

BIANCA CARNEIRO FERRAZ LAMIM

**GERENCIAMENTO DE PROJETOS APLICADO AO
PLANEJAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO DE
DISTRIBUIÇÃO: ESTUDO DE CASO**

FLORIANÓPOLIS

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**GERENCIAMENTO DE PROJETOS APLICADO AO
PLANEJAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO DE
DISTRIBUIÇÃO: ESTUDO DE CASO**

Dissertação submetida à
Universidade Federal de Santa Catarina
como parte dos requisitos para a
obtenção de Mestre em Engenharia Elétrica.

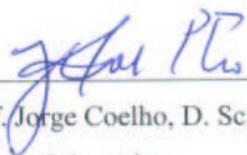
BIANCA CARNEIRO FERRAZ LAMIM

Florianópolis, Fevereiro de 2009

GERENCIAMENTO DE PROJETOS APLICADO AO PLANEJAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO DE DISTRIBUIÇÃO: ESTUDO DE CASO

Bianca Carneiro Ferraz Lamim

‘Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em *Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica*, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. ’



Prof. Jorge Coelho, D. Sc.

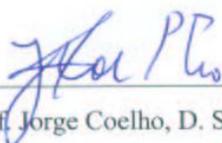
Orientador



Prof.^a Kátia Campos de Almeida, Ph.D.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

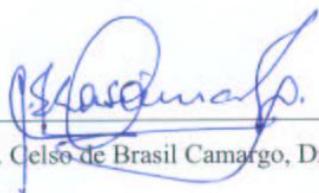


Prof. Jorge Coelho, D. Sc.

Presidente



Hans Helmut Zürn, Ph.D



C. Celso de Brasil Camargo, Dr.



Sandra Hitomi Nakanishi, Ms.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela saúde, pela sabedoria, discernimento, pela oportunidade de realizar este trabalho e pela oportunidade de compartilhar a vida com pessoas tão especiais.

Agradeço aos meus pais que sempre me proporcionaram a melhor educação e sempre me incentivaram a buscar cada vez mais o conhecimento.

Ao meu marido, pelo amor, carinho e compressão, por acreditar em mim em todos os momentos de minha vida e pelo apoio nos momentos difíceis.

Aos inúmeros colegas do LabPlan em especial a minha querida amiga Cristhine Cechinel, sem o seu apoio e carinho não teria chegado até aqui.

Ao Professor Jorge Coelho, meu orientador, por sua paciência, compreensão, carinho, apoio e pelas contribuições para a conclusão desta dissertação.

A minha querida Professora Célia Lamim, pela contribuição.

E aos queridos membros da banca Professor C. Celso de Brasil Camargo, Professor Hans Helmut Zürn e Sandra Hitomi Nakanishi.

E a todos outros que não foram mencionados aqui, mas de alguma maneira contribuíram e fizeram parte desta caminhada.

Resumo da Dissertação apresentada à UFSC como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Elétrica.

GERENCIAMENTO DE PROJETOS APLICADO AO PLANEJAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO DE DISTRIBUIÇÃO: ESTUDO DE CASO

Bianca Carneiro Ferraz Lamim

Fevereiro/2009

Orientador: Jorge Coelho, Dr. Sc.
Área de Concentração: Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica
Palavras-chaves: Planejamento da Distribuição, Gerenciamento de Projeto
Número de Páginas 146

No primeiro momento deste trabalho são apresentados os principais tipos de redes elétricas. Em seguida são desenvolvidas as etapas do planejamento do sistema elétrico de distribuição, definindo os critérios que deverão ser levados em consideração neste planejamento. Com objetivo central, o presente trabalho trata da adaptação de uma metodologia de gerenciamento de projeto aplicado especialmente ao planejamento do sistema elétrico de distribuição, com base nos padrões já definidos pela organização mundial “*Project Management Institute*” (PMI) através do “*Project Management Body of Knowledge*” PMBOK. Seu objetivo consiste em disponibilizar ferramentas para planejar, acompanhar e monitorar todo o processo do planejamento do sistema elétrico de distribuição, deste modo, minimizando os custos e os tempos envolvidos. Esta metodologia é aplicada num procedimento interativo de acompanhamento e monitoramento de projetos de P&D, visando mostrar todas as etapas que um projeto de P&D deve passar em uma concessionária de energia elétrica. Toda a parte de planejamento e controle é feita através do software *Microsoft Project*, aplicando os conceitos preconizados pelo PMBOK, quando fica evidente que um planejamento feito adequadamente propicia a menor quantidade de falhas, obtendo maior chance de sucesso na sua fase de execução.

Abstract of Dissertation presented to UFSC as a partial fulfillment of the Requirements for
the degree of Master in Electrical Engineering

MANAGEMENT OF POWER SYSTEM DISTRIBUTION PLANNING PROJECTS

Bianca Carneiro Ferraz Lamim

February/2009

Adivisor: Jorge Coelho, D. Sc.
Area of Concentration: Electrical Energy Systems Planning
Keywords: Project Management, Distribution Planning
Number of Pages: 146

Firstly, the main kinds of power systems used nowadays are presented. The stages of the power system distribution planning are developed, defining the criteria, which should be taken into consideration in the moment of planning and, in that way, to help the planner.

Finally, this work presents the adaptation of the management applied project methodology, especially to the power system distribution planning, focused on the standards already defined by the world organization “Project Management Institute” (PMI) through the “Project Management Body of Knowledge” (PMBOK). The aim of this work is to make tools available for planning, following and monitoring all the power system distribution planning process; in that way, saving time and money. This methodology is applied to an interactive procedure of R&D project follow-up and monitoring, which aims to show all R&D project stages, which have to be accomplished at an electrical energy distribution company. All planning and control is elaborated through the Microsoft Project software, applying the PMBOK concepts. In that way it is possible to avoid failures and to assure the success in the execution phase.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS.....	XII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
CAPÍTULO 1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO.....	3
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	4
CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 PLANEJAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO DE DISTRIBUIÇÃO.....	6
2.2 GERENCIAMENTO DE PROJETOS	7
2.3 CONCLUSÃO.....	9
CAPÍTULO 3 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA.....	10
3.1 INTRODUÇÃO.....	10
3.2 SISTEMA DE GERAÇÃO	12
3.3 SISTEMA DE TRANSMISSÃO.....	14
3.4 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICO.....	15
3.4.1 Redes de Distribuição Primária	15
3.4.1.1 Redes Aéreas	16
3.4.1.2 Redes Subterrâneas.....	18
3.4.2 Redes de Distribuição Secundário	20
3.5 SISTEMA DE SUBTRANSMISSÃO.....	21
3.6 CONCLUSÃO	22

CAPÍTULO 4 PLANEJAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO DE DISTRIBUIÇÃO	23
4.1 INTRODUÇÃO	23
4.2 PROCESSO DE PLANEJAMENTO	25
4.3 ETAPAS DO PLANEJAMENTO.....	27
4.3.1 Identificação do Problema	28
4.3.2 Área de Planejamento	28
4.3.3 Horizonte de Estudo	29
4.3.3.1 Planejamento Estratégico	31
4.3.3.2 Planejamento Tático	32
4.3.4 Definição de Casos a Serem Adotados como Referência	36
4.3.5 Obtenção de Dados Necessários.....	36
4.3.5.1 Características Técnicas Básicas do Sistema	36
4.3.5.2 Critérios de Planejamento	40
4.3.5.3 Insumos	46
4.3.6 Previsão de Cargas	49
4.3.7 Simulações Temporais do Sistema.....	50
4.3.8 Formulação de Alternativas.....	500
4.3.9 Análise Técnico-Econômica e Seleção de Alternativas	51
4.3.10 Plano Geral de Obras.....	52
4.3.11 Revisão do Planejamento	52
4.4 CONCLUSÃO.....	53
CAPÍTULO 5 GERENCIAMENTO DE PROJETOS	54
5.1 INTRUDUÇÃO.....	54
5.2 FASES DO CICLO DE VIDA DE UM PROJETO	56
5.3 ÁREAS DE CONHECIMENTO EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	60
5.4. PLANEJAMENTO DO PROJETO.....	62
5.4.1. Ferramentas de Planejamento do Projeto	62
5.4.2 Processos de Gerenciamento de Projetos	69
5.5. PLANEJAMENTO DOS CUSTOS	74

5.5.1 Técnicas de Estimativa	74
5.5.2 Controle de Custos	75
5.6 SOFTWARES PARA GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	77
5.7 CONCLUSÃO.....	78
CAPÍTULO 6 ESTUDO DO CASO: PROCEDIMENTO INTERATIVO PARA GERENCIAMENTO DE PROJETOS DE P&D	79
6.1 INTRODUÇÃO.....	79
6.2 ETAPAS DE UM PROJETO DE P&D.....	80
6.3 PROPOSTA DE UM PROJETO DE P&D: ALOCAÇÃO ÓTIMA DE SUBESTAÇÃO.....	82
6.3.1. Fase de Iniciação	83
6.3.2 Fase de Planejamento do Projeto.....	87
6.3.3 Fase de Execução.....	95
6.3.4 Fase de Monitoramento e Controle do Projeto.....	95
6.4 CONCLUSÃO.....	96
CAPÍTULO 7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	98
7.1 CONCLUSÕES	98
7.2 SUGESTÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA ..	100
7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	101
ANEXO A QUALIDADE DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA....	102
ANEXO B FORMULÁRIO DO TERMO DE ABERTURA DO PROJETO	116
ANEXO C FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE P&D	118
ANEXO D DURAÇÃO DAS TAREFAS E PREDECESSORES	119
ANEXO E GRÁFICO DE GANTT	120
ANEXO F DIAGRAMA DE REDE	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Representação do Sistema de Potência.....	11
Figura 3.2 Sistema de Transmissão Brasileiro	15
Figura 3.3 Rede Primária Aérea Radial Simples	17
Figura 3.4 Rede Primária Radial com Recurso	17
Figura 3.5 Subterrâneo com Primário Radial.....	18
Figura 3.6 Subterrâneo com Primário Seletivo	19
Figura 3.7 Subterrâneo com o Primário em Anel Aberto	19
Figura 3.8 Redes Aéreas de Distribuição Secundária	20
Figura 3.9 Sistema Subterrâneo com Secundário Reticulado	20
Figura 3.10 Sistema Subterrâneo com Secundário Radial	21
Figura 4.1 Componentes do Processo de Planejamento.....	27
Figura 4.2 Etapas do Planejamento	27
Figura 4.3 Dados Necessários para o Planejamento da Distribuição	36
Figura 5.1 O Ciclo de Vida de um Projeto Subdividido em Fases Características	56
Figura 5.2 Áreas de Conhecimento de Gerenciamento de Projetos	61
Figura 5.3 Partes Integrantes de um Processo.....	61
Figura 5.4 Formulário para o Detalhamento do Plano de Ação.....	63
Figura 5.5 Organograma de uma EAP	64
Figura 5.6 Estrutura de Tópicos de uma EAP.....	64
Figura 5.7 Mapa Mental da EAP.....	64
Figura 5.8 Diagrama de Rede.....	65
Figura 5.9 Horizonte de Estudo Representado Através do Gráfico de Gantt	66
Figura 5.10 Diagrama de Gantt de Redistribuição	67

Figura 5.11 Gráfico de Marcos	67
Figura 5.12 Planilha de Verificação	68
Figura 5.13 Diagrama de Pareto.....	68
Figura 5.14 Representação Esquemática dos Processos da Fase de Planejamento.....	70
Figura 5.15 Etapas do Planejamento do Sistema Elétrico de Distribuição, Representado através de Organograma.	71
Figura 5.16 Custo Acumulado	75
Figura 5.17 Dados de um o Valor Agregado Acumulado Acima do Orçamento	76
Figura 6.1 Fluxograma do Procedimento Interativo para Gerenciamento de Projetos de P&D.....	81
Figura 6.2 Estrutura Analítica do Projeto de Alocação Ótima de Subestação	88
Figura 6.3 Organograma Funcional	89
Figura 6.4 Planilha de Recursos	91
Figura 6.5 Gráfico de Recursos.....	92
Figura 6.6 Estatísticas do Projeto.....	93
Figura 6.7 Custo Acumulado	93
Figura 6.8 Custo da Tarefa.....	94
Figura 6.9 Custo Mensal do Projeto.....	94
Figura 6.10 Representação do Andamento do Projeto no modo de Exibição Gráfico de Gantt de Controle	96
Figura 6.11 Custo da Tarefa Atrasada.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Capacidade Total Instalada no Brasil	12
Tabela 3.2 Capacidade Instalada por Forma de Geração de Energia	13
Tabela 6.1 Entregas do Projeto.....	83
Tabela A.1 Pontos de Entrega ou Conexão Em Tensão Nominal Superior a 1kv e Inferior a 69kv	103
Tabela A.2 Pontos de Entrega em Tensão Nominal Igual ou Inferior a 1kv.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CGH	Micro/Mini Central Hidrelétrica
CPM	<i>Critical Path Method</i>
CR	Custo Real
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
DIC	Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora
DIT _h %	Distorção Harmônica Individual de Tensão
DMIC	Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora
DOU	Diário Oficial da União
DRC	Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica
DRP	Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária
DTT%	Distorção Harmônica Total de Tensão
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EOL	Usina Eólica
FD	Fator de Desequilíbrios
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FIC	Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora
GIS	Sistema de Informação Geográfica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC	Índice de Unidades Consumidoras com Tensão Crítica
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IPTD	Índice de Perdas Técnicas de Distribuição
IPTT	Índice de Perdas Técnicas de Transformação
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MT	Média Tensão
N	Número de Ocorrências
NA	Normalmente Aberta

NF	Normalmente Fechada
NIE	Número de Ocorrências Emergenciais com Interrupção de Energia Elétrica Verificadas no Conjunto de Unidades Consumidoras
NR	Norma Regulamentadora
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PMIS	<i>Project Management Information Systems</i>
PNIE	Percentual do Número de Ocorrências com Interrupção de Energia
PPG	Percentagem de Perdas Global
PPT	Percentagem de Perdas Técnicas
PT	Perdas Técnicas
PTT	Perdas Técnicas dos Transformadores
SOL	Usina Solar
TAP	Termo de Abertura do Projeto
TD	Tempo de Deslocamento da Equipe de Atendimento de Emergência
TE	Tempo de Execução do Serviço até o seu Restabelecimento pela Equipe de Atendimento de Emergência para cada Ocorrência Emergência
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMD	Tempo Médio de Deslocamento
TME	Tempo Médio de Execução do Serviço até o seu Restabelecimento pela Equipe de Atendimento de Emergência
TMM	Tempo Médio de Mobilização
TMP	Tempo Médio de Preparação da Equipe de Atendimento de Emergência
TP	Tempo de Preparação da Equipe de Atendimento de Emergência para cada Ocorrência Emergencial
TVA	Técnica do Valor Agregado

UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear
VA	Valor Agregado
VC	Variação de Custos
VP	Valor Planejado
VP _A	Variação de Prazos
VPL	Valor Presente Líquido
VTCD	Variação de Tensão de Curta Duração

CAPÍTULO 1 APRESENTAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

A distribuição de energia elétrica é um dos serviços de maior importância para a população, pois a energia é o recurso básico ao desenvolvimento social e econômico do país. Deste modo, a energia elétrica é utilizada para fornecer iluminação, força motriz, frio, calor, etc. Atualmente, além dessas funções, dependem da energia elétrica as atividades de informática e telecomunicações que são a base para a expansão do setor industrial e para o setor de serviço (FAGUNDES *et al.*, 2004; VECCHI, 2004).

