqüencialmente. Cabe à empresa analisar detalhadamente a pertinência de cada um desses prováveis fatores causadores a fim de se verificar qual ou quais deles ocasionam o problema específico; dentre esses fatores haverá um que será, proporcionalmente, aquele de maior responsabilidade.

Nunes (2001) cita que as falhas em equipamentos podem representar grandes perdas econômicas e humanas, apresentando, em muitos casos, comprometimentos significativos para a imagem institucional das empresas. O mesmo autor cita alguns exemplos de ocorrências de falhas, com repercussões trágicas para as organizações envolvidas e para o ambiente físico e social, tais como: *Bhopal, Chernobil, Challenger, Virginia Electric and Power Company, Three Miles Island*. Essas ocorrências reforçam a necessidade de estudar continuamente aspectos ligados a prevenção e recuperação de falhas.

Mas a falha não está relacionada apenas com itens físicos, existe a falha humana. Apesar de existir uma divisão entre as causas que levam às falhas, na essência todas elas são produto da falha humana, de acordo com Slack *et al* (1997) e Kiyoshi Suzaki (1987). A conseqüência deste fato é que as falhas podem até certo ponto serem controladas e também que as organizações podem e devem aprender com os erros que já ocorreram e modificar seu comportamento para que não mais ocorram. A conscientização de que mais valioso que encontrar um culpado para responsabilizá-lo pela ocorrência de determinada falha é a observação do que levou ao acontecimento da mesma e conseqüente tomada de decisão para evitar nova ocorrência, é chamado de conceito de “falha como oportunidade” (SLACK *et al*, 1997). Este conceito é muito valioso, uma vez que nenhuma empresa está livre de fornecer produtos ou serviços isentos de defeitos. No entanto, os pontos considerados críticos pelos clientes tanto internos quanto externos a uma organização, devem ser observados e eliminados com o objetivo de chegar a um produto ou serviço perfeito.

Segundo Rausand e Oien (1996) e Slack *et al* (1997) diferentes razões podem ocasionar falhas na produção. Dentro deste contexto, os primeiros autores classificam as causas de falha como sendo de projeto, de manufatura ou de uso. Já Slack *et al* (1997) classificam as razões causadoras de falhas da seguinte maneira: aquelas que têm origem dentro da produção, as falhas causadas pelos fornecedores e as que são causadas pelos próprios clientes.

As falhas cuja fonte está dentro da produção podem ter sua origem devido a um projeto global mal planejado, por falhas nas instalações ou por falta de atenção e obediência aos procedimentos por parte dos funcionários.

O próprio projeto global de uma produção ou de um serviço pode ser a causa primeira de uma falha. Qualquer pequeno equívoco durante o projeto pode fazer que algo aparentemente perfeito na teoria apresente problemas em circunstâncias reais. Estas falhas podem ser ocasionadas por observações inadequadas da demanda, erros de cálculo da mesma ou por mudanças nas condições em que a produção foi projetada e na demanda que realmente vai atender.

Com relação às instalações, todas têm determinada probabilidade de falharem. Isto pode partir de uma pequena “avaria”, quase imperceptível até o que normalmente é chamado de falha, que pára repentinamente e completamente a produção.

Já as falhas humanas são de dois tipos: erros e violações. São considerados erros, enganos ou decisões erradas que têm como consequência desvio nos resultados da produção normal. Já as violações são caracterizadas por ações contrárias ao procedimento operacional definido. (STAMATIS, 2003).

A segunda razão pela qual as falhas podem ser geradas, segundo Slack *et al* (1997), são causadas por falhas no prazo de entrega ou na qualidade de bens e serviços fornecidos para a produção. Estas falhas são conhecidas como falhas de fornecedores.

Finalmente, as falhas também podem ser causadas por ações dos clientes: os clientes podem usar mal os produtos ou serviços que lhe são fornecidos, causando falhas nos mesmos. Com a finalidade de evitar este tipo de acontecimento, muitas organizações além de todos os cuidados que tomam na produção para a eliminação e diminuição das falhas, também se responsabilizam em treinar e educar os clientes como parte do processo de minimização das falhas.

Outro aspecto de fundamental importância quando as falhas de determinado sistema estão em estudo é com relação à severidade de falha. Isto significa que cada falha detectada deve estar relacionada com o impacto do modo de falha no nível do sistema. Através destes dados que é possível fazer um ranking para eleger as prioridades.

## 2.2 Detecção e análise de falhas

Tipicamente, para melhorar a qualidade de algo que vai ser entregue ao consumidor é necessário identificar e analisar os problemas, ou seja, as falhas que existem neste bem ou serviço. (Anjard, 1995)

De acordo com alguns autores, como Stamatis (2003) e Slack *et al* (1997), os responsáveis envolvidos com a produção têm basicamente três conjuntos de atividades relacionadas com falhas: compreensão de quais falhas estão ocorrendo e porquê; análise das formas de reduzir a probabilidade de falhas ou minimizar as conseqüências das mesmas; elaboração de procedimentos que auxiliem na recuperação das falhas quando elas ocorrem.

O primeiro conjunto de tarefas trata-se da etapa de detecção. Uma vez que a falha ocorreu é necessária a existência de mecanismos que assegurem que elas sejam detectadas com a maior rapidez possível. Alguns mecanismos, citados por Slack *et al* (1997), são:

- Verificações no processo: durante o próprio processo de realização do produto ou serviço o funcionário verifica se está aceitável. No caso de serviços esta verificação ocorre através de indagações ao cliente.
- Diagnósticos de máquinas: máquinas são testadas através da realização de uma série de atividades que possam revelar falhas.
- Entrevistas na saída: mecanismo utilizado pela prestação de serviços. Quando o cliente sai do local onde foi atendido, pessoal treinado, através de perguntas formais ou informais, podem obter informações se o serviço foi satisfatório ou não e procurar descobrir problemas.
- Pesquisas telefônicas: podem ser usadas para solicitar opiniões sobre produtos ou serviços.
- Grupos focalizados: determinado grupo de clientes, em conjunto apontam aspectos de um produto ou serviço.
- Fichas de reclamação ou folhas de feedback: utilizadas por muitas empresas para solicitar pontos de vista sobre um produto ou serviço. Slack *et al* (1997) apontam que o problema está na baixa taxa de retorno de fichas respondidas. As vantagens são a identificação individual de quem respondeu e posteriormente a possibilidade de realizar um atendimento personalizado.

- Questionários: têm taxas de respostas maiores que o mecanismo citado anteriormente, no entanto, fornecem apenas informações gerais, a partir das quais é difícil identificar queixas individuais específicas.

Após a fase de detecção é realizada a etapa de análise de falhas, que consiste em entender porque determinada falha ocorreu. Algumas das abordagens utilizadas para detecção da causa primeira de uma falha são:

- Análise do efeito e modo de falhas (FMEA- *Failure mode and effect analysis*).
- Análise de árvore de falhas (FTA- *Fault Tree Analysis*): esta é uma ferramenta que poderia ter sido escolhida para a fase de diagramação do presente trabalho. Devido à este fato e também à sua grande utilização, terá um item posterior dedicado exclusivamente à sua explicação.

As etapas de detecção, análise de falhas e posterior elaboração de procedimentos com a finalidade de impedir a recorrência das mesmas, está diretamente relacionada com a confiabilidade do produto ou serviço de determinada organização. Dhillon (2003), apresenta nove diferentes métodos e aproximações úteis na garantia de confiabilidade humana e na análise de erros. Além do FMEA e da FTA, já citados acima como abordagens utilizadas para detecção da causa primeira de uma falha, o autor cita: Análise da Causa de origem (RCA- *Root Cause Analysis*), Diagrama de Causa e Efeito (CAED- *Cause and Effect Diagram*), Estudo do Risco de Funcionamento (HAZOP- *Hazard Operability Study*), Método da Árvore de Probabilidade, Programa de Remoção de Causa e Erro (ECRP- *Error Cause Removal Program*), Análise de Sistemas de Homem-Máquina (MMSA- *Man-machine Systems Analysis*) e o Método de Markov (*The Markov Method*).

Já Anjard (1995), cita como algumas ferramentas usadas freqüentemente para a identificação e análise dos problemas as seguintes: *Brainstorming*, Gráfico de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Cartas de Controle, Índices do Processo de Capabilidade.

### **2.3 Algumas técnicas utilizadas na detecção e análise de falhas**

Segundo Helman e Andrey (1995), a necessidade cada vez maior em melhorar a qualidade de produtos e serviços e a satisfação dos clientes tem popularizado vários métodos e técnicas. Estas ferramentas têm como objetivo melhorar a confiabilidade de produtos ou processos, ou seja, aumentar a probabilidade de um item desempenhar sua função sem falhas.

Dentre as técnicas mais utilizadas estão a FMEA e a FTA. Esta utilização ampla, segundo Araújo *et al* (2001), se deve provavelmente ao fato destas técnicas serem as únicas citadas textualmente nas normas ISO 9000, em particular na ISO 9004, subitem 8.4- Qualificação e Validação de Projeto.

A primeira ferramenta que se tornou alvo de pesquisa neste trabalho com o objetivo de auxiliar no mapeamento foi a FTA. Isto se justifica pela ampla citação da FTA como técnica utilizada na detecção e análise de falhas. Além disto, com o pouco que se conhecia de tal técnica sabia-se que era utilizada para mapeamento de falhas.

### **2.3.1 FTA- Análise da Árvore de Falhas**

A FTA é um modelo gráfico que permite mostrar o encadeamento dos diferentes eventos relacionados com determinada falha, segundo Araújo *et al* (2000). Ele parte de um modo de falha, denominado “evento de topo”, buscando as possíveis causas diretas da ocorrência do evento. Em suma, é um procedimento que começa por uma falha e trabalha com o objetivo de identificar todas as possíveis causas.

#### **2.3.1.1 Considerações históricas**

Segundo Andrews e Ridley (2002), nas últimas três décadas muitos modelos matemáticos foram utilizados na identificação dos efeitos dos componentes de um sistema responsáveis pelas falhas. Estes autores afirmam que dentre estes modelos a técnica utilizada mais frequentemente para descobrir a taxa de confiabilidade foi a FTA. Sungdeok Cha *et al* (2003) também apresentam a Análise de Árvores de Falhas como sendo a técnica de análise de segurança mais utilizada nas indústrias. Além disto, os autores salientam que é uma ferramenta utilizada frequentemente manualmente.

Kara-Zaitri (1996) apresenta um breve histórico do desenvolvimento da FTA. Segundo o autor, esta técnica foi criada e desenvolvida por H. A. Watson no início dos anos 60 nos laboratórios Bell como parte de um contrato de pesquisa colaborativa com a Força Aérea dos Estados Unidos, fato também relatado em Dhillon (2003), Jinglun *et al* (1998) e Hong-Zhong Huang *et al* (2003). A técnica foi utilizada para estudar o lançamento inadvertido dos Mísseis Balísticos Inter-Continentais Minuteman (ICBM). Kara-Zaitri (1996) cita que relatórios de árvore de falha foram publicados subsequenteemente pela Companhia Boeing e pela AVCO em

março de 1963 e janeiro de 1964 respectivamente. Em junho de 1965, a Companhia Boeing e a Universidade de Washington organizaram um simpósio de análise de segurança e de sistemas de segurança em Seattle, onde um grande número de artigos foi apresentado por funcionários da Boeing. A partir deste acontecimento muito tempo e esforço foram gastos na construção, uso, avaliação e aplicação da FTA para computação da confiabilidade global de um amplo campo de sistemas complexos que incluem: sistemas elétricos, sistemas de processos químicos, estudos de segurança de reatores nucleares e segurança de produtos. Estudos mais recentes mostram a utilização da FTA até mesmo na análise de confiabilidade de softwares, conforme mostrado por Sedo Sohn e Poong Hyun Seong (2004).

### 2.3.1.2 Definições e características da FTA

De acordo com Araújo *et al* (2000), a FTA é uma análise dedutiva detalhada que geralmente requer considerável *volume* de informações sobre o sistema. Trata-se de uma representação gráfica associada a uma falha particular do sistema (efeito) chamada evento de topo e as falhas básicas (causas) denominadas de eventos primários. Por este motivo é considerada uma ferramenta de análise top down (de cima para baixo).

Já Roque-Specht (2002), define a FTA como sendo um método sistemático para determinar e exibir a causa de um grande evento indesejável. O método inicia com o “topo” (ou final) do evento e desenvolve uma árvore lógica, mostrando as causas de evento através do uso de operadores lógicos “e” e “ou”. Estes operadores lógicos são utilizados quando também deseja-se fazer uma análise quantitativa das árvores de falhas, ou seja, verificar qual a probabilidade de determinado evento ocorrer.

Silva *et al* (2002), definem FTA como sendo uma técnica dedutiva que permite a identificação de causas potenciais de acidentes e de falhas num determinado sistema, além de permitir a estimativa da probabilidade com que determinada falha pode ocorrer, utilizando álgebra booleana.

O objetivo da FTA, de acordo com Helman e Andrey (1995), é melhorar a confiabilidade dos produtos e processos através da análise sistemática de possíveis falhas e suas conseqüências, orientando na adoção de medidas corretivas ou preventivas.

De acordo com Andrews e Ridley (2002), a FTA é a ferramenta de confiabilidade mais utilizada nas indústrias. O motivo desta ampla utilização, segundo os autores, se deve ao fato dela

proporcionar uma documentação muito boa sobre a lógica de desenvolvimento que causou a falha no sistema. Os mesmos autores, no entanto, salientam uma característica negativa da FTA: a quantificação exata da árvore de falha para sistemas grandes é complicada de ser obtida. Como saída para estes casos, pode ser usado uma aproximação ou o resultado exato pode ser obtido através da conversão da árvore de falha para um diagrama de decisão binária (BDD).

Sungdeok Cha *et al* (2003) salientam um fato muito importante: apesar dos esforços realizados para a melhoria computacional dos programas responsáveis por fazerem a análise de probabilidade das FTA, é fundamental que as árvores sejam construídas de maneira correta. Para que isto ocorra é necessário evitar a construção inadequada de FTA's que é causada pela identificação incorreta dos modos de falha ou pela especificação errônea das relações casuais entre modos de falhas. Com a finalidade de evitar a ocorrência de tais erros é necessária a avaliação do sistema através de métodos qualitativos.

### **2.3.1.3 Símbolos e passos utilizados na construção da FTA**

De acordo com Helman e Andrey (1995), o processo de construção da árvore tem início com a percepção ou previsão de uma falha, que a seguir é decomposto e detalhado até eventos mais simples. Como já comentado anteriormente, este fato que caracteriza a FTA como sendo uma técnica top-down, pois parte de eventos gerais que são desdobrados em eventos mais específicos.

Segundo Araújo *et al* .(2000) as etapas para realização de uma FTA consistem em:

- Definir o evento de topo: o evento de topo se trata de um comportamento anormal do sistema. Para a sua definição são necessários relatos de falhas ocorridas no campo, falhas potenciais, principalmente aquelas relacionadas com a segurança dos usuários.
- Entender o sistema: a análise da árvore de falhas exige o conhecimento da estrutura do sistema e de seu esquema de funcionamento, ou seja, é necessário um diagnóstico do objeto de estudo.
- Construir a árvore de falhas: esta etapa utiliza todo o conhecimento adquirido sobre o sistema. Todas as informações vão ser unidas de forma a representar a inter-relação entre as partes que possam acarretar o evento de topo.
- Avaliar a árvore de falhas: etapa que tem por objetivo fornecer uma expressão para o cálculo da probabilidade de ocorrência do evento de topo, ou seja, realização da análise

quantitativa. A fase de análise quantitativa é denominada, segundo o relatado por Roque-Specht (2002) de Avaliação Probabilística de Riscos (PRA).

- Implementar ações corretivas: na etapa anterior são identificados os itens do sistema que possuem baixa confiabilidade e que por este motivo aumentam a probabilidade do evento de topo. Este último passo visa implementar ações corretivas para aumentar a confiabilidade destes itens.

Já para Kara-Zaitri (1996), a FTA pode ser dividida convenientemente em quatro fases principais: definição de sistema; construção de árvore de falha; avaliação qualitativa; avaliação quantitativa.

Alberton (1996) apresenta alguns dos muitos símbolos utilizados na construção de uma FTA, conforme mostrado na figura 2.1.

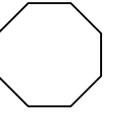
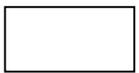
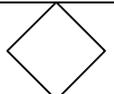
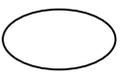
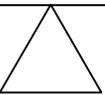
	Módulo ou comporta "E".
	Módulo ou comporta "OU".
	Módulo ou comporta de inibição. Permite aplicar uma condição ou restrição à seqüência.
	Identificação de um evento particular, topo ou contribuinte.
	Falha primária de um ramo ou série. Evento básico.
	Normalmente um evento que sempre ocorre, a menos que ocorra falha.
	Evento não desenvolvido. Falta de informação ou de consequência suficiente.
	Indica ou estipula restrições.
	Símbolo de conexão a outra parte da árvore.

Figura 2.1- Simbologia lógica de uma árvore de falhas  
Fonte: Alberton (1996)

O círculo denota um evento de falha básico ou a falha de um componente elementar. O retângulo denota um evento de falta que é o resultado de uma combinação lógica de eventos de falha através da entrada lógica dos portões E e OU. O losango representa um evento de falha cuja causa não foi inteiramente descoberta por falta de informação necessária ou falta de interesse. Os portões E, também chamados de módulo ou comporta, significam que um evento de falha de saída ocorre apenas se todos os eventos de falha de entrada ocorrerem. Por outro lado, os portões OU significam que um evento de falha de saída ocorre se qualquer um (ou mais de um) dos eventos de entrada ocorrerem.

#### 2.3.1.4 Exemplos de FTA

A figura 2.2 mostra uma Árvore de Falha bem simples. Para um sistema composto por dois compressores falhar, o compressor 1 tem que falhar e o compressor 2 ao mesmo tempo não estar disponível para funcionar em seu lugar. Existe um portal E ligando o evento de topo aos dois eventos primários.

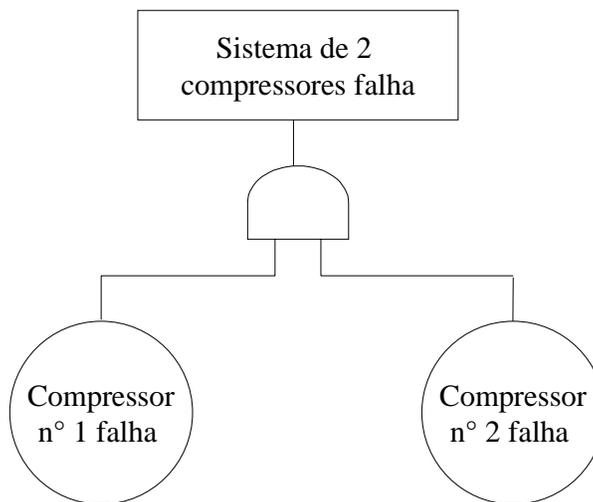


Figura 2.2- Árvore de Falha de um sistema com dois compressores

Fonte: Aneziris e Papazoglou (2004)

Já na figura 2.3 o evento de topo acontece por um erro da enfermeira OU um erro do médico. É utilizado um portal OU para representar as hipóteses de acontecer o evento. Assim como também são utilizados portais OU para ligar os eventos intermediários aos eventos primários.

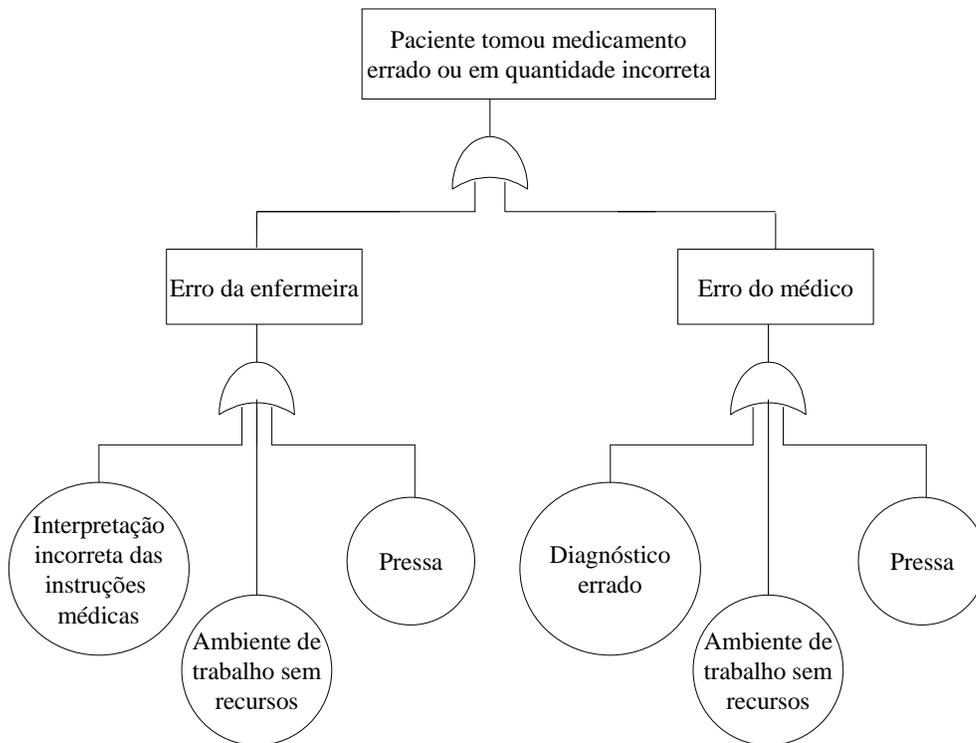


Figura 2.3- Árvore de Falha para um erro no atendimento à um paciente em um hospital

Fonte: Dhillon (2003)

A figura 2.4, por sua vez, representa uma árvore maior. No entanto, nesta árvore não são utilizados os portais lógicos. Como salientado por Helman e Andery (1995), a impossibilidade de realização da análise quantitativa para determinar qual a probabilidade de falha do evento de topo não invalida a lógica inerente ao método que permanece contida na determinação da relação funcional entre os eventos que conduzem ao evento de topo.

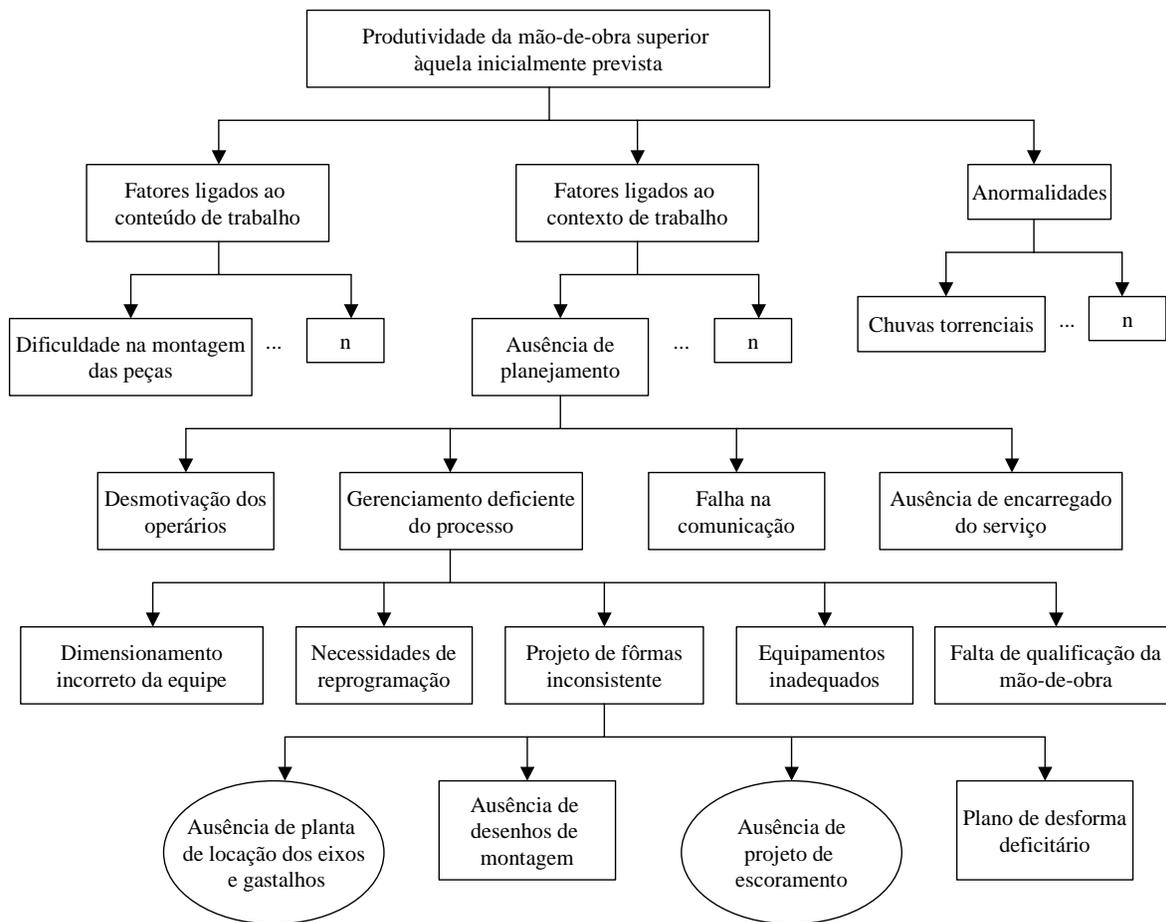


Figura 2.4- Árvore de Falhas para o serviço de concretagem  
 Fonte: Araújo *et al* (2001)

### 2.3.2 ETA- Análise da árvore de eventos

A técnica pesquisada no item anterior, a FTA, seria uma boa opção para fazer a diagramação, ou seja, através dos modos de falhas encontrar as causas responsáveis. No entanto, a pesquisa teve continuidade para verificar a existência de mais técnicas de causa e efeito que pudessem auxiliar na etapa de diagramação e posterior seleção da mais adequada. A segunda ferramenta pesquisada com esta finalidade foi a *Event Tree Analysis*.

*Event Tree Analysis* (ETA) ou a Análise da Árvore de Eventos (AAE) é um método lógico-indutivo para identificar as várias e possíveis conseqüências resultantes de um certo evento inicial.

A ETA inicia com um evento novo e move-se para a frente, preferencialmente, do início para o final do evento. Esse método permite a análise de cada etapa através de um cenário cronológico, enquanto considera a resposta do sistema de segurança e do pessoal de operação (ALBERTON, 1996). Se forem conhecidas as probabilidades de cada evento, pode ser calculada a probabilidade do evento inicial, mas de acordo com Roque-Specht (2002), é difícil o caso em que tais probabilidades são conhecidas.

Alberton (1996) cita que nas aplicações de análise de risco, o evento inicial da árvore de eventos é, em geral, a falha de um componente ou subsistema, sendo os eventos subsequentes determinados pelas características do sistema.

De acordo com Roque-Specht (2002) a ETA é similar à FTA em alguns passos. Como na FTA, desenvolve-se um esboço da estrutura da análise de eventos com cenários de perigo. No entanto, a diferença é que enquanto a FTA apresenta uma árvore lógica orientada verticalmente, na ETA estas árvores são construídas horizontalmente.

Segundo Alberton (1996), as seguintes etapas devem ser seguidas para o traçado da árvore de eventos:

- Definir o evento inicial que pode conduzir ao acidente;
- Definir os sistemas de segurança (ações) que podem amortecer o efeito do evento inicial;
- Combinar em uma árvore lógica de decisões as várias seqüências de acontecimentos que podem surgir a partir do evento inicial;
- Calcular as probabilidades associadas a cada ramo do sistema que conduz a alguma falha (acidente), uma vez que a árvore de eventos esteja construída.

Alberton (1996) ainda relata que a árvore de eventos deve ser lida da esquerda para a direita. Na esquerda começa-se com o evento inicial e segue-se com os demais eventos seqüenciais. A linha superior é NÃO e significa que o evento não ocorre, a linha inferior é SIM e significa que o evento realmente ocorre. O exemplo genérico da figura 2.5 representa esquematicamente o funcionamento da técnica de ETA.

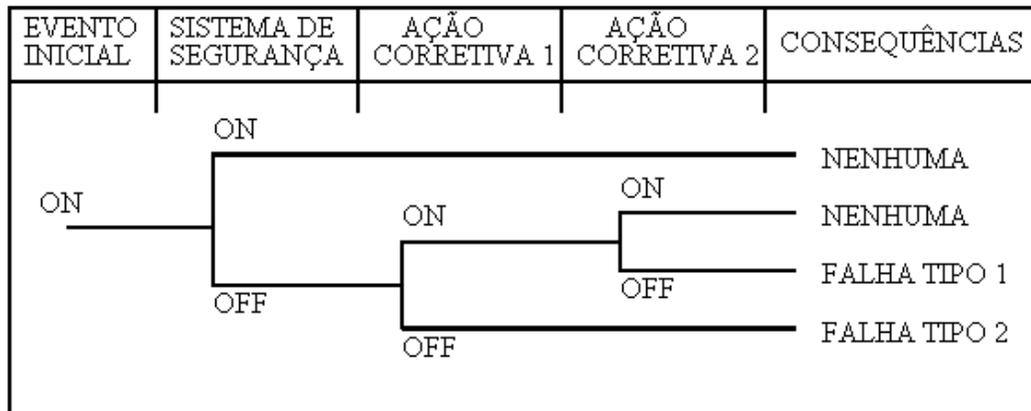


Figura 2.5- Esquema de funcionamento da ETA

Fonte: Alberton (1996)

Alberton (1996) ainda apresenta um exemplo fictício para proceder a análise quantitativa, de acordo com o mostrado na figura 2.6, que investiga a probabilidade de descarrilamento de vagões ou locomotivas, dado que existe um defeito nos trilhos.

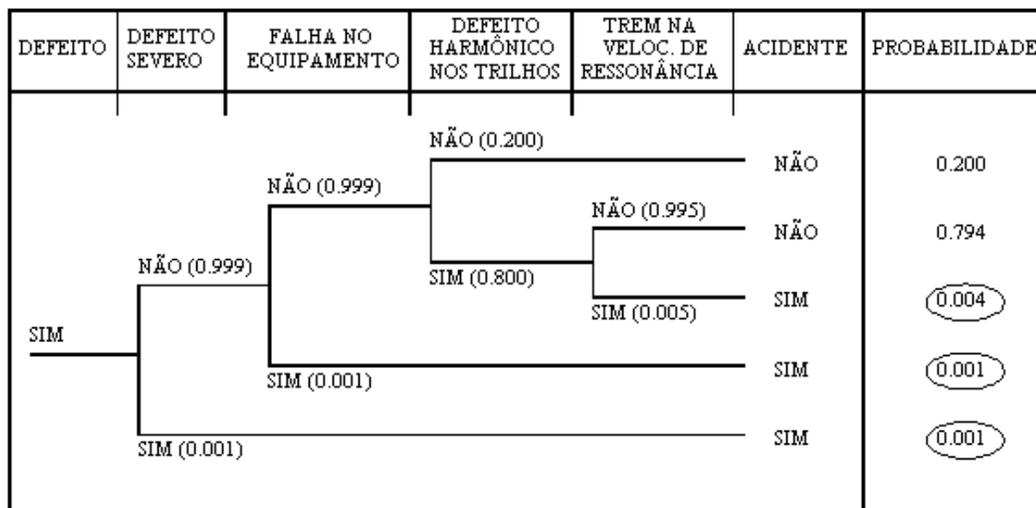


Figura 2.6- Exemplo fictício de aplicação da ETA

Fonte: Alberton (1996)

Conforme mostrado na figura 2.6, o descarrilamento pode ser causado por qualquer uma das três falhas assinaladas e, portanto, a probabilidade de que um defeito nos trilhos produza descarrilamento é a soma simples das três possibilidades, ou seja, 0,6%.

### 2.3.3 Diagrama Sistemático e Diagrama de Afinidade

A pesquisa teve continuidade para verificação da existência de uma ferramenta mais adequada para a fase de diagramação. Apesar da FTA e da ETA serem ferramentas que permitem o mapeamento, elas exigiriam uma base de dados de um período considerável para uma aplicação mais perfeita e para a análise quantitativa, que apesar de não ser necessária, caracteriza estas técnicas. Deste modo, o Diagrama de Árvore, também conhecido como Diagrama Sistemático foi encontrado e selecionado como a ferramenta mais adequada para a fase de diagramação. Nesta fase da pesquisa tivemos contato com as Sete Novas Ferramentas da Qualidade e o Diagrama Sistemático também foi escolhido como ferramenta adequada para auxiliar na padronização das falhas.

#### 2.3.3.1 As Sete Novas Ferramentas da Qualidade

He *et al* (1996) descreveu que o Dr. Kaoru Ishikawa desenvolveu sete ferramentas de controle de qualidade juntas, chamadas Sete Ferramentas de Controle da Qualidade, que foram utilizadas sistematicamente para melhoria dos processos desde os anos 60. Estas ferramentas se mostraram muito úteis. No entanto, seis destas ferramentas são utilizadas para análise de dados numéricos e não são capazes de lidar com dados não-numéricos. Desta forma as Sete Novas Ferramentas da Qualidade (ou Sete Ferramentas de Gerenciamento) foram compiladas em 1980 pela *Union of Japanese Scientists and Engineers* (JUSE). Os mesmos autores ressaltam que as sete ferramentas antigas são mais voltadas para o controle de qualidade e que as sete ferramentas novas são mais voltadas para o planejamento e gerenciamento das operações de qualidade. Além disto, He *et al* (1996) expõe que as Sete Novas Ferramentas começaram uma nova era baseada em duas necessidades fundamentais: a criação de adicionar valor mais do que as necessidades do cliente e a prevenção, ao invés da retificação das falhas relacionadas com as necessidades dos clientes. He *et al* (1996) finaliza a comparação entre as sete antigas e novas ferramentas concluindo que as sete ferramentas novas são mais qualitativas e difíceis de utilizar.

Também chamadas de Ferramentas da Administração, este conjunto de técnicas é utilizado para a organização do pensamento e o planejamento da qualidade. Este grupo de ferramentas é voltado para o tratamento de dados não numéricos, complementando assim, uma lacuna deixada pelas sete ferramentas da qualidade. De acordo com Correia (2003), como o conceito de *Total Quality Control* (TQC) aborda todas as áreas da empresa, estas ferramentas

visam, então, fornecer às áreas administrativas subsídios para o gerenciamento da qualidade. Neste sentido, este grupo é de interesse especial para o setor de serviços, tomando os problemas baseados em dados qualitativos mais compreensíveis, possibilitando uma análise mais eficiente.

As Sete Novas Ferramentas da Qualidade, de acordo com Mizuno (1993), representam um conjunto de ferramentas gerenciais da qualidade e são as seguintes: Diagrama de Afinidades; Diagrama de Árvore; Diagrama de Relação; Diagrama de Setas; Matriz de Relacionamento; Carta Programa de Processo de Decisão (PDPC) e Matriz de Priorização. Babbar *et al* (2002) cita que as sete ferramentas tradicionais de gerenciamento da qualidade (Lista de Verificação ou *Check List*, Estratificação, Diagrama de Causa-Efeito, Gráfico de Pareto, Histograma, Diagrama de Correlação e Cartas de Controle) foram desenvolvidas para auxiliar na solução de problemas encontrados nos círculos de qualidade. Assim que estas ferramentas foram assimiladas nos programas de qualidade, novas ferramentas foram exploradas e uma lista de Sete Novas Ferramentas para Qualidade foi desenvolvida.

Conforme o relatado em Anjard (1995) e Babbar *et al* (2002), tais ferramentas tiveram suas raízes em trabalhos de líderes japoneses no Gerenciamento da Qualidade Total. Este esforço japonês depois foi conduzido para um comitê da *Society for Quality Control Technique Development*. Entre os anos de 1972 e 1979 este comitê testou e refinou individualmente cada uma das sete ferramentas e as mesmas foram introduzidas popularmente nos negócios desde os anos 90. O termo “novas” foi utilizado primeiramente no Japão. Ambos os autores ainda citam que mais recentemente, estas ferramentas foram renomeadas “*Management and Planning Tools*” com o objetivo de enfatizar a importância gerencial.

O objetivo destas sete ferramentas é converter uma situação de aparente caos em um plano de ação implementável e que possa ser trabalhado. As ferramentas permitem que os gerentes transformem criatividade em mudanças reais.

Anjard (1995), ainda cita alguns fatos que reforçam a idéia de que estas ferramentas podem ser armas realmente úteis para as empresas:

- Myron Tribus, um dos maiores experts em qualidade, acredita que as sete ferramentas de gerenciamento e planejamento fornecem uma estrutura que permite organizar idéias da mesma maneira que a matemática permite a organização dos números.

- Muitas companhias japonesas incluíram as sete ferramentas em seus treinamentos de Círculo da Qualidade. Isto indica uma certa forma de “despecialização”, no qual o conhecimento e a habilidade são dispersos através da organização.
- Muitas das ferramentas contribuem para o consenso. Conforme citado pelo autor, pela primeira vez foi possível utilizar ferramentas que levam ao consenso através de um processo físico. Por exemplo, quando um Diagrama de Afinidades está sendo construído, chega-se ao consenso quando nenhum dos participantes sente necessidade de alterar algum dado de posição.

Velho (1995) já ressaltava que a grande quantidade de variáveis envolvidas na prestação de serviços gera situações confusas em função do grande número de informações a serem administradas. As ferramentas da administração, especialmente o Diagrama em Árvore, o Diagrama de Afinidades e a Matriz de Priorização auxiliam bastante o processo de aperfeiçoamento contínuo da qualidade do serviço prestado, esclarecendo situações confusas e/ou complexas.

Apesar destas técnicas poderem ser utilizadas sozinhas de maneira bastante eficaz, Anjard (1995) salienta que um efeito completo é atingido quando elas são utilizadas conjuntamente para tornar uma situação caótica em um plano de ação que visa a melhoria. Além disto, estas técnicas podem se tornar muito poderosas quando combinadas em um ciclo de atividades no qual o *output* de uma técnica torna-se o *input* de uma próxima técnica. É exatamente isto o que ocorre neste trabalho, o Diagrama de Afinidades torna-se o *input* para a fase onde será utilizada o Diagrama Sistemático.

Abaixo estão explicadas de maneira sucinta as Novas Ferramentas da Administração, com exceção do Diagrama de Afinidades e do Diagrama Sistemático, que serão abordados mais detalhadamente devido a importância deles no presente trabalho.

### **i) Diagrama de Relação**

Segundo Moura (1993), o Diagrama de Relação mostra os diversos fatores ou itens relevantes em uma situação ou problema complexo, indicando as relações lógicas entre os mesmos através de setas, de modo a facilitar o entendimento amplo, a identificação de fatores e a busca de soluções adequadas.

O diagrama de relação é adaptável tanto a um assunto operacional específico como a problemas organizacionais de ordem geral. Mattos (1998) cita uma aplicação clássica dessa ferramenta na Toyota: ele focalizava todos os fatores envolvidos no estabelecimento de um “sistema de quadros de avisos” como parte de seu programa de JIT. O mesmo autor cita que por outro lado, esse diagrama também foi usado para tratar de assuntos relacionados com o problema de obter o apoio da alta administração para o TQM.

De acordo com Mattos (1998), o diagrama de relação pode ser usado quando:

- Um assunto é tão complexo, que se torna difícil determinar as inter-relações entre idéias;
- A seqüência correta de ações da gerência é fundamental;
- Existe um sentimento ou suspeita de que o problema em discussão seja apenas um sintoma;
- Há tempo bastante para completar o processo necessário de reiteração e definir causa e efeito.

A figura 2.7 mostra o formato de um Diagrama de Relação:

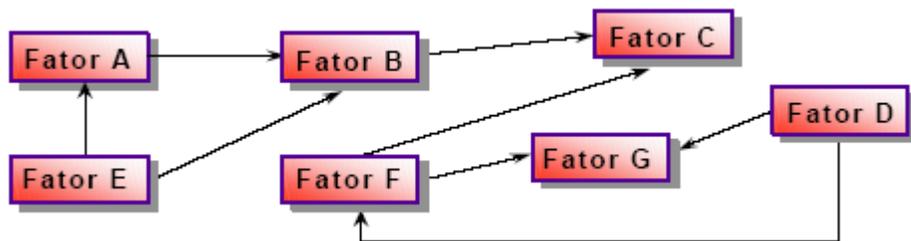


Figura 2.7- Diagrama de Relação  
Fonte: Silva (2001)

## ii) Diagrama de Setas

Segundo Mattos (1998), esta ferramenta, também chamada de diagrama de atividades, detalha o encadeamento das atividades de um plano, além de permitir o acompanhamento do mesmo através da representação do andamento do processo de realização do programa em forma de rede. Desta forma, possibilita elaborar o programa diário mais adequado e esclarecer os passos críticos no controle do desenvolvimento de projetos.