Como visto, a energia elétrica está na base de toda a cadeia de produção industrial desde a agropecuária até na prestação de serviços. Portanto, a economia brasileira depende da energia elétrica para ter um crescimento satisfatório do PIB (Produto Interno Bruto) e, conseqüentemente, o crescimento econômico. O consumo de energia elétrica constitui-se de um verdadeiro índice indicativo do desenvolvimento de uma nação.

Tendo em mente essa responsabilidade o planejamento do sistema elétrico de distribuição deve ser realizado de forma responsável atendendo os critérios técnicos como: atendimento a níveis mínimo de tensão, minimização de perdas, carregamento de alimentadores e transformadores, entre outros (GOUVÊA *et al.*, 2003). Também devem ser atendidos os critérios econômicos, para fornecer energia elétrica com um nível de qualidade desejada com um menor custo possível.

O planejamento dos sistemas elétricos de distribuição em função de sua formulação pode ser classificado como sendo determinístico ou probabilístico (contempla incertezas endógenas) e sob incertezas exógenas quando existem mais de um cenário futuro possível de ocorrer (BARROS *et al.*, 2006).

Quando uma região apresenta um aumento significativo da carga, aproximando-se dos limites de operação dos equipamentos, é necessário elaborar um planejamento do sistema elétrico de distribuição, que pode envolver a construção ou ampliação de subestações,

instalação e recondutoramento de alimentadores, entre outras ações, que envolvem um alto custo de investimento (GARCIA *et al.*, 2003).

O planejamento do sistema de distribuição de energia elétrica inclui decisões do tipo (VECCHI, 2004):

- Localização ótima das subestações;
- Localização ótima dos alimentadores;
- *Design* ótimo do alimentador individualmente;
- Alocação ótima da carga;
- Alocação ótima da capacidade da subestação.

Para tomar uma melhor decisão no momento de definir o que fazer no planejamento levam-se em consideração leis físicas modeladas através de restrições operacionais, tais como:

- Lei de Kirchhoff para corrente;
- Lei de Kirchhoff para tensão;
- Custo variável nos alimentadores;
- Radialidade na configuração dos alimentadores;
- Queda de tensão nos trechos de alimentadores;
- Capacidade normal da subestação;
- Capacidade de distribuição da subestação;
- Capacidade emergencial da subestação;
- Capacidade emergencial do alimentador.

Em resumo, um planejamento adequado do sistema elétrico de distribuição leva em consideração a minimização das perdas elétricas, bem como a minimização dos custos de instalação e manutenção de equipamentos. Além disso, pode exigir considerações em questões adicionais como qualidade de energia elétrica, confiabilidade, limitações nos orçamentos, possibilidades de expansão, questões socioambientais, entre outros (GARCIA *et al.*, 2003).

Deste modo, o objetivo do planejamento do sistema de distribuição é facilitar a definição de prioridades das ações futuras no sistema elétrico, de forma a suprir as necessidades de

energia elétrica de cada região com um custo mínimo e uma qualidade de fornecimento elevada.

1.2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

Com o passar dos anos, o planejamento do sistema elétrico de distribuição, vem ganhando cada vez mais espaço e importância dentro das concessionárias de energia elétrica. Devido a esta importância surge a necessidade da aplicação de uma metodologia de gerenciamento de projeto.

A metodologia de gerenciamento de projetos utilizado nesse trabalho é aquele relacionado com os conceitos do “*Project Management Institute*” (PMI) utilizando o “*Project Management Body of Knowledge*” (PMBOK). Com isto serão aplicadas técnicas que permitirão dividir o projeto em partes (ou fases), as quais ajudarão a desenvolver e gerenciar seus prazos, melhor planejar e controlar os recursos, os gastos e o orçamento e ainda atender às especificações de parâmetros de qualidade, abrangência e limites. Através do guia de projetos PMBOK e com o auxílio das ferramentas de planejamento do programa computacional *Microsoft Project*, pode-se gerenciar as fases de um projeto (Iniciação, Planejamento, Monitoramento e Controle, Execução e Finalização), principalmente durante as fases mais críticas do Planejamento e Monitoramento do projeto.

O planejamento em um projeto nada mais é do que etapas que visam consolidar dados, informações e percepções para aumentar a probabilidade de ocorrências dos resultados desejados. Deste modo o planejamento deve antever ações a implementar, obstáculos a superar e recursos a alocar. Deve ter um constante acompanhamento e revisto durante a evolução de um projeto, apresentando à realidade de maneira mais fiel (HELDMAN, 2005; GASNIER, 2000).

Um projeto bem feito e gerenciado corretamente deve apresentar os seguintes benefícios (PMBOK, 2004):

- Evitar surpresas durante a execução dos trabalhos;
- Permitir desenvolver diferenciais competitivos e novas técnicas, uma vez que toda a metodologia está sendo estruturada;

- Antecipar as situações desfavoráveis que poderão ser encontradas, para que ações preventivas e corretivas possam ser tomadas antes que essas situações se consolidem como problemas;
- Adaptar os trabalhos ao mercado consumidor e ao cliente;
- Disponibilizar os orçamentos antes do início dos gastos;
- Agilizar as decisões, já que as informações estão estruturadas e disponibilizadas;
- Aumentar o controle gerencial de todas as fases a serem implementadas devido ao detalhamento ter sido realizado;
- Facilitar e orientar as revisões da estrutura do projeto que forem decorrentes de modificações no mercado ou no ambiente competitivo, melhorando a capacidade de adaptação do projeto;
- Otimizar a alocação de pessoas, equipamentos e materiais necessários;
- Documentar e facilitar as estimativas para futuros projetos.

Deste modo, este trabalho tem como principal objetivo aplicar os conceitos de gerenciamento de projetos definidos pelo PMBOK no planejamento e monitoramento do sistema elétrico de distribuição, a fim de alcançar maior eficiência e clareza.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A presente dissertação está dividida em sete Capítulos, conforme descrito a seguir.

No Capítulo 1 será apresentada uma visão geral do planejamento do sistema elétrico de distribuição, bem como justificativas e objetivos para a realização do trabalho proposto aplicando os conceitos do PMBOK.

O Capítulo 2 foi reservado à revisão bibliográfica, que fornece uma visão geral dos assuntos apresentados nesta dissertação, bem como as principais referências utilizadas em cada capítulo subsequentes.

Por sua vez o Capítulo 3 descreve os principais tipos de redes de distribuição e também como está organizado o setor elétrico brasileiro atualmente.

O Capítulo 4 foi introduzido para apresentar o planejamento do sistema elétrico de distribuição, mostrando os processos, etapas e critérios de planejamento.

Com o intuito de contribuir no planejamento da distribuição são apresentados no Capítulo 5 os conceitos e as ferramentas utilizadas em gerenciamento de projeto.

Para apresentar uma aplicação da metodologia desenvolvida nesta dissertação, ficou reservado o Capítulo 6, que apresenta uma aplicação da metodologia de gerenciamento de projeto aplicado ao planejamento do sistema elétrico de distribuição, através de uma proposta de P&D (Alocação Ótima de subestação).

Por fim, no Capítulo 7, são desenvolvidas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PLANEJAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO DE DISTRIBUIÇÃO

O planejamento é definido como o ato ou processo de estabelecer ou manter metas, políticas e procedimentos para uma determinada atividade. Um planejamento não feito corretamente geralmente leva um projeto ao fracasso devido a condições não previstas antecipadamente (CAPEZIO, 2002).

De acordo com Arango *et al.* (1998), o planejamento apropriado dos sistemas de distribuição de energia elétrica abrange fatores econômicos e estratégicos, cuja importância aumenta à medida que cresce a restrição à oferta.

Devido à insuficiência de recursos, a demora de entradas de funcionamento de novas unidades geradoras, e levando em consideração a matriz energética histórica brasileira, cabe ao planejamento estratégico da concessionária efetuar o dimensionamento dos subsistemas elétricos levando-se em consideração aspectos econômicos e de garantia de suprimento.

Schmidt (1998), afirmou que o projeto de rede de distribuição de energia elétrica é um dos itens mais importantes do gerenciamento da distribuição. O crescimento da demanda das cargas dos consumidores existentes, assim como de novas ligações, estabelece solicitações elétricas crescentes na rede. Desta forma, a rede deve ser projetada de forma a operar dentro dos limites técnicos (carregamento máximo de transformadores e condutores, queda máxima de tensão em pontos específicos da rede, valores máximo de desequilíbrio, etc.) por um determinado período de tempo, durante alguns anos. Nesse período, a rede deve ser capaz de atender a demanda do crescimento da carga sem que os critérios operacionais básicos sejam transgredidos.

O projetista da rede de distribuição tem vários recursos para reconduzir uma rede existente com capacidade de atendimento no limite a um estado tecnicamente aceitável, podendo fazer remanejamento de trechos de rede entre transformadores de distribuição, substituição

de transformadores, recondução da rede, construção de redes totalmente novas, etc. Analisar e fazer a escolha da melhor solução, em termos técnicos e econômicos, é um dos maiores desafios que o projetista enfrenta no início de trabalho (SCHMIDT, 1998).

A tendência mundial mostra que devido à escassez de recursos naturais, a conservação de energia elétrica será uma das alternativas a ser oferecida para a expansão tradicional dos sistemas de potência, inclusive em nível de distribuição. Deste modo o planejamento do sistema de distribuição conta com mais um recurso para implementar na expansão, segundo os menores custos econômicos para o consumidor (AMENDOLA *et al.*, 1998).

Segundo Kagan (2006) uma das formas mais empregadas para ajudar o planejador, consiste em realizar uma série de estudos de fluxo de potência, nos quais se fixa a rede existente com utilização das cargas dos anos futuros até o horizonte de planejamento, que é geralmente estabelecido para 5 anos em estudo de médio prazo.

Ainda pode ser difícil localizar os locais que mereçam receber os reforços devidos, para sanar, principalmente, problemas de carregamento. Quando é feita a análise da rede através do fluxo de potência, devem também ser feitas avaliações de todas as possíveis transferências de carga entre os alimentadores, ou seja, um problema de carregamento poderia ser eliminado com transferência de carga entre alimentadores. Pela complexidade inerente ao Planejamento do Sistema Elétrico de Distribuição, no Capítulo 4 este tema será convenientemente desenvolvido em etapas, insumos e critérios de curto e longo prazos.

2.2 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

A cada dia que passa as empresas têm necessidade de melhorar a qualidade e a imagem dos seus produtos (bens ou serviços) junto a seus clientes. Devido a estas necessidades as empresas perceberam que precisavam de uma metodologia que pudesse garantir a conclusão de seus projetos de uma maneira mais eficiente, rápida e economicamente viável e dentro dos padrões de qualidade aceitáveis (MUTU *et al.*, 2006).

Uma vez que projetos bem dirigidos tornam-se a chave para o sucesso, as empresas começaram a procurar soluções e metodologias que as levassem ao sucesso com os seus

empreendimentos. Começaram então a perceber a necessidade crescente de profissionais na área de gerenciamento de projetos, que sejam certificados por alguma instituição reconhecida em gerenciamento de projetos como o “*Project Management Institute*” (PMI), por exemplo, ou que, no mínimo, conheça alguma metodologia comprovada em gestão de projetos.

O gerenciamento de projetos é uma disciplina relativamente nova nas instituições de ensino, e que ainda está em busca de ser reconhecido como profissão. Normalmente as organizações indicam pessoas técnicas para o projeto ou para gerenciá-lo. Apesar de tecnicamente preparadas, nem sempre a qualificação técnica garante a qualificação profissional. Deste modo procurou-se no setor desenvolver um perfil de profissional que seria mais apropriado para esta função. Então desde a década de 70 nos Estados Unidos e em muitos países da Europa, procurou-se desenvolver um perfil para este profissional. Criou-se então o “*Project Management Institute*” (PMI), o qual tem o “*Project Management Body of Knowledge*” (PMBOK) como o instrumento mais conhecido internacionalmente para o desenvolvimento do profissional de gerente de projetos (PFEIFFER, 2005).

O termo projeto é geralmente utilizado, por muitas organizações e pessoas, nos mais variados contextos, podendo também ser aplicado no planejamento dos sistemas elétricos de distribuição, conforme proposto nesta dissertação.

Todo o projeto tem origem em um ou mais estímulos, que podem ser fatores isolados (uma legislação, uma expansão da instalação, etc.) ou solicitações ou ofertas de novo produto ou serviço, as quais podem ser externas ou internas às organizações, isto é, os projetos são desenvolvidos de acordo com as leis do mercado: havendo uma demanda ou oferta, o projeto surge para poder atendê-las (VALERIANO, 2005).

O projeto está ligado a dois campos: ao produto e às atividades gerenciais. O produto no início do projeto é decomposto em suas partes construtivas (subconjuntos, partes, peças) e o gerenciamento é planejado e executado de acordo com as áreas de interesse gerenciais: o escopo do projeto, os custos, o tempo, a qualidade, as pessoas e as equipes.

De acordo com Rebechini Jr. e Monteiro (2006) a implementação de gerenciamento de projetos nas organizações deve enfatizar questões de ordem estratégicas. As mudanças nas organizações alteram o fluxo de informação, o modelo gerencial e as regras internas, contudo deve estar atento também às questões externas, principalmente aos clientes, aos concorrentes e aos fornecedores e parceiros.

Os setores industriais que mais têm profissionais na área de gerenciamento de projetos são: tecnologia da informação, desenvolvimento de software, serviços financeiros, telecomunicações, prestadores de serviços em gestão de negócios (PMBOK, 2004).

No Brasil as empresas que tradicionalmente utilizam a metodologia de gerenciamento de projetos, são: construção civil e naval, tecnologia e grandes equipamentos, porém existe uma crescente difusão das metodologias de gerenciamento de projetos em outras áreas e com isto apresentando um notável crescimento. As empresas que possuem maior número de gerentes de projetos certificados pelo PMI no Brasil são IBM, Unisys, HP, EDS, CPqD, Ericsson, Petrobrás, Telefônica, entre outras (REBACHINI *et al.*, 2006)

2.3 CONCLUSÃO

Conforme foi apresentado, para se fazer adequadamente o planejamento do sistema elétrico de distribuição são levados em consideração vários fatores, tanto técnicos como econômicos.

Para organizar estes fatores e minimizar os custos e tempo será empregada nesta dissertação a metodologia de gerenciamento de projeto, mais especificamente o PMBOK, conforme será delineado no Capítulo 5. O gerenciamento de projeto a cada dia está sendo mais difundido entre os profissionais de planejamento com o objetivo de tornar os projetos mais eficientes e eficazes.

No próximo capítulo será apresentada uma visão geral do sistema elétrico de potência e os tipos de redes elétricas, de modo a ratificar a dimensão e a complexidades envolvidas no processo de planejamento.

CAPITULO 3 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentada uma visão geral do sistema elétrico brasileiro, com uma breve descrição de seu sistema de geração, transmissão e subtransmissão, assim como, particularidades de várias configurações dos sistemas de distribuição, as quais devem ser representadas no planejamento da expansão e no planejamento da operação.

Existe um longo percurso da energia elétrica entre a geração e a distribuição final, o qual é composto pelas as redes de transmissão e de distribuição, porém, em algumas situações há a possibilidade de haver uma rede intermediária que é conhecida, também, como rede de subtransmissão. A Figura 3.1 representa o diagrama unifilar do sistema de potência.

Para chegar energia elétrica até o consumidor final, primeiro deve haver alguma forma de geração de energia que transforma a energia primária (hidráulica, térmica, solar, etc.) em energia elétrica; após a geração há uma subestação elevadora que eleva a tensão para uma tensão de transmissão, que transporta a energia elétrica dos centros de produção até os vários tipos de consumidores. No Brasil, as tensões usuais de transmissão, em corrente alternada, são 138 kV, 230 kV, 345 kV, 440 kV, 500 kV e 765 kV, sendo que, o sistema de Itaipu opera em corrente contínua com um nível de tensão de $\pm 600 \text{ kV}_{\text{DC}}$ e o outro trecho, em AC, opera em 765KV. (ONS, 2007).

No sistema de transmissão podem existir alguns consumidores ligados a redes de alta tensão, denominados de consumidores de transmissão.

Após a transmissão há uma subestação abaixadora, denominada de subestação abaixadora de subtransmissão, a qual reduz a tensão de transmissão para a tensão de subtransmissão (ou alta tensão), que é um estágio intermediário de repartição de energia elétrica entre a transmissão e a distribuição, usualmente com tensões mais baixas, tais como: 34,5 kV, 69 kV, 88 kV e 138 kV. Pode haver consumidores conectados a esta rede que são conhecidos como consumidores de subtransmissão (KAGAN *et al.*, 2005).

Por sua vez o sistema de subtransmissão entrega energia para as subestações de distribuição, as quais irão abaixar o nível de tensão de subtransmissão para tensão de distribuição primária (ou média tensão), que é atendida nos níveis de tensão de 11,9 kV, 13,8 kV, 22,5 kV e 34,5 kV. Esta rede primária vai suprir os transformadores de distribuição que derivam para a rede secundária (ou baixa tensão) em 220/127V ou 380/220V.

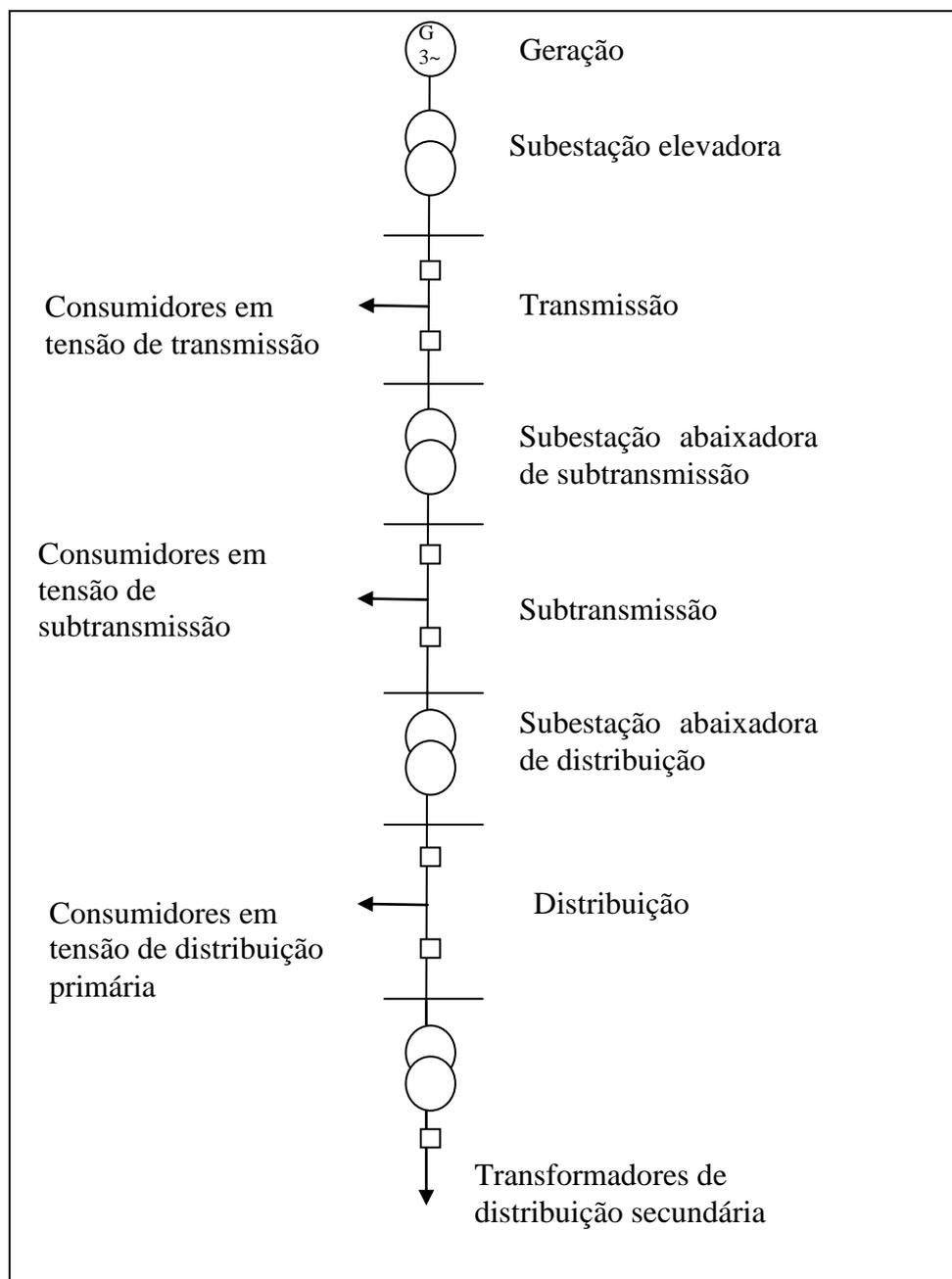


Figura 3.1 Representação do Sistema de Potência

3.2 SISTEMA DE GERAÇÃO

Na geração de energia elétrica, alguma forma de energia é transformada em energia elétrica, para transformar esta energia são utilizadas máquinas elétricas rotativas, geradores síncronos ou alternadores, através de um processo utilizando turbinas hidráulicas ou a vapor, que obtêm o conjugado mecânico (KAGAN *et al.*, 2005).

A energia elétrica é gerada através de usinas hidrelétricas, termoelétricas e termonucleares que são conhecidas como convencionais, porém têm-se também as fontes alternativas que são representadas pela energia solar, usinas eólicas, usinas utilizando a queima da biomassa, e outras fontes menos usuais como a utilização da força das marés.

Por apresentar um maior potencial hídrico para geração de energia elétrica a maior parte da energia gerada no Brasil é proveniente de usinas hidrelétricas, geralmente, afastadas dos centros de carga e construídas onde exista disponibilidade de água. Uma das alternativas de geração que podem estar localizadas perto dos centros de carga são as termoelétricas, que utilizam algum tipo de combustível para queimar e, deste modo, produzindo o vapor que acionará as turbinas geradoras de energia elétrica.

Capacidade Instalada de 1999 a 2005	
(MW)	
Ano	Potência
1999	67.946,4
2000	72.299,0
2001	74.876,7
2002	80.314,9
2003	83.807,1
2004	90.678,5
2005	92.865,5

Fonte: ANEEL, 2007

Tabela 3.1 Capacidade Total Instalada no Brasil

Devido ao custo do combustível as usinas termelétricas apresentam um custo operacional

elevado, apesar de o tempo de construção ser curto e o custo do investimento bem menor do que da usina hidrelétrica, a qual tem um custo de investimento elevado e o tempo de construção bem maior.

A Tabela 3.1 apresenta a capacidade total instalada em MW de 1999 até 2005 no Brasil, mostra um aumento constante no consumo de energia. Na Tabela 3.2 é destacada a forma de geração de energia e a capacidade instalada até o ano de 2006, observa-se que aproximadamente 85% da energia consumida são provenientes das usinas hidrelétricas (CGH, PCH, UHE e importação).

Capacidade Instalada até 31/12/2006			
Tipo	Quantidade	Potência (MW)	%
UHE*	156	72.005,4	74,78
UTE	945	20.372,1	21,16
PCH	275	1.566,3	1,63
CGH	202	106,8	0,11
UTN	2	2.007,0	2,08
EOL	15	236,9	0,23
SOL	1	0,02	0,00
Subtotal	1.596	96.294,5	100
Importação**	8	8.170,0	8,48
Total	1.604	104.464,5	108,5

Fonte: ANEEL, 2007

* Considerando Itaipu Nacional (6.300 MW)

** Considerando Importação de Itaipu (5.600 MW)

Tabela 3.2 Capacidade Instalada por Forma de Geração de Energia

Sendo:

CGH – Micro / Mini Central Hidrelétrica

EOL – Usina Eólica

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

SOL – Usina Solar

UHE – Usina Hidrelétrica

UTE – Usina Termelétrica

UTN – Usina Termonuclear

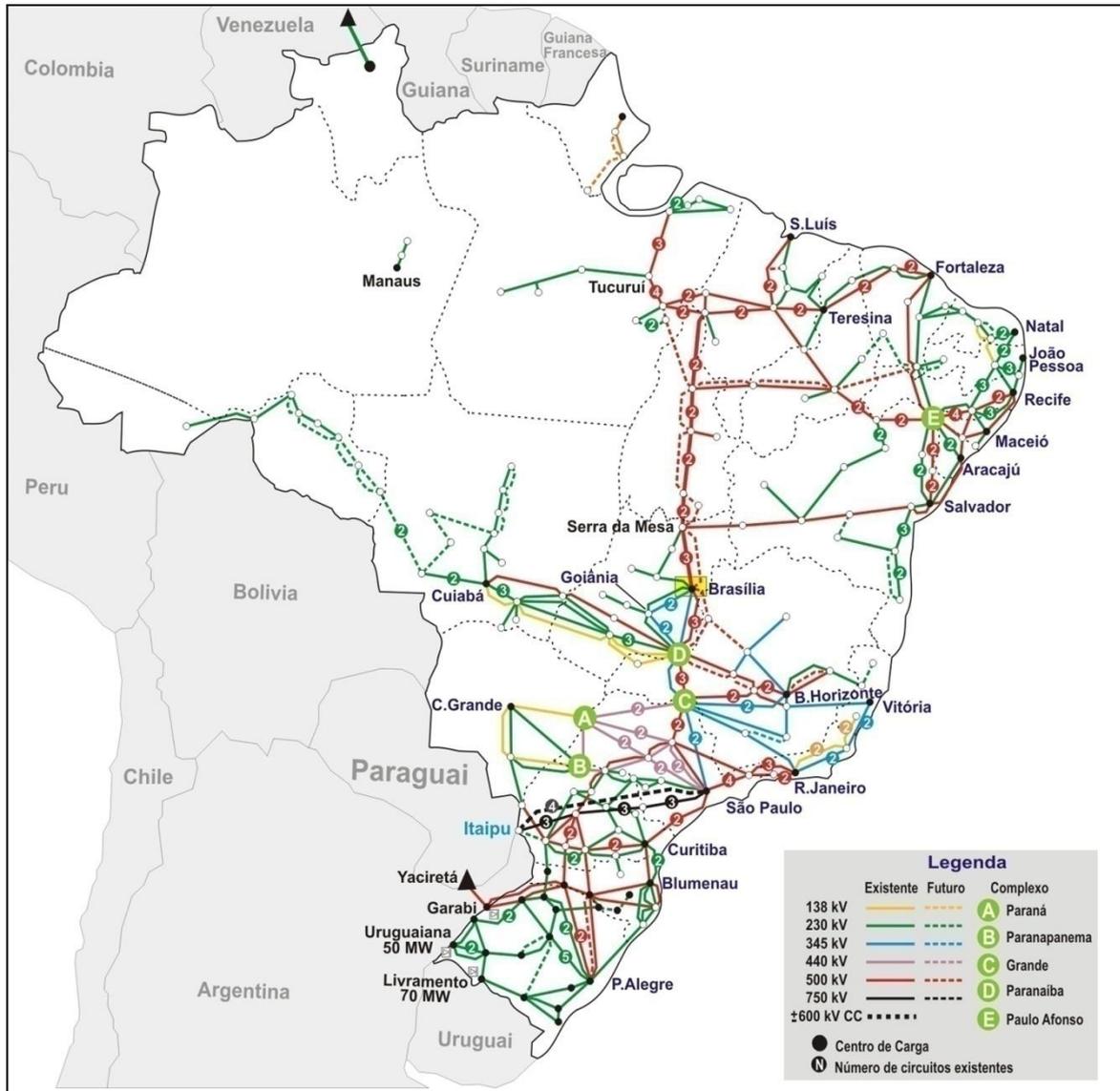
3.3 SISTEMA DE TRANSMISSÃO

O sistema de transmissão de energia elétrica tem como objetivo o transporte de energia elétrica das usinas até os consumidores através de linhas de transmissão, denominada no Brasil de rede básica. A rede básica deve operar de modo interligado no nível de tensão maior ou igual a 230 kV. A interligação é feita com a finalidade de aumentar a confiabilidade e a possibilidade de intercâmbio entre as áreas (KAGAN *et al.*, 2005).

O Sistema Interligado Nacional abrange 97% da capacidade de produção de energia do sistema elétrico brasileiro; ficam de fora apenas alguns sistemas isolados, localizados principalmente na Amazônia (AUGUSTO, 2008). Na Figura 3.2 é apresentado o sistema de transmissão brasileiro atual e suas interligações e também as futuras expansões do mesmo.

A transmissão de energia elétrica pode ser feita tanto em corrente contínua como em corrente alternada. Porém, a utilização de corrente contínua em um sistema de corrente alternada necessita de subestações conversoras, que convertem a energia entre dois sistemas elétricos, assim, no lado da usina é transformada em corrente contínua através de retificadores e no centro de consumo é convertida novamente em corrente alternada através de inversores (FRANCO, 2007).

A principal vantagem da utilização da corrente contínua na transmissão de energia é que neste tipo de sistema, é utilizado no intercâmbio entre dois sistemas defasados ou em frequências diferentes (por exemplo, Brasil e Argentina ou Brasil e Uruguai).



Fonte: ONS, 2007

Figura 3.2 Sistema de Transmissão Brasileiro

3.4 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICO

3.4.1 Redes de Distribuição Primária

As redes de distribuição primária (conhecidas também como redes de média tensão) derivam de subestação de distribuição, que atendem os consumidores primários e os transformadores de distribuição, os quais reduzem a tensão para redes secundárias aéreas ou subterrâneas de baixa tensão. Os consumidores primários são englobados por indústria de médio porte, conjuntos comerciais, iluminação pública, etc. (KAGAN *et al.*, 2005;

KERSTING, 2001).