Costuma ser associado ao modelo *Programme Evolution and Review Technique* (PERT), tendo o mesmo objetivo que ele, mas com ações muito mais simplificadas. O diagrama de setas só pode ser utilizado se todas as informações associadas à execução das atividades estão disponíveis e são compatíveis (MIZUNO, 1993).

Existem refinamentos e modificações que podem ser aplicados para melhor detalhar o diagrama de setas ou para considerar contingências. A técnica é amplamente usada no planejamento de projeto, onde é conhecida como análise do caminho crítico (CPA – *Critical Path Analysis*) (MIZUNO, 1993; MOURA, 1993).

A figura 2.8 mostra a forma de um Diagrama de Setas.

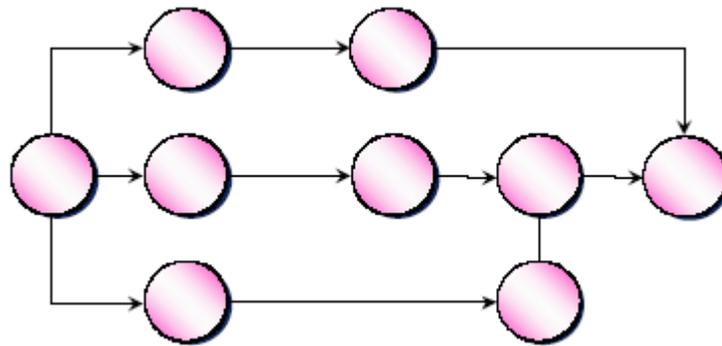


Figura 2.8 - Diagrama de Setas  
Fonte: Silva (2001)

### iii) Matriz de Relacionamento

Segundo Correia (2003), a matriz de relacionamento, conhecida também como diagrama de matrizes, é utilizada para analisar a existência e o grau de relacionamento entre dois ou mais grupos de dados. Existem muitas versões do diagrama de matriz, porém o mais usado é uma matriz simples em forma de “L”, conhecida como tábua da qualidade. Este diagrama é uma simples representação bidimensional que mostra a interseção de pares relacionados de itens.

Mizuno (1993) e Moura (1993) citam que a Matriz de Relacionamento pode ser usada para mostrar relacionamento entre itens em todas as áreas operacionais, inclusive nas áreas de administração, de manufatura, de pessoal, de pesquisa e desenvolvimento, para identificar todas as tarefas da organização que precisam ser realizadas e como elas devem ser atribuídas às pessoas.

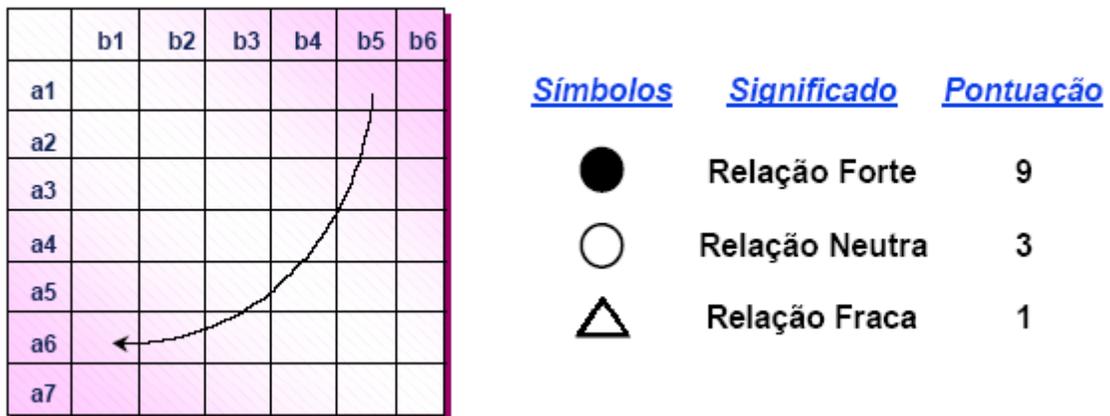


Figura 2.9- Matriz de Relacionamento  
Fonte: Silva (2001)

#### iv) Matriz de Priorização

A matriz de priorização é usada para tomar os dados mostrados em uma matriz de relacionamento e ordená-los de modo que possam ser percebidos mais facilmente e que mostrem a intensidade do relacionamento entre as variáveis. É usado mais frequentemente em *marketing* e pesquisa de produto. O conceito de análise de dados de matriz é muito simples, porém, sua execução (incluindo coleta de dados) é complexa (MIZUNO, 1993; MOURA, 1993).

Correia (2003) cita que uma utilização usual da Matriz de Priorização refere-se à determinação do perfil de um conjunto de consumidores. A matriz determina as contribuições individuais para o resultado final do processo. Essa informação pode ser usada com algum tipo de análise demográfica para que seja desenvolvido um plano de *marketing*.

#### v) Carta Programa de Processo de Decisão

Segundo Mizuno (1993) e Moura (1993) a carta programa de processo de decisão ou PDPC (*Process Decision Programme Chart*) é um método que visa prever as ocorrências durante um processo através de planejamento de possíveis caminhos em diferentes situações. Desta forma é possível escolher a situação mais desejável ou prevenir contra as indesejáveis agindo antes que estas ocorram. Em resumo, são esquematizadas possíveis decorrências de decisões relativas à solução de um problema. Mizuno (1993) e Moura (1993) também ressaltam que o diagrama tende a detectar situações não previstas, possibilitando abortar sua ocorrência ou, caso ela seja inevitável, listar as ações para neutralizá-la. Assim, pode-se tanto antecipar quais problemas serão derivados de uma tomada de decisão, quanto evitar sua ocorrência. É um diagrama parecido com

o diagrama árvore: parte-se de uma situação-núcleo para expandir sua análise em várias direções (ramos), com o objetivo de eliminar a ocorrência de elementos inesperados ou minimizar sua influência no processo.

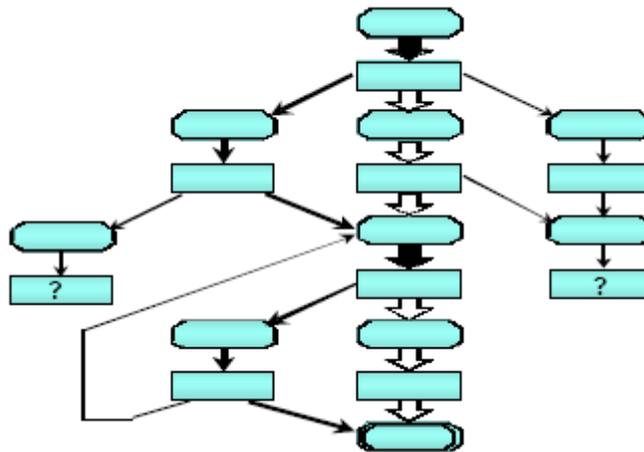


Figura 2.10- Carta Programa de Processo de Decisão  
Fonte: Silva (2001)

#### vi) Diagrama de Afinidades

A primeira ferramenta utilizada na parte prática do presente trabalho é o Diagrama de Afinidades. Segundo Werkema (1995), o Diagrama de Afinidades utiliza as similaridades entre dados não numéricos para facilitar o entendimento, de forma sistemática, da estrutura de um problema. Velho (1995) cita de forma resumida e simplificada que o Diagrama de Afinidades é uma ferramenta utilizada para esclarecer problemas ou situações importantes onde o estado inicial é confuso, desordenado ou inexplorado.

Esta ferramenta é baseada no chamado método KJ desenvolvido por Jiro Kawakita, um antropólogo japonês, para lidar com uma vasta quantidade de observações e notas que foram acumuladas durante um longo estudo antropológico (BABBAR *et al*, 2002). O método KJ é uma maneira eficiente de examinar cuidadosamente uma grande quantidade de dados qualitativos e de identificar padrões escondidos em um grande número de observações.

O Diagrama de Afinidades é utilizado para: mostrar a direção adequada a ser seguida em um processo de solução de problemas; organizar as informações disponíveis para a solução de um problema e organizar as idéias provenientes de alguma avaliação. Geralmente o Diagrama de

Afinidades é empregado nas sessões de “*Brainstorming*” realizadas nos trabalhos em grupo (Werkema, 1995).

De acordo com Mattos (1998), o Diagrama de Afinidades é uma ferramenta que requer mais criatividade do que lógica. Em geral, busca reunir grandes quantidades de dados de comunicação (idéias, relatórios, opiniões) e organizá-los em grupos baseados na relação natural entre os mesmos. Em outras palavras, é uma forma de *Brainstorming*.

Nos negócios, o Diagrama de Afinidades foi inicialmente utilizado nos programas de gerenciamento da qualidade, mas desde então tem sido utilizado em outras áreas para o planejamento estratégico (BABBAR *et al*, 2002);

A figura 2.11 mostra um exemplo de um Diagrama de Afinidades retirado de um trabalho de Velho (1995).

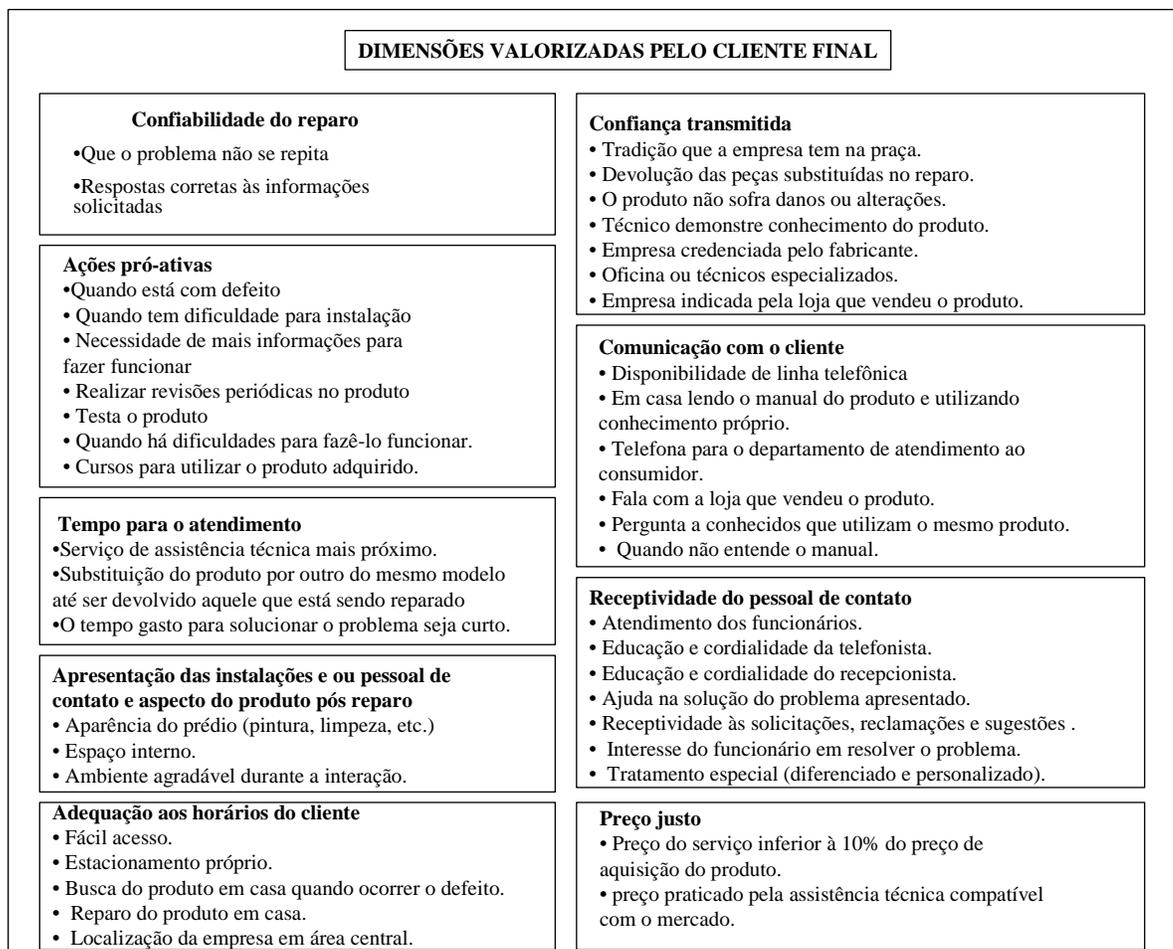


Figura 2.11- Diagrama de Afinidades das Dimensões Valorizadas pelo Cliente Final  
Fonte: Velho (1995)

Velho (1995) cita que o trabalho tinha o seguinte contexto: uma equipe tinha por objetivo elaborar um modelo de valor para clientes finais de produtos eletroeletrônicos. Para auxiliar na elaboração de tal modelo a equipe utilizou-se dos conceitos do diagrama de afinidades agrupando por afinidade mútua as expectativas e necessidades dos clientes finais manifestadas nas respostas de uma pesquisa realizada. A figura 2.11 apresenta o diagrama de afinidades, cujos rótulos foram consideradas as dimensões do serviço valorizadas pelo cliente final, elaborado a partir de uma pesquisa.

Outro exemplo do uso do Diagrama de Afinidades aparece no trabalho de Babbar *et al* (2002). Nesta pesquisa um Diagrama de Afinidades foi utilizado para identificar e definir fatores que capturam e explicam problemas inerentes ao uso de produtos manufaturados comuns. O estudo referido e o diagrama de afinidades que foi originado com ele serviu para fornecer informações para projetistas e gerentes sobre aspectos que podem ser úteis no projeto de produtos, de modo que os tornem mais fáceis de usar e que atendam melhor às necessidades do consumidor.

Parnell *et al* (1998) expõe que o desenvolvimento de um Diagrama de Afinidades envolve um número de passos. Tanto o exemplo da figura 2.11 quanto o desenvolvido neste trabalho seguiram estes passos:

- Para iniciar, é necessário a reunião de uma equipe e o problema a ser resolvido é exposto em forma de uma pergunta.
- O próximo passo consiste em uma sessão de *Brainstorming* que dará como resultados uma série de respostas para a pergunta inicial. Cada resposta é reduzida em uma sentença pequena ou em uma frase contendo apenas um nome e um verbo. Estas respostas devem ser colocadas aleatoriamente em um local que todos os membros da reunião possam ver e que seja de fácil movimentação.
- Estas notas devem então ser reunidas em grupos relatados pelos membros da equipe até que haja um consenso entre a equipe em tal organização das características nos grupos.
- Finalmente o Diagrama de Afinidades é desenhado, mostrando os grupos criados e a distribuição das respostas nestes grupos.

Segundo Babbar *et al* (2002), devido ao fato dos dados serem de natureza qualitativa, o desenvolvimento de um Diagrama de Afinidades geralmente consome grande tempo, pois estes dados precisam de serem lidos, discutidos e resumidos.

Um Diagrama de Afinidades pode ter um fim em si mesmo, ou pode fornecer a base para análise futura (BABBAR *et al*, 2002). Neste trabalho o Diagrama de Afinidades trata-se de uma ferramenta preliminar para a fase de diagramação, ou seja, fornece base para uma outra análise.

### **vii) Diagrama de Árvore ou Diagrama Sistemático**

O Diagrama de Árvore (também chamado de Diagrama Sistemático ou Dendrograma) é empregado na definição da estratégia para a solução de um problema e na elucidação da essência (ponto principal) de uma área a ser aprimorada (WERKEMA, 1995). Segundo Mizuno (1993), o Diagrama Sistemático representa acontecimentos na forma de uma árvore e seus galhos. Ele expõe os meios necessários para alcançar metas e objetivos específicos, esclarece a essência do problema tornando visível a questão, em busca dos meios mais adequados para atingir os objetivos. Mizuno (1993) também ressalta que este método é eficiente para esclarecer os pontos-chave nas atividades de Círculo de Qualidade e desenvolver métodos eficazes de melhoria, além de permitir às pessoas envolvidas no negócio treinarem o pensamento em termos de meios e objetivos. Isto porque envolvidos em suas atividades profissionais diárias, é muitas vezes difícil para estas pessoas terem noções claras dos meios e objetivos. O Diagrama Sistemático diminui esta dificuldade.

Esta ferramenta é utilizada para mapear sistematicamente toda a série de atividades que devem ser realizadas para atingir um objetivo almejado. De acordo com Mattos (1998), tem sido considerado de grande utilidade em situações quando:

- Necessidades muito mal definidas devem ser traduzidas em características operacionais sendo necessário identificar as características que podem ser controladas de imediato.
- As possíveis causas de um problema precisam ser exploradas. Esse uso é muito semelhante ao Diagrama de Causa Efeito ou Gráfico de Espinha de Peixe. Esta é a aplicação no caso do presente trabalho.
- Identificar a primeira tarefa que deve ser realizada quando se tem em mira um amplo objetivo da organização.

- O assunto em foco apresenta complexidade e há tempo disponível para a solução.

Mizuno (1993), reforça a utilização do Diagrama Sistemático para encontrar as causas de um problema. Apesar de um Diagrama de Causa e Efeito (Espinha de Peixe ou Ishikawa) permitir tal trabalho e de seu uso ser simples e eficaz, Mizuno (1993) cita alguns casos que tornam a utilização do Diagrama de Ishikawa ineficiente:

- Quando as causas no nível de amostra precisam ser comparadas, examinadas e avaliadas;
- Quando a influência de cada causa é quantificada e expressa em um diagrama semelhante ao citado no item anterior;
- Quando o número de causas é muito grande;
- Quando as causas de nível inferior necessitam de exame em relação às medidas necessárias, aos detalhes de procedimento ou a uma lista de normas.

Nos casos citados acima, uma solução é ordenar as causas e os efeitos na forma de um Diagrama Sistemático. Um Diagrama Sistemático que expressa as causas e seus efeitos é denominado Diagrama Sistemático de Causa e Efeito. Um Diagrama de Causa e Efeito e um Diagrama Sistemático de Causa e Efeito expressam um fato ou processo idêntico de duas formas diferentes (MIZUNO, 1993).

Uma técnica que foi amplamente utilizada durante o trabalho, principalmente para elaboração do Diagrama de Afinidades e do Diagrama Sistemático foi o *Brainstorming*. Segundo Mattos (1998), o *Brainstorming* é uma rodada de idéias, destinada à busca de sugestões através do trabalho em grupo, para inferências sobre causas e efeitos de problemas e sobre tomada de decisão. O mesmo autor aponta como aspecto positivo na utilização desta técnica o seguinte fato:

No dia a dia das empresas, os profissionais se colocam frente a um problema, e muitas vezes fica difícil sair de situações inusitadas. Por mais bem treinados que estejam, surge o impasse. Isso se deve muitas vezes à própria base de conhecimento, recebida em treinamentos, ou mesmo durante a formação acadêmica, que privilegia um enfoque rígido de pensamento. O *Brainstorming* busca romper com este paradigma na abordagem das questões. Espera-se liberar os membros da equipe de formalismos limitantes, que inibem a criatividade, e, portanto, reduzem as opções de soluções e meios. Busca-se encontrar a diversidade de opiniões e idéias (MATTOS, 1998).

## **2.4 Gestão da Manutenção**

### **2.4.1 Considerações iniciais sobre a gestão da manutenção**

Kiyoshi Suzaki (1987) já alertava que um esquecimento comum em empresas que visam atingir status de empresas de classe mundial é com relação à atenção com as atividades de manutenção. O mesmo autor relata que muitos programas computacionais sofisticados estão sendo desenvolvidos, no entanto, sem os esforços combinados de operários, gerência, equipe de manutenção e outros suportes pessoais é impossível atingir uma manutenção de empresas de grande porte.

Nunes (2001) relata que a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, na norma TB-116 de 1975, definia manutenção como o conjunto de todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição especificada. Na versão revisada de 1994, norma NBR-5462, a manutenção é indicada como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Para alguns autores como Stamatis (2003) e Slack *et al* (1997), manutenção é o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas, cuidando de suas instalações físicas. Esta abordagem enfatiza a prevenção e a recuperação de falhas, como uma importante área de atuação da manutenção, embora se entenda que não envolve a sua completa amplitude. Em linhas gerais, pode-se afirmar que as causas e os efeitos das falhas merecem atenção especial e permanente, assim como o desenvolvimento de ações pró-ativas, com vistas a minimizar a ocorrência e as conseqüências das falhas, caso ocorram. Esta é a abordagem utilizada neste trabalho, um estudo das falhas, suas causas e efeitos para evitar a reincidência dos mesmos.

### **2.4.2 Tipos de manutenção**

As atividades de manutenção de uma organização consistem em uma combinação de três abordagens básicas para cuidar de suas instalações físicas: manutenção corretiva, manutenção preditiva e manutenção preventiva. Moubrey (2000) apresenta estas três abordagens como sendo uma evolução histórica da manutenção e dos processos industriais e as aborda como tendo base em três gerações distintas. A primeira geração representou a ênfase no conserto após a falha. A segunda geração, por sua vez, esteve associada ao surgimento de maiores exigências com relação

à disponibilidade operativa e a vida útil dos equipamentos, a custos menores. Já a terceira geração, que se refere aos tempos atuais, diz respeito aos requisitos característicos, como: maior disponibilidade, confiabilidade, segurança e vida útil, com ausência de danos ao meio-ambiente e ações de manutenções eficazes, aliadas aos custos envolvidos.

Battikha (1992) explica que a manutenção corretiva, como o próprio nome indica, implica em deixar as instalações operarem até que quebrem. Desta forma a manutenção só é realizada depois da falha ter ocorrido e obviamente não é programada. É utilizada com frequência nos casos em que o conserto é fácil, quando a manutenção regular é muito cara ou quando a falha não é previsível de forma nenhuma. Neste caso, as falhas não são nem catastróficas, nem tão frequentes que exijam verificações regulares nas instalações.

A manutenção corretiva pode ser entendida como todo trabalho de manutenção realizado após a falha do equipamento, visando restabelecê-lo à sua função requerida, eliminando o estado de falha. De acordo com Nunes (2001), associado a essa concepção, a manutenção corretiva pode ser subdividida em dois tipos: paliativa, que compreende as intervenções corretivas executadas provisoriamente, a fim de colocar o equipamento em funcionamento, para, a seguir, executar o reparo definitivo); e, curativa, que compreende as intervenções típicas de reparo em caráter definitivo, a fim de restabelecer o equipamento à função requerida.

De acordo com Battikha (1992) a *preventive maintenace* (PM) é programada e realizada geralmente em intervalos de tempo pré-fixados. Ela tem como objetivo a eliminação ou redução das probabilidades de falha através de tarefas de manutenção como limpeza, lubrificação, substituição e verificação das instalações em intervalos pré-planejados. É utilizada quando o custo da falha não planejada é alto e quando a falha não é totalmente aleatória.

A manutenção preventiva por sua vez é definida para a situação em que não se caracterizou um estado de falha. Sendo assim, essa forma de manutenção é aquela realizada em um equipamento com a intenção de reduzir a probabilidade de ocorrência da falha. É uma intervenção de manutenção prevista, preparada ou programada antes da data provável do aparecimento da falha (NUNES, 2001).

Segundo Battikha (1992), o outro tipo de manutenção, conhecida como manutenção preditiva, visa realizar manutenção somente quando as instalações realmente precisarem. Para verificar esta necessidade são monitoradas através de sensores algumas características dos equipamentos sujeitos à manutenção, tais como: vibração, temperatura e pressão. O mesmo autor

alerta para o fato de que em muitos casos a manutenção preditiva é considerada parte da manutenção corretiva. Esta abordagem de manutenção é utilizada quando a atividade de manutenção é cara, seja devido ao custo de manutenção em si, ou devido à interrupção da produção para realização da manutenção.

Existe um debate com relação às vantagens e desvantagens da manutenção preventiva versus a manutenção corretiva, de acordo com Battikha (1992). De um lado, se as falhas ocorrerem em um momento inadequado elas podem causar perda na produção e até mesmo afetar a segurança humana. De outro lado, se a manutenção preventiva for programada com intervalos de períodos muito longos uma quebra provavelmente irá ocorrer antes da manutenção. No entanto, se o período programado for muito curto o gasto será muito alto. Conseguir a programação ideal da manutenção preventiva é uma tarefa difícil, deve ser baseada em fatos e na frequência.

O que geralmente ocorre em uma organização é uma combinação das três abordagens de manutenção. Isto se deve ao fato de que diferentes elementos de determinada instalação têm características diferentes.

Outro aspecto importante leva em consideração a adoção da *Total Productive Maintenance* (TPM). Nakajima (1989), alerta para o fato que TPM “constitui a manutenção conduzida com a participação de todos”. O mesmo autor relata que conforme a definição de 1971, TPM significa:

- “A busca da maximização do rendimento operacional das máquinas e equipamentos.
- Sistema total que engloba todo o ciclo de vida útil da máquina e do equipamento.
- Um sistema onde participam o “*staff*”, a produção e a manutenção.
- Um sistema que congrega a participação de todos, desde os da alta direção até os últimos operacionais.
- Movimento motivacional na forma de trabalho em grupo, através da condução de atividades voluntárias.”

A letra T em TPM, segundo Nakajima (1989), tem três significados:

- Rendimento total das máquinas, proveniente da maximização do rendimento operacional global.
- Sistema total, proveniente do enfoque global do envolvimento da engenharia, produção e manutenção.

- Participação de todos (total).

Segundo Slack *et al* (1997) e Nakajima (1989), a MPT visa estabelecer boa prática de manutenção na produção através da perseguição das “cinco metas da MPT”, também chamados de “cinco pilares de sustentação do MPT”:

1. Incorporação de melhorias específicas e individualizadas nas máquinas: para o cumprimento nesta meta é necessário o exame das instalações que estão contribuindo para a eficácia da produção através da análise de todas as perdas que ocorrem.
2. Estruturação para condução da manutenção voluntária ou autônoma: permitir que o pessoal que opera ou usa os equipamentos da produção assumam a responsabilidade por pelo menos algumas das tarefas de manutenção. Um outro aspecto que deve ser levado em consideração é o encorajamento do pessoal da manutenção para que eles assumam a responsabilidade pela melhoria do desempenho de manutenção.
3. Estruturação do setor de manutenção para condução da manutenção planejada: ter uma abordagem totalmente elaborada para todas as atividades de manutenção.
4. Treinamento de todo o pessoal em habilidades de manutenção relevantes: a MPT enfatiza fortemente o treinamento adequado e contínuo.
5. Estruturação para controle dos equipamentos já na fase inicial de funcionamento: evitar totalmente a manutenção através da PM. A PM tenta rastrear todos os problemas potenciais de manutenção até sua causa primeira e depois tenta eliminá-los.

### **2.4.3 Manutenção Centrada em Confiabilidade- MCC**

Em final dos anos 50, a indústria de aviação comercial começou a se preocupar com uma forma de otimizar a manutenção das aeronaves. Netherton (2004) apresenta dados que justificam tal preocupação: naquela época, a aviação comercial ao redor do mundo sofria mais de 60 acidentes por milhão de decolagem, sendo dois terços desses acidentes causados por falha de equipamento. Esta estatística representaria, para os dias de hoje, dois acidentes de avião de 100 assentos ou mais, diariamente.

Devido ao fato mencionado acima as empresas aéreas começaram a monitorar suas aeronaves e gerar documentos para uma manutenção mais efetiva. Nunes (2001) relata que estudos mais detalhados foram solicitados pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, para a determinação de normas e procedimentos de manutenção, com base numa ampla análise

estatística. Os autores denominaram o documento de *Reliability Centered Maintenance* (RCM), que foi traduzido para Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).

No setor elétrico mundial, especificamente, existem referências de aplicações da MCC no segmento da geração nuclear, na França, pela *Electricité De France* (EDF), primeiro produtor mundial de energia nuclear civil; e, em *San Diego*, nos Estados Unidos, pelo *Electric Power Research Institute* (EPRI), além da utilização em algumas usinas nucleares no mundo, como cita Moubray (2000). Já no setor elétrico brasileiro, são conhecidas aplicações da MCC na área de subestações, em Furnas Centrais Elétricas (Vizzoni, 1998); na área de geração hidráulica e transmissão, na Companhia Paranaense de Energia (Copel), como apresentam Souza e Márquez (1998); e na área de geração hidrelétrica na Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), conforme Sarmiento (2001).

A literatura aponta a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) como uma ferramenta de manutenção, que visa racionalizar e sistematizar a determinação das tarefas adequadas a serem adotadas no plano de manutenção, bem como garantir a confiabilidade e a segurança operacional dos equipamentos e instalações ao menor custo (NUNES, 2001).

De acordo com Smith (1992), a MCC tem como objetivo “preservar as funções do sistema, identificar os modos de falha que afetam essas funções, determinar a importância das falhas funcionais [...] e selecionar as tarefas aplicáveis e efetivas na prevenção das falhas”.

Como definem Fleming *et al* (1997), a MCC envolve: “uma consideração sistemática das funções do sistema, a maneira como essas funções falham e um critério de priorização explícito baseado em fatores econômicos, operacionais e de segurança para a identificação das tarefas de manutenção aplicáveis tecnicamente e custos eficientes no combate a essas falhas .”

#### **2.4.4 Importância da Gestão da Manutenção**

Chavez e Medeiros (1998) reforçam que a função manutenção tem presença significativa em todos os segmentos do negócio, por exemplo: segurança, integridade ambiental, eficiência energética, qualidade do produto, disponibilidade, confiabilidade e custos operacionais. Segundo estes autores, em função disso, a responsabilidade a ser assumida pelas áreas de manutenção tende a ser bem mais abrangente. Essas áreas devem buscar a melhoria contínua no gerenciamento dos processos de trabalho. Assim, a manutenção representa uma das atividades

fundamentais no processo produtivo organizacional, ao ser vista como mola propulsora, que pode levar uma empresa a destacar-se, a partir de diferenciais competitivos.

Nunes (2001) destaca que, no tocante as empresas de energia elétrica, a década de 60 marcou o início dos esforços ordenados na estruturação de uma sistemática de manutenção, que permitisse atender a três compromissos básicos: garantia da continuidade de suprimento; garantia da qualidade de energia e minimização dos custos de suprimento.

Como um dos maiores empreendimentos realizados para a geração de energia, num trabalho conjunto entre o Brasil e o Paraguai, no sentido de melhor aproveitar os recursos hídricos do rio Paraná, foi construída, a partir da década de 70, a Usina Hidrelétrica de Itaipu. No ano de 2000, a usina “produziu cerca de 93.428 GWh, suprimindo 24% das necessidades de energia elétrica do Brasil e 95% dos requisitos do Paraguai” (ITAIPU BINACIONAL, 2001). A magnitude dos investimentos e dos equipamentos e a representatividade de Itaipu no mercado de produção de energia elétrica permitem inferir que a função de manutenção tem assumido um papel estratégico para a excelência do desempenho organizacional.

Nunes (2001) descreve que a sistemática de manutenção adotada em Itaipu, denominada Sistema de Operação e Manutenção (SOM), é essencialmente baseada no conceito de manutenção preventiva, ou seja, toda a manutenção é realizada com o propósito de reduzir a probabilidade de ocorrência de falha, em um determinado equipamento. O SOM tem como meta definir procedimentos de manutenção, que contemplem intervenções previstas, definidas e programadas, antes da data provável da ocorrência da falha.

## **2.5 Considerações sobre qualidade no fornecimento de energia elétrica**

Certamente, a distribuição de energia elétrica é um dos serviços de maior importância para a população, pois a energia é o recurso básico ao desenvolvimento. Esta enorme importância exige muita responsabilidade e monitoramento de todos tipos de detalhes, para que a qualidade do serviço não seja afetada.

No Brasil, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) tem como finalidade regular a prestação dos serviços de energia elétrica, expedindo os atos necessários ao cumprimento das normas estabelecidas pela legislação em vigor, estimulando a melhoria dos serviços, zelando pela sua boa qualidade e observando os princípios de proteção e defesa do consumidor (ANEEL,

2004). Para monitorar a qualidade da distribuição de energia elétrica, vinculada ao princípio da continuidade, foram estabelecidos os indicadores citados na resolução ANEEL n° 24, de 27 de janeiro de 2000. Os indicadores de continuidade estão divididos em indicadores de continuidade de conjunto (DEC e FEC) e indicadores de continuidade individuais (DIC, DMIC, FIC), que estão explicados à seguir, segundo a Resolução ANEEL n° 24 / 2000:

- Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC): Intervalo de tempo que, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica.
- Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC): Número de interrupções ocorridas, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado.
- Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (DIC): Intervalo de tempo que, no período de observação, em cada unidade consumidora ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica.
- Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora (DMIC): Tempo máximo de interrupção contínua, da distribuição de energia elétrica, para uma unidade consumidora qualquer.
- Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (FIC): Número de interrupções ocorridas, no período de observação, em cada unidade consumidora.

Segundo a Resolução n° 24/2000, a concessionária deverá apurar para todos os seus conjuntos de unidades consumidoras os indicadores de continuidade de conjunto com base nas fórmulas (1) e (2).

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca(i) \times t(i)}{Cc} \quad (1)$$

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca(i)}{Cc} \quad (2)$$

Onde:

DEC = Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora, expressa em horas e centésimos de hora;

FEC = Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora, expressa em número de interrupções e centésimos do número de interrupções;

Ca(i) = Número de unidades consumidoras interrompidas em um evento (i), no período de apuração;

t(i) = Duração de cada evento ( i ), no período de apuração;

i = Índice de eventos ocorridos no sistema que provocam interrupções em uma ou mais unidades consumidoras;

k = Número máximo de eventos no período considerado;

Cc = Número total de unidades consumidoras, do conjunto considerado, no final do período de apuração.

Segundo a Resolução nº 24/2000, a concessionária deverá apurar para todas as unidades consumidoras os indicadores de continuidade individuais com base nas fórmulas 3, 4 e 5.

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i) \quad (3)$$

$$FIC = n \quad (4)$$

$$DMIC = t(i) \max \quad (5)$$

Onde:

DIC = Duração das Interrupções por Unidade Consumidora considerada, expressa em horas e centésimos de hora;

FIC = Frequência de Interrupções por Unidade Consumidora considerada, expressa em número de interrupções;

DMIC = Duração Máxima das Interrupções por Unidade Consumidora considerada, expressa em horas e centésimos de hora;

i = Índice de interrupções da unidade consumidora, no período de apuração, variando de 1 a n;

n = Número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração;

$t(i)$  = Tempo de duração da interrupção (i) da unidade consumidora considerada, no período de apuração;

$t(i) \max$  = Valor correspondente ao tempo da máxima duração de interrupção (i), no período de apuração, verificada na unidade consumidora considerada, expresso em horas e centésimos de horas.

Dos índices citados acima, os coletivos devem aparecer nas contas dos clientes, de acordo com a Resolução nº 24/2000. Esta mesma resolução estabelece que a partir de janeiro de 2005 os índices individuais também deverão aparecer nas contas. As metas anuais destes indicadores são redefinidos exclusivamente no ano correspondente à revisão periódica das tarifas. Na redefinição é aplicada a metodologia de análise comparativa de desempenho da concessionária, tendo como referência os valores anuais dos atributos físico-elétricos e os valores de DEC e FEC encaminhados à ANEEL. Já os valores dos índices DIC e FIC são tabelados e constam na Resolução nº 24/2000 e o padrão do indicador DMIC corresponde a cinquenta por cento do padrão mensal do indicador DIC. Até agosto de 2004 as concessionárias puderam propor padrões diferentes dos estabelecidos nas tabelas de DIC e FIC da resolução citada.

Além dos índices de continuidade existem também outros, como os citados na Resolução nº 505, de 26 de novembro de 2001, que têm por finalidade monitorar a conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente. Estes indicadores também se dividem em indicadores individuais (DRC e DRP) e indicador coletivo (ICC), explicados cada um a seguir, de acordo com a Resolução nº 505/2001:

- Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica (DRC): indicador referente à duração relativa das leituras de tensão, nas faixas de tensões críticas, no período de observação definido, expresso em percentual.
- Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária (DRP): indicador referente à duração relativa das leituras de tensão, nas faixas de tensões precárias, no período de observação definido, também expresso em percentual.
- Índice de Unidades Consumidoras com Tensão Crítica (ICC): percentual da amostra com transgressão de tensão crítica.

Como pode ser percebido através dos índices apresentados, a ANEEL exerce um controle extremamente rigoroso sobre as concessionárias. Este controle tem por objetivo garantir a qualidade da energia, ou seja, incentiva as distribuidoras de energia a evitarem ao máximo a

ocorrência de falhas. Segundo o Comitê de Distribuição (1982), falha em sistemas de distribuição é todo evento que produz a perda de capacidade de um componente ou sistema desempenhar sua função, levando-os à condição de operação inadmissível.

Dentre as falhas no fornecimento de energia elétrica, a interrupção apresenta alta gravidade e influencia negativamente os índices de continuidade. De acordo com a Resolução nº 24/2000, a interrupção pode ser definida como a descontinuidade do neutro ou da tensão disponível em qualquer uma das fases de um circuito elétrico que atende a unidade consumidora. A mesma resolução classifica as interrupções em três tipos:

- Interrupção de Longa Duração: toda interrupção do sistema elétrico com duração maior ou igual a um minuto.
- Interrupção Programada: Interrupção antecedida de aviso prévio, por tempo preestabelecido, para fins de intervenção no sistema elétrico da concessionária.
- Interrupção de Urgência: Interrupção deliberada no sistema elétrico da concessionária, sem possibilidade de programação e caracterizada pela urgência na execução de serviços.

Alguns outros conceitos que são importantes para o melhor entendimento do próximo capítulo, de acordo com a Resolução 520/2001, são:

- Rede Básica: instalações de transmissão pertencentes ao Sistema Elétrico Interligado, identificadas segundo Resolução específica da ANEEL;
- Regime Permanente: intervalo de tempo da leitura de tensão, onde não ocorrem distúrbios elétricos capazes de invalidar a leitura, definido como sendo de 10 (dez) minutos;
- Tensão de Atendimento (TA): valor eficaz de tensão no ponto de entrega ou de conexão, obtido por meio de medição, podendo ser classificada em adequada, precária ou crítica, de acordo com a leitura efetuada, expresso em volts ou quilovolts;
- Tensão Contratada (TC): valor eficaz de tensão que deverá ser informado ao consumidor por escrito, ou estabelecido em contrato, expresso em volts ou quilovolts;
- Tensão de Leitura (TL): valor eficaz de tensão, integralizado a cada 10 (dez) minutos, obtido de medição por meio de equipamentos apropriados, expresso em volts ou quilovolts;
- Tensão Não Padronizada (TNP): valor de tensão nominal, expresso em volts ou quilovolts;

- Tensão Nominal (TN): valor eficaz de tensão pelo qual o sistema é projetado, expresso em volts ou quilovolts;
- Tensão Nominal de Operação (TNO): valor eficaz de tensão pelo qual o sistema é designado, expresso em volts ou quilovolts;
- Unidade Consumidora: conjunto de instalações e equipamentos elétricos caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor;
- Unidade Consumidora atendida em Alta Tensão: unidade consumidora atendida em tensão nominal igual ou superior a 69 kV;
- Unidade Consumidora atendida em Média Tensão: unidade consumidora atendida em tensão nominal maior que 1 kV e menor que 69 kV;
- Unidade Consumidora atendida em Baixa Tensão: unidade consumidora atendida com tensão nominal igual ou inferior a 1 kV; e
- Valor Líquido da Fatura: valor em moeda corrente resultante da aplicação das respectivas tarifas de fornecimento, sem incidência de impostos, sobre as componentes de consumo de energia elétrica ativa, de demanda de potência ativa, de uso do sistema, de consumo de energia elétrica e demanda de potências reativas excedentes.

## **2.6 Gestão do Conhecimento (GC)**

### **2.6.1 Importância da Gestão do Conhecimento**

A idéia de trocar conhecimentos é algo antigo e tradicional quando se trata de relações familiares ou mesmo de relações de trabalho em alguns tipos de comunidades. Desta forma, Leite (2001) ressalta que partilhar conhecimento é uma das atividades mais naturais, exceto nas empresas, onde aparentemente esta atividade precisa ser estimulada. Ainda segundo Leite (2001), as empresas que têm tido mais sucesso nesta atividade têm sido aquelas que têm investido na troca de conhecimento ao invés de deixar que esta troca aconteça naturalmente. O presente trabalho relata um exemplo de uma empresa que está estimulando a troca de conhecimento entre um grupo de funcionários, que por sua vez serão os responsáveis em disseminar tudo o que foi aprendido com o restante da empresa.