As redes de distribuição primária, por sua vez, podem ser tanto aéreas quanto subterrânea. Os arranjos mais utilizados para a rede área são radial simples e radial com recurso (interligação com outros alimentadores), sendo que a rede subterrânea pode ter arranjos do tipo primário radial, primário seletivo e primário em anel aberto (KERSTING, 2001).

3.4.1.1 Redes Aéreas

Para a construção das redes aéreas são utilizados, usualmente, postes de concreto para regiões urbanas e de madeira tratada em regiões rurais. No topo dos postes se encontram as cruzetas, podendo ser de madeira, concreto, aço galvanizado e também de fibra, medindo em torno de 2 metros de extensão no qual são fixados isoladores de pino. Os condutores podem ser de alumínio com alma de aço, CAA, ou sem alma de aço, CA, cabos nus ou protegidos, podendo utilizar condutores de cobre em algumas situações. Para a sustentação dos cabos protegidos é utilizado um “*spacer cable*” que substitui as cruzetas (KAGAN *et al.*, 2005).

O sistema radial simples (Figura 3.3) apresenta as seguintes características (SHORT, 2004; KERSTING, 2001):

- Uma falta no alimentador principal (tronco) ou lateral (ramal) causa o não suprimento de todos os consumidores conectados ao mesmo;
- É mais fácil controlar o nível de tensão e o nível de corrente do alimentador;
- Configuração mais barata comparada com as demais;
- As faltas podem ser minimizadas com a interligação com sistemas radiais mais próximos;
- Podem-se prever as falhas no sistema com maior facilidade.

É geralmente empregada em áreas rurais, pois, possuem baixa densidade de carga e têm um destino único, por atender consumidores pontuais. Neste caso, na maioria das redes radiais simples, ainda não é econômico estabelecer pontos de recurso no caso de falha ou falta na rede.

A rede radial com recurso (Figura 3.4) é usualmente utilizada em áreas urbanas. Esta rede é diferenciada pelos seguintes características:

- Existência de interligação, com chaves normalmente abertas (NA) e normalmente fechadas (NF), entre alimentadores adjacentes da mesma ou de subestação diferentes;
- O alimentador é projetado de forma que exista uma reserva de capacidade de carga, em cada circuito, para absorção de carga de outro circuito em caso de necessidade de transferência de carga.

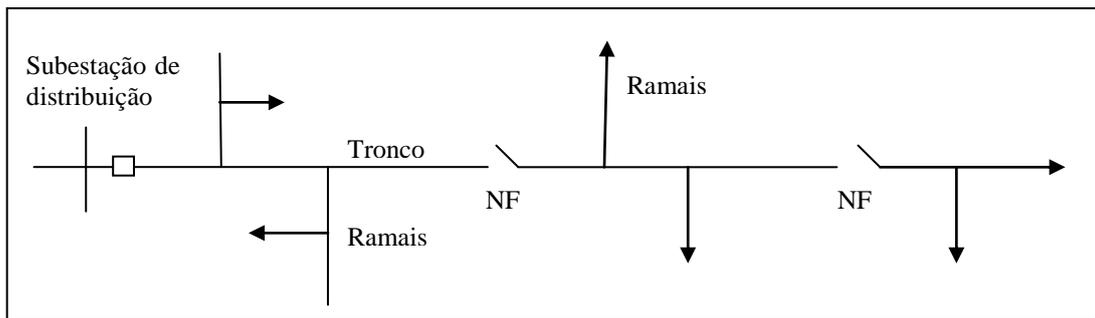


Figura 3.3 Rede Primária Aérea Radial Simples

Usualmente para a tensão de 13,8kV são utilizados condutores com secção nominal de 336,4 MCM, que suporta uma potência máxima de aproximadamente 12MVA. Em caso de transferência de carga entre alimentadores esta potência máxima fica restringida a cerca de 8MVA (KAGAN *et al.*, 2005).

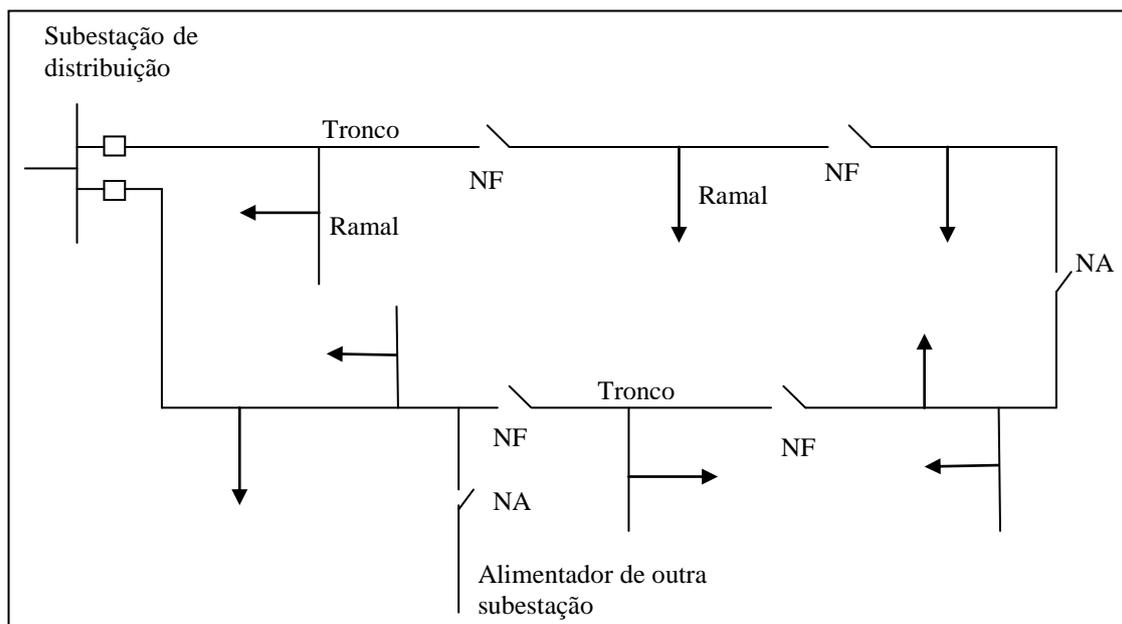


Figura 3.4 Rede Primária Radial com Recurso

3.4.1.2 Redes Subterrâneas

O sistema radial subterrâneo tem como objetivo alimentar os sistemas secundários radiais (Figura 3.5) ou reticulados (Figura 3.9).

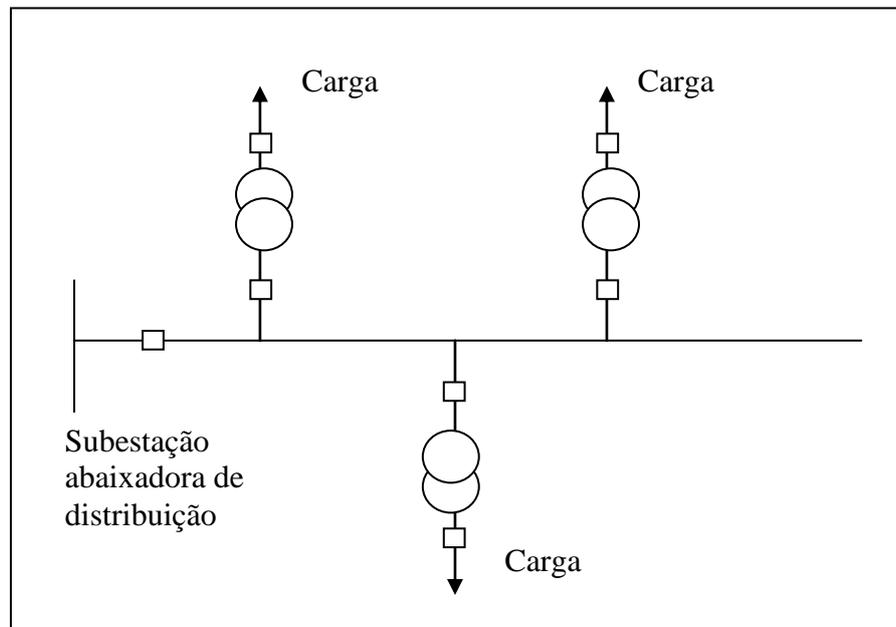


Figura 3.5 Subterrâneo com Primário Radial

No sistema reticulado para evitar o desligamento de dois transformadores adjacentes no caso de contingência em um dos circuitos primários, utilizam-se dois ou mais circuitos primários radiais partindo de um mesmo barramento de uma subestação, que alimentam um determinado número de transformadores de distribuição ligados alternadamente. O reticulado exclusivo é utilizado para alimentar um ou mais barramentos de um prédio ou conjunto de prédios.

A principal característica do sistema primário seletivo (Figura 3.6) é o remanejamento de cargas, que é feita manualmente ou de forma automática, deste modo, tendo uma alimentação alternativa em caso de contingência na rede.

O sistema subterrâneo com o primário em anel aberto (Figura 3.7), cada alimentador atende uma determinada área, e terá indicadores de defeitos em pontos determinados da rede para a detecção de falha em caso de contingência devendo, entretanto, ser

dimensionado para assumir toda a carga do anel.

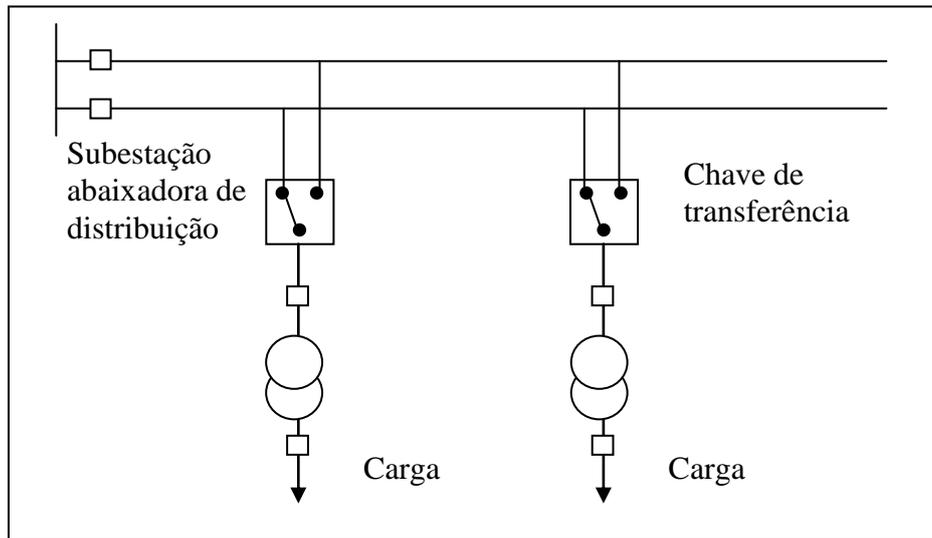


Figura 3.6 Subterrâneo com Primário Seletivo

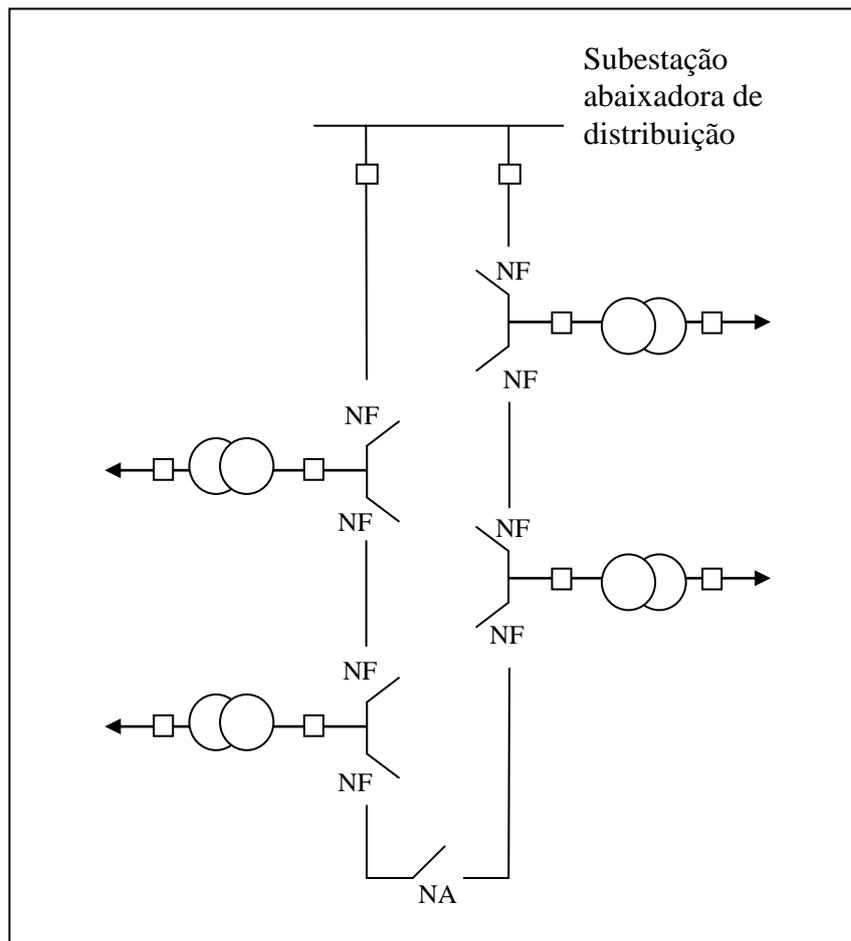


Figura 3.7 Subterrâneo com o Primário em Anel Aberto

3.4.2 Redes de Distribuição Secundário

Os sistemas mais utilizados em redes de distribuição secundária para a rede área são o sistema radial e anel (Figura 3.8), e para as redes subterrâneas o sistema reticulado (Figura 3.9) e radial (Figura 3.10).

A rede reticulada devido ao seu alto custo não é mais utilizada pelas concessionárias, mas ainda existe em grandes metrópoles como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e etc., que foram construídas há mais de trinta anos. Este tipo de rede é constituído por um conjunto de malhas que é suprida por transformadores, com os terminais de baixa tensão inseridos diretamente nos nós reticulados (KAGAN *et al.*, 2005).

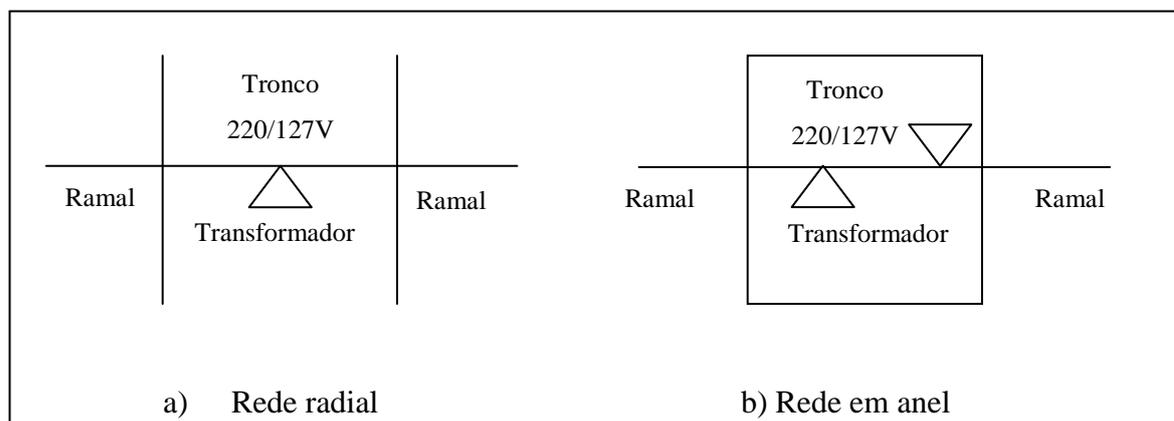


Figura 3.8 Redes Aéreas de Distribuição Secundária

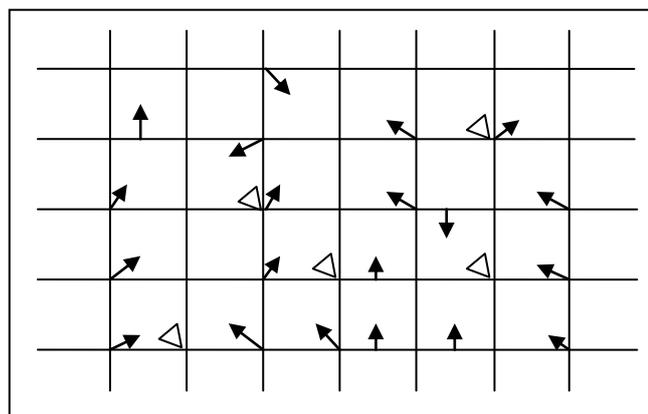


Figura 3.9 Sistema Subterrâneo com Secundário Reticulado

As redes secundárias são mais confiáveis do que as redes primárias. As faltas são menos

freqüentes e geralmente são eliminadas sem interrupções de grande importância no fornecimento de energia elétrica. O uso de condutores isolados pode contribuir para o aumento da confiabilidade das redes primárias (KERSTING, 2001).

Pelo fato de estarem localizadas abaixo do sistema primário, as redes secundárias não estão expostas às descargas atmosféricas diretas, não necessitando de proteção, porém em áreas rurais se torna necessário a proteção, quando a rede primária não está presente.

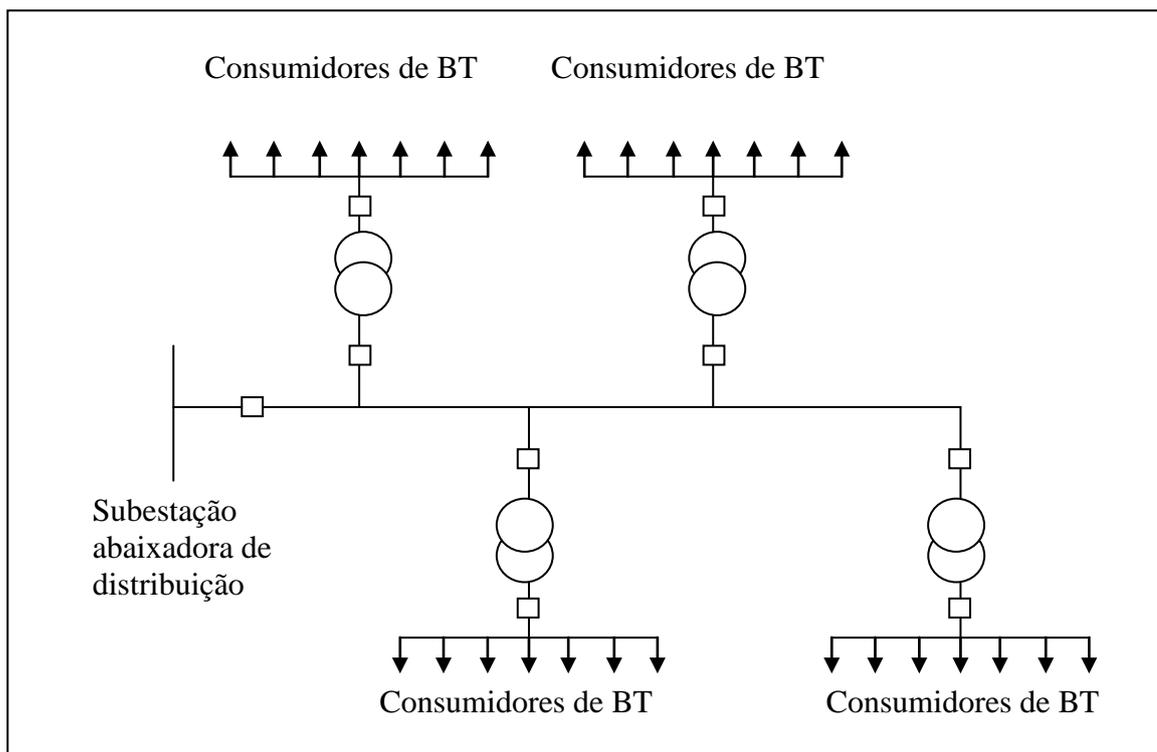


Figura 3.10 Sistema Subterrâneo com Secundário Radial

3.5 SISTEMA DE SUBTRANSMISSÃO

A principal função da rede de subtransmissão é ligar a transmissão à distribuição, podendo existir consumidores ligados a este rede, que são geralmente, grandes indústrias, estações de tratamento e bombeamento de água (KAGAN *et al.*, 2005).

As linhas de subtransmissão por questão de economia sempre que possível devem ser aéreas, com exceção nos casos de regiões densamente edificadas, sendo utilizadas redes subterrâneas que na maioria das vezes, é inviável economicamente.

Para atender as áreas de baixa densidade de carga é utilizado o sistema radial com um único circuito. É usual a utilização também de linhas de subtransmissão com mais de um circuito, para suprir as áreas que necessitam de um maior nível de confiabilidade, desde que, o circuito seja dimensionado para suportar toda a carga.

Nas periferias de grandes centros são empregados circuitos em anel, nos locais onde se exige um maior nível de confiabilidade sem importar muito com o custo. O circuito em anel tem diversos pontos de conexão com subestações supridoras e supridas, e as chaves seccionadoras junto com a proteção mesmo havendo uma ocorrência de defeito. Desta forma, o circuito em anel permite a alimentação sem interrupção (ou mais confiável) das subestações supridas.

3.6 CONCLUSÃO

Neste capítulo foi descrita uma breve visão do sistema elétrico brasileiro e as principais configurações do sistema de distribuição elétrico, considerando as características de cada um.

No próximo capítulo serão apresentadas detalhadamente as etapas necessárias para a determinação do planejamento do sistema elétrico de distribuição, e os principais parâmetros que necessitam ser analisados em cada etapa do processo.

CAPÍTULO 4 PLANEJAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO DE DISTRIBUIÇÃO

4.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será feita um compêndio dos critérios, etapas e insumos necessários para a realização de um planejamento de sistemas de elétrico de distribuição, demonstrando sua complexidade e importância, de modo a mostrar a necessidade de se aplicar técnicas e ferramentas de gerenciamento projeto, tal como, proposto nesta dissertação.

O planejamento do sistema elétrico de distribuição está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento sócio-econômico do país. 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 (Fagundes *et al.*, 2004). Com o crescimento da população e da produção industrial se faz necessário um planejamento adequado para suprir a necessidade de energia elétrica da nação.

Deste modo, o planejamento do sistema elétrico de distribuição tem como objetivo atender tanto o crescimento vertical (densidade) quanto o crescimento horizontal (novos consumidores) da demanda, de forma a programar novas obras viáveis tecnicamente e economicamente e manter os consumidores satisfeitos pela qualidade do serviço prestado (COELHO, 2005).

Segundo ANEEL, 2006a, o objetivo do planejamento do sistema de elétrico de distribuição é definir a expansão dos alimentadores, a expansão das subestações de distribuição existentes e a localização das novas subestações de distribuição, compondo um conjunto de obras para atender o incremento da carga, observando os critérios técnicos, econômicos e ambientais.

O planejamento do sistema elétrico de distribuição deve, também, estar alinhado com os objetivos de cada concessionária de energia elétrica, que são basicamente os seguintes: marketing, qualidade de serviço e produto, qualidades de atendimento comercial e

planejamento ao custo mínimo (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005).

São vários os fatores que interferem no planejamento do sistema de distribuição, entre eles: escassez e o custo de terrenos nas áreas urbanas, políticas de meio ambiente, limitações da legislação vigente, difícil aferição do mercado no nível da distribuição, necessidade de restringir investimento e a própria dinâmica e estratégia do mercado (ANEEL, 2006a; KNOLSEISEN, 2001).

No planejamento deverão ser feitas revisões periódicas dos resultados, com o objetivo de corrigir insuficiências de dados e até incluir novas informações, tecnologias e aperfeiçoamento da metodologia aplicada que possam influenciar nas conclusões iniciais do estudo.

A participação do planejador é de grande importância, devendo este agente ter imaginação, intuição, capacidade técnica, sensibilidade e criatividade, participando ativamente das seguintes etapas (CODI, 1990):

- Na especificação do conteúdo da base de dados em função das reais necessidades para execução do estudo;
- No levantamento de dados;
- Na definição geral do sistema de distribuição;
- Na especificação dos equipamentos utilizados na distribuição;
- Na coleta de informações externas;
- Na definição das estratégias funcionais;
- Na concepção dos sistemas futuros.

A grande restrição do planejador é de natureza conflitante, pois deverá analisar quanto custa manter o sistema confiável, com uma excelente qualidade de serviço, e por outro lado deverá ser racional para manter este custo o mais baixo possível.

O planejamento do sistema elétrico de distribuição é afetado do ponto de vista da concessionária por (KNOLSEISEN, 2001):

- Mudanças de hábito dos consumidores, que interferem na análise feita de demanda

para o horizonte de estudo;

- Alterações das condições sócio-econômicas;
- Estimativa do custo da energia elétrica;
- Indisponibilidades e perdas na rede elétrica;
- Taxa de crescimento populacional, pois nem sempre o crescimento da demanda coincide como índice de crescimento da área tomada como estudo de planejamento.

Do ponto de vista do consumidor o planejamento do sistema elétrico de distribuição vai afetá-lo através do custo tarifário, da qualidade do serviço e da continuidade do fornecimento.

Cabe mencionar que, se por um lado as incertezas na demanda adquirem papel fundamental no planejamento do sistema elétrico de distribuição, igualmente as incertezas no aporte de recursos financeiros em montantes compatíveis com as necessidades de expansão, constituem também um grande desafio no aperfeiçoamento das metodologias de planejamento da expansão.

Para o desenvolvimento do planejamento da expansão do sistema elétrico de distribuição, deve ser levada em consideração a hierarquia dos estudos de planejamento, permitindo ir dos aspectos mais gerais aos mais particulares, ou seja, dos Estudos de Longo Prazo (planejamento estratégico) para os Estudos de Curto Prazo (planejamento tático), com metodologias compatíveis e coerentes que dependem da disponibilidade dos dados sobre o sistema em estudo e a evolução da demanda, e do nível detalhado desejado.

4.2 PROCESSO DE PLANEJAMENTO

O planejamento é um processo de tomadas de decisões. Com o objetivo de atender a demanda de energia elétrica com um bom serviço prestado e com boa qualidade levando em consideração o baixo custo, o desenvolvimento sócio-econômico do país e as questões ambientais, o planejador deverá responder às seguintes questões (SOARES, 2000).

- Quando deverá ser necessário expandir o sistema de distribuição?
- Como deverá ser feita a expansão necessária?
- Onde deverá ser feita a expansão necessária?

➤ Quanto custará a expansão do sistema elétrico de distribuição?

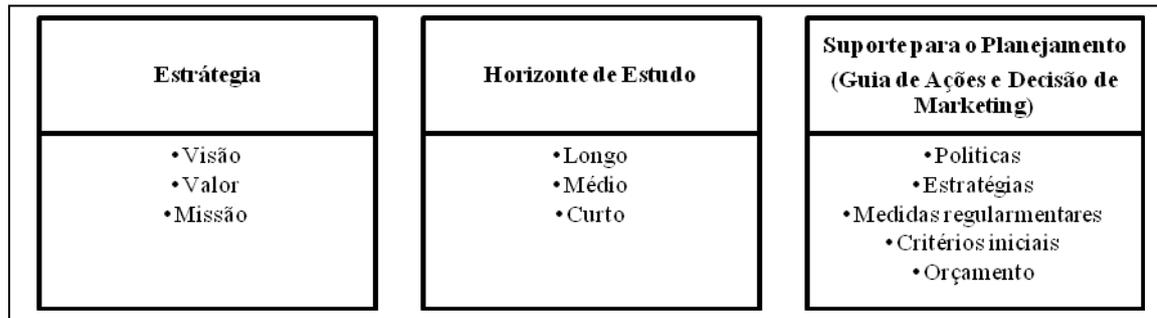
A primeira questão “quando”, é de fundamental importância, pois está ligada diretamente ao cenário de demanda, a qual fornecerá informações necessárias para a expansão do sistema de distribuição. Caso esta tendência de crescimento não for identificada rapidamente, poderá causar um racionamento de energia como ocorreu no ano de 2001 no Brasil, causado por um desequilíbrio da oferta/demanda de água e acarretando grande prejuízo econômico para o país. Se futuramente a demanda for abaixo daquela prevista, dependendo do momento da análise deste prognóstico, pode induzir um planejamento errôneo e maior do que o necessário, podendo até tornar a situação irreversível com antecipação do investimento que poderia ser focado para outras necessidades da concessionária de energia elétrica e do consumidor.

A segunda questão “como” e a terceira “onde” estão intrinsecamente ligadas e tem como desafio a escolha dos recursos energéticos mais econômicos, no sentido de garantir a oferta ao mínimo custo. Como consequência evidente obtém-se a localização destes recursos e as demandas de viabilização da inserção socioeconômica e da transmissão da energia associada.

A quarta e última questão “quanto” através da definição dos critérios de qualidade e de garantia de atendimento ao consumidor final, poderá ser definido de quanto será o custo da expansão do sistema elétrico.

Uma das ferramentas que oferece suporte ao planejador no momento de tomadas de decisão é a de decisão de marketing, que procura identificar as opções viáveis para o planejamento da distribuição, visando às políticas, estratégias, medidas regulamentares, critérios iniciais e orçamento previsto para o ano em estudo da concessionária de energia elétrica, deste modo, auxiliando na identificação da melhor alternativa para o processo de planejamento (PABLA, 2004).

Para a decisão da escolha da melhor alternativa são levados em consideração à missão, visão e valores da concessionária de energia elétrica. Os componentes que auxiliam no processo de planejamento são mostrados na Figura 4.1.