Vivemos um momento de importante transição do ambiente econômico, onde a gestão pró-ativa do conhecimento adquire um papel central para a competitividade tanto das empresas, como dos países. Isto, entretanto, nem sempre foi assim, pois, no passado, vantagens de localização, assim como o acesso à mão-de-obra barata, recursos naturais e ao capital financeiro tinham papéis muito mais determinantes (TERRA, 1999). Esta citação é uma demonstração de que o recurso mais importante atualmente para qualquer tipo de empresa é o conhecimento que seus funcionários possuem e a maneira como isto é canalizado a favor da empresa.

O conhecimento tem sua importância intensificada quando é levado em consideração que ele tem implicações morais, políticas e econômicas, como o alertado por alguns autores, entre eles Cohen (1998), Stewart (1998), Zuffo (1997) e Landes (1998). Cohen (1998) argumenta que a atual terceira revolução industrial e a educação em massa estão, paradoxalmente, intensificando a exclusão das camadas menos privilegiadas da população, tanto nos países desenvolvidos, como nos países em desenvolvimento. Já segundo Stewart (1998), a desigualdade de renda, por exemplo, estaria aumentando, em grande parte, em função do impacto do conhecimento. Um exemplo que este autor cita é que algumas pesquisas realizadas, nos E.U.A., estariam mostrando que cada ano de estudo implica em um aumento de 2,8% nos salários e que a diferença de salários entre universitários e não universitários também está aumentando. Em 1979, esta diferença era de 49%, enquanto em 1993 era de 80%. Além disso, algumas estatísticas do Departamento Nacional de Padrões dos E.U.A. mostraram que os operários de produção que, em 1900, representavam 73,4% dos trabalhadores, passaram a representar apenas 34,2% em 1980, enquanto que os trabalhadores administrativos, técnicos e profissionais liberais passaram de 17,6% para 52,1%, no mesmo período.

Conforme demonstrado acima, o conhecimento está diretamente relacionado com o sucesso do ser humano. Desta forma, aquele que detém maior conhecimento é mais valorizado pela sociedade. Não é difícil concluir que com relação as empresas isto provavelmente ocorre da mesma forma: quem detém mais conhecimento tem maior probabilidade de sucesso no ambiente competitivo.

Segundo Terra (1999), também aqui no Brasil verifica-se que o recurso "conhecimento" vem aumentando aceleradamente sua importância para o desempenho empresarial e que os desafios impostos pela relativa e recente abertura econômica tornam a questão da gestão do conhecimento ainda mais fundamental para as empresas brasileiras. Isto se deve ao fato de que

sem estratégias empresariais, setoriais e nacional muito bem elaboradas torna-se difícil para as empresas brasileiras se tornar competitivas e, mesmo, sobreviver aos desafios impostos pela competição internacional.

### **2.6.2 Origem do interesse na GC**

Terra (1999) cita que os trabalhos mais recentes de Peter Senge parecem ter sido os responsáveis pela popularização da questão do aprendizado organizacional e, além disso, por terem despertado um renovado e focado interesse na gestão do conhecimento. O mesmo autor cita que foi Peter Drucker, por sua vez, que cunhou, há 4 décadas, o termo *knowledge worker* e foi, provavelmente, um dos primeiros teóricos organizacionais a chamar a atenção e a avaliar as implicações para o fato de tanto o trabalho técnico como o não técnico, serem cada vez mais baseados no conhecimento. No entanto, houve pouco avanço na formulação de uma teoria econômica que leva em consideração o conhecimento como principal recurso para a produção de produtos e serviços (DRUCKER, 1993). Além disso, a própria gestão deste tipo de profissional continuaria a ser um dos principais desafios gerenciais.

Sveiby (1998), afirma que os pioneiros da Gestão do Conhecimento eram empresários e jornalistas. Para este autor, o valor de empresas onde o conhecimento prevalece, deixou de estar relacionado aos bens tangíveis, como prédios e máquinas, passando a ser cotado a partir de seus ativos intangíveis.

### **2.6.3 Conceitos fundamentais**

Apesar da troca de conhecimento não ser algo comum nas empresas, o processo de codificar e transmitir conhecimentos já é uma tradição. Exemplo disto são os programas de treinamento e desenvolvimento, as políticas organizacionais, os relatórios e os manuais. Mas conforme o mencionado por Alavi e Leider (1999) o que é novo na área de gestão do conhecimento é o potencial de utilizar tecnologias de informação modernas. Fato também abordado por Silveira (2004): “A tecnologia da informação possibilita que o conhecimento de uma pessoa ou de um grupo seja extraído, estruturado e utilizado por outros membros da organização e por seus parceiros de negócios, no mundo todo. A tecnologia ajuda também na codificação do conhecimento e, ocasionalmente, até mesmo em sua geração.”

Leite (2001) cita que há quem interprete Gestão do Conhecimento como treinamento, outros ainda como gerenciamento de um banco de dados eletrônico. Mas, a mesma autora alerta para o fato de que GC é mais que isso. A GC envolve conectar eficientemente aqueles que sabem com aqueles que precisam saber e converter conhecimento pessoal em organizacional.

Conforme Sveiby (1998), a Gestão do Conhecimento pode ser entendida, basicamente, como “a arte de gerar valor a partir de bens intangíveis da organização”. Adams e Freeman (2000) definem GC como a gestão que encara conhecimento como algo construído ativamente em um ambiente social. Outra definição é: conhecimento coletivo de uma organização, e não apenas estoque de dados ou informações. Este conhecimento coletivo inclui experiências, habilidades, dados e informações (SHOCKLEY III, 2000). Para Beijerse (1999), a GC consiste em alcançar objetivos organizacionais através da motivação conduzida pela estratégia e pela facilitação de funcionários do conhecimento para desenvolver, melhorar e usar suas capacidades para interpretar dados e informações. Já Silveira (2004), cita que a “Gestão do Conhecimento é, antes de tudo, uma nova forma de se trabalhar, uma nova cultura organizacional, na qual o ambiente e os valores permitam gerar a motivação necessária à aprendizagem, ao compartilhamento ou mesmo à transferência e à aplicação do conhecimento.”

Alguns termos ligados a Gestão do Conhecimento (GC) e que costumam ser usados indistintamente pelas pessoas em suas conversas de senso-comum são dados, informação e conhecimento. No entanto, existem diferenças entre eles que serão explicitadas nesta parte do trabalho de acordo com o ponto de vista de alguns pesquisadores da área. As definições a seguir foram escolhidas de forma a deixar clara a diferença existente entre estes três principais termos usados quando se fala em Gestão do Conhecimento. Além disto é interessante observar como as definições se assemelham e se completam.

Uma definição clássica de dados segundo Davenport e Prusak (1998), é:

São um conjunto de fatos distintos e objetivos, relativos a eventos. Num contexto organizacional, dados são utilitariamente descritos como registros estruturados de transações. Todas as organizações precisam de dados e alguns setores industriais dependem fortemente deles. No entanto, não têm significado e descrevem apenas parte daquilo que aconteceu, ou seja, não fornecem julgamento, nem interpretação e nem qualquer base sustentável para a tomada de decisão ( DAVENPORT e PRUSAK, 1998).

Bellinger (2004) define resumidamente e de maneira que reforça a definição acima, que o dado se trata de um ponto, um aspecto em determinado espaço ou tempo, fora de contexto. Algo sem significado próprio. Algo que precisa que alguém ou outro algo lhe dê sentido, significado, contexto. Leite (2001) conclui em seu trabalho que muitas empresas já vêm gerenciando dados há muito tempo, mesmo quando simplesmente guardam arquivos, pastas, cópias de gráficos, tabelas, fichas, etc. Com base nestas definições pode-se perceber que os dados existem em praticamente em todas as organizações e desde há muito tempo. No entanto, dados precisam de pessoas que os interpretem para que se tornem úteis.

E é justamente a interpretação destes dados que pode-se chamar de informação. Segundo Davenport e Prusak (1998), informação são dados que fazem a diferença. Diferentemente dos dados, a informação tem significado. Ela está organizada para alguma finalidade. Portanto, dados tornam-se informação quando o seu criador lhes acrescenta significado. Outra definição de informação segundo Bellinger (2004) é que ela se refere a descrições, definições ou perspectivas.

Já Davenport e Prusak (1998) definem conhecimento como sendo uma mistura fluida de experiências, valores, informações contextualizadas e hábeis percepções que fornecem contexto para avaliação e incorporação de novas experiências e informações. Murray apud Beijerse (1999) cita que conhecimento é a informação transformada para ação efetiva, resume, conhecimento é ação. Den Hertog e Huizenga apud Beijerse (1999) citam que o conhecimento é a coleção de informações e regras com as quais uma certa função pode ser realizada. Além disto, Davenport e Prusak (1998), afirmam que o conhecimento deriva da informação da mesma forma que a informação deriva de dados. Silveira (2004) define de maneira simplificada e bem prática que conhecimento é o que as pessoas em uma organização sabem sobre seus clientes, produtos, processos, erros e sucessos. É um corpo de informações constituído de fatos, opiniões, idéias, teorias, princípios e modelos.

Outros conceitos importantes e que sempre ouve-se falar quando estamos lidando com Gestão do Conhecimento (GC), são:

- **Chief Knowledge Officer (CKO)**: é a pessoa responsável por capturar e influenciar conhecimento estruturado, tendo tecnologia da informação como elemento chave. (Leite, 2001).
- **Chief Learning Office (CLO)**: cargo ligado a treinamento e educação. (Leite, 2001).

- **Capital Intelectual:** consiste em um agrupamento de informações organizadas (conhecimento) que pode ser transformado em processos e atividades de criação de riquezas (propriedade intelectual e bens intelectuais) (Chasse, 1997).
- **Learning organization:** De acordo com Silveira (2004) é o processo permanente de criação e disseminação do conhecimento organizacional, visando a adaptação contínua da empresa às mudanças no seu ambiente externo, através de metodologias que facilitem a conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito. Senge (1990) propõe cinco disciplinas de caráter muito pessoal para se construir as *learning organizations*: pensamento sistêmico, domínio pessoal, modelos mentais, visão compartilhada e aprendizado em equipe. De outro lado, argumenta Senge (1990), a transferência do aprendizado individual para o organizacional é eficaz, na medida em que os membros da organização conseguem tornar explícitos e transferíveis os seus modelos mentais. Para uma gerência ativa do processo de aprendizagem é fundamental compreender que a disciplina dos modelos mentais representa a base da teoria de transferência do aprendizado individual para o aprendizado organizacional. Este tema é bastante explorado, como veremos a seguir, no modelo japonês descrito por Nonaka e Takeuchi (1997).

#### 2.6.4 Os dez princípios da Gestão do Conhecimento

Os 10 princípios da Gestão do Conhecimento segundo Davenport (2004) ressaltam muitas características marcantes desta abordagem, possibilitando um maior entendimento de como funciona, quais as exigências, quais os resultados obtidos, entre outras coisas. Por este motivo estes princípios são apresentados a seguir:

- **Princípio 1: Gestão do Conhecimento (GC) é caro.**

Este princípio reforça a necessidade de haver investimento, por parte das empresas, para capacitação dos funcionários na construção de uma empresa onde haja conhecimento. Isto significa adicionar valor ao conhecimento através da edição, acondicionamento, aprimoramento, desenvolvimento de abordagens de categorização, desenvolvimento de infra-estrutura para tecnologias de informação e educação das pessoas quanto à criação, troca e uso de conhecimento. Apesar do investimento para uma eficiente Gestão do

Conhecimento, o não incentivo, pode custar ainda mais caro para a empresa, uma vez que ele ficará para “trás” em um quesito considerado como de suma importância para as empresas atualmente.

- **Princípio 2: Gestão do Conhecimento (GC) eficiente exige soluções híbridas entre pessoas e tecnologia.**

Isto significa que não é suficiente ter tecnologia de ponta. Os seres humanos são ferramentas chaves para a GC. Enquanto as pessoas são encarregadas por entender, interpretar, combinar ou sintetizar conhecimento, a tecnologia é indicada para captar, transformar e distribuir conhecimento.

- **Princípio 3: Gestão do Conhecimento (GC) é altamente política.**

O conhecimento é associado a elementos políticos chaves como poder, dinheiro e sucesso, conseqüentemente, é associado a intrigas, influências e decisões (LEITE, 2001).

- **Princípio 4: Gestão do Conhecimento (GC) necessita de gerentes do conhecimento.**

Uma pessoa chamada de *Chief Knowledge Officer* (CKO), citada anteriormente no item de conceitos fundamentais na GC, deve ser responsável pelo gerenciamento do conhecimento em uma empresa. Estas pessoas devem ser responsáveis em coletar e categorizar conhecimento, estabelecer uma infra-estrutura tecnológica orientada para o conhecimento e monitorar o uso de conhecimento.

- **Princípio 5: Gestão do Conhecimento (GC) se beneficia mais de mapas que indicam tendências de mercados que de modelos hierárquicos.**

Não se pode criar um índice ou uma tabela dos conhecimentos mais interessantes. O importante é saber quais estão sendo demandados a cada momento pelas necessidades de mercado. É necessário saber onde cada conhecimento se encontra, por isso, deve-se ter mapas para ajudar na localização do conhecimento. Estes mapas têm sido construídos como árvores ou como dicionários de sinônimos (LEITE, 2001).

- **Princípio 6: Partilha e uso de conhecimento são atos não naturais**

O empregado de determinada empresa que detém certo conhecimento pode ter receio em disponibiliza-lo e perder seu “valor” para a organização. Por outro lado pode não ser interessante para determinado funcionário usar o conhecimento de outros em vez de criar seu próprio. Por este motivo, GC exige muito esforço de todos os envolvidos.

- **Princípio 7: GC significa melhorar processos de trabalho com conhecimento**

Processos como pesquisa, publicação, produção, desenvolvimento, configuração de pedidos, e estabelecimento de preços, entre outros, precisam de conhecimento e melhoram à medida que o conhecimento interno é gerenciado.

- **Princípio 8: Acesso ao conhecimento é apenas o começo**

É necessário que exista interesse e atenção para acessar o conhecimento. Não adianta se todo o conhecimento está acessível em determinado local se as pessoas não têm interesse em procurá-lo. Além disto, os funcionários precisam estar envolvidos ativamente através de ações como resumir e relatar a outros o que aprenderam. Do mesmo modo devem estar abertos ao aprendizado.

- **Princípio 9: GC nunca acaba**

Isto acontece porque categorias de conhecimento estão sempre mudando. Leite (2001) alerta para o fato de que o mapeamento e descrições de conhecimentos devem ser breves e não devem tomar tanto tempo de preparação, ou ao ficarem pronto já não terão utilidade. Isto porque novas tecnologias, abordagens de gerenciamento, leis, preocupações de clientes estão sempre surgindo. As empresas mudam suas estratégias, estruturas organizacionais e estruturas de produção. Desde modo, novos gerentes e novos profissionais têm novas necessidades.

- **Princípio 10: GC precisa de um contrato de conhecimento**

É complicado saber se o conhecimento adquirido pelos funcionários trabalhando em uma empresa pertence a eles ou a empresa. Além deste existe outros casos complicados e poucas empresas têm políticas para lidar com estes aspectos.

### **2.6.5 Diferenças entre conhecimento e informação**

Apesar das definições de alguns conceitos já ter sido realizado em um item anterior, incluindo a definição de conhecimento e de informação, é importante esclarecer e reforçar a diferença entre conhecimento e informação. Esta importância deve-se ao fato que são conceitos utilizados freqüentemente de maneira errônea.

De acordo com Alavi e Leidner (1999) a informação torna-se conhecimento uma vez que ela é processada na mente de um indivíduo. Este conhecimento, então, torna-se informação novamente ao ser articulado ou comunicado a outros na forma de um texto, na forma de resultados computacionais, através de palavras faladas ou escritas ou através de outros meios.

Destacam-se duas diferenças e uma semelhança ente conhecimento e informação. A primeira diferença é que conhecimento tem a ver com crenças e compromisso, é uma função de um momento específico, uma perspectiva ou intenção. A segunda é que conhecimento tem a ver com ação. Conhece-se algo para um determinado fim. Agora, a semelhança refere-se ao fato que conhecimento, assim como informação, tem a ver com significado. É específico a um contexto e é relacional. Informação é um fluxo de mensagens enquanto conhecimento é criado pelo fluxo de informação, ancorado em crenças e compromissos das pessoas envolvidas (LEITE, 2001).

### **2.6.6 Diferenças entre GC e Gestão da Informação (GI)**

Da mesma forma que existe muita confusão na distinção entre conhecimento e informação, existe entre Gestão do Conhecimento (GC) e Gestão da Informação (GI). Como gestão do conhecimento envolve investimentos em tecnologia de informação, existem pessoas que não entendem a diferença entre gestão do conhecimento e gestão da informação. Leite (2001), aponta que um grande diferencial entre a GC e a GI é que a GI não existe sem investimento em tecnologia enquanto que é possível ter GC se simplesmente o layout do local de trabalho favorecer troca e criação de conhecimento. A mesma pesquisadora cita que quando o enfoque principal é informações, normalmente as pessoas coletam muito mais informações do que realmente precisam para tomar decisões. Por isso, a GC preocupa-se em como a informação é armazenada, pois a forma deve facilitar o acesso ao que realmente é pertinente ao problema em estudo.

Silveira (2004) cita que a gestão do conhecimento é um processo corporativo, focado na estratégia empresarial, e envolve: aprendizagem organizacional; educação corporativa; inteligência empresarial; gestão do capital intelectual; e tecnologia da informação. Sendo assim, a GI é um dos componentes da GC.

### **2.6.7 Tipos de Conhecimento**

Na obra *Criação de Conhecimento na Empresa*, os professores Ikujiro Nonaka e Hirotaka Takeuchi, da Universidade Hitotsubashi, no Japão, apresentam uma teoria sobre a criação do conhecimento organizacional baseada no estudo de casos de empresas japonesas e com forte vínculo à tradição filosófica oriental. Nonaka e Takeuchi (1997), classificaram o conhecimento humano em dois tipos: conhecimento tácito e conhecimento explícito.

#### **2.6.7.1 Conhecimento tácito**

De acordo com Nonaka e Takeuchi (1997), o conhecimento tácito corresponde a conhecimento pessoal embutido em experiência individual e envolve fatores intangíveis como crenças pessoais, perspectivas, e o sistema de valores. É um componente crítico do comportamento humano.

Um texto clássico do cientista convertido a filósofo, Michael Polanyi, *The Tacit Dimension*, publicado originalmente em 1966, é um marco para a conceituação do que vem a ser o conhecimento tácito (TERRA, 1999).

Polanyi apud Terra (1999) introduz o tema do conhecimento tácito dizendo que muito do que sabemos não pode ser verbalizado ou escrito através de palavras. Isto fica mais claro a partir de alguns exemplos cotidianos e científicos apresentados por ele:

- Nossa capacidade de conseguirmos distinguir o rosto de uma pessoa conhecida entre tantas outras, mas não sermos capazes de explicitar os particulares que compõem o todo. Daí os artifícios usados pela polícia que, para fazer retratos falados, utiliza uma vasta coleção de fotos de partes específicas do rosto, como narizes, bocas e outros detalhes;
- O fato de pianistas virtuosos tenderem a ficar paralisados, quando fixam sua atenção ao movimento de seus dedos;
- A habilidade de pessoas cegas, que usam a bengala como uma extensão de seu corpo.

O conceito de conhecimento tácito também ajudaria a explicar por que a compreensão de assuntos complexos pode ser prejudicada, quando se busca fazê-lo, primordialmente, a partir de sua decomposição em partes e análises estritamente racionais (TERRA, 1999).

Nonaka e Takeuchi (1997) vêem a criação de conhecimento como um processo iterativo entre o racional e o empírico, entre a mente e o corpo, entre a análise e a experiência e entre o implícito e o explícito. Os mesmos autores destacam que o principal conhecimento é o tácito. Estes autores acreditam que o conhecimento tácito envolve duas dimensões: uma técnica, do tipo *know-how* e outra cognitiva, que envolve modelos mentais, crenças e percepções. Dessa maneira, a noção de conhecimento destes autores confere grande ênfase aos "*insights*", intuições, ideais, valores, emoções, imagens e símbolos. Além disso, questionam o papel central da educação e treinamento formal, como forma de aprendizado.

Apesar de aparentemente não ser tão valorizado nas empresas, Mitzenberg apud Terra (1999) mostrou através de uma pesquisa que a intuição ou o conhecimento implícito tem um papel fundamental sobre o processo real utilizado pelos gerentes para a tomada de decisões, processamento e difusão de informação, ou seja, os gerentes utilizam-se, sobremaneira, do hemisfério direito do cérebro no seu dia-a-dia. Entre as evidências e inferências que sustentariam esta conclusão estão as seguintes:

- Gerentes utilizam-se, preferencialmente, de informação obtida pessoalmente, através de conversas, para a tomada de decisão;
- Muito da dificuldade em delegar advém do fato de os gerentes não conseguirem explicitar muito do seu conhecimento;
- O trabalho dos gerentes é relacional, simultâneo e experimental, ou seja, envolve poucas atividades planejadas e seqüenciais;
- Entre os principais papéis exercidos pelos gerentes encontram-se a capacidade de liderar, servir como elo de ligação entre várias partes dentro e fora de sua área primária de atuação, e lidar com perturbações. Todas estas atividades são de difícil explicação pelas abordagens mais racionalistas típicas da literatura organizacional;
- Os principais processos envolvidos na tomada de decisão estratégica são o diagnóstico e a geração de soluções criativas. Ambos os processos não seriam explicados pelas abordagens racionalistas convencionais;

- "*Timing*" é fundamental na tomada de decisão estratégica, ou seja, os gerentes utilizam-se de variados artifícios - como adiar reuniões - até que estejam "prontos" para a tomada de decisão;
- Ao tomar decisões estratégicas importantes, os gerentes se utilizam com maior frequência da "capacidade de julgamento" do que de estudos analíticos;
- O processo de tomada de decisões organizacionais tem que se adaptar às condições e "inputs" irregulares em importância e relevância advindos do ambiente. O gerente, através de processos intuitivos, filtraria e daria a devida importância a diferentes mudanças ocorridas no ambiente;
- O processo de formulação de estratégias inovadoras não é facilmente reconstituído, pois resulta, em geral, de processos informais, vagos, interativos e, acima de tudo, da síntese de elementos aparentemente desconexos.

Deste modo, pode-se concluir que o conhecimento tácito é associado ao conhecimento do "*expert*" na solução de problemas, ou ainda à intuição que permite a tomada de algumas decisões sem motivo ou razão, facilmente, explicável ou aparente.

#### **2.6.7.2 Conhecimento explícito**

Nonaka e Takeuchi (1997) define conhecimento explícito como sendo o conhecimento que pode ser articulado em linguagem formal, o que inclui sentenças gramaticais, expressões matemáticas, especificações, manuais, etc.

Leite (2001) cita que algumas empresas encorajam seus funcionários a transformar conhecimento implícito (tácito) em conhecimento explícito. Este conhecimento capturado é, então, guardado em depósitos como bancos de dados e Intranet, onde usuários podem realizar pesquisas.

#### **2.6.7.3 As dimensões do conhecimento**

Existem duas dimensões, de acordo com a teoria de Nonaka e Takeuchi, de criação do conhecimento organizacional: a ontológica e a epistemológica. Na ontológica, o conhecimento se desloca do nível individual até o interorganizacional, significando a difusão do conhecimento da pessoa até a construção de uma rede de conhecimentos entre organizações. Assim, "esse processo

de difusão de conhecimento ocorre dentro de uma ‘comunidade de interação’ em expansão, que atravessa níveis e fronteiras interorganizacionais” (NONAKA e TAKEUCHI, 1997).

A dimensão epistemológica é baseada na distinção entre conhecimento tácito e explícito de Polanyi.

A teoria de Nonaka e Takeuchi tem como foco central o conhecimento tácito, porque segundo estes autores, este tipo de conhecimento ficou relegado a segundo plano nos estudos organizacionais devido à sua dificuldade de quantificação, sua intangibilidade, por envolver o uso da experiência e a tomada de decisões sem suporte científico; por seu apreço a metáforas e analogias.

No entanto, Nonaka e Takeuchi (1997), deixam claro que distinção entre conhecimento tácito e explícito não implica uma separação das duas partes do todo; ao contrário, por seu caráter indivisível e de interdependência, envolve a constante troca, a permanente interação entre as duas dimensões, gerando formas de conversão particulares, conforme o relatado por eles:

Em nossa visão, [...] o conhecimento tácito e o conhecimento explícito não são entidades totalmente separadas, e sim mutuamente complementares. Integram um com o outro e realizam trocas nas atividades criativas dos seres humanos. Nosso modelo dinâmico da criação do conhecimento está ancorado no pressuposto crítico de que o conhecimento humano é criado e expandido através da interação social entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito. Chamamos essa interação de ‘conversão do conhecimento’ (NONAKA e TAKEUCHI, 1997).

A partir daí, são postulados quatro modos de conversão do conhecimento, conforme mostrado na figura 2.12:

	<b>CONHECIMENTO TÁCITO</b>	<b>CONHECIMENTO EXPLÍCITO</b>
<b>CONHECIMENTO TÁCITO</b>	<b>SOCIALIZAÇÃO</b>	<b>EXTERNALIZAÇÃO</b>
<b>CONHECIMENTO EXPLÍCITO</b>	<b>INTERNALIZAÇÃO</b>	<b>COMBINAÇÃO</b>

Figura 2.12- Modos de Conversão do Conhecimento

Fonte: Nonaka e Takeuchi (1997)

1. **Socialização (de tácito para tácito):** é o processo através do qual experiências são compartilhadas e o conhecimento tácito ou modelos mentais e habilidades técnicas são criados. Na prática da vida das empresas um indivíduo poderia adquirir conhecimento tácito de algum colega até mesmo sem o uso da linguagem, usando de imitação, observação e prática, através de treinamento no local de trabalho, sessões informais e *Brainstorms* e interações com os clientes. Na tradição da literatura ocidental, este conceito seria próximo ao da cultura organizacional.

Para ilustrar a aplicação deste tipo de conversão do conhecimento, Nonaka e Takeuchi (1997), citam o caso do desenvolvimento de uma máquina de fazer pão pela “*Matsushita Electric Industrial Company*”. Após a construção de um protótipo e o fracasso de vários testes, nos quais não se conseguia produzir um pão adequado ao padrão de qualidade exigido pela empresa, uma equipe foi enviada ao “*Osaka International Hotel*”, onde era feito o melhor pão da região. Lá, através do acompanhamento e da observação das manobras que o padeiro-chefe executava para fazer o pão, descobriu-se, em dado momento, que o padeiro não apenas esticava a massa, como também, simultaneamente, a torcia. Com isso, o conhecimento tácito do padeiro-chefe foi socializado entre os membros da empresa, através da observação, imitação e prática.

2. **Externalização (de tácito para explícito):** este modo de conversão permite a criação de novos e explícitos conceitos. Envolve, no caso das empresas japonesas, a articulação do conhecimento tácito em explícito através do uso freqüente de metáforas, analogias, conceitos, hipóteses e modelos. Esta prática seria importante por facilitar a comunicação dos conhecimentos tácitos que, normalmente, são de difícil verbalização. A própria escrita é um ato de conversão de externalização. Leite (2001) alerta para o fato que geralmente ao externalizar usa-se de expressões inadequadas, inconsistentes e insuficientes. No entanto, tais discrepâncias e diferenças entre imagens e expressões promovem reflexão e interação entre indivíduos.

Silveira (2004), cita como exemplo desta forma de conhecimento o caso da Honda. Quando da iniciativa de fabricação de um novo tipo de carro, a Honda Motors Company desenvolveu a metáfora “Evolução do Automóvel”. Com essa noção em mente, partiu-se para a criação de um conceito de carro que visasse a maximizar o espaço do passageiro com uma área de superfície mínima para a máquina. O resultado foi a produção do Honda

City, um carro compacto, pequeno no comprimento e grande em altura, que acabou tornando-se um sucesso no mercado.

3. **Combinação (de explícito para explícito):** este seria o processo preferido no Ocidente, na medida em que se baseia na troca de informações explícitas e no paradigma da tecnologia de informação. Envolve, pois, bastante o uso de mídias como documentos, reuniões formais, conversas telefônicas e, também, o de redes computadorizadas. É neste ponto do processo de criação de conhecimento que surgiriam os primeiros protótipos e modelos reais. Leite (2001) cita como exemplos deste tipo de conversão de conhecimento o caso do ensino em escolas, cursos de MBA, treinamentos, etc.

Nonaka e Takeuchi (1997) cita como exemplo desta forma de conversão de conhecimento o uso e análise de bancos de dados e sistemas de informações, para desenvolver um mix de produtos adequados a uma determinada região, de acordo com informações fornecidas pelo público consumidor, como realizado pela “Kraft General Foods”.

4. **Internalização (de explícito para tácito):** este último método seria semelhante ao do "*learning by doing*" em que os membros da organização passariam a vivenciar o resultado prático do novo "conhecimento", ou seja, desenvolveriam um conhecimento operacional. Nonaka e Takeuchi (1997) identificam este processo com os conceitos das "*learning organizations*". Através do uso do uso de exposições, treinamentos, manuais e documentos, torna-se possível a internalização do conhecimento pelas pessoas. Ou seja, por intermédio de formas explícitas de conhecimento, pode-se chegar ao conhecimento tácito. Segundo Silveira (2004), normalmente, este conhecimento operacional acontece também, por meio de:

- Leitura (visualização e estudo, individual, de documentos de diferentes formatos);
- Reinterpretação (reexperimentar, individualmente, vivências e práticas);
- Prática individual.

Nonaka e Takeuchi (1997), citam em seus estudos como exemplo o caso da “*General Electric*”. Segundo os autores esta empresa documenta todas as reclamações, consultas e sugestões de seus clientes em um banco de dados disponível a todas as suas unidades. Ao receber uma ligação, as atendentes podem consultar *on-line* o banco de dados para localizar uma resposta compatível com a dúvida do cliente.

Já Leite (2001), cita como exemplo os casos em que uma equipe tenta reviver um projeto de outro time estudando os arquivos deste projeto. Outro exemplo dado é quando um técnico ou um gerente experiente dão palestras ou quando autores escrevem a biografia de um empreendedor ou de uma empresa.

A cada um dos quatro modos de conversão do conhecimento, corresponde um fator, e a implementação desses fatores provoca a criação da chamada espiral do conhecimento (figura 2.13).

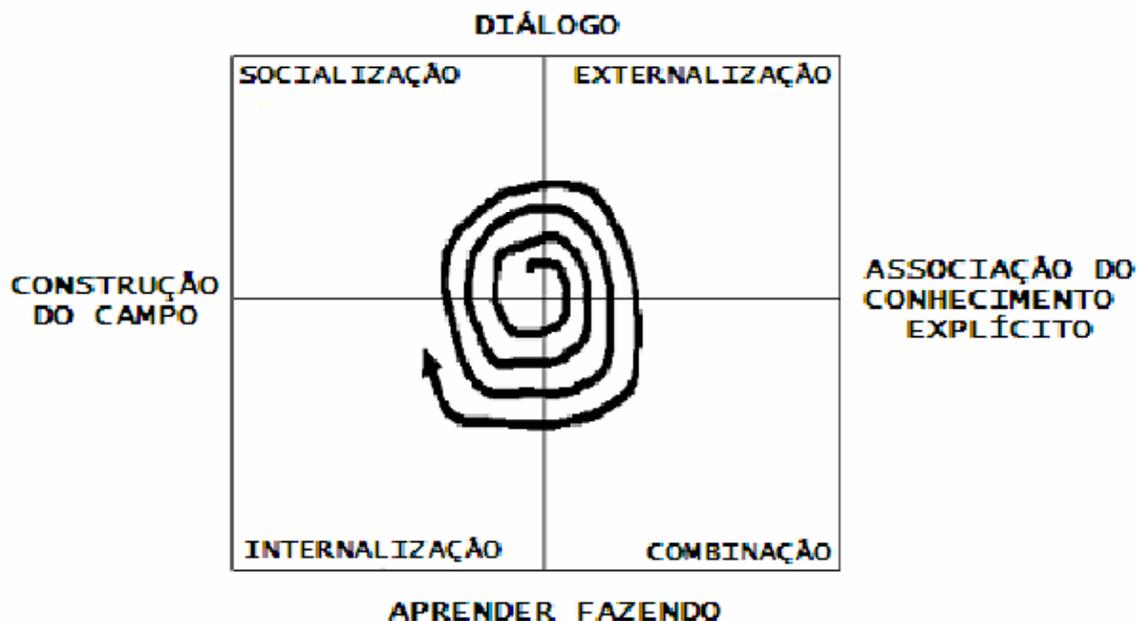


Figura 2.13 – Espiral do Conhecimento

Fonte: Nonaka e Takeuchi (1997)

A socialização se inicia através do desenvolvimento de um “campo” de interação, capaz de facilitar o “compartilhamento de experiências e modelos mentais dos membros”. A externalização é provocada “pelo diálogo ou reflexão coletiva significativos, nos quais o emprego de uma metáfora ou analogia significativa” auxilia as pessoas a externarem o conhecimento tácito – que, de outra forma, seria mais difícil de ser transmitido. A combinação surge através da “colocação do conhecimento recém-criado e do conhecimento já existente proveniente de outras seções da organização em uma “rede”. E a internalização surge a partir do “aprender fazendo” (NONAKA e TAKEUCHI, 1997).

Nonaka e Takeuchi (1997) também citam que da mesma forma que a cada um dos modos de conversão do conhecimento corresponde um fator, a cada modo também corresponde um tipo de conteúdo. Assim, no modo de socialização tem-se um “conhecimento compartilhado” –

“modelos mentais ou habilidades técnicas compartilhadas”. Na externalização, ocorre o “conhecimento conceitual”, expresso através de metáforas ou analogias. Por meio da combinação surge o “conhecimento sistêmico”, que apresenta como resultado “a geração de protótipos e tecnologias de novos componentes”. E a internalização dá origem ao “conhecimento operacional”, de execução de tarefas e produção.

A citação abaixo de Silveira explica de maneira clara o que a Espiral do Conhecimento sugere:

A Espiral do Conhecimento de Nonaka e Takeuchi, demonstra que os novos conhecimentos sempre se originam nas pessoas. A espiral refere-se a diferentes “modos de conversão de conhecimento” que ocorrem através de interações entre o conhecimento tácito de um indivíduo – pessoal, específico no contexto e difícil de ser articulado e seu conhecimento explícito - transmissível em linguagem sistêmica e formam a espiral do conhecimento, que é compartilhada em todos os níveis, organizacionais e interorganizacionais (SILVEIRA, 2004).

#### **2.6.7.4 Modelo de cinco fases do processo de criação do conhecimento organizacional**

Como o presente trabalho vai reunir um grupo de especialistas com o objetivo de criar conhecimento organizacional é interessante mostrar aqui o modelo que Nonaka e Takeuchi (1997) desenvolveram para o processo de criação do conhecimento organizacional.

O modelo, mostrado na figura 2.14, é composto de cinco fases:

1. Compartilhamento do conhecimento tácito;
2. Criação de conceitos;
3. Justificação dos conceitos;
4. Construção de um arquétipo;
5. Difusão interativa do conhecimento.

O modelo mostrado na figura 2.15 tem início com o compartilhamento do conhecimento de cada indivíduo que precisa ser amplificado para toda a organização. O segundo passo do modelo consiste na conversão do conhecimento compartilhado em conhecimento explícito na forma de um novo conceito. A terceira fase tem por objetivo justificar o novo conceito e determinar se realmente vale a pena perseguir o novo conceito. Na quarta fase, se aprovados, os conceitos são convertidos em um arquétipo, que pode assumir a forma de um protótipo no caso do desenvolvimento de um produto “concreto” ou em um mecanismo operacional no caso de inovações “abstratas”. Finalmente, a última fase amplia o conhecimento criado, por

exemplo, em uma divisão, a outras divisões ou até a componentes externos, constituindo o a difusão interativa do conhecimento.

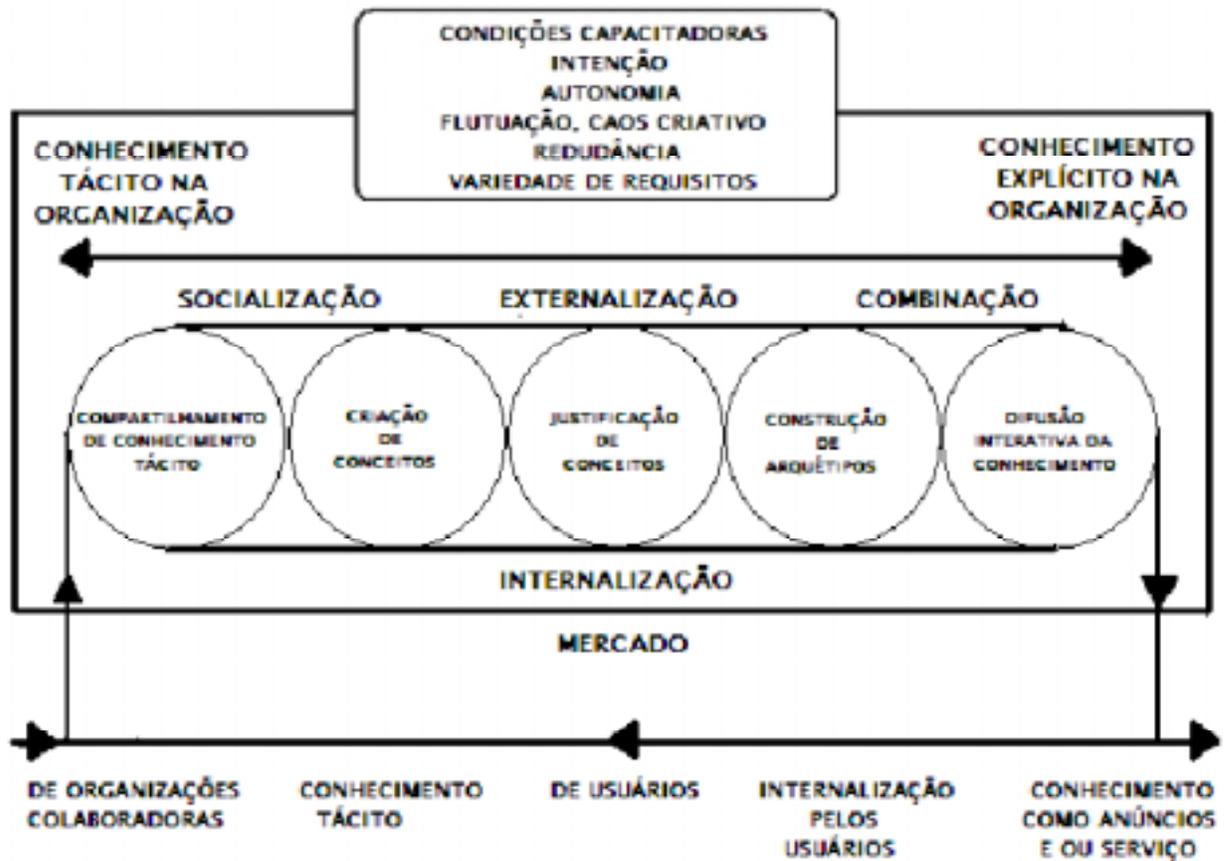


Figura 2.14 – Modelo de cinco fases do processo de criação do conhecimento  
 Fonte: Nonaka e Takeuchi (1997)

## CAPÍTULO 3- Pesquisa-ação

### 3.1 Apresentação do objeto de estudo

#### 3.1.1 Breve Histórico

Primeiramente é realizada uma apresentação do objeto de estudo, a empresa Bandeirante Energia S.A., conforme relatado no site da mesma:

A empresa Bandeirante Energia S.A. teve suas origens em 7 de abril de 1899 com a fundação da *The São Paulo Tramway, Light and Power Co. Ltd.*, em Toronto, Canadá. Em 17 de julho do mesmo ano, a empresa foi autorizada, por decreto do presidente Campos Sales, a atuar no Brasil. Em 1904, o grupo fundou a *The Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Co.Ltd.* e estendeu seu mercado à capital da República. A partir de 1912, as empresas passaram a ser controladas pela *holding Brazilian Traction Light and Power Co. Ltd.* Em 1956, o grupo reestruturou-se tendo por base a *Brascan Limited*. Em 1979, o governo brasileiro, através da Eletrobrás, adquiriu da *Brascan* o controle acionário da então *Light-Serviços de Eletricidade S.A.* Em 1981, o Governo do Estado de São Paulo adquiriu da Eletrobrás o subsistema paulista da *Light*, criando a Eletropaulo-Eletricidade de São Paulo S.A. Com a aprovação do Conselho Diretor do Programa Estadual de Desestatização (PED), a partir de janeiro de 1998 a Eletropaulo, por sua vez, foi cindida em quatro empresas independentes: a Bandeirante Energia S.A., a Eletropaulo-Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A., a Empresa Paulista de Transmissão de Energia Elétrica S.A. e a Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. No dia 17 de setembro de 1998, a Bandeirante foi adquirida, em leilão, pela Electricidade de Portugal S.A. (EDP) e pela Companhia Paulista de Força e Luz S.A. (CPFL). A partir de 1º de outubro de 2001, foi aprovada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a cisão da Bandeirante Energia S.A., transformando-a em duas empresas distintas e independentes: a Bandeirante Energia S.A., controlada pela Electricidade de Portugal (EDP) e Companhia Piratininga de Força e Luz, sob o controle do grupo CPFL.