Fonte: PABLA, 2004

Figura 4.1 Componentes do Processo de Planejamento

4.3 ETAPAS DO PLANEJAMENTO

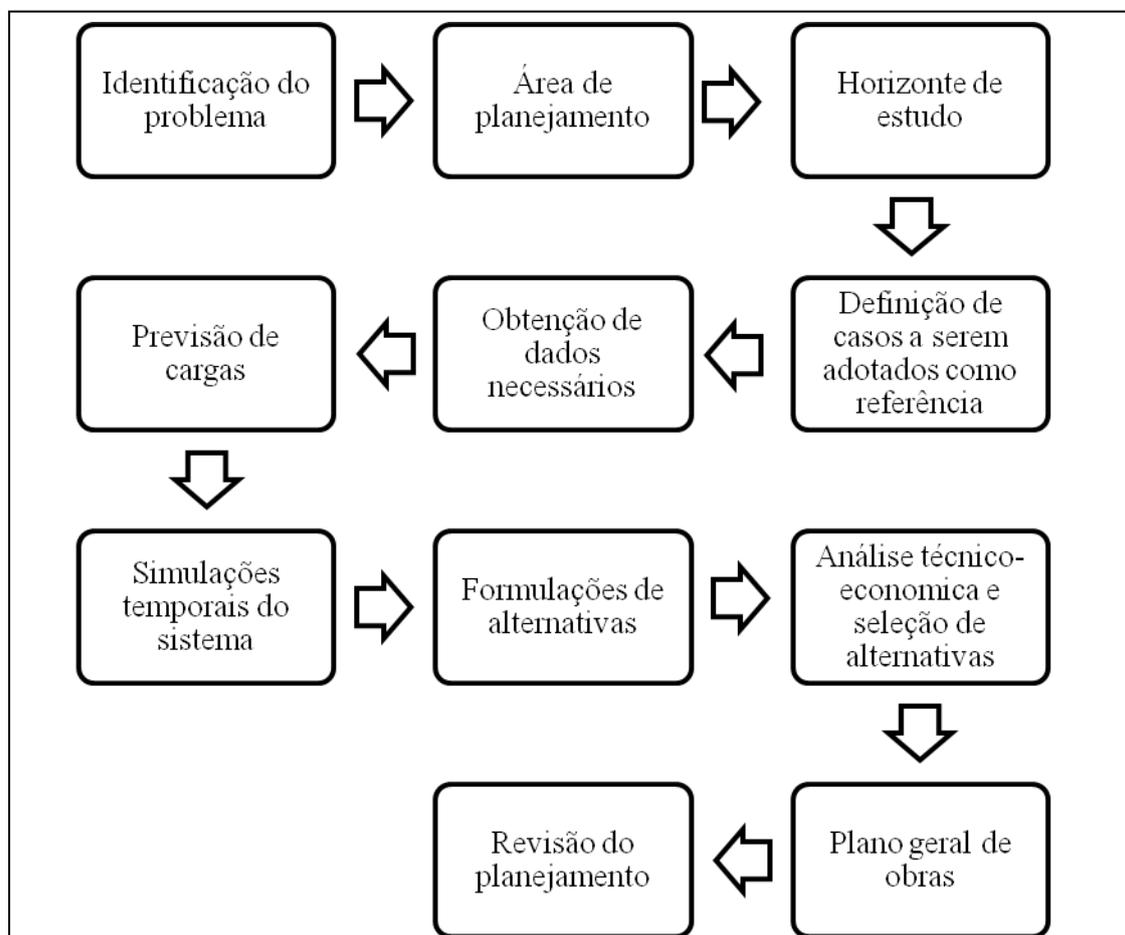


Figura 4.2 Etapas do Planejamento

O planejamento do sistema de distribuição de energia elétrica pode ser dividido em 11 etapas (Figura 4.2), onde cada etapa será desenvolvida nos tópicos seguintes (SILVA e GUALBERT, 2006; KNOLSEISEN, 2002).

4.3.1 Identificação do Problema

Para a identificação do problema da expansão no sistema de distribuição é feito o diagnóstico do sistema atual, que resulta na avaliação das condições físicas e elétricas do sistema em operação em condições normais ou de contingências (ano base), adotando como referência as metas de qualidade de serviço e os critérios utilizados na elaboração do planejamento. Abordando (SILVA, GUALBERT, 2006):

- Subestações, nível de tensão prevista na barra da subestação, carregamento verificado nos últimos 3 anos, nível de curto circuito por transformador da subestação;
- Alimentadores, dados físicos, carregamento dos últimos 3 anos, perdas e nível de tensão;
- Sistema de baixa tensão, carregamento, níveis de tensão e índices de qualidade;
- Mapa com sistema de distribuição;
- Mapa com sistema de distribuição destacando rede monofásica e trifásica;
- Confiabilidade (DEC/FEC) por conjunto, meta e verificado nos últimos 3 anos;
- Descrição dos problemas existentes, carregamento, tensão, perdas e desequilíbrio.

4.3.2 Área de Planejamento

A área de planejamento de um sistema de distribuição é toda a região que sofre influência de uma ou mais subestações de distribuição e que supre uma ou mais localidades em regime normal de operação. Existem várias associações que formam uma área de planejamento, são elas (KNOLSEISEN, 2001):

- Uma subestação suprindo apenas uma região;
- Mais de uma subestação suprindo apenas uma região;
- Uma subestação suprindo várias regiões;
- Mais de uma subestação suprindo várias regiões;
- Uma ou mais subestações suprindo um ou mais bairros de uma região.

Para a determinação dos critérios utilizados para definir a “Área de Planejamento”, são considerados: isolamento elétrico, regionalização administrativa, inviabilidade de transferência de carga entre as subestações, e outros fatores que apresentem situações análogas.

4.3.3 Horizonte de Estudo

De acordo com Knolseisen (2002) o horizonte de planejamento se divide em planejamento a curto, médio e longos prazos, sendo que os estudos do planejamento em longo prazo estão relacionados com horizonte de 10 a 20 anos, e os estudos de curto prazo um horizonte de até 5 anos, sendo que o estudo de médio prazo é um plano intermediário entre o estudo de curto e longo prazo.

O estudo de longo prazo tem como objetivo desenvolver estratégias robustas (relacionada com sua flexibilidade em prever mudanças futuras no sistema, por parte do regulador ou variáveis envolvidas no estudo), que atendam às necessidades das distribuidoras, verificando a viabilidade e a necessidade da expansão quando relacionada com a implementação de novas subestações e novos alimentadores (SOARES, 2000). Os estudos de longo prazo definem direções para decisões a serem tomadas em curto prazo.

O estudo a curto prazo inclui a evolução da configuração do sistema (subestações, e redes primárias urbanas e rurais). Neste caso as decisões devem recair sobre o tamanho e a sincronização de equipamentos que compõem o sistema de distribuição, além de, sua melhor localização geográfica e elétrica.

Segundo Silva *et al.* (2006) o horizonte de estudo de longo prazo é de 10 anos, com o objetivo de realizar uma projeção ano a ano das grandezas do sistema, tais como: carregamento, níveis de tensão perdas nos alimentadores e subestações. Para a realização do planejamento da distribuição, é utilizada a ferramenta computacional, denominada GEOPLAN, que permite executar, entre outras, as seguintes funções:

- Evolução da carga;
- Fluxo de potência, incluindo cálculo de tensão, carregamento e curto circuito ao longo dos alimentadores, influência da característica das cargas (potência, corrente ou impedância constante) nas grandezas elétricas e variação das perdas elétricas na troca de condutores;
- Simulação e geração de alternativas de atendimento para o mercado em estudo;
- Mudanças na topologia e características da rede através de manobras, inclusão de novas subestações, transformadores de potência, alimentadores, novas cargas, novos

equipamentos, trocas de bitola de condutores, instalação/retirada de bancos de capacitores e reguladores de tensão;

- Elaboração de um plano de obras;
- Impressão das alternativas elaboradas.

As configurações simuladas para o horizonte de estudo definido são armazenadas separadamente de forma que ao iniciar o ciclo de planejamento, tem-se acesso ao banco de dado do ano anterior.

Os estudos de planejamento do sistema elétrico de distribuição completam dois horizontes: planejamento tático e planejamento estratégico (que serão adotados como referência nesta dissertação), que abrangem o tradicional planejamento de longo, médio e curto prazo (ANEEL, 2006a).

O Planejamento estratégico compreende o estudo de alta tensão (com tensão igual ou superior a 69 kV e inferior a 230kV ou superior e igual a 230 kV), que inclui também o sistema de subtransmissão. Porém o planejamento tático compreende o estudo de média tensão (com tensão maior que 1kV e inferior a 69 kV).

Os estudos do planejamento tático e estratégico devem ser revisados anualmente, incluindo evoluções tecnológicas, novas alternativas e novas restrições. E devem analisar e diagnosticar o sistema de distribuição em condição normal de operação e em condições de emergência.

A análise e o diagnóstico de desempenho do sistema em condição normal de operação devem avaliar as condições de operações, previstas para os diversos níveis de carga e configuração do sistema e ainda considerar as premissas de manutenção e reserva operativa do mesmo.

Na análise de desempenho do sistema em condições de emergência é avaliado o seu comportamento, quando da saída forçada de equipamentos previamente selecionados e segundo critérios bem definidos.

4.3.3.1 Planejamento Estratégico

Compreende o horizonte de estudo de até 10 anos (planejamento de longo e médio prazo), discretizados em intervalos de 5 anos, sendo que os primeiros 5 anos estão contemplados no planejamento tático (ANEEL, 2006a).

O estudo do planejamento estratégico consiste em estudos de natureza técnico e econômico-financeiro. O estudo de natureza técnica diz respeito ao desempenho do sistema sob o ponto de vista elétrico e energético. No entanto, o estudo de natureza econômico-financeira diz respeito à previsão da capacidade de investimento e avaliação dos resultados da distribuidora.

O planejamento estratégico vai gerar multi-cenários para a tomada de decisão no planejamento tático. Estes cenários são incertos, podendo ter interferências econômicas, crescimento e diminuição da carga e até mesmo por mudanças nas estratégias da concessionária (WILLIS, 2004).

Os estudos do planejamento estratégico devem abranger (ANEEL, 2006a):

- Obtenção de dados necessários,
- Definição dos casos a serem considerados como referências;
- Condições e configurações a serem analisadas e diagnósticas do sistema atual;
- Estudos elétricos e energéticos, compreendendo basicamente fluxo de potência, curto-circuito e transitórios eletromagnéticos;
- Formulação de alternativas;
- Análise técnica e ambiental preliminar para pré-seleção de alternativas;
- Análise econômico-financeiro e seleção de alternativas.

Para a realização de estudos de planejamento estratégico, além do conhecimento dos dados básicos do sistema de distribuição, são necessárias as informações do mercado de energia elétrica a ser atendido e da geração prevista. Os seguintes dados devem ser obtidos:

- Demanda (pesada, média e leve) por subestação;
- Topologia da rede;
- Sistema de geração;

- Equipamentos de regulação e de seccionamento;
- Custos dos investimentos;
- Custos ambientais;
- Custo das perdas.

4.3.3.2 Planejamento Tático

O planejamento tático compreende um horizonte de estudo de até 5 anos, tem como objetivo detalhar a expansão, ampliação e reforços, de modo a atender os critérios técnicos e econômicos, resultando no plano de obras dos 2 primeiros anos e na definição das ampliações e reforços para os demais 3 anos (ANEEL, 2006a):

Então, se pode dizer que, a finalidade do planejamento tático é definir o planejamento das subestações de distribuição e do sistema de distribuição de média tensão. Deste modo, também serão definidos a expansão dos alimentadores, a expansão das subestações de distribuição existentes e a localização das novas, compondo um conjunto de obras para atender o incremento de carga, observando os critérios técnicos e econômicos e ambientais.

São considerados no planejamento tático as decisões de investimento do plano de obras do planejamento estratégico, bem como os licenciamentos ambientais, os recursos financeiros e critérios de atendimento da carga, devendo ser projetadas as etapas evolutivas da rede atual até a futura, buscando uma solução otimizada tanto tecnicamente como economicamente.

Para o planejamento tático, são realizados os seguintes estudos:

- Fluxo de potência;
- Curto-circuito;
- Estabilidade de tensão e de compensação de potência reativa;
- Transitórios eletromecânicos;
- Transitórios eletromagnéticos.

Estudo do Fluxo de Potência

Os estudos de fluxo de potência consistem essencialmente na determinação do estado de

operação do sistema de distribuição, de acordo com a sua topologia e sua carga (ANEEL, 2006a). Existem vários métodos para o cálculo de fluxo de potência, tais como: Gauss-Seidel, Z barra, Newton-Raphson, Desacoplado, Desacoplado Rápido, etc.

Os métodos convencionais de cálculo de fluxo de potência em redes de transmissão, como os métodos de Newton-Raphson, Desacoplado Rápido e outros, podem não apresentar desempenho adequado no caso de redes de distribuição radiais devido a problemas de dominância e mau-condicionamento da matriz de admitância nodal. Esse fato resulta de características particulares das redes de distribuição, tais como: a baixa relação X/R (reatância/resistência) dos parâmetros dos alimentadores, trechos com impedâncias relativamente baixas (representação de chaves, reguladores de tensão e trechos pequenos de linha entre cargas muito próximas) associados a outros com valor de impedância relativamente alto (BEÊ, 2007). Essas características podem afetar a convergência dos métodos de solução exigindo grande número de iterações ou, até mesmo, causando divergência do processo iterativo.

Vários métodos mais eficientes para solução do problema de fluxo de potência em redes de distribuição radiais estão disponíveis na literatura especializada. Esses métodos estão divididos em duas grandes categorias: o Método da Soma das Correntes e o Método da Soma Potências, conhecidos como “Varredura Frente e Trás”; e os métodos baseados na “Impedância Nodal Implícita (BEÊ, 2007).

O trabalho do Issicaba *et al.* (2008), apresenta o Método de Soma das Potências com Rotações para Redes de Distribuição de Energia Elétrica, que é uma variação do Método da Soma das Potências, para o cálculo de fluxo de potência em redes de distribuição radiais. O método elimina cálculos do método original em distintas subredes conectadas entre si, onde cada uma representa um sistema de referência complexo no qual as impedâncias de linha apresentam parte real nula. Adotam, assim, procedimentos de varredura baseados no acúmulo de cargas e perdas, bem como rotações de fluxo de potência quando do encontro de pontos de conexão entre sub-redes. Este processo faz com que a execução de grandes redes de distribuição seja rapidamente calculada, permitindo sua aplicação *on line*, assim como na Simulação Monte Carlo, quando são efetuadas milhares de simulações, por exemplo.

Estudo de Curto-Circuito

Os estudos de curto-circuito visam, basicamente, a verificação da evolução dos níveis de curto-circuito, do sistema de proteção e da coordenação da proteção, portanto, cada componente do sistema de distribuição deve ser modelado e representado sob a ótica do seu comportamento frente às correntes de curto (KINDERMANN, 2003).

Estudo de Estabilidade de Tensão e de Compensação de Potência Reativa

O estudo de estabilidade de tensão e de compensação de potência reativa tem como objetivo, determinar a capacidade de uma rede manter tensões adequadas, em todo o seu sistema de distribuição, após ter sido submetida a um dado distúrbio e capacidade em manter e restaurar o equilíbrio entre a demanda da carga e o suprimento feito pela rede (ANEEL, 2006a).

Para o seu estudo é necessário analisar as mais variadas condições da rede, deste modo, abrangendo toda a rede de distribuição.

Estudo de Transitórios Eletromecânicos

Os estudos de transitórios eletromecânicos compreendem o período durante e imediatamente após a ocorrência de alterações na configuração da rede, causadas por variações súbitas de geração ou carga, faltas ou manobras (ANEEL, 2006a).