### 3.1.2 Panorama da empresa

A empresa se caracteriza como concessionária de energia elétrica. De acordo com a Resolução nº 520 da ANEEL (2002), "concessionária ou permissionária é o nome dado ao agente titular de concessão ou permissão federal para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica". Desta forma, a Bandeirante Energia SA é suprida por alimentadoras, como a CTEEP (Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista) e Itaipu e fornece energia elétrica para consumidores de baixa e média tensão. Portanto, o seu sistema elétrico se divide em subtransmissão (tensão entre 13,8 kV e 138 kV) e distribuição (tensão inferior ou igual a 13,8 kV). (Bandeirante Energia S.A., 2004).

A Bandeirante Energia SA é uma das maiores distribuidoras de energia elétrica do Estado de São Paulo, atendendo a uma população de cerca de 4 milhões de habitantes, em 28 municípios localizados nas regiões do Alto Tietê e Vale do Paraíba, numa área de 9,6 mil km<sup>2</sup> (Bandeirante Energia S.A., 2004).

Sua área de concessão está localizada em uma região altamente desenvolvida em termos de infra-estrutura, escoamento da produção e ambiente empresarial. Esta região pode ser visualizada na figura 3.1:

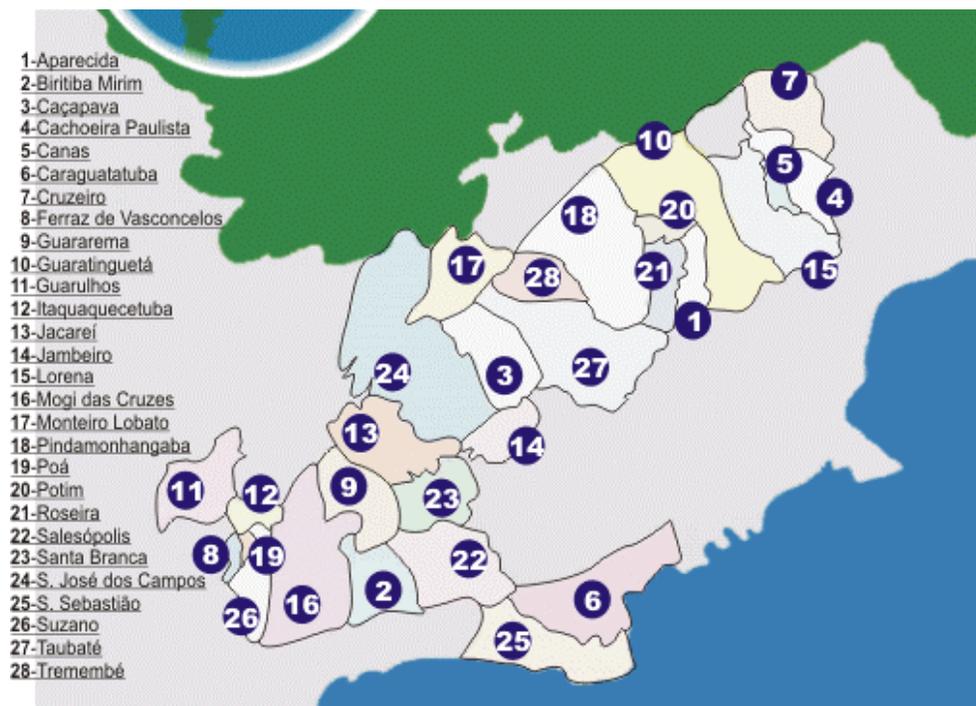


Figura 3.1– Área de Concessão da concessionária Bandeirante Energia S.A.  
Fonte: [www.bandeirante.com.br](http://www.bandeirante.com.br) (2004)

Conforme dados disponíveis no site da empresa (2004), a Bandeirante Energia S.A. opera um sistema elétrico composto por 42 subestações, com potência instalada de 2.971 MVA, e mais de 866 km de linhas de transmissão nas tensões 138 kV ou 88 kV. Sua rede de distribuição, em média e baixa tensão, tem 24 mil km de extensão e 47.000 transformadores.

Quadro 3.1- Extensão Linear da Rede de Distribuição (km)

Tipo de Rede	Vale do Paraíba	Alto Tietê
Média tensão urbano	3.594	3.099
Média tensão rural	3.808	1.394
Baixa tensão	5.790	6.069
<b>TOTAL</b>	<b>13.192</b>	<b>10.562</b>

Fonte: adaptado de [www.bandeirante.com.br](http://www.bandeirante.com.br) (2004).

Os indicadores Duração Equivalente por Consumidor (DEC) e Frequência Equivalente por Consumidor (FEC), anualizados a agosto de 2003, foram de 10,67 horas e 7,15 interrupções, respectivamente ([www.bandeirante.com.br](http://www.bandeirante.com.br), 2004).

No ano de 2003 (acumulado até agosto), na sua área de concessão, a Bandeirante forneceu 6,5 milhões de MWh a cerca de 1,3 milhões de clientes. A figura 14 mostra o perfil do consumidor da concessionária:

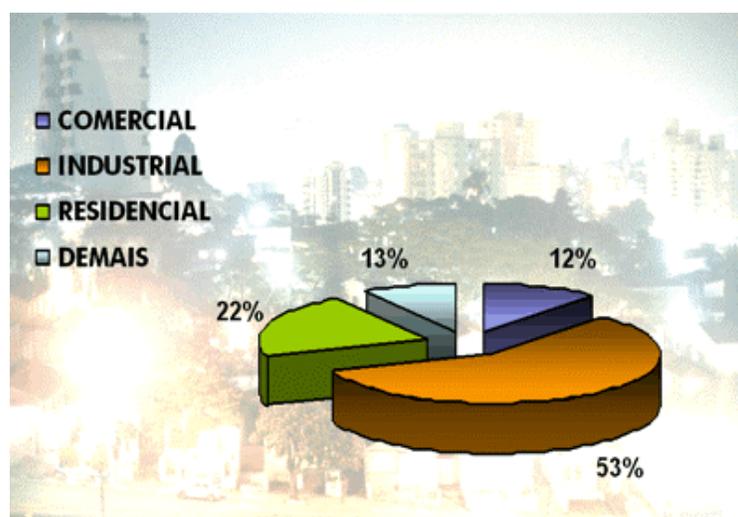


Figura 3.2- Perfil do consumidor da Bandeirante Energia S.A.

Fonte: [www.bandeirante.com.br](http://www.bandeirante.com.br) (2004)

## **3.2 O projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D B25)**

Esta dissertação foi desenvolvida como parte de um projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

De acordo com a lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000, estabelecida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as empresas do setor elétrico devem fazer um investimento em pesquisa e desenvolvimento. Esta lei libera do investimento empresas que geram energia exclusivamente a partir de pequenas centrais hidrelétricas, biomassa, cogeração qualificada, usinas eólicas ou solares (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005).

As concessionárias de distribuição de energia elétrica devem aplicar, anualmente, no mínimo 0,75% (setenta e cinco centésimos por cento) da receita operacional líquida (ROL) em P&D do setor elétrico e, no mínimo, 0,25% (vinte e cinco centésimos por cento) em programas de eficiência energética (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005).

Dentro deste cenário que o P&D B25 foi criado, tendo como empresa proponente a Bandeirante Energia S.A. e como empresa executora a Universidade Federal de Itajubá e a Fundação de Pesquisa e Assessoramento a Indústrias (UNIFEI / FUPAI). A autora da presente dissertação está inserida no grupo da empresa executora deste P&D. Esta dissertação está inserida dentro das primeiras fases do projeto, que necessitavam de uma análise das falhas da empresa.

## **3.3 Diagnóstico**

A primeira fase do trabalho consistiu em um diagnóstico da empresa, ou seja, foram realizadas atividades de reconhecimento e entendimento do funcionamento das atividades operacionais da Bandeirante Energia, principalmente nas questões relativas à gestão de falhas. O objetivo desta etapa foi conhecer a empresa nos seus potenciais e carências do processo de gestão de falhas: sua base de dados, como é utilizada pela gestão e se os resultados são compatíveis com as expectativas de atendimento aos clientes e com os esforços operacionais demandados.

### **3.3.1 Setores da empresa**

Alguns setores da empresa que possuem maior relação no recebimento de reclamações referentes à falhas no sistema de distribuição e no tratamento de tais falhas foram observados

para atender o objetivo primordial do diagnóstico, já citado acima. Tais setores são detalhados a seguir.

- ***Call Center***

O *Call Center* é um setor de atendimento terceirizado, destinado ao recebimento de solicitações de serviços feitas pelos clientes. Caso a solicitação se caracterize como uma emergência, o Centro de Operação da Distribuição (COD) é acionado através de um Pedido de Turma de Emergência (PTE). Caso a solicitação se caracterize como não emergencial, o *Call Center* encaminha esta solicitação ao COD, inserindo assim na programação de serviços. O *Call Center* tem a importante função de dividir as solicitações em emergenciais, programadas e comerciais. As emergenciais e de manutenção programada são enviadas ao COD, enquanto as comerciais são enviadas ao setor comercial.

- **Centro de Operação da Distribuição – COD**

O COD é a área da Bandeirante Energia responsável pela operação da rede de distribuição, ou seja, aquela cuja tensão é igual ou inferior a 13,8 kV. Para cumprir suas atividades, o COD recebe informações de outras áreas, como, por exemplo, o *Call Center*.

A empresa trabalha com alguns indicadores que são afetados pela agilidade do *Call Center* e do COD. Isto se deve ao fato de que a ANEEL estabelece prazos para o restabelecimento de energia elétrica e para a resolução de outras falhas e se este tempo for extrapolado a concessionária sofre penalizações. Para monitorar o tempo de atendimento, a Bandeirante utiliza os seguintes índices:

- Tempo de acionamento: tempo que decorre entre o *Call Center* ser acionado e a turma de emergência ser mobilizada.
- Tempo de deslocamento: tempo que a turma de emergência leva para chegar ao local da ocorrência.
- Tempo de reparo: tempo que decorre até que o problema seja solucionado.

Como um evento na rede elétrica pode gerar várias solicitações de serviços, o *Call Center* pode gerar vários Pedidos de Turma de Emergência (PTE's). Desta forma, cabe ao COD realizar o agrupamento destes PTE's, mobilizando apenas uma turma de emergência para o atendimento.

Na Bandeirante Energia o agrupamento das unidades consumidoras é realizado por um sistema próprio, segundo procedimento apresentado no relatório "Procedimentos para

Agrupamento Automático dos PTE's". Após o agrupamento, os PTE's são priorizados e direcionados às turmas de emergência disponíveis.

Através de informações visuais no monitor, o COD identifica, através de códigos de cores, quais turmas de emergência estão livres.

Ainda com relação ao agrupamento realizado pela empresa, a Bandeirante classifica seus clientes em Vips e não Vips. Os clientes Vips são aqueles que têm prioridade de atendimento, pois, nestes casos, a energia elétrica é fundamental à manutenção da vida (como doentes mantidos por aparelhos, hospitais sem sistemas de emergência) e da ordem (como delegacias e fóruns). Estes clientes têm uma linha especial (0800) com o COD e devem ser comunicados sempre que uma manutenção for programada no circuito no qual está conectado. O tempo esperado para a normalização do atendimento também deve ser comunicado ao cliente Vip.

- **Centro de Operação da Subtransmissão – COS**

O COS é a área da empresa responsável pela operação da rede elétrica com tensão superior a 13,8 kV, incluindo as subestações.

O COS pode ser acionado diretamente pelo cliente ou comercial, e dificilmente pela ouvidoria. Dentro do comercial há um profissional que se relaciona diretamente com um grupo de consumidores de média tensão (subtransmissão), chamado de gestor, que atua como consultor de assuntos técnicos e regulatórios. No caso de grandes consumidores, a relação é menos conflitante, em razão do canal livre com a empresa, além do sistema elétrico ser todo monitorado. Quando há divergência quanto à origem de um problema, o COS faz um monitoramento no ponto de entrega da energia. Estes clientes também podem ser considerados Vips, dependendo da sensibilidade de seus equipamentos.

A Bandeirante Energia trabalha com uma padronização de causas de desligamentos. Estas causas estão codificadas no sistema e presentes em tabela apresentada pela empresa (“tabela de causas de desligamento na subtransmissão”). Esta tabela foi uma das bases de dados da empresa utilizada no levantamento das principais falhas que ocorrem atualmente, ou seja, na etapa que antecede a fase de mapeamento.

- **Ouvidoria**

A ouvidoria é um órgão que vem atuando desde 1989 e que antes estava subordinada à Diretoria de Relações Institucionais. Apesar de não ser da alçada da ouvidoria, reclamações sobre Iluminação Pública (IP), são líderes neste setor. Internamente IP é caracterizada como

emergência, uma vez que há prazo estabelecido pelo agente regulador para resolução dos problemas relacionados com iluminação pública. É importante ressaltar que a extrapolação de prazos estipulados pelo agente regulador implica em penalizações financeiras.

Normalmente a ouvidoria é a segunda instância das reclamações, primeiramente deve-se passar pelo Posto de Atendimento ao Cliente (SAC/PAC) ou Internet que devem atender a reclamação em primeira instância.

Após o atendimento, a ouvidoria aciona, através de e-mail, o gerente executivo comercial ou de operação. O cliente recebe uma resposta em até 10 dias de suas reclamações, pois o acionamento a ouvidoria exige resposta a quem a acionou.

Foi constatado também que este setor não executa tratamento de dados para avaliar reincidência de reclamações, muito menos para avaliação de reincidência de ocorrências. Ainda foi observado que o tratamento de dados, caso ocorra, não é imediato, necessitando elaborar planilhas para cruzar dados por ocorrências, regiões e planilhas. Além disto, o cadastro de contato da Ouvidoria não possui o número do protocolo da reclamação já feita ao *Call-Center*.

Cerca de 80% dos pedidos feitos à Ouvidoria não são pertinentes a esse órgão, possivelmente devido ao desconhecimento dos canais mais competentes pelo reclamante, que seriam o SAC, PAC ou Internet. A distribuidora já fez algumas tentativas para solucionar esse problema, mudando por três vezes o *layout* da conta de energia de modo a reposicionar mais adequadamente a localização dos telefones (SAC - PAC - Ouvidoria - CSPE - ANEEL).

- **Engenharia de Distribuição**

A Engenharia de Distribuição da Bandeirante trabalha na classe  $\leq 15\text{kV}$ . Especificamente, o trabalho deste órgão é: normas, especificação, novos produtos, desenvolvimento, certificação de fornecedor e estudo de grandes falhas.

Nesta área foi possível identificar que um ponto de Iluminação Pública (IP) é composto de lâmpada, ignitor (capacitor), reator, e relé (contator). Uma informação muito útil obtida nesta etapa para a posterior fase de mapeamento é que os maiores problemas de IP não estão na lâmpada, mas sim nos outros componentes, sobretudo no relé. É dado o nome de kit para o conjunto de componentes: ignitor (capacitor), reator, e relé (contator).

Se existe algum equipamento no campo em “não conformidade” esta informação chega à Engenharia de Distribuição sob a forma de um relatório de conformidade. Chegando à

Engenharia de Distribuição, identifica-se se é um caso pontual ou sistemático. Neste último, pode ocorrer uma realimentação de informação ao fornecedor ou até o seu descredenciamento.

Além dos fatos mencionados acima, também foi identificado que existe um histórico de dados que fica sob responsabilidade das áreas de qualidade e logística, responsáveis pela parte de suprimentos (planejamento, qualidade e compras). Relatório este que também foi utilizado na fase que antecedeu o mapeamento das falhas.

- **Área comercial**

O principal problema diagnosticado na área comercial foi com relação à dificuldade de localização de endereços por parte dos leituristas. Tal situação, de natureza cadastral, merece ser futuramente melhor abordada pela empresa, uma vez que a empresa possui uma base de dados georeferenciada.

### 3.3.2 Fluxo de informação

Durante esta fase primordial de conhecimento dos setores da empresa, foi possível construir o fluxo de informações da empresa com relação às reclamações, conforme mostrado na figura 3.3.

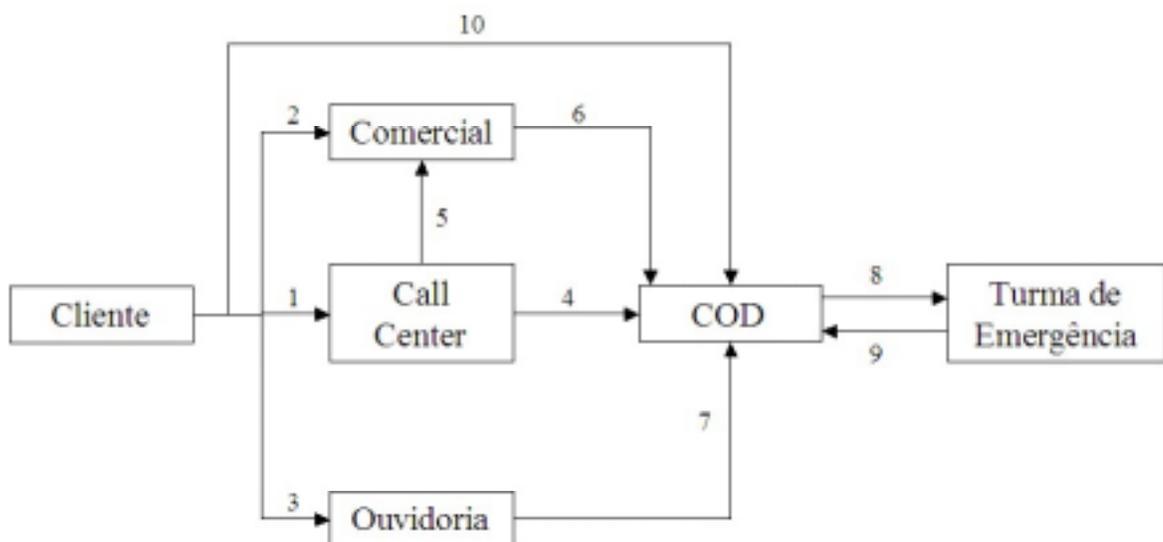


Figura 3.3– Fluxo de Informação com relação às reclamações

Como pode ser observado pela figura, o COD faz a ponte entre o *Call Center* e as turmas de emergência localizadas nas unidades regionais de operação onde se deu a ocorrência. Além

disto, o COD pode receber informações do setor comercial, da ouvidoria ou diretamente do cliente.

O fluxo 1 representa as solicitações de serviço requeridas pelo cliente, que podem ser comerciais (como por exemplo a alteração de data de fatura), manutenção programada (como por exemplo a substituição de lâmpadas de iluminação pública) e emergenciais (como por exemplo falta de energia). O meio de comunicação ente o Cliente e o *Call Center* é a linha telefônica.

O cliente pode solicitar serviços diretamente para o setor comercial da empresa, conforme mostra o fluxo 2, através de internet, telefone ou fax.

Dependendo do grau de insatisfação do cliente quanto ao atendimento recebido, ele ainda pode acionar a ouvidoria da empresa, conforme mostra o fluxo 3. Este fluxo gera obrigatoriamente uma resposta ao cliente.

O fluxo 4 representa os PTE's (solicitações emergenciais) e os pedidos de manutenção programada, que são enviados ao COD preferencialmente on-line ou através de fax (forma indesejada), em dias de contingências.

As solicitações de caráter comercial presentes no fluxo 1 são repassadas pelo *Call Center* ao setor comercial, conforme mostra o fluxo 5. Estas solicitações de caráter comercial não estão diretamente relacionado com a segurança e a qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica.

Como o comercial pode receber solicitação de serviços emergenciais, este deve repassá-los ao COD, conforme mostra o fluxo 6. Isto pode ser feito através de telefone, fax ou e-mail.

Em decorrência do fluxo 3, a ouvidoria encaminha ao COD o registro da reclamação, conforme mostra o fluxo 7, no qual o COD deve justificar a procedência ou não da reclamação e tomar as devidas providências.

Após realizado o agrupamento, o primeiro PTE gerado é encaminhado, conforme mostra o fluxo 8, para as turmas de emergência através de rádio. Este fluxo apresenta um gargalo, no que refere à quantidade disponível de canais de rádio. O COD arbitra na priorização de atendimento de clientes de mesmo nível hierárquico.

Durante o deslocamento e o reparo, a turma de emergência e o COD mantêm comunicação via rádio com vistas à localização da ocorrência, identificação da falha e sua causa e início e término do reparo, conforme mostra o fluxo 9. Para tal procedimento existe uma

“Tabela de Causas” com algumas causas já padronizadas, que foi utilizada na fase de verificação das principais falhas que ocorrem na empresa e posteriormente no mapeamento.

Segundo o fluxo 10, clientes Vip tem linha direta com o COD, tendo prioridade de atendimento. Também os clientes supridos em 13,8 kV podem acionar diretamente o COD, mas não tem prioridade de atendimento, caso não sejam Vip. A vantagem neste caso é o não acionamento do COD via *Call Center*.

### **3.3.3 Dinâmica de atendimento das ocorrências**

Ainda na etapa de diagnóstico foi verificado que as ocorrências são priorizadas da seguinte maneira:

- 1) Emergenciais (salv guarda de vida humana);
- 2) Urgências (não há risco de vida, mas há interrupção ou baixa qualidade da energia);
- 3) Comerciais (ligação, religação, etc.);
- 4) Programadas (rotinas tais como manutenção do sistema, troca de lâmpadas nas IP's, posteamento e limpeza da linha com a retirada de entulho).

As equipes possuem um portfólio de serviços a serem cumpridos (emergência, urgência, comercial e programadas), mas são também acionadas por rádio (emergenciais e de urgência). Ressalta-se que as emergências e as urgências geram PTEs.

Esta divisão das ocorrências por parte da distribuidora para posterior priorização de atendimento foi levada em consideração na fase de padronização das falhas, uma vez que as falhas foram agrupadas de acordo com o impacto que geram nos clientes.

### **3.3.4 Formas de detecção das falhas no sistema da Bandeirante Energia S.A.**

De acordo com o que foi observado durante esta fase de diagnóstico, na Bandeirante Energia existem duas maneiras de se identificar uma ocorrência de falha elétrica no sistema elétrico de distribuição.

A primeira trata-se da atuação de dispositivos que imediatamente retiram de operação um certo trecho do sistema. Esses dispositivos normalmente são os relés de proteção, que ao perceber uma situação de falta, comandam os disjuntores aos religadores automáticos, que têm por finalidade interromper o fornecimento de energia, evitando-se maiores danos ao sistema elétrico, ilhando-se, portanto, o menor trecho possível, a fim de garantir continuidade do fornecimento à

parte da rede sem defeito. Normalmente, estes dispositivos de proteção situam-se em uma subestação de distribuição (ETD) e fornecem claramente o tipo de falta ocorrido. No caso de se utilizar religadores, algumas tentativas de religamento são efetuadas, pois existe uma grande probabilidade de se conseguir sucesso em uma ou duas tentativas. Não se obtendo sucesso, o sistema não é mais religado e imediatamente aciona-se uma equipe de manutenção, que começa a procurar o defeito até que o mesmo seja sanado e o sistema seja religado de maneira segura.

A segunda maneira, mais subjetiva, trata-se de defeitos ou anormalidades que são reportadas pelos consumidores através de ligação 0800 (*Call Center*) ou ao posto de atendimento (PA) da concessionária. Tanto num quanto noutro caso, a informação é repassada ao COD, que através do Gerenciamento de Operações da Distribuição (GOD) e, posteriormente, contando com o auxílio do *Power-On* (sistema de informação para monitoramento de rede de distribuição), identifica a localização provável da ocorrência, sendo esta informação repassada ao centro de manutenção, via *email*, ou às equipes de campo, via rádio. Ao receber esta informação, o centro de manutenção comunica-se com a viatura que já se encontra em campo e repassa uma ordem de serviço (OS) à equipe, que se desloca ao ponto da ocorrência.

### **3.3.5 Tratamento e finalização da ocorrência**

No momento em que o consumidor entra em contato com o *Call Center* ou ao Posto de Atendimento (PA), o horário da entrada da informação é registrado, bem como o horário final, após restabelecimento do serviço. Esse intervalo de tempo é utilizado com a finalidade de se determinar índices de qualidade da concessionária, estabelecidos pelo agente regulador, na Resolução ANEEL nº 024/2000, tais como: Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC), Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (DIC) e Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (FIC). Esses índices são calculados por programa computacional específico e são auditáveis pelo órgão regulador.

Um outro tipo de ocorrência, flutuação de tensão, é tratado na Resolução ANEEL nº 505 de 26/11/2001. De caráter mais complexo que o desligamento, a flutuação de tensão requer um monitoramento prévio através de equipamento especialmente dedicado, definido na resolução, para a sua localização e mitigação. Porém, na maioria das vezes, uma vez que a flutuação de tensão ocorre devido a afrouxamentos de conexões próximas à entrada do consumidor, ela se

torna facilmente identificável e de rápida solução. No mapeamento esta falha será explicada mais detalhadamente.

### 3.3.6 Conclusões parciais da fase de diagnóstico

Ficou claro através do diagnóstico que a definição da falha deveria ser feita em função do impacto sentido pelo cliente. No entanto, uma mesma falha pode afetar clientes diferentes de maneiras diferentes e isto deve ser levado em consideração. Mas de maneira geral, as falhas deveriam ser agrupadas de acordo com a maneira que elas afetam os clientes .

Ressaltou-se ainda que cada região da área de concessão da empresa possui características diferenciadas que podem implicar numa maior ou menor incidência de falhas, tipificando uma atuação gerencial também diferenciada.

Como exemplos de regiões com características bem diferentes, podem ser citadas:

- Guarulhos: possui alta densidade populacional, população de baixa renda, ligações clandestinas, difícil manutenção da linha e alto custo operacional.
- Taubaté: possui grande extensão rural, onde a manutenção de posteamento é uma atividade rotineira.
- O litoral (Caraguatatuba e São Sebastião): possui topografia o que implica em dificuldade de acesso pelas equipes para manutenção da rede e grande quantidade das falhas são provocadas por corrosão salina (maresia).

Esta fase de diagnóstico tratou-se de uma etapa preliminar para o mapeamento. No entanto, já nesta fase foram verificados alguns pontos de potenciais falhas. Algumas recomendações e observações deixadas pela equipe de diagnóstico UNIFEI / FUPAI visando a melhoria do sistema de Gestão de Falhas, são:

- Avaliação da qualidade do *check list* e capacitação dos atendentes do *Call Center*, bem como a adequação dos meios de comunicação com o COD.
- A existência de congestionamento nas linhas de rádio em situações de contingência no sistema de comunicação entre COD e turma de emergência é um ponto negativo que deve ser estudado com vistas a melhorias.
- O COD tem arbítrio na interpretação da causa da ocorrência a partir do relato da turma de emergência, independente de existir mais de uma causa. Este arbítrio não é um ponto

positivo, uma vez que possui possibilidade de erro. A padronização realizada neste trabalho dará mais confiabilidade nesta interpretação realizada pelo COD.

- Especial atenção deve ser dada ao sistema de identificação das turmas de emergência, uma vez que ele apresenta problemas, como o apontamento de equipes disponíveis como não disponíveis.
- Outro aspecto que merece atenção é o problema no sistema de controle de PTE's, que chega algumas vezes a indicar um PTE como encerrado, mesmo quando, na realidade ainda estava em aberto.
- Em situações de contingências, as turmas de emergência podem ser insuficientes.
- O sistema Gerência de Ocorrências da Distribuição (GOD), onde são inseridas as ordens fechadas, ou seja, os pedidos concluídos, apresenta problemas como: congestionamento de PTE's e o não apontamento dos clientes Vip.
- Foi diagnosticado que os pedidos emergenciais são bem formalizados, por outro lado, as solicitações programáveis não são e necessitam de uma formalização. Como exemplo cita-se o fato de que alguns serviços de prevenção, como a instalação de espaçadores em ruas de terra é realizada na medida do possível, em dias não chuvosos. Este procedimento não está registrado ou controlado, estando apenas sob controle da percepção do supervisor.
- O fluxo de serviço para o caso da IP segue o seguinte processo: no início do expediente, são disponibilizadas listas de IPs às turmas de emergência (TEs), para serem realizadas. Estas listas de IPs estão fixadas em um quadro, em presilhas, de acordo com cada equipe (zona leste, oeste, sul, norte, etc.). Caso a equipe não consiga realizar todas as IPs, no final do expediente estas são novamente fixadas nas presilhas, para a próxima turma. Importante salientar que a IP é realizada quando não há pedidos de emergência. As IPs concluídas são postas em uma caixa (IPs concluídas), para posterior arquivamento. Tal situação pode implicar na não execução da IP mais antiga, ultrapassando, como consequência, o tempo estabelecido pelo agente regulador.

### **3.3.7 Principais falhas diagnosticadas**

Uma das tarefas mais importantes da fase de diagnóstico foi o levantamento dos dados que a empresa possui disponível em seu sistema. Através destes dados foi possível construir

Diagramas de Pareto com as principais falhas emergenciais, comerciais e das reclamadas à ouvidoria, ocorridas no ano de 2003. A construção dos Diagramas de Pareto serviu como levantamento preliminar para seleção das falhas a serem padronizadas.

Segundo Galuch (2002), o que o Diagrama de Pareto sugere é que existem elementos críticos e a eles deve-se prestar total atenção. Usa-se, assim, um modelo gráfico que os classifica em ordem decrescente de importância, a partir da esquerda. Os elementos sob estudo (apresentados na linha horizontal) são associados a uma escala de valor (que aparece na vertical), constituída de medidas em unidades financeiras, freqüências de ocorrência, percentuais, número de itens, etc. Atualmente, constata-se que as bases do Princípio de Pareto se aplicam a várias áreas do conhecimento (biologia, controle de estoque, etc.). Em particular, no campo da Gestão da Qualidade, tem-se mostrado uma ferramenta importante na priorização de ações, minimizando custos operacionais e evitando fracassos.

Pela figura 3.4 pode-se observar que as três primeiras falhas: falta de energia, IP apagado ou aceso de dia e energia fraca, corresponderam à cerca de 80% das falhas emergenciais ocorridas no período. Deste modo, as falhas apresentadas no Diagrama de Pareto serviram de base para começar a fase de padronização e mapeamento. Nestas etapas posteriores o objetivo passou a ser detalhar cada uma das colunas apresentadas no Diagrama de Pareto. Um exemplo é a coluna “Falta de Energia” que passou a ser o Grupo “Falta de Energia” e dentro deste grupo foram especificadas várias falhas que causam a falta de energia.

Os diagramas de Pareto para as solicitações mais ocorridas de emergência, na área da Ouvidoria e de solicitações comerciais estão mostradas nas figuras 3.4, 3.5 e 3.6, respectivamente.

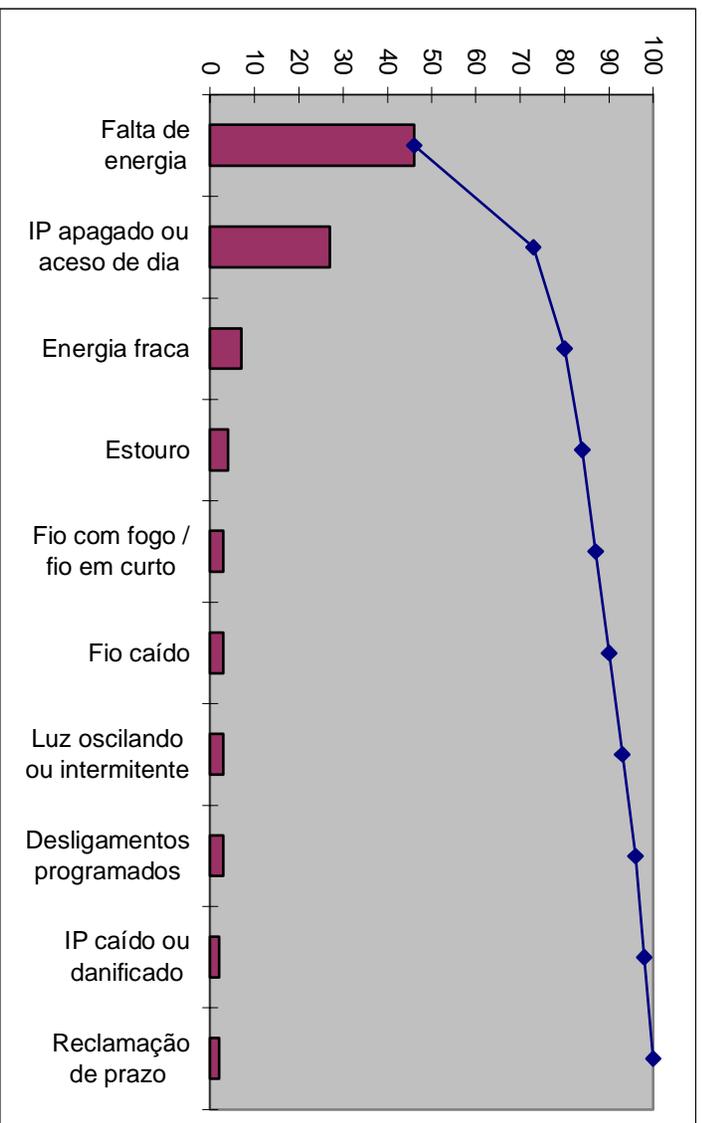


Figura 3.4- Diagrama de Pareto das solicitações de emergência mais ocorridas em 2003

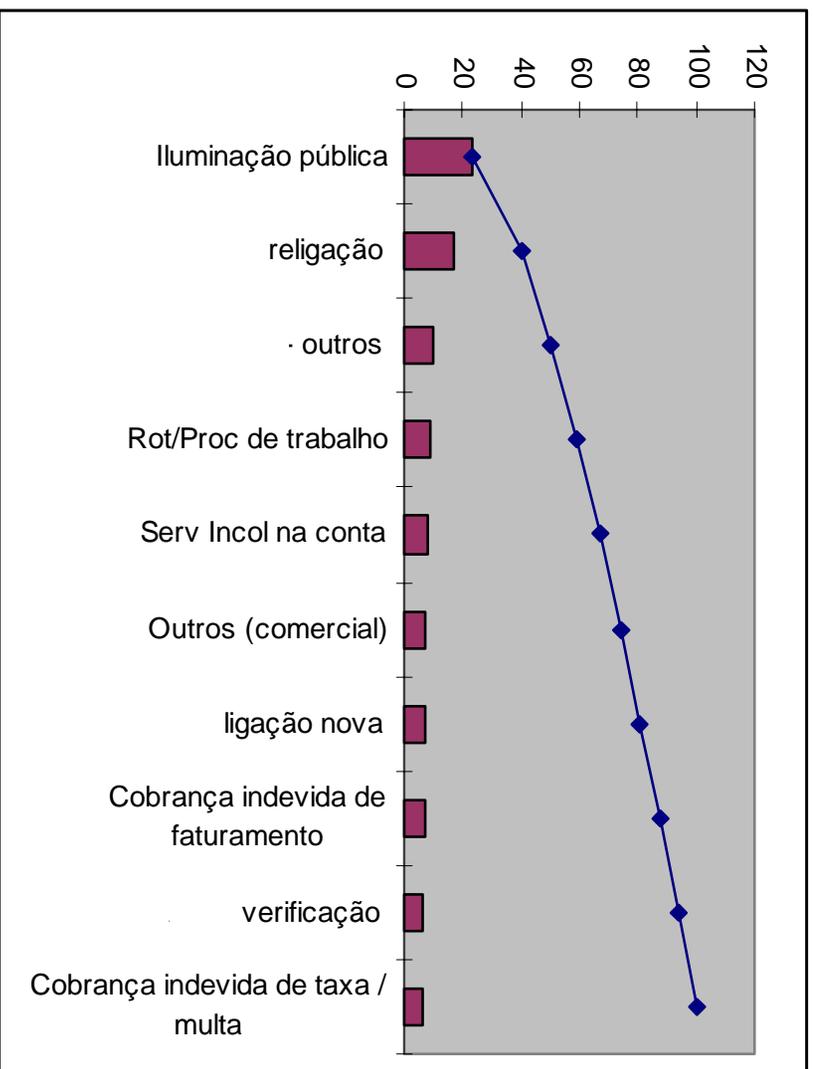


Figura 3.5- Reclamações mais ocorridas na Ouvidoria em 2003

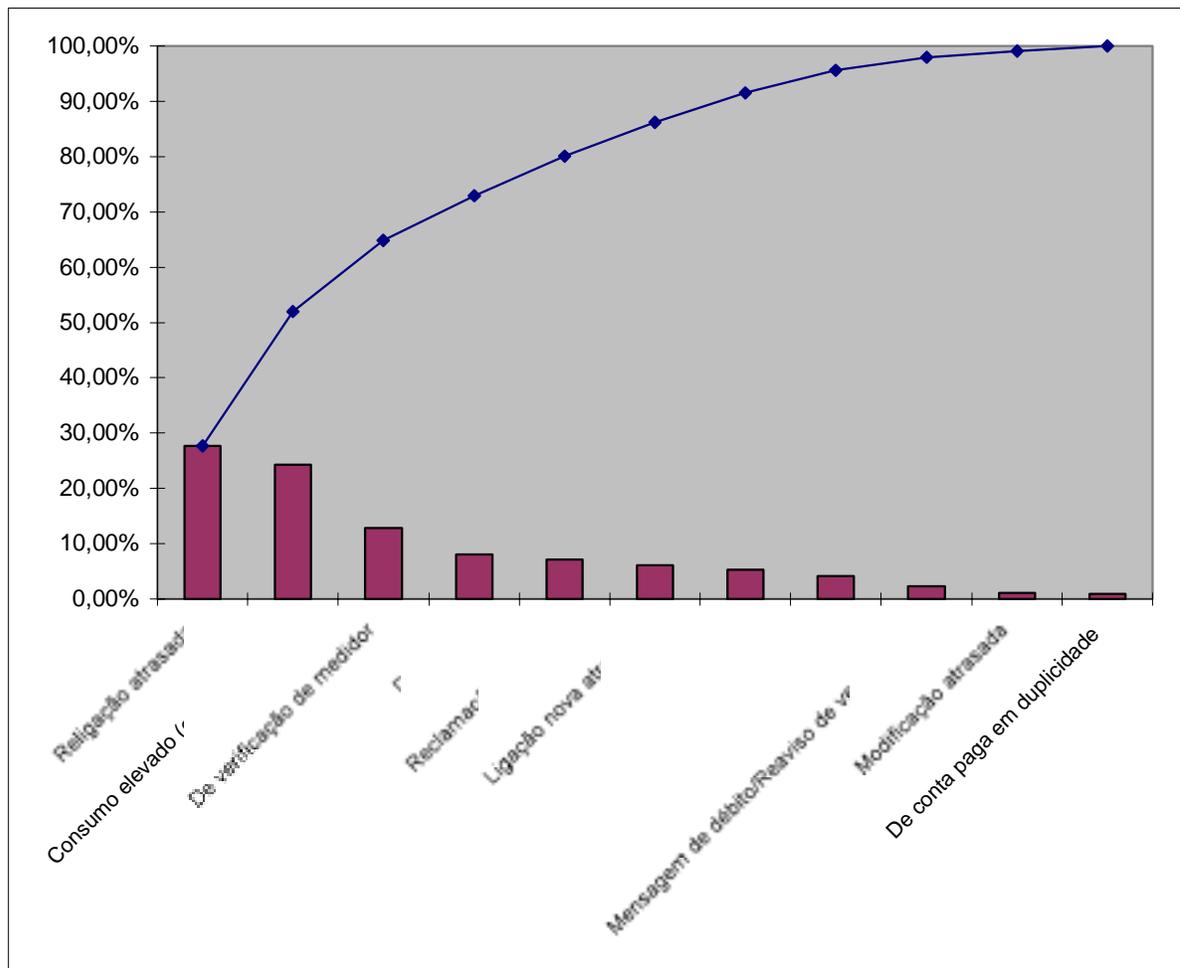


Figura 3.6- Diagrama de Pareto das solicitações comerciais mais ocorridas em 2003

### 3.4 Metodologia para análise de falhas

Após a fase inicial de diagnóstico, começaram a ser realizadas reuniões com uma equipe que foi batizada de “Grupo de Análise de Falhas”. Este grupo foi composto por cinco especialistas que trabalham em diferentes setores da empresa e uma equipe da UNIFEI (membros da Engenharia Elétrica e da Engenharia de Produção). A autora deste trabalho era membro da segunda equipe. Ainda é importante salientar que os funcionários da empresa escolhidos para comporem o “Grupo de Análise de Falhas” foram indicados por superiores da empresa, pois foram considerados funcionários experientes e bem conceituados. Além disto, foi exigido que estes funcionários fossem de áreas diferentes, pois a diversidade de informações ajudaria mais durante o mapeamento. Foram realizados 12 encontros em 6 meses, durante o ano de 2004.

A importância destas pessoas neste trabalho deve-se ao fato que no desenvolvimento de uma iniciativa de gestão do conhecimento as pessoas são peças-chaves, pois de acordo com Silveira (2004), alguns investigadores asseguram que o conhecimento não existe fora das mentes das pessoas. O conhecimento fora do "conhecedor" é apenas informação. Por isso há que reconhecer: no desenvolvimento de uma iniciativa de gestão de conhecimento, as pessoas são peças-chave.

Nesta fase do trabalho foi levado em consideração que a tecnologia de manutenção deve ser desenvolvida para identificar as possíveis falhas, além de gerenciar suas consequências, com técnicas economicamente adequadas a serem aplicadas em cada situação específica, como o citado por Nunes (2001).

Para o desenvolvimento das atividades do Grupo de Análise de Falhas, com vistas a obtenção dos mapas de falhas, a equipe UNIFEI desenvolveu uma metodologia, conforme mostrado na figura 3.7.

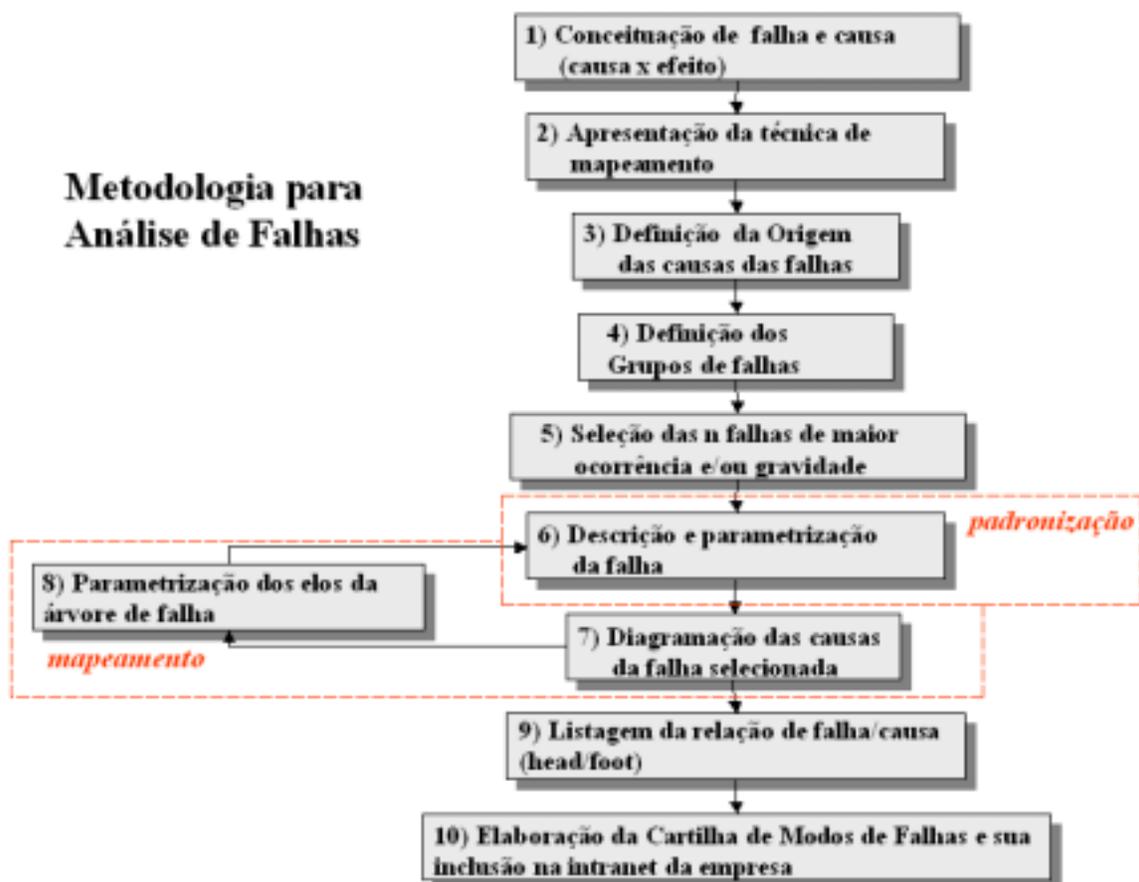


Figura 3.7- Metodologia para Análise de Falhas

### 3.4.1 Etapa de padronização

Conforme o relatado por Fagundes *et al* (2004), o primeiro passo nestas reuniões consistiu em esclarecer os conceitos de falha, causa e efeito com todos os envolvidos na fase de mapeamento (padronização, diagramação e parametrização). Este passo foi de fundamental importância, uma vez que é muito comum, principalmente entre os funcionários na rotina do dia-a-dia, tratar falhas como causas e vice-versa. Os outros passos foram seguidos sucessivamente, conforme mostrado na figura 3.7 e serão comentados ao longo do trabalho.

Logo após, foi iniciada a fase de mapeamento. É importante detalhar que o mapeamento inclui a padronização, diagramação e parametrização das falhas. De acordo com Fagundes e Almeida (2004), os especialistas dos diferentes setores da empresa mais professores da área de engenharia elétrica e de engenharia de produção foram reunidos e com base na experiência e nos dados da empresa, iniciou-se a fase de padronização. A técnica do *Brainstorming* foi largamente utilizada nesta etapa do trabalho.

O *Brainstorming* é uma rodada de idéias, destinada à busca de sugestões através do trabalho de grupo, para inferências sobre causas e efeitos de problemas e sobre tomada de decisão (MATTOS, 1998). O mesmo autor aponta como aspecto positivo na utilização desta técnica o seguinte fato: no dia a dia das empresas, os profissionais se colocam frente a um problema, e em muitas vezes fica difícil sair de situações inusitadas. Por mais bem treinados que estejam, surge o impasse. Isso se deve muitas vezes à própria base de conhecimento, recebida em treinamentos, ou mesmo durante a formação acadêmica, que privilegia um enfoque rígido de pensamento. O *Brainstorming* busca romper com este paradigma na abordagem das questões. Espera-se liberar os membros da equipe de formalismos limitantes, que inibem a criatividade, e, portanto, reduzem as opções de soluções e meios. Busca-se encontrar a diversidade de opiniões e idéias.

Na fase 3, que consistiu na definição da origem das causas das falhas, especialistas de diferentes setores da empresa mais professores da área de engenharia elétrica foram reunidos e com base na experiência e nos dados da empresa, foram determinadas treze origens de causas de falhas na empresa: vandalismo, procedimentos, fatores ambientais, fenômenos naturais, furto, fraude, fator humano, acidentes, externo, comunicação, contingência, econômica e vida útil. A razão que leva à cada uma destas origens está explicada a seguir, assim como as ações gerenciais que já foram tomadas para resolvê-las quando elas ocorreram.

- **Vandalismo:** esta origem implica que a falha ocorreu porque alguém intencionalmente jogou algum objeto na rede ou realizou outro ato com a intenção de lesar o sistema de distribuição. Conforme o relatado pelos funcionários da empresa durante as reuniões, um exemplo de vandalismo é quando indivíduos realizam ações que levam à paralisação do fornecimento de energia, com o objetivo de escurecer determinada área e facilitar tráficos e assaltos. Durante os encontros, os funcionários da empresa citaram o seguinte caso: crianças da periferia de uma das cidades da região jogavam objetos na rede para provocar falta de energia. A Bandeirante Energia S.A. promoveu uma campanha de conscientização em conjunto com escolas da região e levou algumas crianças para visitar hospitais. Durante estas visitas, as crianças puderam perceber que o que faziam podia provocar a morte de vizinhos e conhecidos que estavam internados nos hospitais, recém-nascidos que dependiam de estufas. Esta simples ação gerencial diminuiu surpreendentemente a quantidade de interrupções devido a esta causa.
- **Procedimentos:** um projeto ineficiente; normas e regras equivocadas, inclusive de higiene e segurança do trabalho; planos mal elaborados; falta ou não observância de legislação específica. Estes são exemplos de falhas que têm como origem procedimento. A ação gerencial terá como objetivo retificar normas e procedimentos onde forem encontrados erros; conscientização dos funcionários para o respeito à legislação existente e correção e aprimoramento de projetos que se demonstrem ineficientes e de planos que foram mal elaborados.
- **Fatores Ambientais:** animais, principalmente pássaros, podem provocar curto circuito quando se encostam aos fios. Outros animais que também podem prejudicar o sistema de distribuição, conforme o relatado pelos funcionários durante as reuniões, são os gambás e cobras. Árvores também são responsáveis por grande quantidade dos curtos-circuitos. A poluição, por sua vez, pode provocar corrosão de alguns componentes da rede de distribuição. A atuação gerencial para a causa fatores ambientais no caso de animais é colocar dispositivos que evitem que os fios tenham contato em caso de pássaros encostarem-se à rede. Uma programação bem elaborada de podas de árvores resolve os curtos-circuitos provocados por árvores. É importante ressaltar que na região litorânea as árvores crescem com maior rapidez devido ao clima e precisam de um monitoramento ainda mais rigoroso para não causar danos. Para evitar que componentes danificados pela

corrosão sejam causadores de danos no sistema de distribuição, é necessário um programa de manutenção que monitore a eficiência dos equipamentos e quando eles precisam ser substituídos.

- Fenômenos Naturais: esta origem representa os danos causados por descargas atmosféricas, maresia, chuva, vento forte, inundação, erosão. Os prejuízos causados pelas descargas atmosféricas são amenizados com a instalação de pára-raios em locais estratégicos. Já os efeitos da maresia sobre os equipamentos são monitorados da mesma forma que o citado anteriormente para corrosão. A instalação de dispositivos que evitem o contato de fios ameniza os danos causados pelos ventos fortes.
- Furto: esta origem refere-se aos danos causados por apropriação de ativos (roubo de material). De acordo com o relatado pelos funcionários é cada vez mais comum que pessoas roubem todo tipo de material, principalmente os que contêm metais nobres e podem ser vendidos. Nestes roubos as pessoas arriscam a própria vida ao terem contato com altas tensões. Estes prejuízos são grandiosos para qualquer concessionária de energia. Um jornal especializado, *EFEI Energy News* (2002), cita que a Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) estima que nos últimos dois anos teve um prejuízo estimado em mais de R\$ 500 mil com furto de cabos de alumínio. Segundo o gerente de negócios da empresa na época cada quilômetro de cabo de alumínio usado para fazer o retorno de energia para a subestação custava R\$ 831,00. O mesmo jornal cita que outro alvo dos bandidos são os transformadores. O Núcleo de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em Montes Claros foi vítima dos ladrões sete vezes em apenas um ano. Ao todo, os bandidos levaram três transformadores e quase um quilômetro de cabos. A maior suspeita é que estes materiais são vendidos para ferros-velhos.
- Fraude: a fraude refere-se ao roubo de energia através de adulteração do medidor, adulteração do padrão e furto de energia antes do ponto de entrega (“gato”). Um exemplo do prejuízo desta origem para as concessionárias é o da Escelsa. Ela perde anualmente mais de 4,4% de toda a energia que fornece aos mais de 922 mil clientes no estado apenas com ligações clandestinas (EFEI ENERGY NEWS, 2002). Outro exemplo do prejuízo causado pela fraude é o citado no site da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL, 2004): esta concessionária estima que apenas em Campinas existam oito mil ligações

clandestinas, responsáveis por um prejuízo de R\$ 1 milhão ao ano (considerando apenas se fosse aplicada a tarifa de baixa renda para todos, e a média de consumo de 115 kWh por mês dos clientes regularizados). Os furtos de energia antes do ponto de entrega comprometem todo o sistema, podendo deixar trechos de ruas e até mesmo um bairro inteiro sem energia, além de oferecer riscos de acidentes a quem os executa, pois o consumo desta energia não é planejado. No ano de 2004 a CPFL começou um projeto piloto para impedir o furto de energia elétrica através do "gato". De acordo com o relatado no site da empresa este projeto implica na aplicação de uma nova tecnologia: cabos concêntricos que partem de uma caixa, no alto do poste, diretamente para o medidor do consumidor – sem conexões intermediárias – impossibilitando ligação à da rede para furto de energia. O novo condutor utilizado para o ramal de ligação é concêntrico, onde em um único condutor estão as fases, isoladas e envolvidas pelo neutro, dificultando desta forma o furto da energia. Caso haja rompimento da isolamento, pode provocar curto-circuito. Essa nova tecnologia empregada é chamada rede secundária anti-furto e possui uma caixa com barramentos isolada e lacrada, onde os cabos saem diretamente para os bornes do medidor, atendendo os clientes com nível de tensão e qualidade adequados. Mesmo que o lacre seja rompido, não há como ter acesso aos cabos sem provocar um curto-circuito que desligará toda a rede, além de não oferecer riscos para o fraudador.

- Fator Humano: as falhas que tem fator humano como origem são aquelas provocadas por profissionais, tanto os da própria empresa quanto os terceirizados. O fator humano pode cometer erros por falta de treinamento, ou falta de motivação, ou por irresponsabilidade; ou por desrespeito às normas e procedimentos vigentes, inclusive de higiene e segurança do trabalho. Desta forma, o que a empresa já fez e ainda tem feito para evitar falhas provenientes desta origem é dar treinamento adequado aos funcionários e motivá-los.
- Acidentes: casualidades tais como abalroamento, pipa, incêndio, balões, interferência por cruzamento de linhas, podem afetar o sistema de distribuição e referem-se à origem acidentes.
- Externo (ao sistema Bandeirante): esta origem implica em falhas sentidas pelos clientes que não são culpa da concessionária. As falhas podem ocorrer devido a

problemas de fornecedores da distribuidora (CTEEP e Furnas), problemas nas instalações dos clientes ou em outras concessionárias e operadora de telefonia celular.

- Comunicação: origem que implica na falta de adequada comunicação da empresa junto a seus clientes e autoridades com relação a desligamentos programados, qualidade da energia e divisão de responsabilidades. Comunicação ineficiente entre os setores da própria empresa distribuidora também são pertencentes a esta origem.
- Contingência: quando há uma configuração alternativa não usual do sistema, implicando no aumento da vulnerabilidade momentânea do mesmo, existe a possibilidade de ocorrer alguma falha cuja origem é a contingência. Um exemplo prático desta origem é um circuito duplo alimentando enquanto o sistema alternativo está sob manutenção, o que implica em alto potencial de risco.
- Econômica: restrição orçamentária, risco calculado e inviabilidade econômica podem ser a causa de não investimento em equipamentos, técnicas e outros itens que seriam capazes de evitar a ocorrência de algum tipo de falha.
- Vida útil: o próprio desgaste natural dos equipamentos, ou seja, o alcance do tempo de vida útil dos equipamentos / componentes farão que os mesmos falhem se não forem trocados, o que ocasionará em avarias no sistema de distribuição .

A determinação destas origens significa que todos os modos de falhas que foram mapeados devem ter pelo menos uma destas origens. Ou seja, estas origens que serão alvo de atuação gerencial, pois são elas que desencadeiam o processo que leva à ocorrência das falhas.

Logo após, com a finalidade de agrupar falhas que apresentam impactos semelhantes para o consumidor foram criados quatro Grupos de Falhas: Interrupção do Fornecimento de Energia, Grupo IP (Iluminação Pública), Qualidade Técnica da Energia, Qualidade do Atendimento (FAGUNDES e ALMEIDA, 2004). Isto significa que todas as falhas que ocasionam interrupção no fornecimento de energia elétrica, por exemplo, foram agrupadas no primeiro grupo. Todas as que estão relacionadas com problemas na iluminação pública se concentram no segundo grupo. As falhas que afetam a qualidade técnica da energia, como oscilações de tensão, se concentram no terceiro grupo. Finalmente, todas as falhas relacionadas com deficiências no atendimento aos clientes foram agrupadas no quarto grupo. Posteriormente, para cada grupo, foram levantadas as falhas que mais ocorrem, conforme mostrado na figura 3.8, tudo isto com o auxílio do Diagrama de Afinidades.

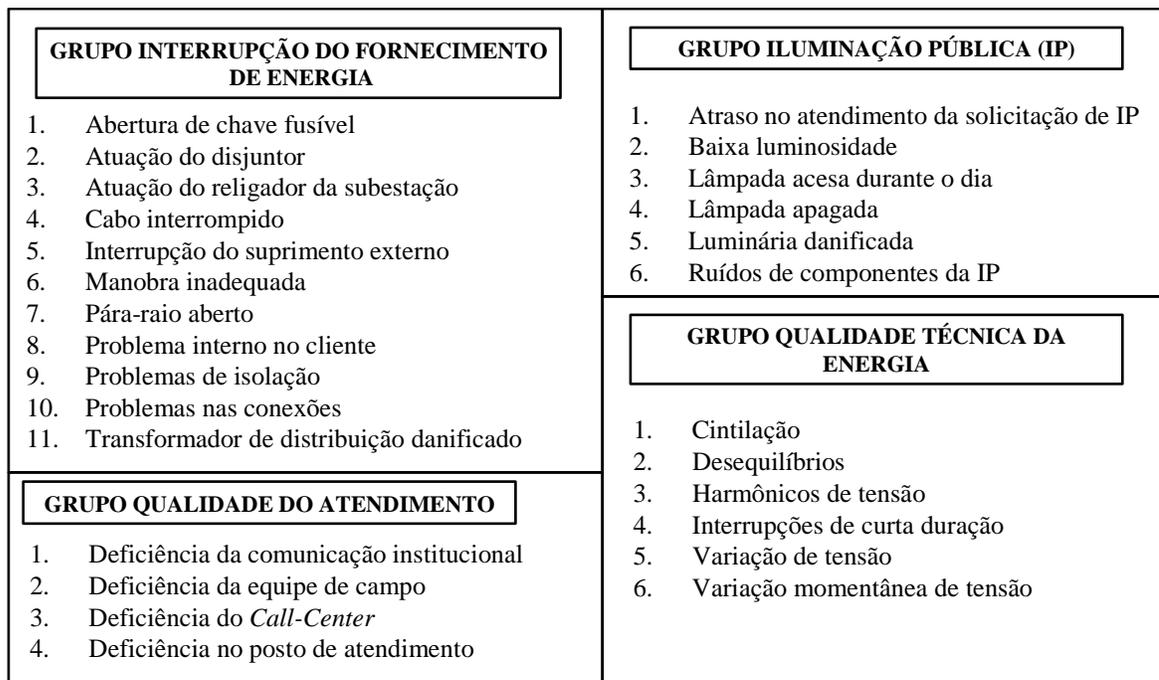


Figura 3.8- Diagrama de Afinidades das principais falhas da Bandeirante Energia S.A.

O Grupo Interrupção no Fornecimento de Energia contém as falhas que compõem a primeira coluna do Diagrama de Pareto, mostrado na figura 3.4. As demais falhas da mesma figura foram agrupadas nos outros grupos de acordo com o impacto sentido pelo cliente.

Para compor os grupos de falhas foram selecionadas as falhas de maior ocorrência e de maior importância. Desse modo, todas as falhas citadas acima foram mapeadas.

### 3.4.2 Etapa de diagramação

A próxima etapa chave do trabalho consistiu na diagramação das falhas. Nesta fase o objetivo foi encontrar as causas responsáveis por cada uma das falhas (mais precisamente, dos modos de falhas) listadas no Diagrama de Afinidades.

A figura 3.9 facilita o entendimento de como a etapa de diagramação foi realizada: a “cabeça da árvore”, também chamado de evento de topo, é a falha citada no Diagrama de Afinidades. A partir do evento de topo de cada uma das falhas foi realizada uma análise e um encadeamento entre as mesmas e seus eventos básicos, de modo que chegou às causas básicas de cada uma das falhas, também chamadas “pés da árvore”.

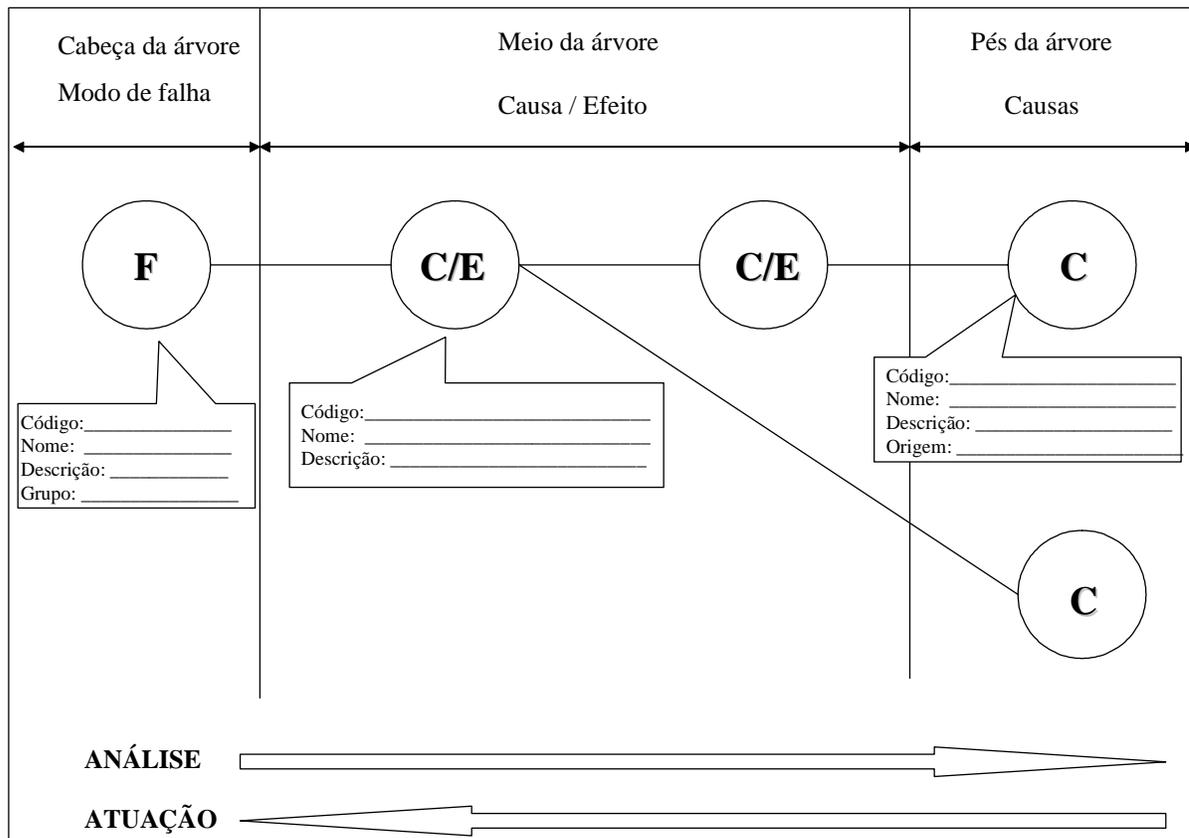


Figura 3.9- Diagramação e parametrização das falhas

O modelo de mapeamento, desenvolvido nesta etapa, conforme mostra a figura 3.9, demonstra que cada nó da árvore possui característica de causa e efeito, conforme a relação de consequência seqüencial, com exceção da “cabeça” da árvore que é sempre definida como falha e dos “pés” da árvore que serão sempre definidos como causas.

Uma explicação mais detalhada é a seguinte: primeiramente para cada evento de topo foram procuradas todas suas causas, as quais foram chamadas de causas primárias. Estas, por sua vez, foram consideradas como falhas e repetiu-se o processo realizado para o evento de topo, encontrando desta forma as causas secundárias. Este processo foi repetido até chegar-se às causas denominadas de “pés da árvore”. Percebe-se que a análise foi realizada da cabeça para o pé da árvore. Já a fase de atuação para impedir a reincidência de tal falha seguirá o caminho inverso, começará pelo pé.

Importante salientar que para os propósitos de diagramação das árvores de falhas do projeto em questão, bem como considerando as reclamações feitas pelos consumidores, as definições de falha e causa colocadas sob a consideração do grupo de análise de falhas foram:

- Falha: quando o serviço prestado pela empresa não atende às necessidades dos consumidores. Falha é a consequência final da árvore de causa-efeito.
- Causa: fator responsável pela ocorrência da falha. Desta forma, tanto o conceito de falha quanto de defeito, utilizados pela empresa, serão vistos neste projeto como falha, desde que representem a cabeça da árvore.

Todas as falhas selecionadas inicialmente foram padronizadas. No entanto, tal processo, como indicado no algoritmo da figura 3.9, foi feito simultaneamente com a diagramação das causas associadas. Assim, ficou mais produtivo o desenvolvimento simultâneo de atividades de padronização de falhas com a diagramação de suas causas.

Nesta etapa foi utilizado o Diagrama de Árvore. A figura 3.10 mostra o mapeamento da falha “Atraso no Atendimento da solicitação de IP”, pertencente ao Grupo IP. As falhas situadas mais à jusante que serão alvo direto de atuação para evitar a reincidência da “cabeça da árvore” ou evento de topo. Todas as outras falhas que aparecem no Diagrama de Afinidades (figura 3.8) foram diagramadas seguindo o mesmo raciocínio.

As falhas padronizadas, isto é, definidas e parametrizadas, com todas suas causas diagramadas, compõem as várias listas “cabeça-pé”. Cada uma delas representará informações capazes de serem entendidas pelas equipes de campo. Do ponto de vista do analista, o detalhamento da árvore completa de uma dada falha faz sentido, pois permite inferências e ações de interferência para o gestor.

Em resumo, para o pessoal de campo tem-se a lista falha-causas e para o analista e gestor, tem-se o mapa de modos de falhas.

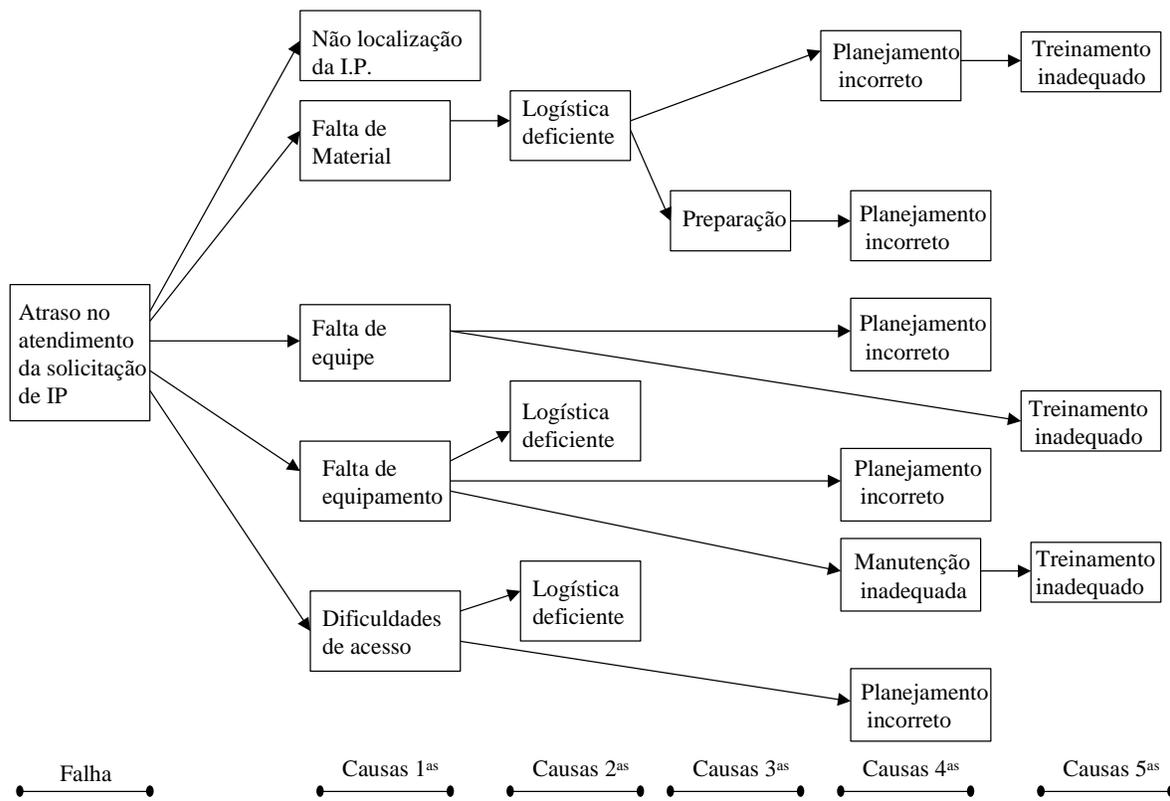


Figura 3.10- Diagrama Sistemático da falha “Atraso no Atendimento de Solicitação de IP”

### 3.4.3 Etapa de parametrização

A última etapa do mapeamento foi a parametrização, que consistiu em detalhar cada “nó” das árvores de falhas. Nó representa cada modo de falha e cada causa. A figura 3.9, que auxiliou no entendimento do processo de diagramação das falhas, também facilita observar como as árvores foram parametrizadas. A cabeça da árvore diagramada foi detalhada, ou parametrizada, com informações relativas:

- Ao código: codificação (número) pelo qual a falha é conhecida na empresa. No presente trabalho este item foi omitido, uma vez que é somente do interesse da empresa saber o código.
- Nome: simplesmente o nome da falha, por exemplo, “Atraso no atendimento da solicitação de IP”.
- Descrição: explicação detalhada do que significa a falha.

- Grupo: grupo ao qual a falha pertence de acordo com a classificação do Diagrama de Afinidades (figura 3.8). Por exemplo, no caso da falha “Atraso no atendimento da solicitação de IP”, o grupo é Iluminação Pública (IP).

As causas intermediárias foram parametrizadas apenas em relação à três aspectos: código, nome e descrição. Os pés das árvores foram parametrizados levando em consideração os mesmos aspectos abordados nas causas intermediárias, adicionando-se também o parâmetro origem, que será uma ou mais das treze origens determinadas na fase 3 da metodologia para análise de falhas (figura 3.7) . A origem que permitirá especificar qual o tipo de intervenção será adotada para solucionar a falha, ou evitar a reincidência da mesma.

Todas as outras falhas que constam no Diagrama de Afinidades (figura 3.8) foram mapeadas seguindo os mesmos passos especificados acima.

### **3.5 Árvores mapeadas**

Para relembrar, o objetivo principal do trabalho como mostrado no capítulo 1, é a construção de mapas dos modos das principais falhas que afetam o sistema de distribuição e a qualidade do serviço prestado pela Bandeirante Energia S.A. Deste modo, a seguir, são apresentados estes mapas construídos durante as reuniões com o Grupo de Análise de falhas.

Durante a construção dos mapas houve preocupação quanto à parametrização do nome de cada nó, da descrição e da origem. Os nós são representados por retângulos, seguindo a arquitetura proposta pela literatura para a construção de Diagramas Sistemáticos. Cada nó representa o modo de falha, ou as causas que levam à ocorrência do modo de falha.

No entanto, nem todos os nós possuem as três descrições, por exemplo, quando o nome do nó já deixa claro o que ele significa o campo descrição não foi realizado. Não ocorre a parametrização para este mesmo nó quando ela já foi realizada em outras árvores. Já o campo origem, só existe naqueles nós que têm como causa direta uma das treze origens determinadas pelo Grupo de Análise de Falhas.

Outra observação que deve ser feita antes de mostrar os Diagramas de Árvore construídos é que em algumas árvores existem nós que estão coloridos. Os retângulos vermelhos indicam que o nó na verdade se trata de uma árvore construída separadamente por se tratar de um outro modo de falha e que não foi desenvolvido novamente para que a árvore não se tornasse gigantesca. Estes mesmos retângulos também representam causas que já foram desenvolvidas na mesma

árvore e por este motivo não foram desenvolvidos novamente. Os retângulos azuis representam causas que estão representadas em outras árvores, não por serem um modo de falha, mas por serem causa.

Os Diagramas de Árvore foram agrupados em quatro grupos de acordo com o impacto que representam para os clientes (Diagrama de Afinidades, fig. 3.8):

### 3.5.1) GRUPO INTERRUPTÃO DO FORNECIMENTO DE ENERGIA

#### 3.5.1.1) Abertura de chave fusível

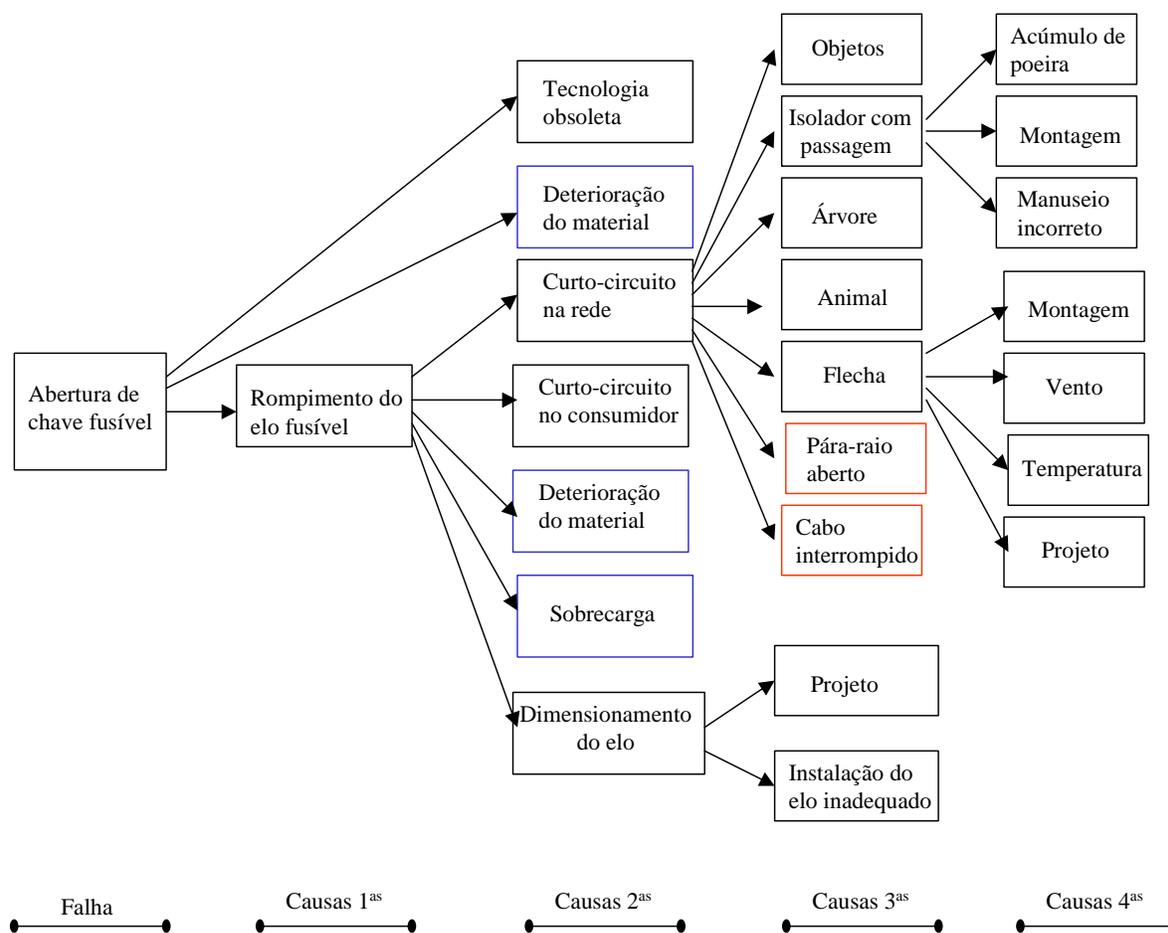


Figura 3.11- Diagrama Sistemático da falha "Abertura de chave fusível"

De acordo com informações do site Rio Grande Energia (RGE, 2005), a chave fusível é um dispositivo de manobra mecânico que, na posição aberta, assegura uma distância de isolamento, e na posição fechada mantém a continuidade do circuito elétrico, nas condições

especificadas. Desta forma a falha mencionada acima provoca uma descontinuidade do circuito elétrico.

**Nó: Abertura de chave fusível**

Descrição: Abertura elétrica do dispositivo, acarretando perda de continuidade elétrica do sistema.

**Nó: Rompimento do Elo Fusível**

Descrição: Elo fusível, de acordo com o glossário de termos técnicos no site RGE (2005), trata-se de um fusível de construção flexível destinado a manter a chave na posição fechada quando em funcionamento e provocar a sua abertura automática após a fusão do elemento fusível. Para ocorrer a abertura da chave fusível sem programação este dispositivo se rompe. A figura 3.13, mostra um elo fusível rompido.



Figura 3.12- Exemplo de um elo fusível rompido

**Nó: Tecnologia Obsoleta**

Descrição: Neste caso, a falta de atualização tecnológica (exemplo: chave-mateus); projeto do produto e especificação do material, são as causas que levam diretamente à abertura da chave fusível..

Origem: Econômica; Fator Humano; Procedimentos e Vida Útil.

**Nó: Deterioração do Material**

Descrição: Perda das qualidades eletromecânicas dos materiais dos componentes. Este nó está em azul porque no Diagrama Sistemático do modo de falha Cabo Interrompido (1.4) este nó aparece e está detalhado. Olhando no Diagrama 1.4 pode-se verificar que se Deterioração de Material fosse detalhada no Diagrama 1.1, causaria uma poluição visual.

**Nó: Curto-Circuito na Rede**

**Descrição:** Para explicar do que se trata curto circuito na rede é necessário definir o que vem a ser circuito, curto-circuito e rede de distribuição. De acordo com o glossário de termos técnicos da RGE (2005), circuito é o conjunto de corpos ou de meios no qual pode haver corrente ou conjunto de componentes da instalação alimentados a partir de uma mesma origem e protegidos contra sobrecorrentes pelos mesmos dispositivos de proteção. Já o curto circuito, de acordo com o mesmo glossário, se caracteriza como sendo uma ligação intencional ou acidental entre dois ou mais pontos de um circuito através de impedância desprezível. Já a definição para rede é: parte de um sistema de distribuição associada a um alimentador, compreendendo, além deste, os transformadores de distribuição por ele alimentados, com os respectivos circuitos secundários e os ramais de entrada dos clientes que recebem energia sob a tensão do alimentador.

Origem: Acidentes

**Nó: Curto-Circuito no Consumidor**

Descrição: No caso deste nó, o curto circuito (definido acima), ocorre instalações do cliente.

Origem: Externo

**Nó: Sobrecarga**

Descrição: De acordo com o glossário da RGE (2005), sobrecarga é a parte da carga existente que excede a plena carga. O nó sobrecarga neste caso indica a sobrecarga provocando elevação de temperatura do elo fusível, acarretando perda de suas qualidades mecânicas até o seu rompimento. Este rompimento deve-se à sobrecarga com duração acima do tempo de rompimento do elo.

Origem: Contingência, Fraude e Externo.

**Nó: Dimensionamento do Elo**

Descrição: Valor incorreto do elo (subdimensionamento).

**Nó: Objetos**

Descrição: Objetos lançados na rede, como pipa, calçados, pneu, asa-delta, aramados, etc.

Origem: Vandalismo e Acidentes.



Figura 3.13- Exemplo de objetos jogados na rede

**Nó: Isolador com Passagem**

Descrição: O isolador se trata de um dispositivo destinado a isolar eletricamente e a suportar mecanicamente um equipamento ou um condutor ou outros isoladores (RGE, 2005). Um isolador com passagem é um isolador trincado, quebrado, empoeirado ou sob efeito de maresia, que devido a estes estados, perde em parte ou completamente sua propriedade de isolamento elétrico.

Origem: Vandalismo e Vida Útil.

**Nó: Árvore**

Descrição: Galhos de árvore provocando curto entre fases ou fase-terra.

Origem: Fatores Ambientais, Procedimentos e Fator Humano.

**Nó: Animal**

Descrição: Animais provocando curto entre fases ou fase-terra. Exemplos: ratos, gambás, aves.

Origem: Fatores Ambientais.

**Nó: Flecha ou cabo frouxo**

Descrição: Contato entre os cabos da rede quando sujeitos à ventania e variações de temperatura.

Por cabo pode-se entender: conjunto de fios encordoados, isolados ou não entre si, podendo o conjunto ser isolado ou não. (RGE, 2005)

Origem: Externo e Acidentes.