Estudo de Transitório Eletromagnéticos

O estudo de transitórios eletromagnéticos, com características de curta duração, compreende variações súbitas de corrente e tensão provocadas por descargas atmosféricas, faltas no sistema ou manobra de chaves (disjuntores e seccionadoras) (ANEEL, 2006a).

Subestações de Distribuição

Subestações de distribuição apresentam muitos tamanhos e configurações. Uma subestação rural pequena pode ter uma potência de 5MVA, enquanto uma subestação urbana pode ter uma potência acima de 200MVA. Tanto como possível, muitas concessionárias têm padronizadas configurações de subestações, potência dos transformadores, sistema de proteção, sistema de automação e supervisão. Pode-se citar como exemplo o SCADA (controle supervisionado e aquisição de dados) (SHORT, 2004).

A decisão sobre o local, tamanho, capacidade e configuração da nova subestação, são estratégias do planejamento do sistema elétrico de distribuição e deve levar em consideração um grande número de aspectos do planejamento, tais como: comportamento da carga, interligações de todos os sistemas elétricos da área de planejamento, custo, obstáculos naturais, limites do sistema, instalações existentes, sua capacidade e outra consideração que o planejador julgar importante (WILLIS, 2004).

Como regra geral, as novas subestações devem ser localizadas obedecendo aos seguintes critérios (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005):

- Proximidade com o centro de carga;
- Facilidade de acesso das linhas de transmissão (aporte do suprimento de energia elétrica);
- Facilidade de saídas dos alimentadores de distribuição (fornecimento de energia elétrica).

O projeto de uma subestação elétrica deve conter no mínimo os seguintes documentos (ANEEL, 2006b):

- Diagrama unifilar simplificado;
- Diagrama unifilar de proteção, medição e supervisão;
- Fiação entre painéis, entre painéis e equipamentos;
- Arranjo geral (plantas, cortes, detalhes e lista de materiais);
- Sistema de aterramento (memória de cálculo, planta, detalhes e lista de materiais);
- Bases, fundações e canaletas (planta, formas e armações, lista de material);
- Terraplenagem (planta, perfis e mapa de cubação);
- Estradas de serviço e drenagem (plantas, cortes, detalhes e lista de materiais);
- Casa de comando (arquitetura, estrutura e instalações);
- Serviços auxiliares (memoriais de cálculo, diagramas unifilares e especificações);
- Diagramas esquemáticos (trifilares, lógicos de comando, controle, proteção e supervisão);
- Fiação dos painéis, interligação e listas de cabos;
- Especificação de equipamentos principais e dos painéis;
- Sistema de medição.

4.3.4 Definição de Casos a Serem Adotados como Referência

Toma como base os casos similares de planejamento da distribuição anteriormente realizados. Esta documentação contém informações de todo o planejamento, desde a implementação até a execução. Com estas informações será possível não cometer os mesmos erros anteriores e tomar como referência o que foi feito com sucesso.

4.3.5 Obtenção de Dados Necessários

A seguir são definidos os dados necessários para o planejamento da distribuição (Figura 4.3).

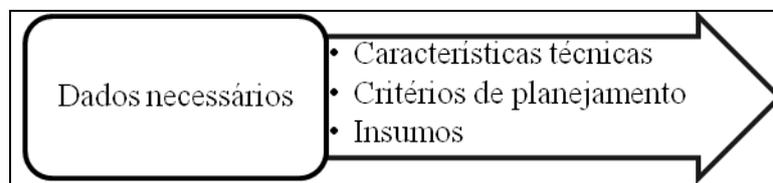


Figura 4.3 Dados Necessários para o Planejamento da Distribuição

4.3.5.1 Características Técnicas Básicas do Sistema

As características técnicas básicas do sistema elétrico são observadas no estudo do planejamento, devendo o planejador fazer a escolha adequada entre os equipamentos disponíveis, resolvendo problemas tais como: nível de tensão, escolha do condutor para determinada rede, entre outros. As principais características técnicas de um sistema elétrico são (KNOLSEISEN, 2001):

- Frequência;
- Tensões nominais;
- Sistema de aterramento do neutro;
- Capacidade de interrupção dos disjuntores e religadores;
- Nível básico de isolamento;
- Pára-raios;
- Ligação dos enrolamentos dos transformadores;
- Regulação de tensão nos transformadores;
- Controle de tensão do sistema;
- Potência dos transformadores padronizados;

- Bitola e tipo de condutores;
- Proteção;
- Tipos de redes.

Frequência

A frequência padronizada para todo o território nacional é de $60 \pm 0,5\text{Hz}$ (Lei n° 4.454/64).

Tensões Nominais

A resolução n° 505 da ANEEL, de 26 de novembro de 2001, estabelece de forma atualizada e consolidada, as disposições relativas à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente. No Anexo A (referente a aspectos da Qualidade de Energia Elétrica) são elencados os valores de conformidade dos níveis de tensão.

Sistemas de Aterramento do Neutro

O sistema de aterramento do neutro tem como objetivo aterrar o neutro em pontos onde deva ser realizado. Existem dois tipos de aterramento: o sistema isolado, onde o neutro é inexistente ou não aterrado e o sistema aterrado, onde o neutro é aterrado diretamente, através de uma alta impedância (resistência ou reatância) ou através do transformador de aterramento.

A principal desvantagem do sistema isolado é a insensibilidade aos defeitos fase–terra. Estes defeitos fase–terra por não caracterizarem um curto-circuito, não possibilitam a atuação da proteção, ou seja, se um condutor romper e cair no solo, o defeito somente será percebido quando outro defeito à terra ocorrer em algum lugar do sistema. Entretanto o sistema aterrado tem alta sensibilidade aos defeitos fase–terra (KINDERMANN *et al.*, 2004).

Para usufruir das vantagens tanto do sistema isolado, quanto do sistema aterrado, utiliza-se o transformador de aterramento, que é um transformador que opera a vazio e que tem as seguintes características:

- Tem impedância infinita na operação normal do sistema, mantendo, portanto, a característica do sistema aterrado;
- Tem impedância muito baixa nos defeitos que envolvem a terra, isto é usufrui da

característica do sistema aterrado.

Capacidade de Interrupção dos Disjuntores e Religadores

Os disjuntores são dispositivos que tem como objetivo a interrupção e o restabelecimento das correntes elétricas num determinado ponto do circuito. São capazes também de interromper correntes anormais como curto-circuito por um tempo especificado (MAMEDE, 2005).

Religadores automáticos são equipamentos de interrupção elétrica dotados de uma determinada capacidade de repetição em operações de abertura e fechamento de um circuito, durante a ocorrência de um defeito. Os religadores são utilizados em circuitos de distribuição das redes aéreas urbanas e rurais das concessionárias de energia.

A capacidade de interrupção tanto do disjuntor como do religador, é definida para cada nível de tensão, levando em consideração o nível de curto-circuito no ponto onde deverá ser instalado.

Nível Básico de Isolamento

O isolador é equipamento básico para isolar os condutores submetidos a uma diferença de potencial em relação à terra ou em relação a outro condutor fase. Para fazer a escolha correta do isolador são levados em consideração a tensão nominal, local de aplicação (litoral, interior, subterrâneo, aéreo) e o tipo de uso do equipamento (MAMEDE, 2005).

Pára-Raios

O pára-raios é utilizado para a proteção das linhas de transmissão e das redes aéreas de distribuição urbanas e rurais, que são vulneráveis às descargas atmosféricas, as quais podem provocar sobretensões externas elevadas nas redes elétricas, ocasionando a queima de equipamentos tanto da concessionária como do consumidor final. Também é utilizado para proteção de sobretensões que são originadas durante manobras de chaves seccionadoras e disjuntores (MAMEDE, 2005).

Para fazer o dimensionamento correto do pára-raios é levado em consideração, assim como nos isoladores, o nível de tensão, local da aplicação e o tipo do equipamento utilizado.

Ligação dos Enrolamentos dos Transformadores

Transformadores são equipamentos que transferem energia de um circuito elétrico ao outro. Deste modo, o transformador faz parte nos sistemas de potência, para ajustar a tensão de saída de um estágio do sistema à tensão da entrada do seguinte. O transformador nos sistemas elétricos e eletromecânicos poderá assumir outras funções, como isolar eletricamente os circuitos entre si, ajustar a impedância do subsistema seguinte à do sistema a montante, ou todas estas finalidades citadas, ao mesmo tempo (MAMEDE, 2005).

Os transformadores são classificados em relação aos enrolamentos podendo conter dois ou mais enrolamentos e autotransformadores. Para cada relação de transformação deve ser definido o esquema de ligação interna dos enrolamentos e a forma do aterramento do neutro. São mais utilizadas as ligações estrela diretamente aterrada e triângulo isolado ou aterrado por transformadores de aterramento.

Regulação de Tensão nos Transformadores

Deve ser considerado em cada unidade do transformador instalado a faixa de regulação e o número de derivações, caso o transformador possua (MAMEDE, 2005).

Controle de Tensão no Sistema

São definidos os processos e equipamentos usados em nível de distribuição, transmissão e, eventualmente, geração (MAMEDE, 2005).

Existem no mercado vários equipamentos para o controle de tensão do sistema elétrico, tais como: capacitores, reatores, compensadores síncronos, compensadores estáticos, reguladores de tensão das unidades geradoras e tapes dos transformadores com comutador sob carga (LTC). Também são considerados como recursos de controle de tensão o remanejamento e o redespacho de geração, o gerenciamento de carga e o desligamento de linhas de transmissão.

Potência dos Transformadores Padronizados

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) estabeleceu Normas Nacionais de operação, construção, manutenção e uso dos mesmos. Segundo NBR 5440/1999, as potências padronizadas para transformadores de distribuição, em kVA, são:

- Transformador monofásico instalado em poste: 3; 5; 10; 15; 25; 37,5; 50; 75; 100;
- Transformador trifásico instalado em poste: 15; 30; 45; 75; 112,5; 150;
- Transformador trifásico instalado em plataforma: 225; 300; 500; 750; 1000.

Bitola e Tipo de Condutores

Existe uma grande variedade de tipos de condutores e bitolas, sendo que cada concessionária de energia elétrica adota um número limitado de cada um, para uma melhor padronização. A grande preocupação do planejador é verificar se os tipos de bitola e de condutor estão de acordo com o carregamento especificado (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO, 2005).

Proteção

Cada concessionária de energia elétrica, de acordo com os recursos disponíveis, tem a sua filosofia de proteção. Com o objetivo de aumentar a qualidade de energia e atender os índices de duração e frequência das interrupções estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as concessionárias vêm aumentando cada vez mais os investimentos de maneira a ampliar e modernizar o sistema de proteção.

Deste modo, no planejamento da distribuição é definida a filosofia da proteção e os tipos de equipamentos (relés, disjuntores, fusíveis, seccionadoras, religadores, etc.) que poderão ser utilizados.

Tipo e Configuração de Redes

É definido qual o tipo de rede a utilizar podendo ser aéreas (condutores nus ou isolados) ou subterrâneas, podendo até utilizar na mesma rede todos os tipos de acordo com a necessidade encontrada. Os tipos e configurações de redes estão apresentados no Capítulo 3.

4.3.5.2 Critérios de Planejamento

Os critérios de planejamento em conjunto com as características técnicas básicas têm como objetivo atingir as metas pré-fixadas no planejamento de forma mais econômica, assim sendo, os critérios de planejamento podem ser definidos como registro de aplicação,

relativamente simples, que devem ser estabelecidos antes de iniciar o processo de planejamento, deste modo, resultam em estudos gerais, efetuados e revistos quando necessário, dispensam estudos individuais de um grande número de sistemas equivalentes futuramente.

Os critérios básicos do planejamento a serem levados em consideração no planejamento da distribuição, são os seguintes (ANEEL, 2006a):

- Segurança;
- Carregamento para operação normal ou em contingência;
- Tensão para operação normal ou em contingência;
- Qualidade do produto e serviço;
- Confiabilidade;
- Ambientais;
- Perdas;
- Vida útil de equipamentos;
- Atualização tecnológica.

Também são levados em consideração os estudos de natureza econômico-financeiros, o que será abordado mais adiante neste Capítulo.

Critérios de Segurança

O critério de segurança está relacionado à robustez do sistema para distúrbios iminentes, sendo que após a ocorrência do distúrbio, o sistema elétrico deve atingir um novo ponto de operação, sem violar as restrições operativas (níveis de tensão, carregamentos, etc.).

Deverá haver procedimentos específicos para cada ação tomada, com o intuito de preservar a integridade física e elétrica dos equipamentos e condutores do sistema elétrico e principalmente a integridade física dos operadores, bem como do público em geral (ANEEL, 2006a).

A Norma Regulamentadora 10 (NR10) foi aprovada pela Portaria do Ministério de Estado do Trabalho e Emprego nº598 de 07.12.2004, publicada no Diário Oficial da União (DOU) de 08.12.2004, que dispõe sobre as diretrizes básicas para a implementação de medidas de

controle e sistemas preventivos destinados a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

Todas as pessoas que trabalham diretamente ou indiretamente com a eletricidade são obrigadas através desta portaria, fazer o treinamento de NR10 para ser capacitado e habilitado para trabalhar com serviço de eletricidade.

Critérios de Carregamento para Operação Normal ou em Contingência

Carregamento e capacidade estão intrinsecamente ligados, pois a capacidade deve ser escolhida de acordo com o carregamento admissível e o carregamento deve considerar a capacidade admissível dos equipamentos considerados (ANEEL, 2006a).

O carregamento é máximo na saída das subestações, e vai diminuindo ao longo do circuito devido à distribuição da carga nos consumidores. Deste modo, é comum construir condutores com bitola decrescente, principalmente, nos alimentadores de menor extensão, assim, diminuindo o custo do planejamento.

A determinação do valor da corrente suportada pelos condutores (também conhecida como Ampacidade do circuito) está ligada ao valor da temperatura devido ao efeito Joule produzido pela circulação da corrente em torno do condutor. Este valor máximo está também ligado ao tempo que o condutor permanece em tal temperatura.

Contingência é a indisponibilidade de algum elemento do sistema, por exemplo, transformador de subestação, trecho da rede, entre outros, devido à saída intempestiva de operação por falha ou desligamento programado (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005).

A análise de contingência tem como finalidade definir a transferência de carga de um ou mais alimentadores em falta para outro(s), em condições de suprir a carga ou parte dela durante um período de tempo (ANEEL, 2006a).

Os parâmetros que definem a necessidade de prever reservas de capacidade no sistema elétrico deve se basear na análise dos seguintes aspectos:

- Característica da área atendida;
- Tipos de consumidores (residenciais, industriais, comerciais, rurais, etc.);
- Densidade de Carga;
- Confiabilidade desejada;
- Outros.

De acordo com os critérios de planejamento baseados pelo projetista, em cada análise de contingência, devem ser desenvolvidos os seguintes aspectos:

- Alimentação múltipla de subestações de distribuição, a partir de uma ou mais subestações de transmissão;
- Arranjo das subestações de distribuição, no que diz respeito a transformador de reserva, existência de barramento de transferência, etc.;
- Número mínimo de alimentadores de uma subestação e seu carregamento médio;
- Interligação entre alimentadores da mesma subestação e de subestações diferentes;
- Tipos de rede primária subterrânea ou aérea;
- Seccionamento e manobra da rede elétrica;
- Automação da rede primária.