**Nó: Pára-Raio Aberto**

Descrição: Segundo o glossário da RGE (2004), pára-raio é o dispositivo destinado a proteger o equipamento elétrico contra sobretensões transitórias elevadas e a limitar a duração e, com frequência, a intensidade da corrente subsequente. O nó pára-raio aberto representa uma avaria da resistência não linear do pára-raio; inclui o sistema de aterramento (malha e terra).

Origem: Vida Útil

**Nó: Cabo Interrompido**

Descrição: Cabo é um conjunto de fios encordoados, isolados ou não entre si, podendo o conjunto ser isolado ou não (RGE, 2005). Este nó implica em rompimento do cabo do circuito primário ou secundário, provocando interrupção do fornecimento de energia.

Origem: Acidentes e Furto.



Figura 3.14- Exemplo de um pára-raio aberto

**Nó: Projeto**

Descrição: Projeto inicial mal elaborado, ou elo fusível ao longo do tempo tornou-se subdimensionado em função do aumento de carga.

Origem: Procedimentos.

**Nó: Instalação de Elo Inadequado.**

Origem: Fator humano

**Nó: Acúmulo de Poeira**

Origem: Fatores Ambientais

**Nó: Montagem**

Descrição: houve algum erro durante a montagem que propicia condições que podem levar à falhas. Esta montagem equivocada pode ocorrer pela existência de procedimentos errados, por erro involuntário do próprio funcionário durante a montagem ou por erro voluntário, o que caracteriza a fraude.

Origem: Procedimentos, Fator humano e Fraude

**Nó: Manuseio Incorreto**

Descrição: manuseio incorreto dos equipamentos ou da rede, geralmente ocorrido por falta de treinamento ou falta de atenção.

Origem: Fator Humano

**Nó: Vento**

Origem: Fenômenos Naturais.

**Nó: Temperatura**

Descrição: Variação na temperatura ambiente, propiciando um ambiente favorável ao surgimento de flechas. A figura 3.16 mostra como uma conexão que sofreu aumento de temperatura ficou.

Origem: Fenômenos Naturais

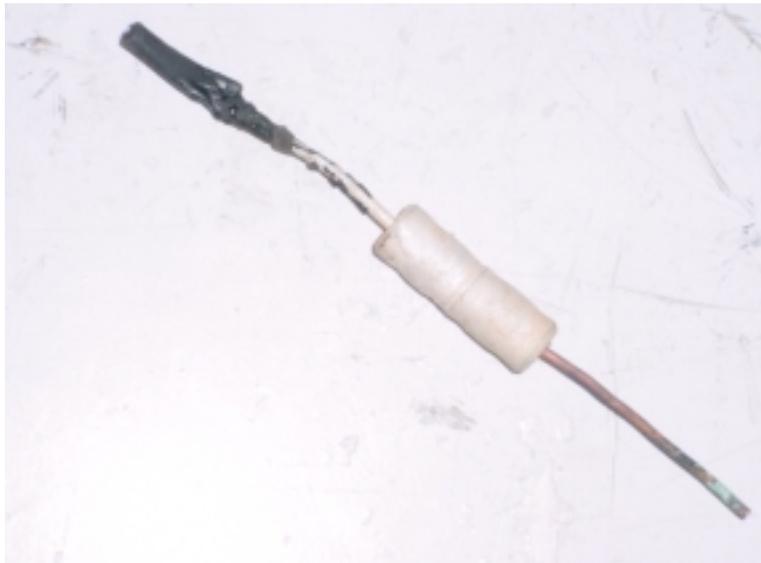


Figura 3.15- Exemplo de conexão que sofreu aumento de temperatura

### 3.5.1.2) Atuação do disjuntor

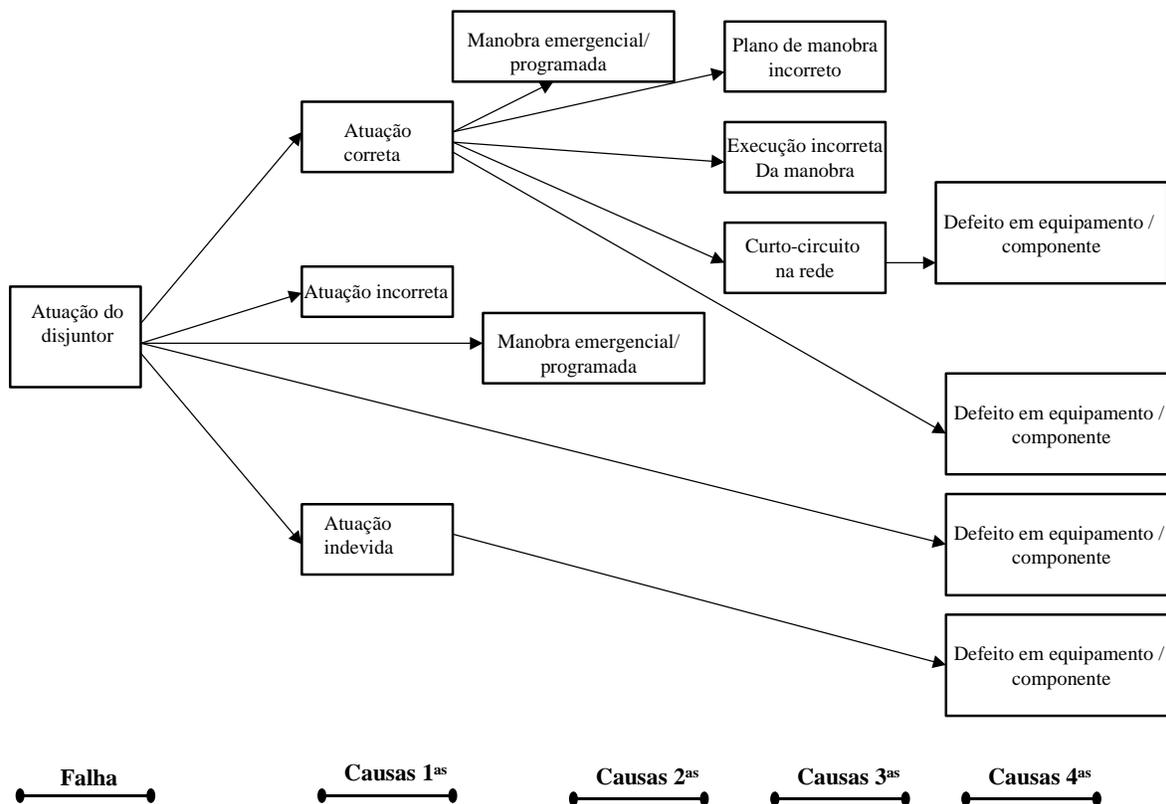


Figura 3.16- Diagrama Sistemático da falha "Atuação do disjuntor"

#### Nó: Atuação do Disjuntor

Descrição: O disjuntor é um componente que abre automaticamente um circuito quando a corrente deste é excessiva. Ele pode ser religado manualmente ou eletricamente depois de removida a sobrecarga (RGE, 2005). Este disjuntor pode ser de empresa fornecedora (rede de propriedade da Bandeirante e disjuntor de propriedade da CTEEP) ou da própria Bandeirante (rede e disjuntor de propriedade da Bandeirante).

#### Nó: Atuação Correta

Descrição: Quando o sistema de proteção atua conforme pré-estabelecido.

Origem: Fenômenos Naturais e Acidentes.

#### Nó: Atuação Incorreta

Descrição: Sistema de proteção atua, mas fora das especificações (falha de calibração).

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Atuação Indevida**

Descrição: Sistema de proteção não deveria atuar e atuou. Exemplo: coordenação entre reles eletromecânicos e numéricos (ou digitais) devido ao tempo de reset (retorno de disco do eletromecânico).

Origem: Fator Humano.

**Nó: Manobra Emergencial/Programada**

Descrição: Manobra emergencial para suprir cargas de outros circuitos com risco de ficarem inoperantes.

Origem: Acidentes e Contingência.

**Nó: Plano de Manobra Incorreto**

Descrição: Elaboração equivocada da seqüência para transferência de carga ou isolamento de trecho do circuito.

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Execução Incorreta da Manobra**

Descrição: Interpretação equivocada da seqüência para transferência de carga ou isolamento de trecho do circuito.

Origem: Fator Humano.

**Nó: Curto Circuito na Rede**

**Nó: Defeito em Equipamento/Componente**

Descrição: Chaves seccionadoras, conectores, condutores, estrutura propriamente dita, pára-raio, isoladores (defeitos de material; fabricação; provocados por acidentes; desgaste natural; etc.). Estes defeitos podem provocar a atuação indevida do disjuntor ou fazer com que o mesmo atue de forma a proteger o circuito.

Origem: Vandalismo; Fenômenos Naturais, Acidentes e Fator Humano.

### 3.5.1.3) Atuação do Religador da Subestação

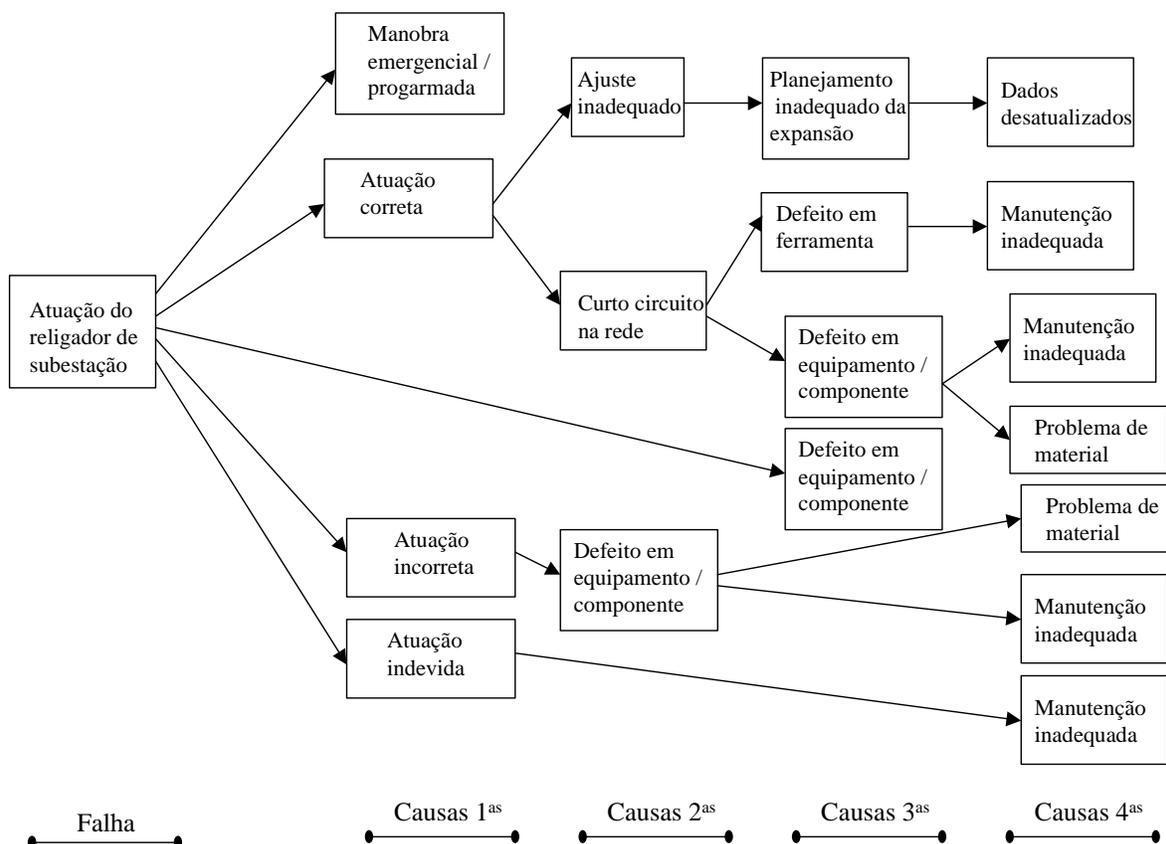


Figura 3.17- Diagrama Sistemático da falha "Atuação do religador de subestação"

#### Nó: Atuação do Religador da Subestação

Descrição: Dispositivo de manobra (mecânico) de comando automático que opera em condições de falta, de acordo com uma seqüência de operações predeterminadas (RGE, 2005). Este dispositivo permite um rápido restabelecimento do sistema de fornecimento. Este Diagrama de Afinidades representa a falha interrupção no fornecimento de energia quando o religador atua deixando determinada área sem energia elétrica.

#### Nó: Manobra Emergencial/Programada

Descrição: Manobra emergencial/programada para suprir cargas de outros circuitos com risco de ficarem inoperantes.

Origem: Contingência e Acidentes.

#### Nó: Atuação Correta

Descrição: Operação automática do religador. Quando o sistema de proteção atua conforme pré-estabelecido.

Origem: Acidente e Fenômenos Naturais.

**Nó: Atuação Incorreta**

Descrição: Sistema de proteção atua, mas fora das especificações (falha de calibração).

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Atuação Indevida**

Descrição: Sistema de proteção não deveria atuar e atuou.

Origem: Fator Humano

**Nó: Ajuste Inadequado**

Descrição: Parametrização incorreta provocando a atuação do religador.

Origem: Fraude e Fator Humano.

**Nó: Curto Circuito na Rede**

**Nó: Defeito em Equipamento/Componente**

Descrição: Defeitos em componentes da rede ou do religador.

Origem: Fator Humano; Fenômenos Naturais; Fraude; Procedimentos e Vandalismo.

**Nó: Planejamento Inadequado da Expansão de Carga**

Descrição: Crescimento da carga sem reavaliação dos parâmetros de ajuste.

Origem: Fraude e Procedimentos.

**Nó: Defeito em Ferramenta**

Descrição: Ferramenta com defeito causando curto-circuito (tesoura de linha viva, load buster).

**Nó: Dados Desatualizados**

Descrição: Dados inconsistentes com o crescimento da demanda.

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Manutenção Inadequada**

Descrição: Manutenção realizada que não retornou ao item as suas condições operacionais originais.

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Problema de Material**

Descrição: Problema com materiais que compõem a rede elétrica ou do próprio equipamento (composição, especificação e fabricação).

Origem: Fator Humano; Fraude e Procedimentos.

### 3.5.1.4) Cabo interrompido

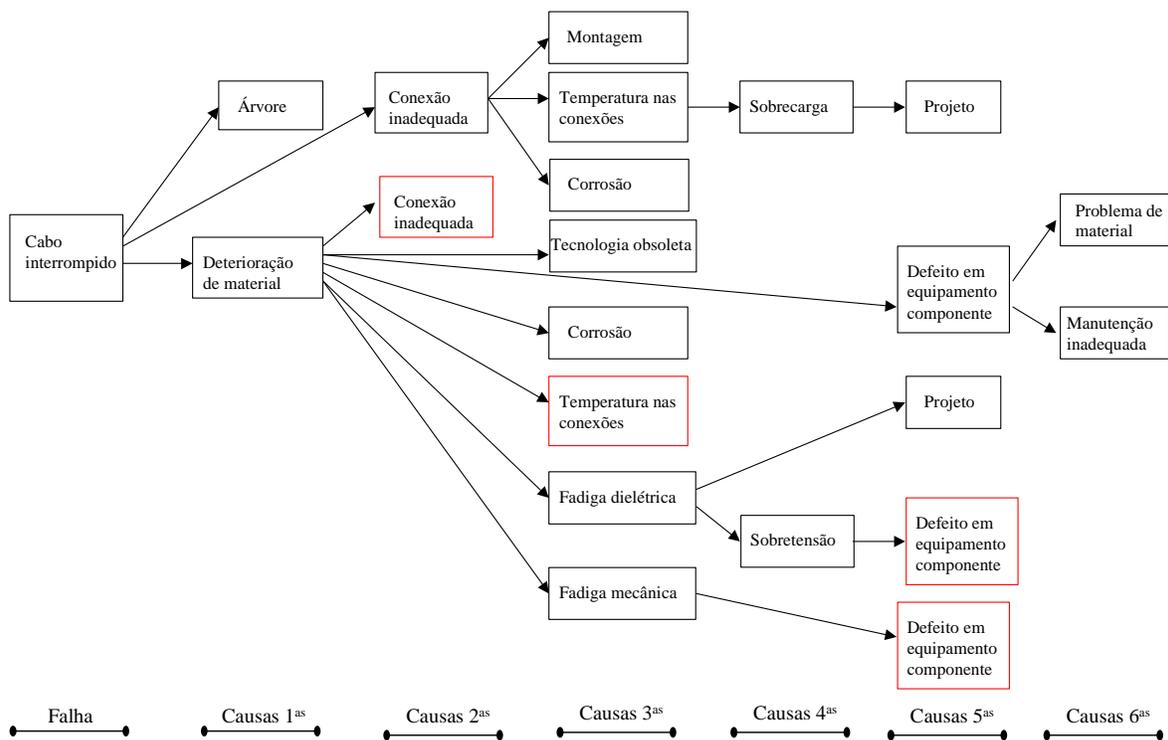


Figura 3.18- Diagrama Sistemático da falha "Cabo Interrompido"

#### Nó: Cabo Interrompido

Descrição: Cabo do circuito primário ou secundário que se rompeu provocando interrupção do fornecimento de energia. Um exemplo de cabo interrompido pode ser observado na figura 3.20.

Origem: Acidentes e Furto.



Figura 3.19- Exemplo de cabo interrompido

**Nó: Árvore**

Descrição: Galhos de árvore provocando curto entre fases ou fase-terra.

Origem: Fatores Ambientais, Procedimentos e Fator Humano.

**Nó: Deterioração do Material**

Descrição: Perdas das qualidades eletromecânicas dos materiais dos componentes.

**Nó: Conexão Inadequada**

Descrição: Luvas, conectores, emenda e alças pré-formadas: conector inadequado, montagem incorreta (ferramenta ou aperto inadequado).

**Nó: Montagem**

Origem: Procedimentos, Fator Humano e Fraude.

**Nó: Temperatura nas Conexões**

Descrição: Temperatura localizada nas conexões provocando aumento de resistividade.

**Nó: Corrosão**

Origem: Fatores Ambientais e Fenômenos Naturais.

**Nó: Tecnologia Obsoleta**

Descrição: Falta de atualização tecnológica (exemplo: chave-mateus); projeto do produto e especificação do material.

Origem: Econômica; Fator Humano; Procedimentos e Vida Útil.

**Nó: Fadiga Dielétrica**

Descrição: Envelhecimento precoce do isolamento devido às solicitações freqüentes de sobretensão (rompimento do dielétrico).

**Nó: Fadiga Mecânica**

Descrição: Tração, movimentos relativos, ocasionando perda das características mecânicas.

**Nó: Sobrecarga**

Descrição: Sobrecarga provocando elevação de temperatura do elo fusível, acarretando perda de suas qualidades mecânicas até o seu rompimento. Este rompimento deve-se à sobrecarga com duração acima do tempo de rompimento do elo.

Origem: Contingência, Fraude e Externa.

**Nó: Sobretensão**

Descrição: Tensão acima da suportabilidade do material (acima da tensão nominal), sendo a tensão nominal o valor eficaz de tensão pelo qual o sistema é projetado, expresso em volts ou quilovolts de acordo com a Resolução n° 505 da ANEEL.

Origem: Externo e Fenômenos Naturais.

**Nó: Projeto**

Origem: Procedimentos

**Nó: Defeito em Equipamento/Componente**

Descrição: Defeitos em componentes da rede.

Origem: Fator Humano; Fenômenos Naturais; Fraude; Procedimentos e Vandalismo.

**Nó: Problema de Material**

Descrição: Problema com materiais que compõem a rede elétrica ou do próprio equipamento (composição, especificação e fabricação).

Origem: Fator Humano; Fraude e Procedimentos.

**Nó: Manutenção Inadequada**

Descrição: Manutenção realizada que não retornou ao item as suas condições operacionais originais.

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

### 3.5.1.5) Interrupção do Suprimento Externo

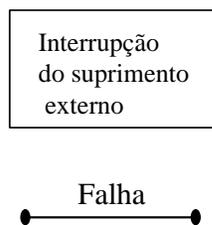


Figura 3.20- Diagrama Sistemático da falha "Interrupção do suprimento externo"

#### Nó: Interrupção do Suprimento Externo

Descrição: Falta de energia na entrada do medidor de fronteira.

Origem: Externo.

### 3.5.1.6) Manobra Inadequada

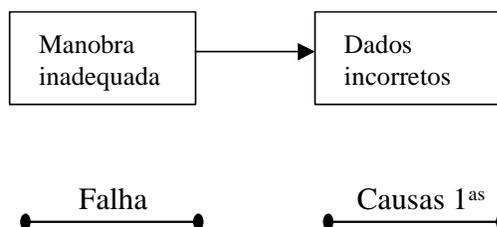


Figura 3.21- Diagrama Sistemático da falha "Manobra inadequada"

#### Nó: Manobra Inadequada

Descrição: Manobra é a mudança na configuração elétrica de um circuito, feita manual ou automaticamente por dispositivo adequado (RGE, 2005). A manobra inadequada diagramada neste caso trata-se da abertura e/ou fechamento de chaves seccionadoras da rede de maneira inadequada. Sendo que de acordo com o glossário RGE (2005), chave é o dispositivo de manobra mecânico que, na posição aberta, assegura uma distância de isolamento, e na posição fechada mantém a continuidade do circuito elétrico, nas condições especificadas.

Origem: Procedimentos, Comunicação e Fator Humano.

**Nó: Dados Incorretos**

Descrição: Arquivos desatualizados, ausência de diagramas ou a existência dos mesmos de forma incompleta.

Origem: Comunicação e Fator Humano.

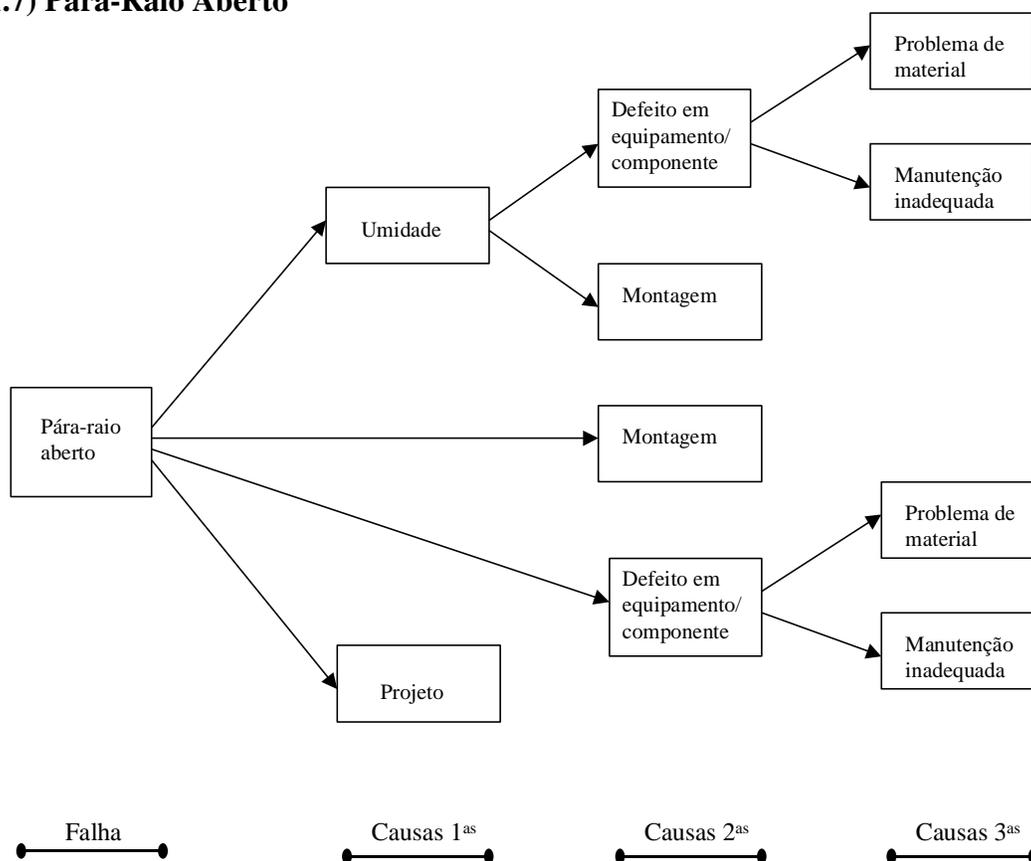
**3.5.1.7) Pára-Raio Aberto**

Figura 3.22- Diagrama Sistemático da falha "Pára-raio aberto"

**Nó: Pára-Raio Aberto**

Descrição: O pára-raio é o dispositivo destinado a proteger o equipamento elétrico contra sobretensões transitórias elevadas e a limitar a duração e, com freqüência, a intensidade da corrente subsequente (RGE, 2005). Pára-raio aberto é uma avaria da resistência não linear do pára-raio; inclui o sistema de aterramento (malha e terra). Na figura 3.15 é mostrado um exemplo de pára-raio aberto.

Origem: Vida Útil.

**Nó: Umidade**

Descrição: umidade penetra no pára-raio, principalmente a água da chuva.

Origem: Fenômenos Naturais

**Nó: Projeto**

Descrição: Projeto inadequado do sistema de pára-raio; interligação de pára-raios por fio rígido na prumada de aterramento; número / posição / especificação dos pára-raios no projeto do sistema (subestação ou rede).

Origem: Procedimentos.

**Nó: Defeito em Equipamento / Componente**

Descrição: Defeito decorrente do uso, fabricação, transporte, manuseio, instalação, etc. A determinação de suas causas dependerá de uma investigação criteriosa da engenharia.

Origem: Procedimentos, Fraude, Vandalismo, Fator Humano e Fenômenos Naturais

**Nó: Montagem**

Origem: Procedimentos e Fator Humano.

**Nó: Problema de Material**

Descrição: Problema com materiais que compõem a rede elétrica ou do próprio equipamento (composição, especificação e fabricação).

Origem: Fator Humano; Fraude e Procedimentos.

**Nó: Manutenção Inadequada**

Descrição: Manutenção realizada que não retornou ao item as suas condições operacionais originais.

Origem: Fator Humano e Procedimentos

**Nó: Problema de Material**

Descrição: Problema com materiais que compõem a rede elétrica ou do próprio equipamento (composição, especificação e fabricação).

Origem: Fator Humano; Fraude e Procedimentos.

### 3.5.1.8) Problema Interno no Cliente

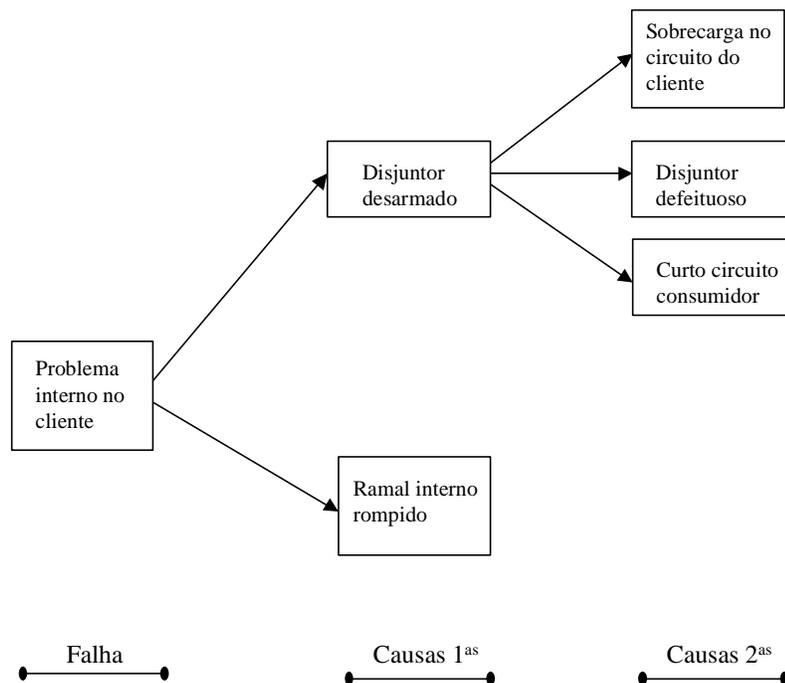


Figura 3.23- Diagrama Sistemático da falha "Problema interno no cliente"

#### Nó: Problema Interno no Cliente

Descrição: Defeitos nas instalações elétricas do cliente sob a responsabilidade do mesmo.

Origem: Externo

#### Nó: Disjuntor Desarmado

Descrição: O disjuntor encontra-se desarmado quando seus contatos se encontram abertos, provocando a interrupção de energia do consumidor. Uma outra situação pode advir da destruição do próprio disjuntor.

#### Nó: Ramal Interno Rompido

Descrição: O ramal se caracteriza por condutores e acessórios compreendidos entre o ponto de derivação da rede da concessionária e o ponto de entrega (RGE, 2005). Neste caso, o ramal que é de responsabilidade do cliente e não da concessionária, apresenta problemas que afetam sua função.

Origem: Externo

#### Nó: Sobrecarga no Circuito do Cliente

Origem: Externo

**Nó: Disjuntor Defeituoso**

Descrição: o equipamento denominado disjuntor, que não é de responsabilidade da concessionária neste caso e sim do cliente, apresenta algum defeito.

Origem: Externo

**Nó: Curto-Circuito Consumidor**

Descrição: Curto-circuito nas instalações do cliente.

Origem: Externo

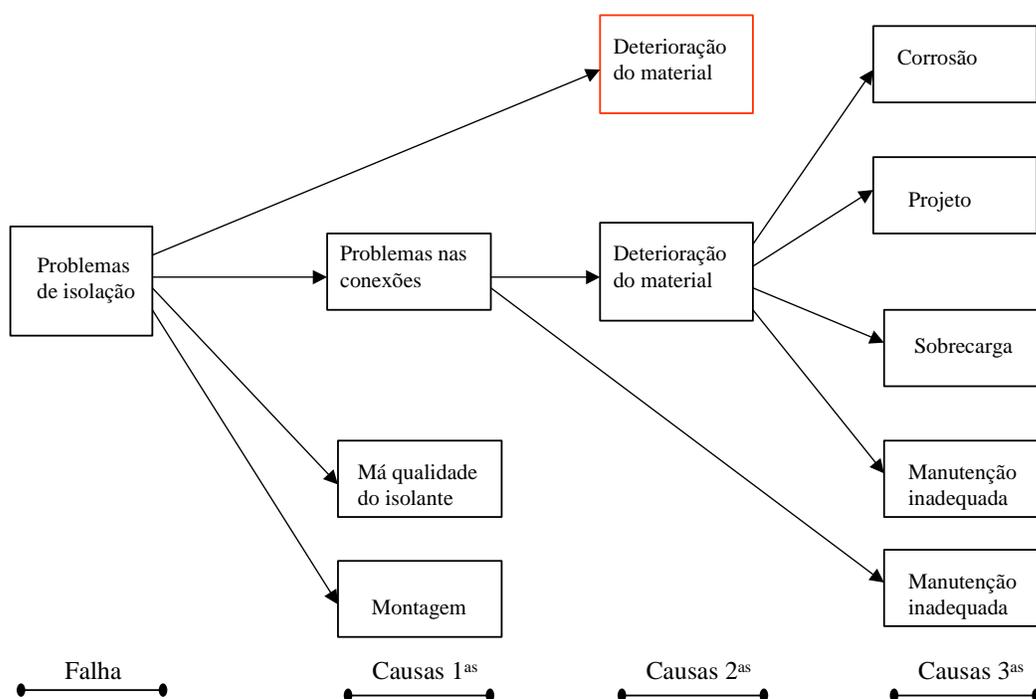
**3.5.1.9) Problemas de Isolação**

Figura 3.24- Diagrama Sistemático da falha "Problemas de Isolação"

**Nó: Problemas de Isolação**

Descrição: Fuga de corrente pela isolação (rompimento do dielétrico do isolante).

Origem: Procedimentos e Vandalismo.

**Nó: Problemas nas Conexões**

Descrição: Muflas, conectores, emendas, soldas, cintas. Rompimento dos contatos elétricos na saída do circuito. A figura 3.26 mostra uma conexão que não sofreu aperto adequado.

Origem: Furto e Vandalismo.



Figura 3.25- Exemplo de problema na conexão no pontalete

**Nó: Má Qualidade do Isolante**

Descrição: Isolante de má qualidade.

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Montagem**

Descrição: Isolação mal feita permitindo penetração de poeira e umidade.

Origem: Fator Humano

**Nó: Deterioração do Material**

Descrição: Envelhecimento de polímeros, oxidação, uso de material inadequado (uso de ligas impróprias).

**Nó: Corrosão**

Origem: Fatores Ambientais e Fenômenos Naturais.

**Nó: Projeto**

Descrição: Projeto mal elaborado do dispositivo conector.

Origem: Econômica; Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Sobrecarga**

Descrição: A sobrecarga provoca pontos quentes, o que agiliza o envelhecimento do material, acelerando o processo de oxidação.

Origem: Contingência; Externo e Fraude.

**Nó: Manutenção Inadequada**

Descrição: Falta de aperto na conexão, uso de cunhas e ferramentas inadequadas.

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

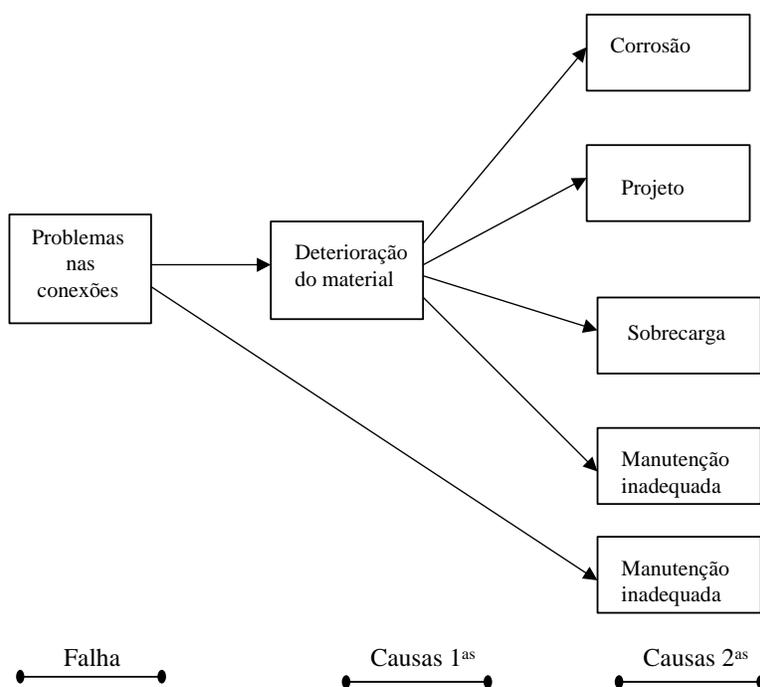
**3.5.1.10) Problemas nas Conexões**

Figura 3.26- Diagrama Sistemático da falha "Problemas nas Conexões"

**Nó: Problemas nas Conexões**

Descrição: Muflas, conectores, emendas, soldas, cintas. Rompimento dos contatos elétricos na saída do circuito. A figura 3.26 mostra um exemplo de conexão com problema.

Origem: Vandalismo e Furto.

**Nó: Deterioração do Material**

Descrição: Envelhecimento de polímeros, oxidação, uso de material inadequado (uso de ligas impróprias).

**Nó: Corrosão**

Origem: Fatores Ambientais

**Nó: Projeto**

Descrição: Projeto mal elaborado do dispositivo conector.

Origem: Econômica; Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Sobrecarga**

Descrição: A sobrecarga provoca pontos quentes, o que agiliza o envelhecimento do material, acelerando o processo de oxidação.

Origem: Contingência; Externo e Fraude.

**Nó: Manutenção Inadequada**

Descrição: Falta de aperto na conexão, uso de cunhas e ferramentas inadequadas.

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

**3.5.1.11) Transformador de Distribuição Danificado**

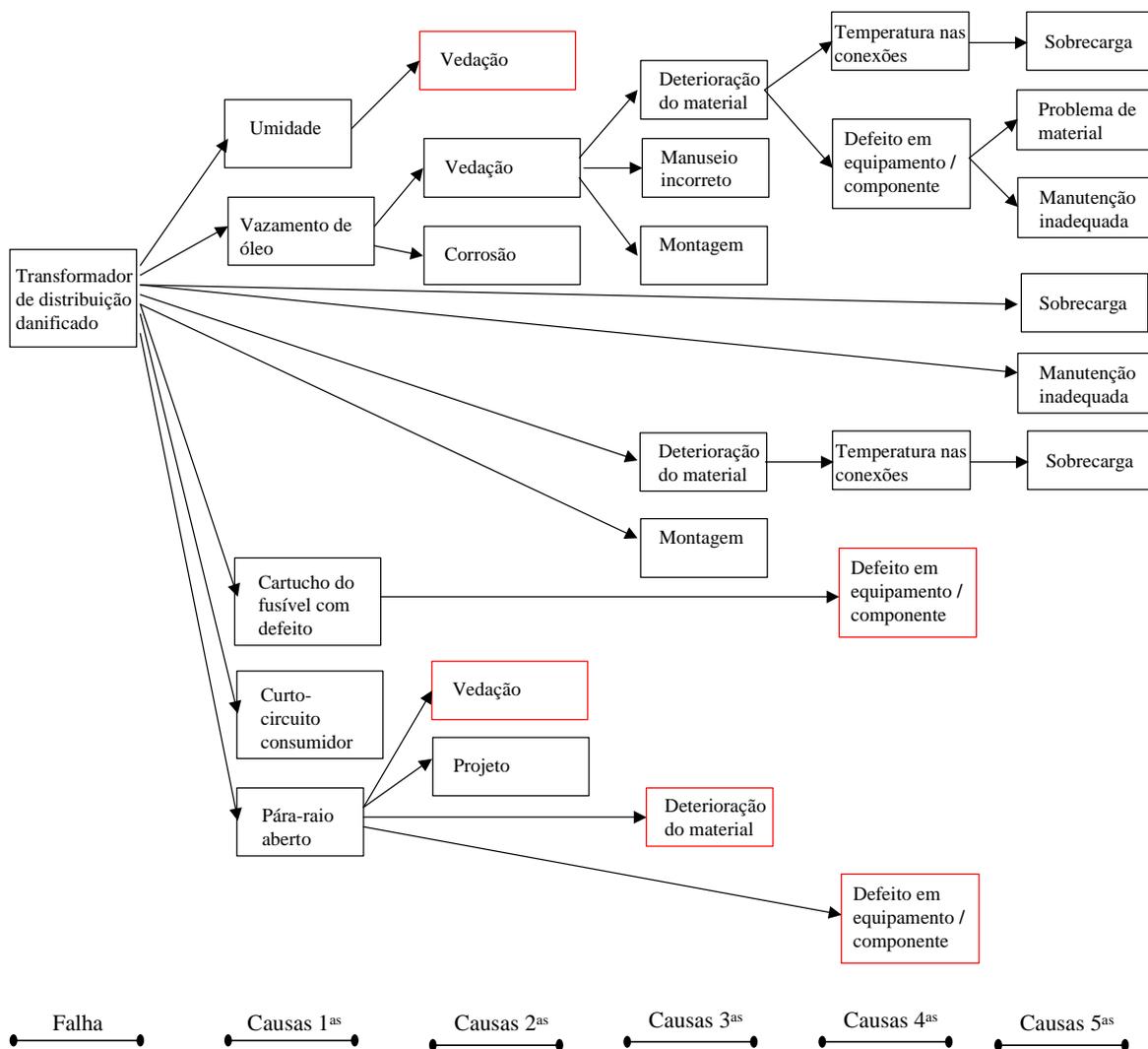


Figura 3.27- Diagrama Sistemático da falha "Transformador de distribuição danificado"

**Nó: Transformador de Distribuição Danificado**

Descrição: Por definição, transformador é um equipamento elétrico estático que, por indução eletromagnética, transforma tensão e corrente alternadas entre dois ou mais enrolamentos, sem mudança de frequência (RGE, 2005). A falha de que se trata o nó é vulgarmente conhecida por queima de transformador. Avarias interna ou externa permanente, provocando a sua inoperância.

**Nó: Umidade**

Origem: Fenômenos Naturais

**Nó: Vazamento de Óleo**

Origem: Vandalismo

**Nó: Cartucho do Fusível com Defeito**

Descrição: O fusível é o dispositivo que limita a corrente a um valor significativamente mais baixo do que o valor de crista da corrente presumida do circuito (RGE, 2005). Se o cartucho deste dispositivo apresenta defeito afeta o transformador de distribuição.

**Nó: Curto-Circuito no Consumidor**

Descrição: Curto-circuito nas instalações do cliente.

Origem: Externo

**Nó: Pára-Raio Aberto**

Descrição: Avaria da resistência não linear do pára-raio; inclui o sistema de aterramento (malha e terra).

**Nó: Vedação****Nó: Corrosão**

Origem: Fenômenos Naturais

**Nó: Projeto**

Descrição: Projeto inadequado do pára-raio; interligação de pára-raios por fio rígido na prumada de aterramento; número/posição/especificação dos pára-raios no projeto do sistema (subestação ou rede).

Origem: Procedimentos

**Nó: Deterioração do Material****Nó: Manuseio Incorreto**

Origem: Fator Humano

**Nó: Montagem**

Origem: Procedimentos e Fator Humano.

**Nó: Temperatura nas Conexões**

Descrição: Temperatura localizada nas conexões provocando aumento de resistividade.

**Nó: Defeito em Equipamento/Componente**

Descrição: Defeito decorrente do uso, fabricação, transporte, manuseio, instalação, etc. A determinação de suas causas dependerá de uma investigação criteriosa da engenharia.

Origem: Procedimentos, Fraude, Vandalismo, Fator Humano e Fenômenos naturais.

**Nó: Sobrecarga**

Origem: Contingência, Fraude e Externo.

**Nó: Problema de Material**

Descrição: Problema com materiais que compõem a rede elétrica ou do próprio equipamento (composição, especificação e fabricação).

Origem: Fator Humano, Fraude e Procedimentos.

**Nó: Manutenção Inadequada**

Descrição: Manutenção realizada que não retornou ao item as suas condições operacionais originais.

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

**3.5.2) GRUPO ILUMINAÇÃO PÚBLICA (IP)**

**3.5.2.1) Atraso no Atendimento da Solicitação de IP**

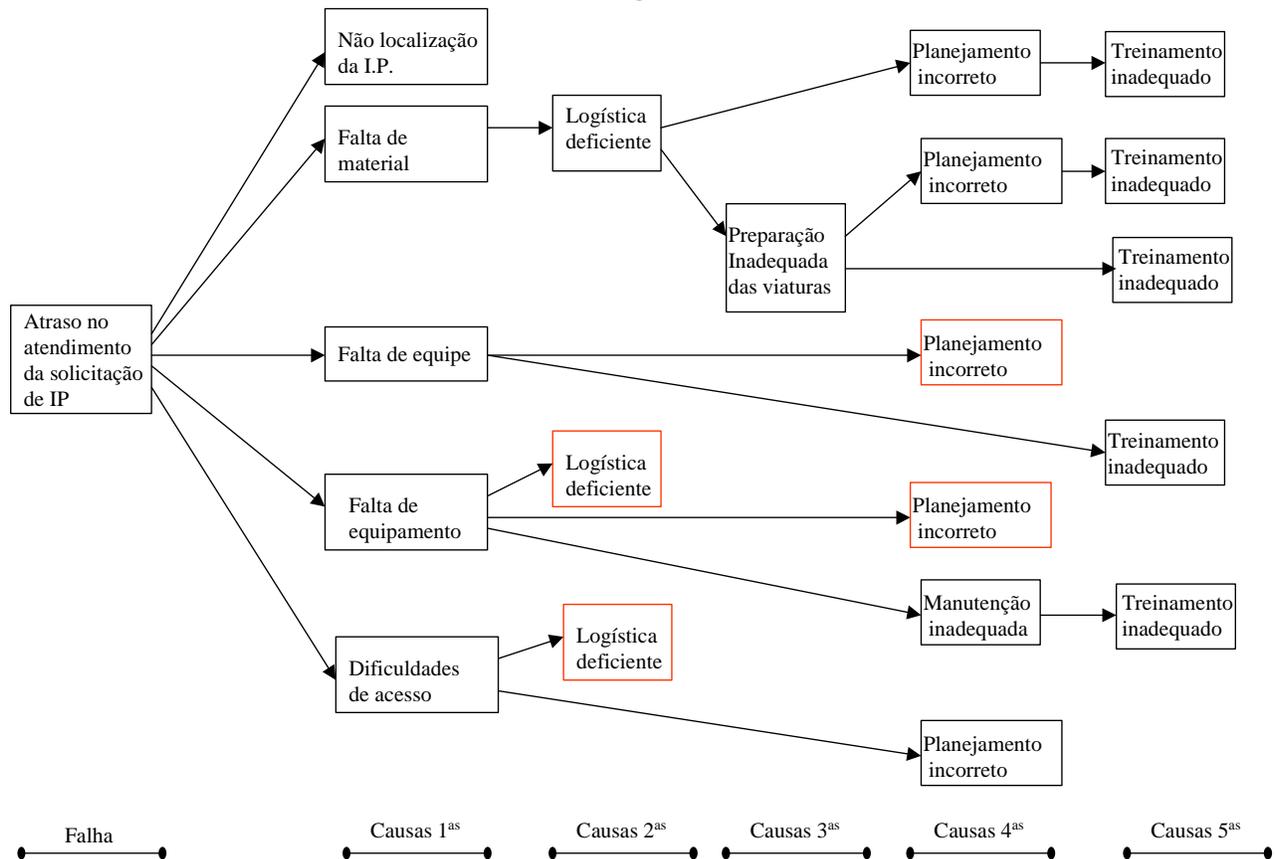


Figura 3.28- Diagrama Sistemático da falha “Atraso no atendimento da solicitação de IP”

**Nó: Atraso no Atendimento da Solicitação de IP**

Descrição: Ultrapassagem do prazo de 5 dias de atendimento do PTE (Pedido de Turma de Emergência); atendimento refere-se a reclamações de qualquer falha do grupo.

**Nó: Não Localização da IP**

Descrição: Informação incorreta do endereço da IP. Normalmente o número de referência do cliente não confere com a localização da IP; Entre o Call Center e os CMDs (Centro de Manutenção da Distribuição); orientação deficiente da área de atendimento; cadastro desatualizado; procedimento incorreto de cadastramento, não incorporando o endereço da IP.

Origem: Comunicação e Procedimentos.

**Nó: Falta de Material**

Descrição: Falta de componentes para reparo, reatores, lâmpadas, etc.; falha de comunicação entre os CMDs e a logística.

Origem: Comunicação

**Nó: Falta de Equipe**

Descrição: Demanda superior à capacidade de atendimento das equipes (próprias e terceirizadas), em quantidade e qualificação.

**Nó: Falta de Equipamentos**

Descrição: Falta de viaturas, ferramentas, etc.

**Nó: Dificuldades de Acesso**

Descrição: IP obstruída por objetos, árvores, estradas de acesso inaccessíveis, áreas de periculosidade (favelas), condições de inundações; dificuldade de acesso à IP e ao local; vandalismo e fraude causando a obstrução intencional das equipes à IP.

Origem: Fenômenos Naturais; Fatores Ambientais; Vandalismo e Fraude.

**Nó: Logística Deficiente**

Descrição: Quantidade e tipo de material a ser utilizado não disponíveis; não investimento em tecnologia; falta de GPS; veículo inadequado.

Origem: Comunicação

**Nó: Preparação Inadequada das Viaturas**

Descrição: Checklist incorreto; não obediência ao checklist; displicência; mau treinamento; danos no processo de acondicionamento dos materiais.

**Nó: Planejamento Incorreto**

Descrição: Aquisição de materiais e tipos inadequados às demandas dos serviços; organização deficiente do almoxarifado; deterioração dos materiais estocados; atrasos do fornecedor; comunicação deficiente entre o Call Center e o CMD (informação incorreta sobre equipes e equipamentos disponíveis, condições climáticas, localização, natureza do problema).

Origem: Comunicação

**Nó: Manutenção Inadequada**

Descrição: Tempo elevado de reparo dos equipamentos, indisponibilizando seu uso; inexistência ou má qualidade da manutenção executado por pessoal próprio ou terceirizado; pode-se dever a uma falta de investimento.

**Nó: Treinamento Inadequado**

Descrição: falta de treinamento ou o mesmo é realizado com algumas falhas.

Origem: Procedimentos e Fator Humano.

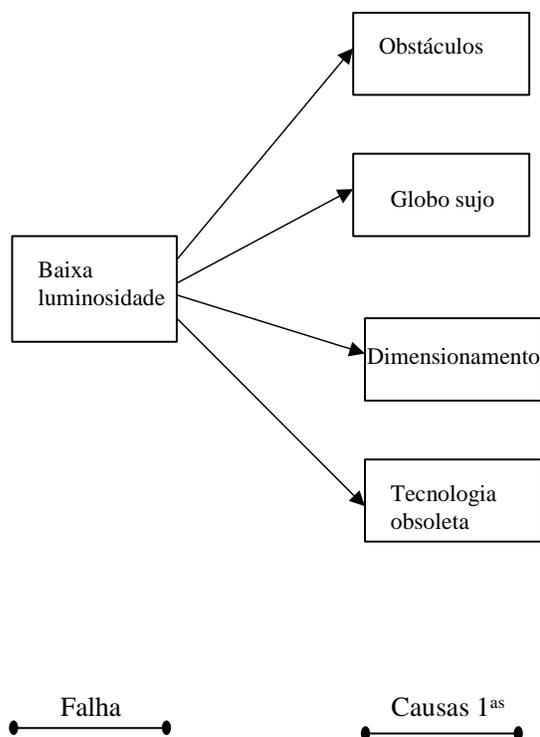
**3.5.2.2) Baixa Luminosidade**

Figura 3.29- Diagrama Sistemático da falha “Baixa luminosidade”

**Nó: Baixa Luminosidade**

Descrição: Luminosidade inferior ao estabelecido por norma, constatada visualmente. Provoca impacto negativo à imagem da empresa e é item de importância na segurança pública.

Origem: Vida Útil

**Nó: Obstáculos**

Descrição: Qualquer superfície que impeça a iluminação da área de interesse. Exemplos: pipa, faixas de propaganda e árvores.

Origem: Fatores Ambientais, Fator Humano e Vandalismo.

**Nó: Globo Sujo**

Descrição: A superfície transparente protetora da lâmpada pode ficar suja. Isto é provocado por insetos no interior no globo, maresia, poeira, folhas e poluição.

Origem: Fenômenos Naturais e Fatores Ambientais.

**Nó: Dimensionamento**

Descrição: Potência da lâmpada inferior ao recomendado para o local. Restrições contratuais com as prefeituras impedem a substituição de lâmpadas de maior potência.

Origem: Procedimentos e Econômica.

**Nó: Tecnologia Obsoleta**

Descrição: Análise de custo benefício indicando a necessidade de adoção de tecnologia mais atualizada. Exemplo: substituição das lâmpadas de vapor de mercúrio por vapor de sódio.

Origem: Econômica

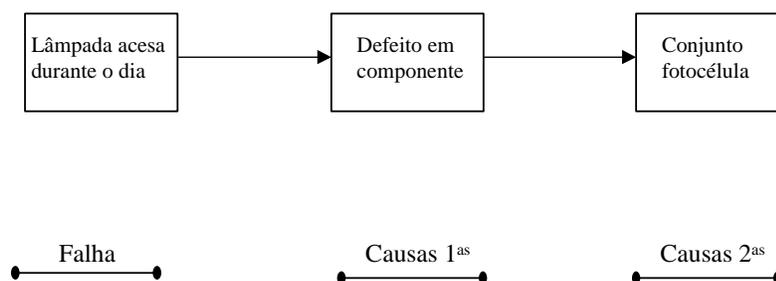
**3.5.2.3) Lâmpada Acesa Durante o Dia**

Figura 3.30- Diagrama Sistemático da falha “Lâmpada acesa durante o dia”

**Nó: Lâmpada Acesa Durante o Dia**

Descrição: Lâmpada que permanece acesa durante o dia, quando é desnecessário.

**Nó: Defeito em Componente**

**Nó: Conjunto Fotocélula**

Descrição: Má qualidade do componente; não substituição do componente ao final da vida útil.

Origem: Vida útil, Vandalismo, Fraude, Fator Humano, Procedimentos e Fatores Ambientais.

**3.5.2.4) Lâmpada Apagada**

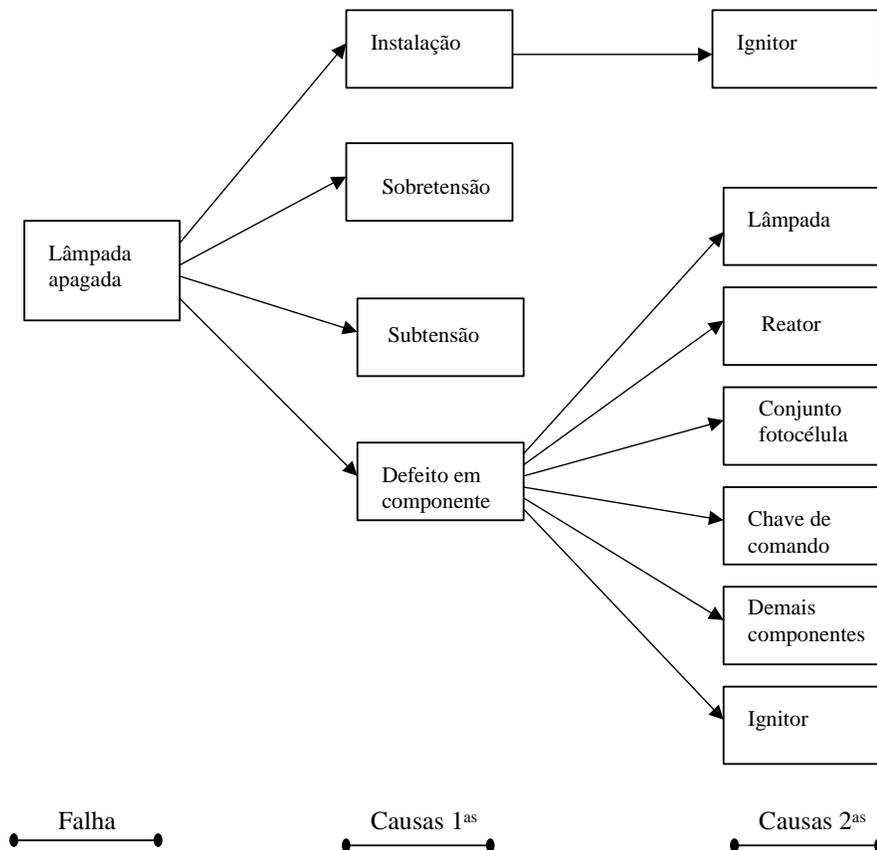


Figura 3.31- Diagrama Sistemático s da falha “Lâmpada apagada”

**Nó: Lâmpada Apagada**

Descrição: Observada no período noturno por pedestres ou pelas próprias equipes de campo.

**Nó: Instalação**

Descrição: Desconsideração aos padrões de montagem.

Origem: Procedimentos

**Nó: Sobretensão**

Descrição: Redução da vida útil da lâmpada. Normalmente a sobretensão provoca a queima de várias lâmpadas. Ocorre sobretudo durante a madrugada.

**Nó: Subtensão**

Descrição: A subtensão apaga a lâmpada, principalmente em horários de pico. Nos demais períodos a luminosidade é restabelecida.

**Nó: Defeito em Componente**

Origem: Externo e Fraude.

**Nó: Ignitor**

Descrição: Falha no starter da lâmpada de vapor de sódio, responsável pela sobretensão necessária para ligar a lâmpada. Sua manutenção é de cunho corretivo exigindo substituição. Seu tempo de vida depende das características construtivas sobre responsabilidade do fabricante. Também pode ser advindo de instalação deficiente.

Origem: Fraude, Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Lâmpada**

Descrição: Não substituição da lâmpada queimada; má qualidade da lâmpada; intencional provocado por terceiros; chuva; aquisição de lâmpadas de má qualidade.

Origem: Vandalismo, Vida útil, Fenômenos Naturais, Econômica e Procedimentos.

**Nó: Reator**

Descrição: Não substituição do reator com vida útil vencida; má qualidade do componente; instalação deficiente.

Origem: Vida útil, Fraude e Fator Humano.

**Nó: Conjunto Fotocélula**

Descrição: Instalação incorreta da fotocélula eletrônica permitindo o desligamento da lâmpada (faróis de veículos incidem sobre a fotocélula); má qualidade do componente; não substituição do componente ao final de sua vida útil; pode ocorrer mau contato entre os componentes do conjunto base e sensor provocado por poluição ou outros fatores ambientais.

Origem: Vida útil, Vandalismo, Fraude, Fator Humano, Procedimentos e Fatores Ambientais.

**Nó: Chave de Comando**

Descrição: Utilizada para acionamento de várias lâmpadas. Em áreas críticas (locais públicos, praças) é feita a substituição da chave de comando por fotocélulas individual. Situação detectada quando da queima da chave em áreas críticas. Vibração da chave de comando, ocasionando ruído.

Origem: Vida Útil

**Nó: Demais Componentes**

Descrição: Soquete, fiação, contato e corpo da luminária.

**3.5.2.5) Luminária Danificada**

Figura 3.32- Diagrama Sistemático da falha “Luminária danificada”

**Nó: Luminária Danificada**

Descrição: Constatada visualmente e reportada através de rondas ou reclamações no Call Center.

Provoca impacto negativo à imagem pública da empresa.

Origem: Vandalismo, Acidentes, Fenômenos naturais, Fatores Ambientais e Fator Humano.

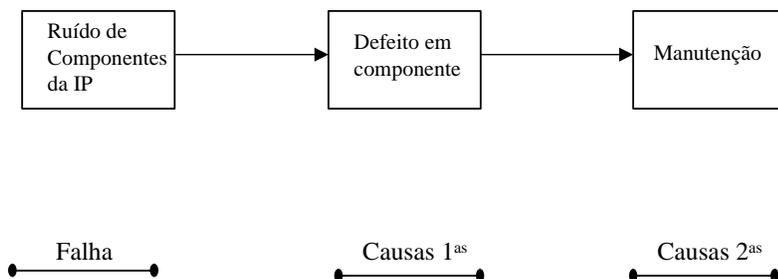
**3.5.2.6) Ruídos de Componentes da IP**

Figura 3.33- Diagrama Sistemático da falha “Ruído de componentes da IP”

**Nó: Ruído de Componentes da IP**

Descrição: Reator, comando do circuito do IP.

**Nó: Defeito em Componente****Nó: Manutenção**

Descrição: Não substituição do componente em uma manutenção anterior ou depois de verificado o vencimento de sua vida útil, ou não substituição decorrente de uma reclamação específica (manutenção corretiva).

Origem: Procedimentos e Fator Humano.

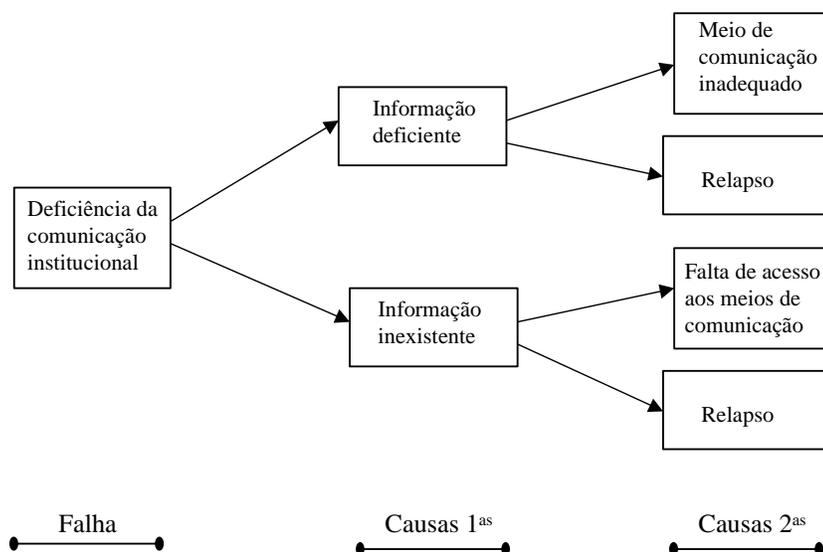
**3.5.3) GRUPO QUALIDADE DO ATENDIMENTO****3.5.3.1) Deficiência da Comunicação Institucional**

Figura 3.34- Diagrama Sistemático da falha “Deficiência da comunicação institucional”

**Nó: Deficiência da Comunicação Institucional**

Descrição: Comunicação deficiente com clientes, fornecedores, colaboradores. Exemplos: desligamentos não avisados, campanhas publicitárias, mudanças em processos e procedimentos institucionais sem aviso prévio, inadequação do uso do Call Center como instrumento de esclarecimento, mudanças na relação com fornecedores sem aviso às áreas afetadas.

**Nó: Informação Deficiente**

Descrição: A informação inexistente e/ou é inconsistente, da empresa com relação a seu público alvo ou entre setores da empresa. Exemplos: desligamentos programados aos clientes com desconhecimento do Call Center; circuito desligado diferente daquele que foi publicado.

**Nó: Informação Inexistente****Nó: Meio de Comunicação Inadequado**

**Origem:** Procedimento, Fator Humano, Comunicação

**Nó: Relapso**

Descrição: Esquecimento, falta de responsabilidade, falta de zelo pelos bens da empresa, improbidade administrativa, omissão, negligência por parte dos executores e gestores.

Origem: Fator humano

**Nó: Falta de Acesso aos Meios de Comunicação**

**Origem:** Econômica.

### 3.5.3.2) Deficiência da Equipe de Campo

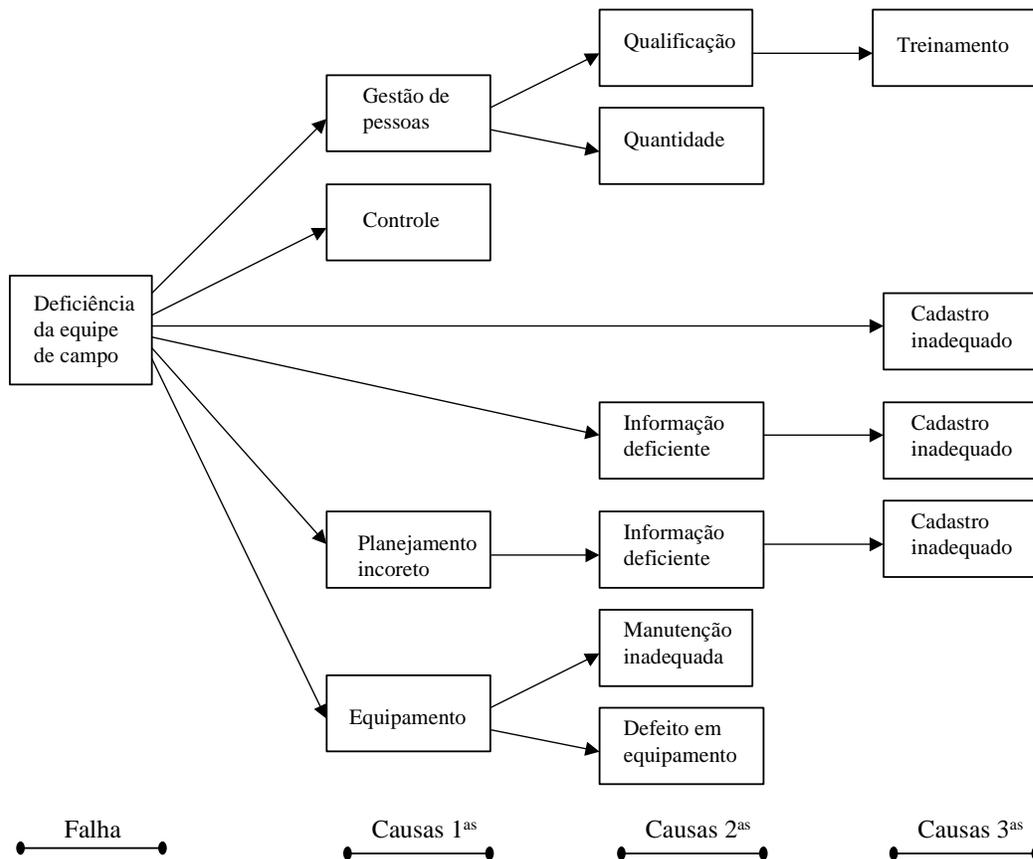


Figura 3.35- Diagrama Sistemático da falha “Deficiência da equipe de campo”

#### Nó: Deficiência da Equipe de Campo

Descrição: Desrespeito a procedimentos de segurança (sobretudo com as equipes terceirizadas); desrespeito ao checklist para a entrega da viatura à próxima equipe; não reposição do material utilizado do kit básico; banalização do risco; não aplicação da política de segurança vigente; qualificação técnica deficiente.

#### Nó: Gestão de Pessoas

Descrição: Gestão inadequada de pessoas; questões motivacionais e/ou intelectuais que comprometem a qualidade do atendimento.

Origem: Fator Humano, Procedimentos e Econômica.

**Nó: Controle**

Descrição: Fiscalização, falta de monitoramento do desempenho das equipes próprias ou terceirizadas: falha de gestão, inspeção de produtos e serviços, falta de qualificação das prestadoras de serviços e produtos, fiscalização dos EPI's, fiscalização do kit básico.

Origem: Procedimentos e Fator Humano.

**Nó: Planejamento Incorreto****Nó: Equipamento**

Descrição: Faltam equipamentos para o pleno exercício da atividade ou os equipamentos não se encontram em plenas condições de uso; falta de equipamentos de proteção individual.

Origem: Econômica e Fraude.

**Nó: Qualificação**

Descrição: Qualificação insuficiente, descrição pobre das habilitações requeridas para as atividades de campo: carece de treinamento.

Origem: Fator humano, Econômica, Procedimentos.

**Nó: Quantidade**

Descrição: Número de colaboradores inferior ao mínimo requerido para o atendimento das atividades de campo.

Origem: Econômica

**Nó: Informação Deficiente**

Descrição: Equívocos na transmissão da informação ou decorrentes de uma base de dados incorreta.

Origem: Comunicação

**Nó: Manutenção Inadequada**

Origem: Procedimentos e Fator Humano.

**Nó: Defeito em Equipamento**

Descrição: Defeito decorrente do uso, fabricação, transporte, manuseio, instalação, etc. A determinação de suas causas dependerá de uma investigação criteriosa da engenharia.

Origem: Procedimentos, Fraude, Vandalismo, Fator Humano e Fenômenos Naturais.

**Nó: Treinamento**

Descrição: Despreparo da equipe. Exemplos: equipe desconhece a localização da área em que atua, falta de conhecimentos técnicos para o pleno exercício da atividade.

Origem: Procedimentos, Fator Humano e Econômica.

**Nó: Cadastro Inadequado**

Descrição: Mapa incorreto (lançamento incorreto da informação no banco de dados) ou desatualizado, endereços incorretos ou desatualizados.

Origem: Fator humano e Procedimentos.

**3.5.3.3) Deficiência do Call Center**

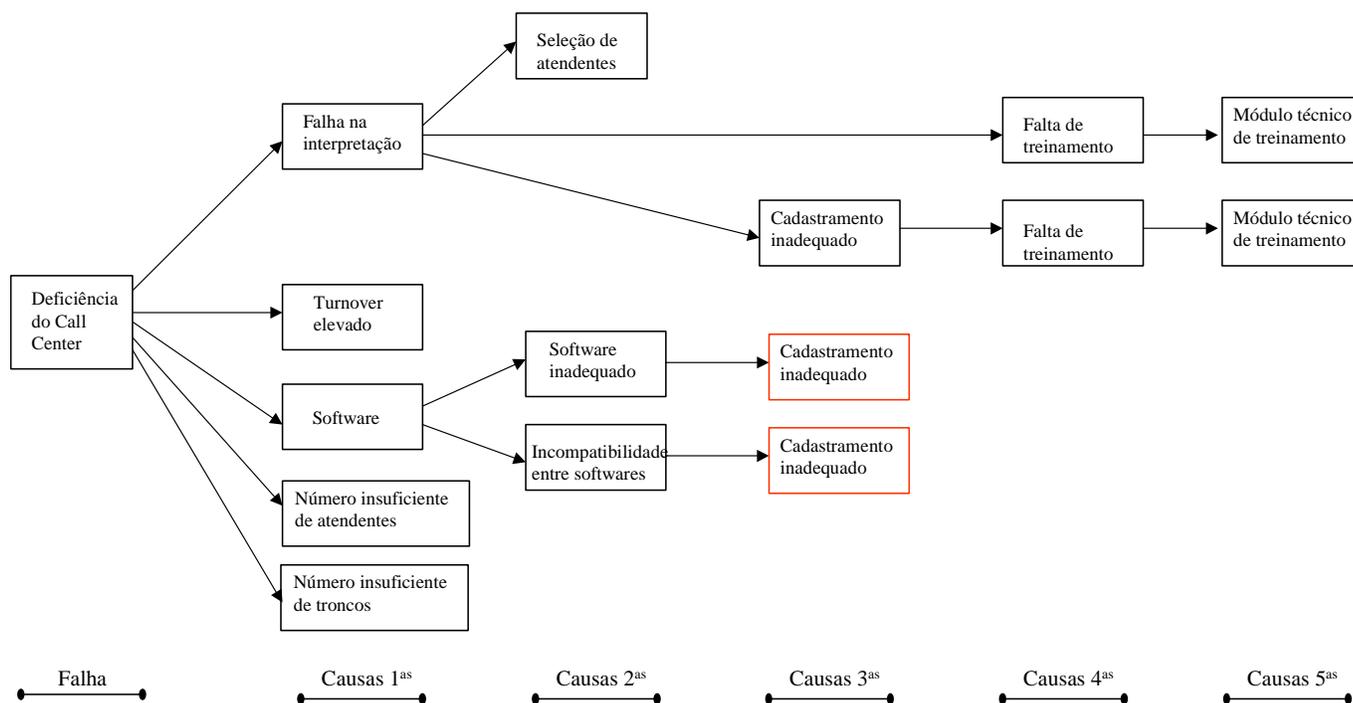


Figura 3.36- Diagrama Sistemático da falha “Deficiência do *Call-Center*”

**Nó: Deficiência do Call Center**

**Nó: Falha na Interpretação**

Descrição: Falha na interpretação das informações prestadas pelo cliente ao Call Center, assim como inadequação no repasse das mesmas no sistema e setores da empresa.

**Nó: Turnover Elevado**

Descrição: Turnover dos atendentes do Call Center elevado; salário incompatível à atividade; ambiente de trabalho; relação interpessoal inadequada; perfil inadequado; inexistência de um plano de carreira.

Origem: Econômico e Fator humano.

**Nó: Software**

**Nó: Número Insuficiente de Atendentes**

Descrição: Nos períodos de picos de atendimentos, como no período chuvoso, o número de atendentes não é suficiente.

**Nó: Número Insuficiente de Troncos**

Descrição: Ocorre nos períodos de pico e/ou de chuva; são definidos a partir de critérios econômicos (relação custo benefício); dimensionamento inadequado face à demanda e/ou disponibilidade financeira.

Origem: Econômica e Fator Humano.

**Nó: Seleção de Atendentes**

Descrição: Falta de definição dos conhecimentos técnicos elementares em sistemas elétricos.

Origem: Procedimentos.

**Nó: Software Inadequado**

Descrição: Software não disponibiliza opções suficientes para os diversos problemas. Um exemplo citado durante as reuniões é que em reclamações relativas a ocorrências distantes da residência do reclamante, este é obrigado a fornecer o número do registro da referência, caso contrário o pedido é negado. A falta do número de referência impede o registro da reclamação. Falta de uma lógica para relacionar o geo-referenciamento e os endereços. Exemplo: quantidade de telas que devem ser abertas no sistema (reduz a produtividade do atendimento). A origem Econômica é preponderante na atualização do sistema.

Origem: Procedimentos, Fator Humano e Econômico.

**Nó: Incompatibilidade entre Softwares**

Descrição: Entrada de informações não padronizada no contexto do sistema de informações vigente.

Origem: Procedimentos e Fator Humano.

**Nó: Cadastramento Inadequado**

Descrição: Preenchimento incorreto dos campos.

Origem: Comunicação e Fator Humano.

**Nó: Falta de Treinamento**

Descrição: Falta de treinamento dos atendentes do Call Center em conceitos técnicos de eletricidade requeridos. Exemplo: terminologia correta, preenchimento adequado dos campos, vivência da área técnica, simulação de situações típicas, treinamento *on the job* ao atendente, desenvolvimento de uma cartilha técnica ao atendente.

**Nó: Módulo Técnico de Treinamento**

Descrição: Falta de um módulo básico referente a conhecimentos técnicos mínimos requeridos para o exercício da atividade e ministrados por um profissional da área técnica.

**Origem:** Procedimento

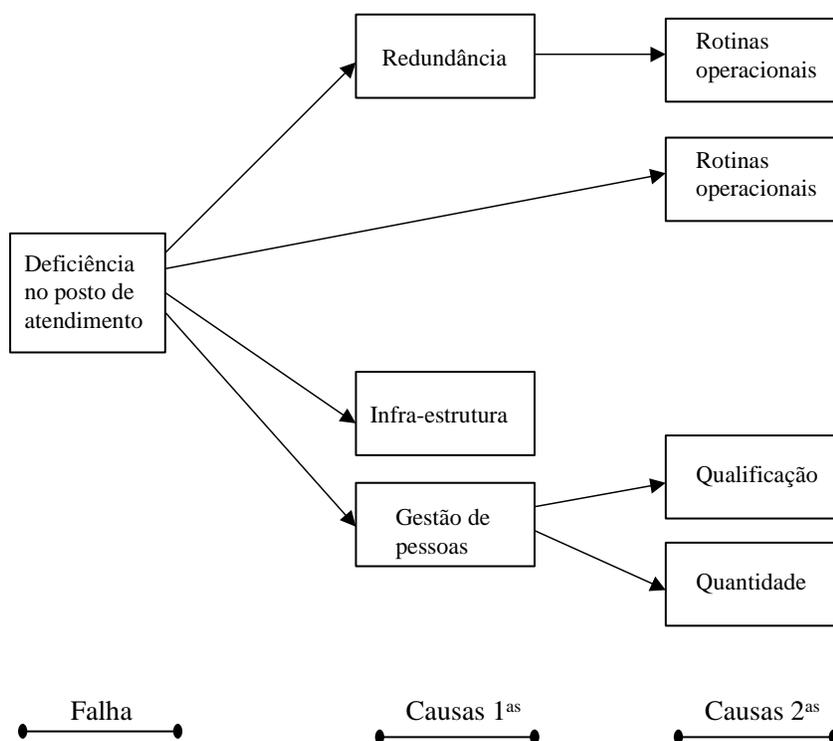
**3.5.3.4) Deficiência no Posto de Atendimento**

Figura 3.37- Diagrama Sistemático da falha “Deficiência no posto de atendimento”

**Nó: Deficiência no Posto de Atendimento**

Descrição: As atividades do posto de atendimento ao cliente (PAC) referem-se a orçamentos, pedidos de novos projetos, ligações, extensões de linha, entrega de documentos, ou seja, todas as atividades do *Call Center* com exceção de reclamação técnica. O PAC aceita reclamações comerciais assim como o *Call Center*. As deficiências do PAC referem-se ao atendimento de demandas similares àquelas já executadas pelo *Call Center*, implicando em decorrência filas e atrasos.

**Nó: Redundância**

Descrição: Quando o PAC executa as atividades que poderiam ser executadas pelo Call Center.

Origem: Procedimentos

**Nó: Infra-Estrutura**

Descrição: Necessidade de uma infra-estrutura padronizada que dê identidade e reflita padrões de qualidade (limpeza, conforto, beleza); instalações mal cuidadas do PAC (prédios, móveis, computadores, equipamentos de comunicação, registro de arquivos, etc.).

Origem: Econômica e Fator humano.

**Nó: Gestão de Pessoas**

Descrição: Gestão inadequada de pessoas; questões motivacionais e/ou intelectuais, que comprometem a qualidade do atendimento.

Origem: Fator Humano, Procedimentos e Econômica.

**Nó: Rotinas Operacionais**

Descrição: Normas e regras das operações do PAC que provocam redução da qualidade e produtividade dos serviços prestados

Origem: Procedimento

**Nó: Qualificação**

Descrição: Qualificação insuficiente, descrição pobre das habilitações requeridas para as atividades do PAC: Necessita de treinamento.

Origem: Fator Humano, Econômica e Procedimentos.

**Nó: Quantidade**

Descrição: Número de atendentes inferior ao mínimo requerido para o atendimento das atividades do posto.

Origem: Econômica.

### 3.5.4) GRUPO: QUALIDADE TÉCNICA DA ENERGIA

#### 3.5.4.1) Cintilação

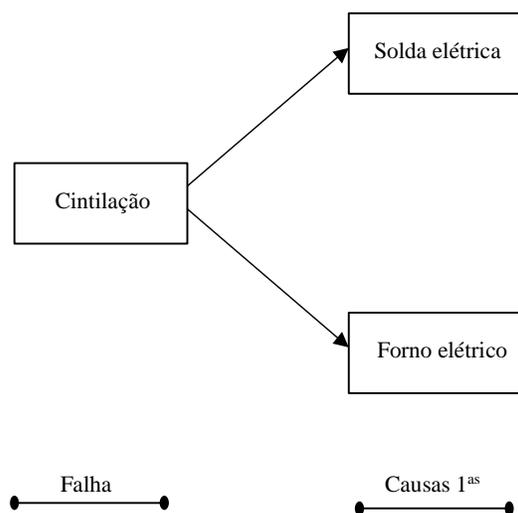


Figura 3.38- Diagrama Sistemático da falha “Cintilação”

#### **Nó: Cintilação**

Descrição: Conhecido por *flicker*. Representação de sub harmônicos (flutuação da carga no tempo). Pode ser observada visualmente como uma variação do fluxo luminoso, tendo implicações na higiene e segurança do trabalho, afetando a atuação de equipamentos eletrônicos (conforto visual).

#### **Nó: Solda Elétrica**

Descrição: A solda elétrica corresponde a uma carga elevada variando no tempo, frequência subarmônica provocando distorção na corrente, gerando desconforto visual, a partir da iluminação ambiental. A ação é de responsabilidade do cliente através de investimento em filtros ativos. A concessionária pode instalar filtros ativos na rede de alimentação. Fundamentalmente, é uma questão de co-responsabilidade e de orientação por parte da concessionária.

Origem: Comunicação; Econômica; Externo e Procedimentos.

#### **Nó: Forno Elétrico**

Descrição: O forno elétrico corresponde a uma carga elevada variando no tempo, frequência subarmônica provocando distorção na corrente, gerando desconforto visual, a partir da

iluminação ambiental. A ação é de responsabilidade do cliente através de investimento em filtros ativos. A concessionária pode instalar filtros ativos na rede de alimentação. Fundamentalmente, é uma questão de co-responsabilidade e de orientação por parte da concessionária.

Origem: Comunicação; Econômica; Externo e Procedimentos.

### 3.5.4.2) Desequilíbrios

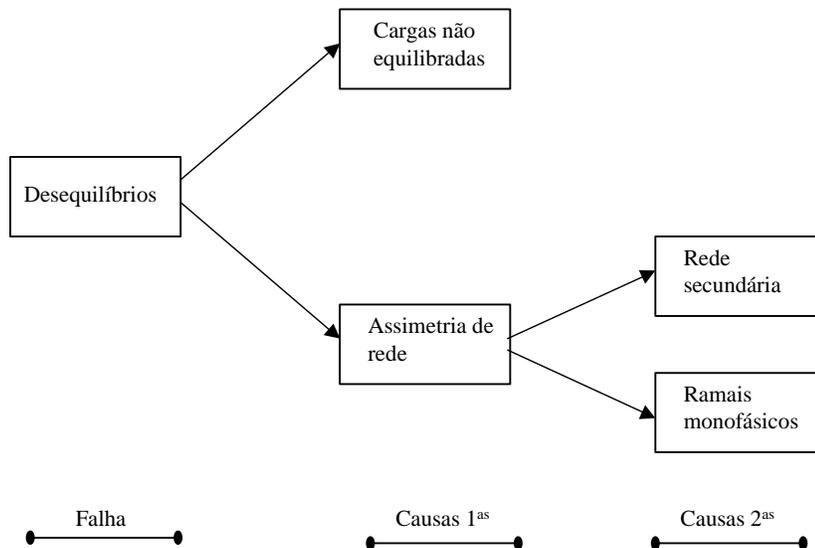


Figura 3.39- Diagrama Sistemático da falha “Desequilíbrios”

#### **Nó: Desequilíbrios**

Descrição: Tensões nas fases não dispostas simetricamente, prejudicando fortemente a operação de motores trifásicos (perda de vida útil); acarretando perdas técnicas para o sistema elétrico.

#### **Nó: Cargas não equilibradas**

Descrição: Má distribuição da rede interna. Exemplos: forno elétrico (criam harmônicos e desequilíbrios).

Origem: Comunicação; Econômica; Externo; Fator Humano e Procedimentos.

#### **Nó: Assimetria da rede**

Descrição: De acordo com o relatado durante as reuniões da equipe de análise de falhas, a carga não equilibrada mais comum refere-se ao caso de consumidores ligados à rede monofásica. A ação gerencial neste caso depende do investimento em rede compacta ou soluções mais simples como a sistemática de posteamento (estrutura tipo T) em áreas rurais.

Origem: Comunicação; Econômica; Externo; Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Rede secundária**

Descrição: Consumidores residenciais e comerciais: cargas ligadas no secundário de forma aleatória, sobrecarregando algumas fases.

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Ramais Monofásicos**

Descrição: Alimentadores rurais e urbanos (mais antigos), de grande extensão e baixa concentração de carga (no caso rural), gerando desequilíbrios no circuito tronco. Um exemplo da empresa para o caso urbano é Guarulhos, onde a grande concentração de carga no ramal intensifica tal problemática.

Origem: Econômica e Procedimentos.

**3.5.4.3) Harmônicos de Tensão**

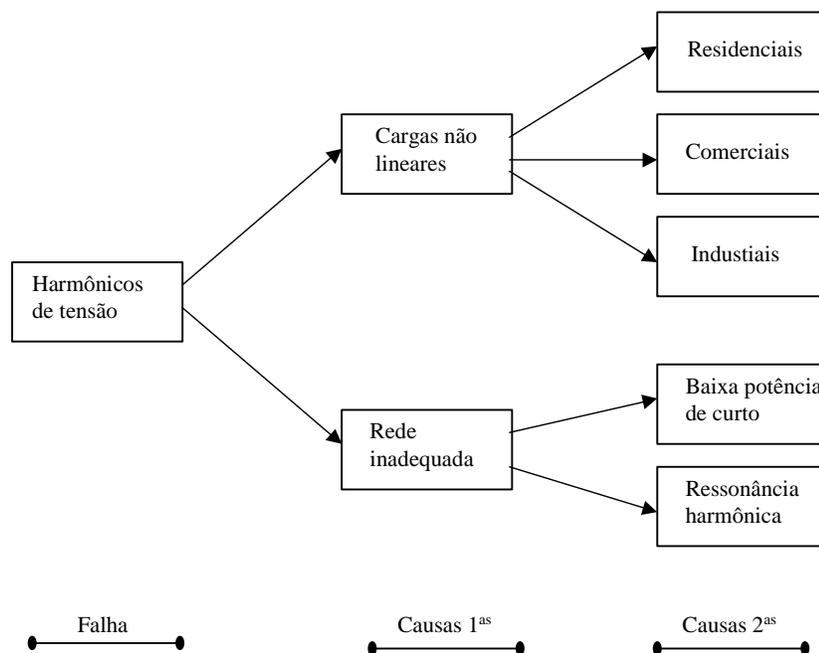


Figura 3.40- Diagrama Sistemático da falha “Harmônicos de tensão”

**Nó: Harmônicos de Tensão**

Descrição: Correntes harmônicas causam problemas tanto para o sistema de distribuição de energia quanto para as cargas instaladas. Os efeitos e as soluções são bem diferentes e precisam ser tratados separadamente. As medidas apropriadas para controlar os efeitos de harmônicos

dentro da instalação podem não necessariamente reduzir a distorção causada na rede elétrica e vice versa.

**Nó: Cargas Não Lineares**

**Nó: Rede Inadequada**

Descrição: Subdimensionamento da rede em vistas da presença de harmônicos.

**Nó: Residenciais**

Descrição: Decorrentes de equipamentos com grande conteúdo de eletrônica embargada, como computadores, microondas, DVD's e em especial lâmpadas fluorescentes compactas. A questão econômica depende de produtos fabricados com filtros que impediriam a ocorrência de harmônicos.

Origem: Econômica; Externo e Procedimentos.

**Nó: Comerciais**

Descrição: Decorrentes de equipamentos com grande conteúdo de eletrônica embargada, como ar condicionado centralizado, bombas, sistema de acionamento de motores, elevadores, escadas rolantes, computadores e em especial lâmpadas fluorescentes compactas. A questão econômica depende de produtos fabricados com filtros que impediriam a ocorrência de harmônicos.

Origem: Econômica; Externo e Procedimentos.

**Nó: Industriais**

Descrição: Decorrentes de equipamentos com grande conteúdo de eletrônica embargada, como ar condicionado centralizado, bombas, sistema de acionamento de motores e compressores, elevadores, pontes rolantes, linhas de produção, instalações e equipamentos de processos industriais diversos, computadores e em especial lâmpadas fluorescentes compactas. A questão econômica depende de produtos fabricados com filtros que impediriam a ocorrência de harmônicos. A ação gerencial seria o desenvolvimento de circuitos específicos pela concessionária para seus clientes de média tensão. Outras ações são decorrentes do próprio usuário que pode utilizar filtros (caso Villares de Pindamonhangaba).

Origem: Econômica; Externo e Procedimentos.

**Nó: Baixa Potência de Curto**

Descrição: Alta incidência dos harmônicos decorrente da empresa nos harmônicos de tensão da rede, geralmente por níveis de tensão de alimentação baixa. A ação gerencial pressupõe diálogo com seus clientes e investimento em reestruturação da rede.

Origem: Comunicação; Econômica; Externo e Procedimentos.

**Nó: Ressonância Harmônica**

Descrição: A presença de bancos de capacitores pode diminuir fortemente a potência de curto circuito harmônico. A ação gerencial depende de planejamento (especificação, projeto) de bancos de capacitores, além de repensar o próprio procedimento de medição (uma possível solução seria conciliar o reativo e a ressonância harmônica).

Origem: Comunicação; Econômica; Externo e Procedimentos.

**3.5.4.4) Interrupções de Curta Duração**

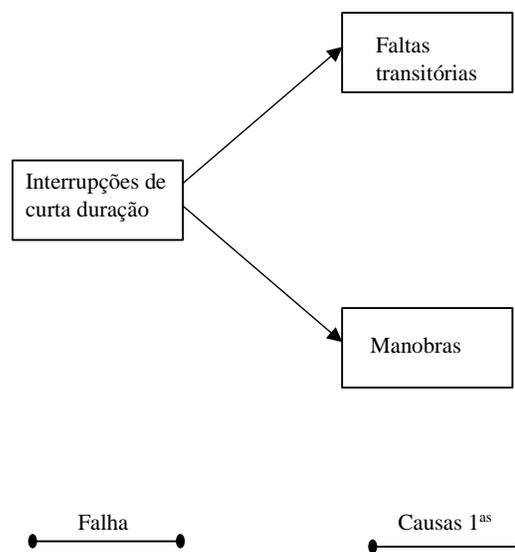


Figura 3.41- Diagrama Sistemático da falha “Interrupções de curta duração”

**Nó: Interrupções de Curta Duração**

Descrição: Interrupções com tempo de duração inferior a 1 minuto. Estas interrupções podem provocar paralisações no processo produtivo de indústrias clientes.

**Nó: Faltas Transitórias**

Descrição: Interrupções de curta duração, onde o sistema é restabelecido em período inferior a 1 minuto. Provocados por falta de podas, pára-raios, animais, vandalismo, isoladores defeituosos, maresia. Atualização tecnológica incompatível com a rede existente.

Origem: Acidente; Fatores Ambientais e Vandalismo.

**Nó: Manobras**

Descrição: Fechamento de fase: ocorre quando a fase não for trifásica, quando a rede se encontra desbalanceada. Outra manobra é aquela que ocorre entre circuitos de ETD's diferentes. O procedimento para bloqueio do religamento automático dos disjuntores de circuitos primários de distribuição não contempla bloqueio do disparo ao terra.

Origem: Comunicação; Contingência; Fator Humano e Procedimentos.

**3.5.4.5) Variação de Tensão**

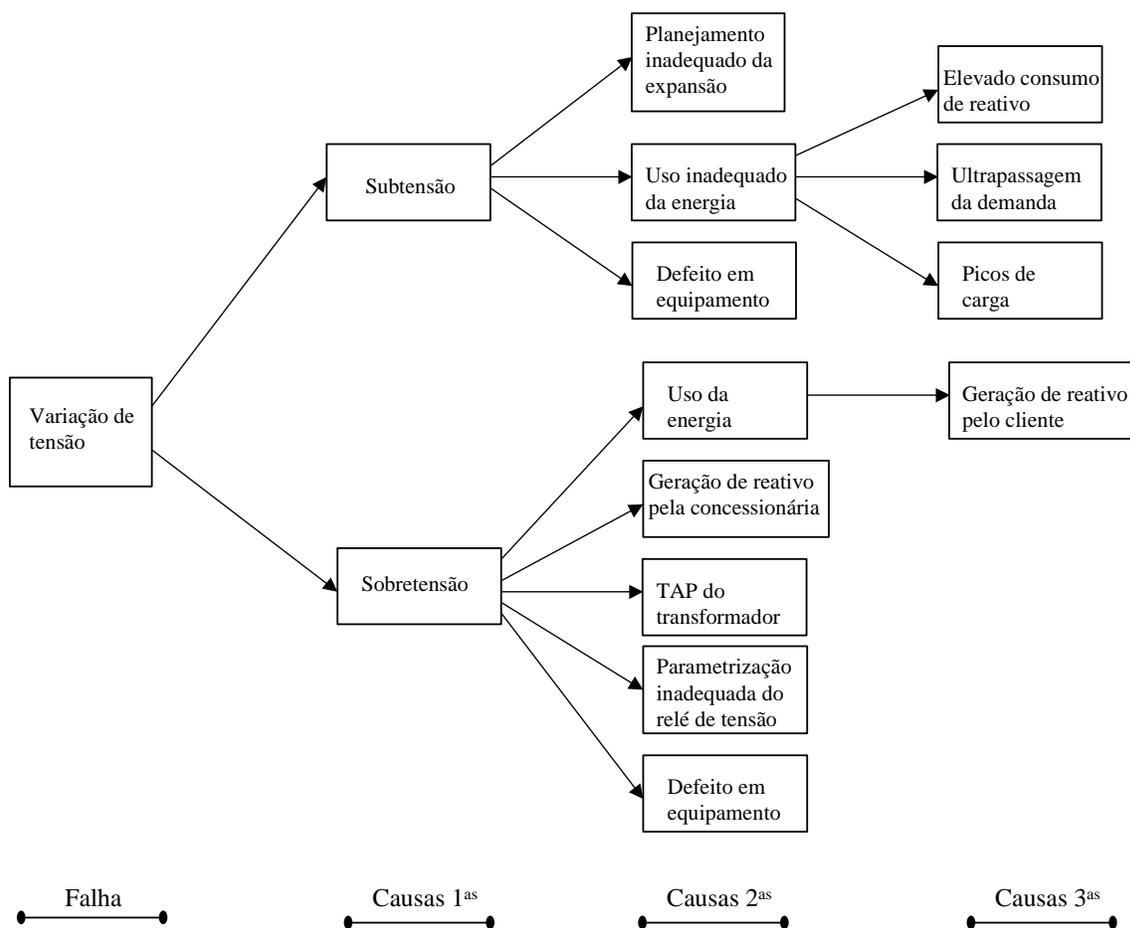


Figura 3.42- Diagrama Sistemático da falha “Variação de tensão”

**Nó: Variação de Tensão**

**Nó: Subtensão**

Descrição: Quando a tensão fica abaixo da tensão nominal. De acordo com o relatado nas reuniões, a constatação da subtensão se dá a partir da constatação do cliente aprovada após

medição, podendo ser instantânea, durante 24 horas ou ao longo de 7 dias. A constatação implicará em classificação nos aspectos adequados, precários ou críticos obrigando a intervenção segundo prazo definido na norma. O fator de sazonalidade é referente à época do ano, com aumento de demanda, e não devido ao clima. Outra variante é fator horário (pico de consumo).

**Nó: Sobretensão**

**Nó: Planejamento Inadequado da Expansão de Carga**

Descrição: Não redimensionamento da rede face ao aumento de demanda da carga Exemplo: A falta de compensadores de tensão pode provocar este planejamento inadequado.

Origem: Econômica; Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Uso Inadequado da Energia**

Descrição: Este nó trata do consumo excessivo de reativo pelo cliente, que leva à subtensão.

Origem: Externo.

**Nó: Defeito em Equipamento**

Descrição: Regulador de tensão, rele de tensão; travamento do comutador de tensão

Origem: Contingência; Econômica; Fenômenos Naturais e Vida Útil.

**Nó: Uso da Energia**

Descrição: Fluxo de reativo do cliente para a concessionária: Geração excessiva de reativo pelo cliente. Exemplo: operação inadequada (não desligamento de um sistema manual) de um banco de capacitores.

**Nó: Geração de Reativo pela Concessionária**

Descrição: Reativo excessivo decorrente da operação indevida de banco de capacitores na linha de distribuição. O reativo pode ser devido à falta de avaliação freqüente das cargas do sistema (momentânea ou de redução de carga. Exemplo: eliminação de terceiro turno, encerramento de empresa, etc.) ou devido a reconfiguração do sistema ou mesmo manobras.

Origem: Contingência; Procedimento.

**Nó: TAP do Transformador**

Descrição: TAP indevido para o trecho do circuito, decorrente de seleção inadequada ou por alteração de carregamento no sistema (mudança de configuração da rede que demande novo TAP).

Origem: Fator Humano.

**Nó: Parametrização Inadequada do Rele de Tensão**

Descrição: Pode ocorrer em função de uma interpretação errada da relação de transformação ou operação incorreta (fator humano); normalização incorreta da relação (procedimento de instalação ou manutenção).

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Elevado Consumo de Reativo**

Descrição: Alto consumo de reativo devido às novas tecnologias (eletrônica embargada), extrapolando os limites impostos (consumidor comercial e industrial).

Origem: Econômica; Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Ultrapassagem da Demanda**

Descrição: Extrapolação da carga contratada, associado à análise de risco e estratégias de negócio (aquisição de energia no mercado livre). Consumidores de baixa demanda que contratam uma carga inferior àquela de seu uso real.

Origem: Econômica; Fraude e Procedimentos.

**Nó: Picos de Carga**

Descrição: Aumento momentâneo elevado da potência (máquina de solda, fornos, partidas de motores, etc) característico de um processo industrial.

Origem: Econômica; Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Geração de Reativo Pelo Cliente**

Descrição: Motor síncrono do cliente gerando reativo excessivo; banco de capacitores do cliente operado inadequadamente.

Origem: Externo

### 3.5.4.6) Variação Momentânea de Tensão

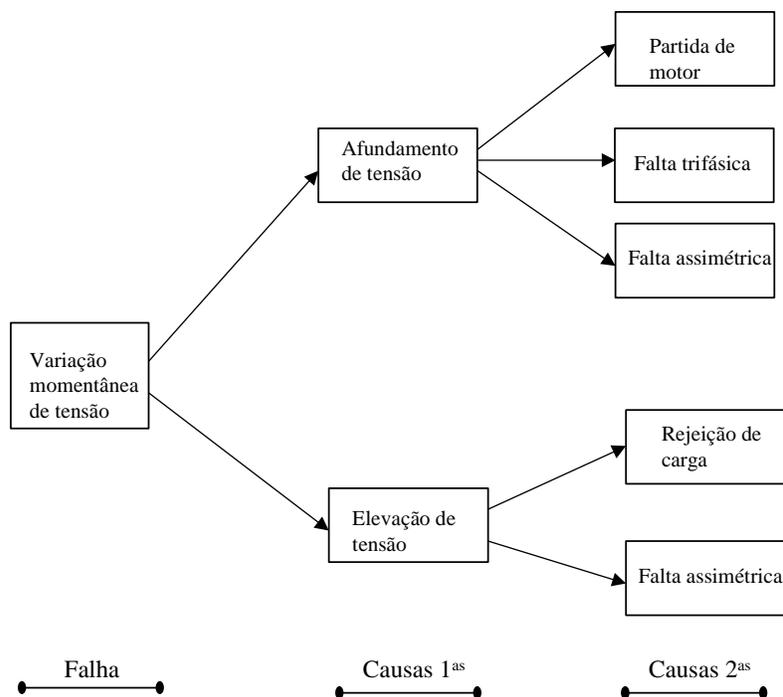


Figura 3.43- Diagrama Sistemático da falha “Variação momentânea de tensão”

#### Nó: Variação Momentânea de Tensão

Descrição: Afundamento momentâneo de tensão ou elevação momentânea de tensão.

#### Nó: Afundamento de Tensão

Descrição: De acordo com a resolução nº 505 da ANEEL o afundamento momentâneo de tensão é o evento em que o valor eficaz da tensão do sistema se reduz, momentaneamente, para valores abaixo de 90% da tensão nominal de operação, durante intervalo inferior a 3 segundos. Não permanente, não provocando a atuação do sistema de proteção (mais de 3 ciclos).

#### Nó: Elevação de Tensão

Descrição: De acordo com a resolução nº 505 da ANEEL a elevação momentânea de tensão é o evento em que o valor eficaz da tensão do sistema se eleva, momentaneamente, para valores acima de 110% da tensão nominal de operação, durante intervalo inferior a 3 segundos.

#### Nó: Partida de Motor

Descrição: Partida de um motor conectado diretamente na rede com uma potência incompatível com os padrões (norma PB01 e LIG): partida vazio, compensação por banco de capacitores, etc.

Origem: Econômica; Fator Humano e Procedimentos.

**Nó: Falta Trifásica**

Descrição: Falta proveniente de descarga atmosférica (não permanente); curto circuito provocado por galho de árvore (fator ambiental); fuga através de isoladores, cruzetas ou outros dispositivos; curto de alta impedância.

Origem: Acidente; Fator Humano; Fatores Ambientais; Fenômenos Naturais e Procedimentos.

**Nó: Falta Assimétrica**

Descrição: Possui um circuito de falta assimétrico. A impedância de falta não está ligada a um circuito simétrico. Exemplos: perda da capacidade dielétrica (isoladores), pára-raios, componente de má qualidade, vandalismo (danos em componentes da rede).

Origem: Acidente; Econômica; Fenômenos Naturais; Vandalismo e Vida Útil.

**Nó: Rejeição de Carga**

Descrição: Desconexão/conexão momentânea de um grupo de carga da rede, provocado por problemas internos nas instalações do cliente , por exemplo, por um curto-circuito.

Origem: Externo.

# CAPÍTULO 4- Conclusões

## 4.1 Conclusões relativas às ferramentas utilizadas

A primeira conclusão que pode ser tirada com a realização deste trabalho é que a ferramenta selecionada para realizar a etapa de diagramação, o Diagrama de Árvore ou Diagrama Sistemático, se mostrou eficaz no atendimento do objetivo principal deste trabalho, ou seja, de mapear as principais falhas da concessionária Bandeirante Energia S.A. Basicamente dois tipos de falhas foram mapeadas: as que afetam a qualidade do fornecimento de energia elétrica e as falhas relativas ao atendimento dos consumidores.

Um dos objetivos complementares propostos no início do trabalho era o estudo das técnicas de análise causa-efeito e a seleção da considerada mais adequada para a situação em questão. Deste modo, três ferramentas foram estudadas: Fault Tree Analysis (FTA), Event Tree Analysis (ETA) e o Diagrama de Árvore ou Diagrama Sistemático.

- A primeira técnica que se tornou alvo de pesquisa neste trabalho com o objetivo de auxiliar no mapeamento foi a Fault Tree Analysis (FTA). Em resumo, a FTA é um modelo gráfico, que parte de um modo de falha denominado "evento de topo", buscando as causas diretas da ocorrência do evento. A FTA possibilita também a estimativa de probabilidade com que determinada falha pode ocorrer, ou seja, realiza uma análise quantitativa. Apesar desta ferramenta ter se mostrado conveniente para encontrar as causas que desencadeavam o processo de formação de falhas, a pesquisa teve continuidade para verificar a existência de outras técnicas de causa e efeito que pudessem auxiliar na etapa de diagramação e posterior seleção da mais adequada.
- A segunda ferramenta que pareceu adequada foi a Event Tree Analysis (ETA). Na ETA, desenvolve-se um esboço da estrutura da análise de eventos com cenários de perigo, sendo bastante semelhante à FTA, mas enquanto esta última apresenta uma árvore lógica orientada verticalmente, a ETA é orientada horizontalmente. Uma outra diferença da ETA em relação à FTA é que na ETA

durante a diagramação são utilizadas as possibilidades de amortecer o evento inicial. Nesta técnica também pode ser calculada a probabilidade de ocorrência de determinado evento.

- A terceira ferramenta de análise de causa e efeito pesquisada foi o Diagrama Sistemático de Causa e Efeito. Este diagrama permite mapear toda a série de acontecimentos que devem ocorrer para que determinada falha ocorra. Devido a simplicidade de sua utilização e do mesmo atender o objetivo da diagramação, ele foi selecionado para esta etapa do trabalho.

Durante a pesquisa para seleção de uma ferramenta para a diagramação teve-se contato com as Sete Novas Ferramentas da Qualidade. Dentre estas ferramentas o Diagrama de Afinidades foi identificado como instrumento útil para auxiliar na padronização das falhas, uma vez que através dele é possível organizar dados de acordo com a relação natural entre os mesmos.

Desta forma, algumas técnicas da Engenharia de Produção foram utilizadas no ambiente de distribuição de energia elétrica. Ferramentas já consagradas e utilizadas em larga escala em outros setores, como indústrias e serviços, auxiliaram na elaboração de uma metodologia que visa analisar as falhas que afetam a qualidade no fornecimento de energia elétrica e do atendimento aos consumidores.

## **4.2 Conclusões com relação à mudança para a empresa**

A empresa Bandeirante Energia S.A. já possuía uma maneira particular de lidar com as falhas que ocorriam na empresa antes da realização do presente trabalho. Registrava as mesmas e suas causas em uma “Tabela de Causas”. No entanto, a maneira como estes dados eram tratados representava apenas uma organização em termos de documentação, pois acabavam se tornando uma “caixa preta”. Isto pode ser observado analisando os Diagramas de Pareto mostrados no capítulo 3 (figuras: 3.4, 3.5 e 3.6). As falhas eram agrupadas de maneira que não seria possível evitar a reincidência das mesmas por falta de detalhamento. Também não seria possível resolver o problema de forma mais rápida devido a inexistência de documentações mais detalhadas e precisas sobre os motivos que ocasionaram determinada falha. Por exemplo, a coluna “Falta de Energia” no Diagrama de Pareto da figura 3.4 representa o modo de falha que contém várias causas que o ocasionam.

O presente trabalho abriu estas “caixas pretas”, ou seja, detalhou as colunas do Diagrama de Pareto que precisavam ser detalhadas em “Grupos de Falhas”. Por exemplo, a coluna do Diagrama de Pareto “Falta de Energia” foi detalhada no “Grupo de Falhas” “Falta de Energia”. Por outro lado, colunas que já representavam uma falha detalhada passaram a fazer parte de um “Grupo de Falha” juntamente com outras falhas que representam o mesmo impacto para o consumidor. Com este grau de detalhamento torna-se possível evitar a reincidência das falhas ou atuação mais rápida por já possuir um mapa que mostra os prováveis pontos causadores de falhas. Obviamente os gestores deverão sempre estar atentos as diferentes características de cada região (litoral, Guarulhos, Taubaté) que exigirão atuações gerenciais particularizadas.

Em suma, a metodologia para a análise de falhas na empresa implica em uma maneira mais transparente na resolução dos problemas que atingem os consumidores.

### **4.3 Conclusões com relação à prática da Gestão do Conhecimento**

Esta dissertação refere-se ao entendimento das falhas. Portanto houve a prática da Gestão do Conhecimento durante todo o desenvolvimento do trabalho.

As reuniões para o mapeamento das falhas representou uma oportunidade para a troca de conhecimento entre os profissionais da empresa e o registro de tal conhecimento para posterior disseminação pela organização, ou seja, estimulou a troca e a conversão do conhecimento. Além disto, capturou e registrou os conhecimentos do Grupo de Análise de Falhas, o que caracteriza a prática da Gestão do Conhecimento.

Pôde-se perceber que durante as reuniões houve os seguintes tipos de conversão do conhecimento:

- **Socialização:** porque os funcionários e professores compartilharam suas experiências pessoais adquiridas durante os anos de profissão. Estas experiências foram compartilhadas principalmente através de *brainstorms*. A importância deste tipo de conversão do conhecimento está na existência de fatos e detalhes desconhecidos e ignorados pela teoria, mas que na realidade são fundamentais para melhor qualidade.

- Externalização: ocorreu através do registro do conhecimento tácito dos funcionários e professores nos mapas dos modos de falhas e nas descrições dos nós.
- Combinação: a troca de informações explícitas (dados, documentos, resoluções, normas, teorias de livros) durante o mapeamento caracterizou este tipo de conversão do conhecimento no presente trabalho.

Já durante a utilização deste conhecimento gerado, capturado e documentado nesta dissertação, será utilizada a última forma de conversão do conhecimento:

- Internalização: os membros da organização vão passar a vivenciar o resultado prático do novo "conhecimento", ou seja, desenvolverão um conhecimento operacional. Isto poderá ser concretizado através do uso de exposições, treinamentos, manuais e documentos, que tornarão possível a internalização do conhecimento pelas pessoas. Desta forma por intermédio de formas explícitas de conhecimento, poderá chegar-se ao conhecimento tácito.

#### **4.4 Desafios encontrados**

Durante as reuniões com o Grupo de Análise de Falhas muitas informações foram levantadas devido a contribuição de todos os membros da equipe. Devido ao grande volume de informações interessantes a equipe precisou de muito rigor para não se afastar do objetivo do trabalho, que é permitir a intervenção do gestor para a solução do problema. Este rigor deverá ser mantido sempre que forem realizados futuros mapeamentos.

Outro desafio foi conscientizar a equipe de que o processo de mapeamento apesar de ser rigoroso não deve ser considerado definitivo, uma vez que deve ser sempre revisto com vista a seu melhoramento.

#### **4.5. Propostas para trabalhos futuros**

O mapeamento de falhas pode ser realizado para qualquer outro setor industrial ou de serviços. Sendo assim, a primeira proposta para trabalho consiste na aplicação do mapeamento para outros segmentos utilizando a metodologia desenvolvida no presente trabalho ou utilizando uma outra metodologia considerada mais adequada para a área.

Uma outra proposta seria além de realizar a análise qualitativa, realizar a

quantitativa também. Neste caso seria mais adequada outra ferramenta para a etapa de diagramação, como a FTA ou ETA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, E.; FREEMAN, C. Communities of practice: bridging technology and knowledge assessment. *Journal of Knowledge Management*, 2000, v. 4, issue 1.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). [ *on line*, disponível em [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br); capturado em jan/2005].

ALAVI, M.; LEIDNER, D. E. Knowledge management systems: issues, challenges, benefits. *Communications of AIS*, 1999, v.1, issue 7, p. 2-41.

ALBERTON, Anete. *Uma metodologia para auxiliar no gerenciamento de riscos e na seleção de alternativas de investimentos em segurança*. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1996.

ANDREWS, J. D.; RIDLEY, L. M. Application of the Cause-Consequence Diagram Method to Static System. *Reliability Engineering & Sistem Safety*, 2002, v. 75, p. 47-58.

ANJARD, R. P. Management and planning tools. *Training for Quality*, 1995, v.3, n.2, p. 34-37, 1995.

ANEZIRIS, O. N.; PAPAZOGLU, I. A. Fast Markovian method for dynamic safety analysis of process plants. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2004, v. 17, p. 1-8.

ARAÚJO, L. O. C.; GRILO, L. M. ; SOUZA, U. E. L.; MELHADO, S. *O Microplanejamento do Serviço de Concretagem: Análise e Aplicabilidade das Ferramentas da Qualidade*. São Paulo, 2000.

ARAÚJO, L. O. C.; AQUINO, J. P. R.; ROTONDARO, R. G. Análise e Aplicabilidade das Ferramentas da Qualidade no Serviço de Fôrmas como Auxílio ao Planejamento para Produção. 21º Encontro Nacional de Engenharia de Produção. *Anais*. Salvador / BA, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

BABBAR, S.; BEHARA, R.; WHITE, E. Mapping product usability. *International Journal of Operations & Production Management*, 2002, v. 22, n° 10, p.1071-1089.

Bandeirante Energia S.A. [ *on line*, disponível em <http://www.bandeirante.com.br>; capturado em dez./2004].

BARROS, A. J. P.; LEHFELD, N. A. S. *Projeto de pesquisa: propostas metodológicas*. Petrópolis: Vozes, 1999.

BATTIKHA, N. E. B. The Management of Control Systems: Justification and technical Auditing. *Instrument Society of America*. North Carolina, 1992.

BEIJERSE, R. Questions in knowledge management: defining and conceptualizing a phenomenon. *Journal of Knowledge Management*, 1999, v. 3, issue 2.

BELLINGER, G. Knowledge Management- emerging perspectives. [ *on line*, <http://www.outsights.com/systems/kmgmt.htm>; capturado em 04 / out / 2004 ].

BRANCO FILHO, G. *Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade*. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1996.

BRYMAN, A . *Research Methods and organization studies*. London: Unwin Hyman, cap 03, 1989.

CHAVEZ, L. M. C. G.; MEDEIROS, F. E.. Engenharia de manutenção: fator de mudança. In: 13º Congresso Brasileiro de Manutenção, Salvador, 1998. *Anais*. [ *cd rom* ].

CHASE, R.L. Knowledge management benchmarks. *The Journal of Knowledge Management*, September 1997, v. 1, issue 1.

COHEN, D. *The Wealth of the World and the Poverty of Nations*, MIT Press, 1998.

Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL). [ *on line*, [http://www.cpfl.com.br/new/noticias\\_energia/releases\\_projeto\\_piloto.asp](http://www.cpfl.com.br/new/noticias_energia/releases_projeto_piloto.asp). (jun/2004); capturado em dez/2004 ].

Comitê de Distribuição. *Planejamento de Sistemas de Distribuição*. V. 1, Editora Campus, 1ª Edição, Rio de Janeiro, 1982.

CORREIA, Kwami Samora Alfama. Metodologia para diagnóstico de problemas e fatores causadores sob o enfoque da informação – matriz PCI. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, Março de 2003.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action Research- Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 2002, v. 22, n. 2, p. 220-240.

DAVENPORT, Thomas; PRUSAK, Laurence. *Conhecimento Empresarial – Como as organizações gerenciam o seu capital intelectual – métodos e aplicações práticas*. 5. Ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1998.

DAVENPORT, T.H. Some principles of knowledge management. [ *on line*, <http://www.bus.utexas.edu/kman/kmprin.htm>; capturado em 04 / jan /2004 ].

DHILLON, B. S. Methods for performing human reliability and error analysis in health care. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 2003, v. 16, issue 6, p. 306-317.

DIAS, Cláudia. Pesquisa qualitativa – características gerais e referências, maio. [on line, <http://www.geocities.com/claudiaad/qualitativa.html>; capturado em dez / 2004 ].

DRUCKER, P. *Post - Capitalist Society*. New York: Harper Business, 1993.

EFEI Energy News. Ano 3, n. 266, Edição 020705, Julho 2002. [ on line, <http://www.energynews.efei.br/anterior/EEN-020705.htm>; capturado em dez / 2004 ].

ELETROBRÁS. Plano decenal de expansão: 2000/2009. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2000.

FAGUNDES, L.D.; ALMEIDA; D.A. Mapeamento de falhas em concessionária do setor elétrico: padronização, diagramação e parametrização. 11º Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP). *Anais*. Bauru / SP, 2004.

FAGUNDES, L.D.; ALMEIDA; D.A.; LEAL; F. Metodologia de gestão de falhas para empresas do setor elétrico. 24º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). *Anais*. Florianópolis / SC, 2004.

FLEMING, P. V.; OLIVEIRA, L. F. S.; FRANÇA, S. R. Aplicações de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em instalações da Petrobrás. V Encontro Técnico sobre Engenharia de Confiabilidade e Análise de Risco. *Anais*. Rio de Janeiro, 1997.

GLAZIER, Jack D.; POWELL, Ronald R. *Qualitative research in information management*. Englewood, CO: Libraries Unlimited, 1992. 238p.

GLASSER, W. *The Quality School – managing students without coercion*. New York, Perennial Library, 1990.

Grupo coordenador de operação interligada/subcomitê de manutenção (GCOI/SCM). *Manual do usuário do sistema estatístico de manutenção*. Rio de Janeiro, 1998.

HE, Z., STAPLES, G., ROSS, M., COURT, I. Fourteen Japanese quality tools in software process improvement. *The TQM Magazine*, v. 8, n. 4, 1996 , p. 40–44.

HELMAN H., ANDERY, P. R. P. *Análise de Falhas. Aplicação de FMEA e FTA*. Belo Horizonte: Editora Fundação Cristiano Ottoni, 1995, 156 p.

HONG-ZHONG HUANG, XIN TONG, MING J. ZUO. Posbist fault tree analysis of coherent systems. *Reliability Engineering and System Safety*, 2004.

ITAIPU BINACIONAL. *Principais características técnicas*. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2001.

JINGLUN , Z.; QUAN, S. Reliability analysis based on binary decision diagrams. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1998, v. 4, n° 2, p. 150-161.

KAPLAN, Bonnie; DUCHON, Dennis. Combining qualitative and quantitative methods in information systems research: a case study. *MIS Quarterly*, dec. 1988, v. 12, n° 4, p. 571-586,.

KARA-ZAITRI, C. An improved minimal cut set algorithm. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 1996, v. 13, n° 2, p. 114-132.

KIOSHI SUZAKI. The New Manufacturing Challenge- Techniques for Continuous Improvement. The free press- A Division of Macmillan, Inc, Nova Iorque, 1987.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. 3. Ed. São Paulo : Atlas, 1991. 270p.

LANDES, D. S. *The wealth and poverty of nations: why some are rich and some are poor*. W.W. Norton & Company, Inc, 1998.

LIEBSCHER, Peter. Quantity with quality ? Teaching quantitative and qualitative methods in a LIS Master's program. *Library Trends*, Spring 1998, v. 46, n. 4, p. 668-680,.

LEITE, Valéria Fonseca. Gestão do Conhecimento em Empresas de Itajubá: Um Estudo Exploratório. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2001.

MATTOS, Ronaldo. Análise crítica de uma metodologia de solução de problemas na prestação de serviços: uma aplicação prática do MASP. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1998.

MIZUNO, Shigeru. *Gerência para melhoria da qualidade: as sete novas ferramentas de controle da qualidade*. LTC- Livros Técnicos e Científicos Ed., 1993, 312 p.

MONTIBELLER NETO, Gilberto; ENSSLIN, Leonardo. Avaliando a eficiência de metodologias de apoio à decisão. XXXIII SBPO- Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. *Anais*. Campos do Jordão / SP, 2001.

MOUBRAY, J. *RCM II: manutenção centrada em confiabilidade*. Grã Bretanha: Biddles Ltd., Guilford and King's Lynn, 2000. Edição Brasileira.

MOURA, Eduardo C. *As sete ferramentas gerenciais da Qualidade*. São Paulo: Qualiplus, 1993.

NAKAJIMA, S. *Introdução ao TPM- Total Productive Maintenance..* São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda, trad. Mario Nishimura, 1989.

NEIVA, F. A. A importância da manutenção no novo setor elétrico brasileiro. *Revista Manutenção - ABRAMAN*, Rio de Janeiro, jul / ago 1999, n.73, p. 4-6.

NETHERTON, D. Um novo padrão SAE para RCM-SMRP: case study. [ *on line*,: <http://www.sqlbrasil.com.br/SQL-RCM2-Casos.html>; capturado em 27 / 08 / 2004 ].

NONAKA, Ikujiro. TAKEUCHI, Hirotaka. *Criação de Conhecimento na Empresa. Como as empresas Japonesas geram a dinâmica da inovação*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

NUNES, E. L. Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): análise sa implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2001.

OLIVEIRA, L. F. S.; DINIZ, F. L. B. Apostila do curso manutenção centrada em confiabilidade – DNV Principia, Foz do Iguaçu, abr. 2001. 102p. Notas de aula. Impresso.

PARNELL, G.S., CONLEY, H.W., JACKSON, J.A., LEHMKUHL, L.J.; ANDREW, J.M. A value model for evaluating future air and space forces. *Management Science*, 1998, v. 44, n° 10, p. 1336-50.

RAUSAND, Marvin; OIEN, Knut. The basic concepts of failure analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, 1996, n° 53, p. 73-83, 1996.

Rio Grande Energia (RGE), [ *on line*, disponível em [www.rge-rs.com.br/informese/glossario.asp](http://www.rge-rs.com.br/informese/glossario.asp); capturado em fev/2005].

ROCHA, Luciana Lins; FREIRE, Alice Maria da Fonseca. Professor em formação e o conflito de currículos: Uma experiência de pesquisa-ação. *Linguagem & Ensino*, 2001, v. 4, n° 2, p. 93-105, Universidade Federal do Rio de Janeiro

ROQUE-SPECHT, Vânia Ferreira. Desenvolvimento de um Modelo de Gerenciamento de Riscos para o Aumento da Segurança Alimentar - Estudo de Caso em Indústria de Laticínios. Tese (Doutorado em Eng. Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina , Florianópolis, SC, março de 2002.

SARMENTO, I. J. D. Estratégia e resultados da implantação da "Manutenção Baseada em Confiabilidade" na Geração da CEMIG. I Seminário Nacional de Manutenção no Setor Elétrico. *Anais*. Belo Horizonte / MG, 2001. [ *cd rom* ].

SCHOCKLEY III, W. Planning for Knowledge Management. *Quality Progress*, March 2000, p.57-62.

SEDO SOHN, POONG HYUN SEONG. Quantitative evaluation of safety critical software testability based on fault tree analysis and entropy. *The Journal of Systems and Software*, 2004.

SENGE, P. M. *The fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization*. Currency Doubleday, 1990.

SILVA, C. E. S. Ferramentas básicas da qualidade. Curso de pós-graduação gestão da qualidade em serviços. Faculdade de ciências da administração de Pernambuco – FCAP, 2001.

SILVA, L. A. V.; COUTINHO, C. R.; LIMA, G. B. A. Controle de Perdas com Enfoque na Gestão de Riscos. Congresso Nacional de Excelência em Gestão – 29 e 30 de novembro de 2002. *Anais*. Niterói / RJ, 2002.

SILVEIRA, Antônio Augusto. Gestão do conhecimento como ênfase na aprendizagem organizacional: um estudo de multicaso no contexto bancário. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, Agosto de 2004.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C; HARRISON, A; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 1 Ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1997.

SMITH, A. M. *Reliability-centered maintenance*. California-USA: McGraw-Hill, 1992.

SOMAN, K. P.; MISRA, K. B. A simple method of determining moments of a top event. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 1996, v. 13, n° 5, p. 50-60.

SOUZA, M. S.; MÁRQUEZ, D. C. Estimativa de Ganhos com a Implantação da MBC na Copel. II Seminário Brasileiro de Confiabilidade na Manutenção. *Anais*. São Paulo / SP, 1998.

STAMATIS, D. H. *Failure mode and effect analysis : FMEA from theory to execution*. Milwaukee : American Society for Quality, 2003.

STEWART, T. A. *Capital Intelectual: A Nova Vantagem Competitiva das Empresas*. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues, Priscila Martins Celeste - Rio de Janeiro: Campus, 1998.

SUNGDEOK CHA, HANSEONG SON, JUNBEOM YOO, EUNKYUNG JEE, POONG HYUN SEONG. Systematic evaluation of fault trees using real-time model checker UPPAAL. *Reliability Engineering and System Safety*, 2003, v. 82, p. 11-20.

SVEIBY, Karl Erik. *A Nova Riqueza das Organizações: gerenciando e avaliando patrimônios de conhecimento*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

SVEIBY, K-E. Measuring intangibles and intellectual capital- an emerging first standard. [*online*, <http://www.sveiby.com.au/emerging-standard.html>, 1999; capturado em 02/08/2004 ].

TEIXEIRA, M. D.; OLIVEIRA, J. C.; PACHECO, C. R.; SOUTO, C. N O. Avaliação do Estado Operacional de Cabos Isolados Sob Condições Adversas: Estratégias e Proposta de Diagnóstico. V Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica (SBQEE). *Anais*. Aracajú / SE, 2003.

TERRA, J. C. C. Gestão do Conhecimento- Aspectos Conceituais e Estudo Exploratório Sobre as Práticas de Empresas Brasileiras. Tese (Doutorado em Eng. Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP, 1999.

VIZZONI, E. Manutenção centrada em confiabilidade: avaliação de sua aplicabilidade e adaptação a subestações de energia elétrica. Dissertação (Mestrado em Eng. Elétrica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, RJ, 1998.

VELHO, Altemir da Silva. O aperfeiçoamento contínuo da qualidade do serviço. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, novembro de 1995.

ZUFFO, J. A. *A Infoera: O imenso desafio do futuro*. Editora Saber, 1997

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. *As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos*. 6 Ed. Belo Horizonte: EDG- Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1995.