É efetuada a análise de contingência para dois anos além do ano base, utilizando-se arquivos criados para as simulações e ter no máximo dois outros alimentadores que deverão suprir a carga do alimentador fora de operação. Prever no máximo duas manobras completas para transferir toda a carga (ou parte dela) do alimentador fora de operação, neste estudo entende-se por manobra completa a abertura de uma chave e o fechamento de outra (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005).

Critérios de Tensão para Operação Normal ou em Contingência

O projetista deverá obedecer aos critérios de regulação de tensão e os limites máximos e mínimos da tensão de acordo com a resolução n° 505 da ANEEL, de 26 de novembro de 2001 e demais atualizações.

Critérios de Qualidade do Produto e Serviço

Os critérios de qualidade do produto e serviço estão desenvolvidos no Anexo A.

Critérios de Confiabilidade

Os estudos de confiabilidade do sistema de distribuição permitem (ANEEL, 2006a):

- Avaliar os riscos de não atendimento do consumidor;
- Calcular a influência do sistema de distribuição nos índices de continuidade (DEC, FEC, DIC, FIC e DMIC);
- Verificar a condição do sistema em regime permanente;
- Verificar em quais contingências existe a possibilidade de corte de carga, determinando o corte mínimo para o restabelecimento das condições de operação;

O sistema em estudo deverá ser analisado para as condições de carga pesada, média e leve isoladamente, e para outros patamares de carga quando necessário.

Critérios Ambientais

No estudo de critérios ambientais, para o planejamento do sistema elétrico de distribuição, é feito um levantamento ambiental para as alternativas em estudo, visando avaliar a características de cada opção e a comparação entre as alternativas, minimizando o impacto ambiental.

A construção de novas rotas das redes de distribuição tem que estar de acordo com leis ambientais, adotando soluções técnicas podendo chegar a ter um custo mais elevado, como por exemplo:

- Redes subterrâneas em substituição às redes aéreas em áreas de valor histórico, turístico, artístico, etc., ainda que a densidade de carga não justifique;
- Utilização de condutores isolados, pré-reunidos ou não, em áreas densamente arborizadas, como forma de reduzir as saídas de linhas;
- Construção de subestações compactas no interior de edifícios, como forma de diminuir o nível de ruído e eliminar a poluição visual;
- Utilização de linhas compactas.

Critérios de Perda

As perdas elétricas estão interligadas ao problema de carregamento e da queda de tensão. A sua análise é de suma importância, pois representa a maior parcela no custo do sistema

de distribuição e também é considerada na análise econômica das alternativas e pela importância da conservação de energia elétrica.

O nível adequado para as perdas elétricas é variável de acordo com as características de cada sistema elétrico e do mercado consumidor. Sendo assim, não há valores numéricos fixos para a redução das perdas elétricas, então, é importante garantir um carregamento adequado com uma queda de tensão dentro das especificações, para obter perdas elétricas coerentes nos sistemas (ARANHA *et al.*, 2008).

Usualmente as perdas elétricas são medidas em percentual em relação à sua carga no sistema. É estimado que 16,85% da produção de energia no Brasil é perdido, sendo que perdas técnicas representam 8,11% e a perda comercial 8,75%.

A perda técnica é a energia ou a demanda perdida no transporte e na transformação, portanto inerente ao processo, e se caracteriza por ocorrer antes do ponto de entrega. Porém, a perda comercial é a energia ou a demanda entregue ao consumidor, mas efetivamente não computada nas vendas (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005).

A metodologia e os procedimentos para a obtenção dos dados necessários para apuração de perdas técnicas estão desenvolvidos no Anexo A.

Crítérios de Vida Útil dos Equipamentos

Os equipamentos têm uma vida útil estabelecida pelo fabricante. Está vida útil é determinada através de ensaios em laboratórios e deve ser levada em consideração no planejamento do sistema elétrico de distribuição.

Crítérios de Atualização Tecnológica

Com o avanço tecnológico, novos equipamentos e programas computacionais estão surgindo no mercado a cada dia, para facilitar o trabalho do planejador. Estas novas tecnologias são utilizadas de acordo com as necessidades no planejamento do sistema elétrico de distribuição.

4.3.5.3 Insumos

Para o planejamento do sistema elétrico de distribuição são necessários dados da área e outras informações importantes que ajudarão na concepção do planejamento que fornecerão uma visão geral e que ajudará a diagnosticar futuros problemas. Os dados são os seguintes: (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005).

- Base cartográfica;
- Cadastro do sistema elétrico;
- Dados sobre o meio externo;
- Dados sobre o desempenho do sistema;
- Programas de obras existentes;
- Custos de materiais e equipamentos.

Base Cartográfica

É constituída de mapas rurais e urbanos em escalas apropriadas e outros mapas obtidos junto às Prefeituras Municipais ou outros órgãos governamentais, ou ainda executados pela concessionária através de levantamentos aerofotogramétricos, topográficos ou através do sistema de informação geográfica (GIS) (PABLA, 2004).

Para o planejamento da distribuição são usados mapas com escalas diferentes para as áreas urbanas e rurais. Poderão ser adotadas escalas conforme a necessidade da concessionária em função das particularidades de sua área de concessão. As escalas normalmente utilizadas são (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO, 2005):

- Área urbana: 1:1.000; 1:5.000; 1:10.000;
- Área rural: 1:50.000. 1:25.000; 1:10.000; 1:5.0000.

Cadastro do Sistema Elétrico

Este cadastro é obtido pelo lançamento na base cartográfica de dados do sistema elétrico como: linhas de transmissão, subestações, redes de distribuição urbanas e rurais e equipamentos especiais com simbologia adequada, o qual deverá ser atualizado regularmente.

As linhas de transmissão e subestações devem ser marcadas no mapa, com a indicação da

tensão de isolamento e a localização das subestações.

Nas subestações deverá ser feito um diagrama unifilar para cada uma e também necessitará conter as seguintes informações dos transformadores de força:

- Tensão nominal dos enrolamentos;
- Capacidade nominal e com ventilação forçada (MVA);
- Tensão dos taps e tap em operação;
- Impedância percentual e sua base;
- Ligação usada (estrela, triângulo, etc.);
- Método de aterramento do enrolamento de baixa tensão (distribuição);
- Potência de curto-circuito.

Nas redes de distribuição urbanas e rurais deverá ser assinalada a rede primária de distribuição, com as seguintes informações de cada alimentador (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005):

- Tensão de isolamento;
- Bitola, número e tipo de condutor;
- Seccionamentos;
- Chaves, com corrente nominal e posições normais de operação;
- Bancos de capacitores (fixo/automático e capacidade nominal);
- Reguladores de tensão (capacidade, tipo e faixa de regulação);
- Religadores (capacidade);
- Seccionalizadores (tipo);
- Consumidores primários;
- Transformadores de distribuição (concessionária e particular) com indicação de potência nominal e número de fases;
- Áreas típicas (residencial, industrial, crescimento vertical, etc.);
- Transformadores de força;
- Disjuntores;
- Religadores;
- Banco de capacitores;
- Saída de alimentadores;

- Diagramas unifilares das subestações.

Além destas informações deverão ser levantadas e localizadas nos mapas:

- Projetos significativos de melhoramentos de alimentadores ou de ligação de consumidores significativos, em andamento;
- As áreas tipicamente residenciais, comerciais, industriais, de crescimento vertical, etc.;
- Projetos de tratamento de água, esgotos e instalações de telecomunicações;
- Planos de urbanização.

Também, devem ser conhecidas:

- As condições eletromecânicas das linhas e redes envolvidas no estudo;
- Tipos e épocas que ocorrem as safras agrícolas.

É de grande importância que as informações contidas nas bases cartográficas e nos cadastros sejam atualizadas sempre que houver uma mudança, deixando-as sempre fiel com os dados existentes no campo

Dados sobre o Meio Externo

Os dados do meio externo fornecem uma visão geral da área que será analisada e ocasionam reflexos importantes na Previsão de Demanda. Devem ser levantados dados referentes à (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005):

- População, crescimento populacional, condições sócio-econômicas e área do município ou municípios envolvidos no estudo (IBGE);
- Projetos de novos investimentos, tais como programas de irrigação, de eletrificação rural, de atendimento aos consumidores de baixa renda, etc. (Governo Estadual);
- Lei de zoneamento, delimitação de áreas residenciais, comerciais e industriais, planos diretores, etc. (Governo Municipal);
- Perspectiva de implantação na área de edifícios de grande porte, complexos comerciais, conjuntos habitacionais, com previsão de início de construção a curto e médio prazo (empresas de construção civil);
- Perspectiva de implantação de novos projetos industriais (Secretaria de Indústria e Comércio);
- Perspectiva de ampliação e/ou substituição de processos industriais que impliquem em

- alterações do valor de demanda exigida ou do formato da curva de carga;
- Sistemas viários municipal, estadual e federal e respectivos planos de expansão da malha de transporte;
 - Sistemas de abastecimento de água, de esgoto e tratamento sanitário, telefonia e telecomunicações e respectivos planos de expansão.

Dados sobre o Desempenho do Sistema

Além, dos índices de desempenho do sistema (DEC/FEC, DIC/FIC/DMIC), deverão ser utilizados os índices de registro de medições de tensão e corrente da rede primária, níveis de carregamento, níveis de perdas, aspectos físicos das instalações elétricas, etc. Todos os dados que futuramente serão necessários para uma melhor análise do planejamento da expansão (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005).

Programas de Obras Existentes

É de grande importância, antes de qualquer estudo de planejamento, verificar a existência de obras previstas para a área em questão, as quais deverão ser analisadas para verificar se suprirá a demanda esperada.

Custos de Materiais e Equipamentos

Para analisar a viabilidade econômica do projeto deverão ser analisados todos os custos envolvidos durante o processo e após o planejamento, como: mão de obra, equipamentos utilizados na rede, bitola, entre outros.

4.3.6 Previsão de Cargas

A Previsão de carga (também denominada de previsão de Demanda) é uma etapa fundamental no planejamento, pois é a partir desta que serão estimadas as necessidades de expansão do sistema elétrico. Através de análise do histórico e da projeção do sistema, os consumidores de baixa tensão são agrupados em transformadores de distribuição e os de alta tensão em alimentadores primários. É levado em consideração o crescimento horizontal e vertical bem como as mudanças de tendências de consumo do mercado, conforme descritos anteriormente em Dados sobre o Meio Externo.

O crescimento da carga no sistema de distribuição de energia elétrica cresce somente por duas razões: a adição de novos consumidores que são ligados à rede elétrica e o aumento do uso de novos equipamentos elétricos, que podem necessitar de mais energia de acordo com a sua potência. A diminuição da carga é afetada também pelo o inverso desses dois fatores (WILLIS, 2004).

A previsão da carga pode ser feita para áreas geograficamente definida que podem ser: região elétrica, localidade ou quadricula (ou área elementar) e/ou por segmentos do sistema de distribuição elétrico que podem ser definidos como: subestações, barras de subestações, alimentador, blocos de carga e transformadores de distribuição. (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005).

Para fins de planejamento a previsão de carga é feita em função da localização das cargas (área urbana ou área rural), tipo de sistema de distribuição (sistema aéreo ou sistema subterrâneo), classe de consumidores (residenciais, industriais, rurais, etc.) e classe de tensão de fornecimento (primário ou secundário).

4.3.7 Simulações Temporais do Sistema

As simulações temporais do sistema são utilizadas para determinar o desempenho do sistema perante as solicitações de carga dos anos futuros, em condições normais e de contingências.

São executadas com auxílio de programas computacionais, sendo feitos cálculos de perdas elétricas, índices de continuidade e fluxo de carga. Deste modo, poder-se-á analisar até que momento será atendida a carga prevista no horizonte de estudo, observando as metas de qualidade de serviço e critérios de planejamento adotados.

4.3.8 Formulação de Alternativas

A Formulação de Alternativas para o planejamento da distribuição é analisada de acordo com a previsão de carga feita nas simulações de desempenho do sistema. Para garantir metas de qualidade, caso seja necessário, deverão ser previstas alternativas de expansão

compatíveis com o planejamento estratégico (ou de longo prazo), considerando as seguintes hipóteses:

- Atendimento da carga através do sistema existente;
- Instalação ou realocação de equipamentos;
- Modificações na configuração atual do sistema de distribuição, conversão (monofásica para trifásica) ou recondutoramento (troca de condutores) de rede;
- Construção de novos alimentadores (rede nova a construir);
- Ampliação ou construção de novas subestações.

Para cada alternativa estudada é avaliado o carregamento de cada transformador da subestação, perdas técnicas e nível de tensão dos alimentadores.

4.3.9 Análise Técnico-Econômica e Seleção de Alternativas

A análise técnico-econômica das alternativas é realizada para determinar a melhor solução econômica das alternativas viáveis selecionadas anteriormente, utilizando ferramenta da engenharia econômica, tais como: o critério do valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR), para averiguar qual projeto tem a maior relação custo/benefício para a concessionária e clientes. Devem-se levar em consideração os custos internos (investimento, depreciação, perdas elétricas, operação e manutenção), os custos externos (investimentos, depreciação, interrupções e desvios de tensão em relação à tensão nominal) e os estudos ambientais. Ao final do processo, é escolhida a alternativa de custo mínimo, que resulta na opção a ser implementada (SILVA *et al.*, 2006).

Avaliação Multicritério de Alternativas

São muito utilizados os métodos monocritérios para seleção da melhor alternativa, ou seja, preocupam-se em otimizar (maximizar benefícios ou minimizar custos) de um dado critério. Porém, os métodos multicritério consideram mais de um aspecto e, portanto, avaliam as ações segundo um conjunto de critérios (ENSSLIN *et al.*, 2001).

A técnica multicritério de apoio à decisão é um método de investigação no qual são apresentados claramente os resultados da distribuição dos benefícios e/ou custos dos

processos decisórios e a garantia do envolvimento dos atores e da mensuração das conseqüências dos valores julgados (SICA *et al.*, 2004).

Esta técnica pode ser aplicada para a decisão da melhor alternativa no planejamento da distribuição. As aplicações desta técnica incluem: avaliação de impactos ambientais, licitação de recursos, configuração do sistema de distribuição e transmissão, expansão da geração e planejamento da política energética nacional. Desta forma, avaliando todas alternativas num ambiente de mercado.

4.3.10 Plano Geral de Obras

São definidas as obras relacionadas com a configuração do sistema de distribuição derivadas da análise das alternativas. O plano de obras tem como objetivo corrigir as deficiências do sistema de distribuição e permitir o atendimento das cargas previstas (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005).

4.3.11 Revisão do Planejamento

É a avaliação periódica e completa dos estudos de planejamento elaborados para toda a área de concessão, que permite a correlação das distorções verificadas, que venham alterar o cronograma de obras pré-estabelecido.

A revisão do planejamento é efetuada considerando os seguintes fatores:

- Mudanças no plano estratégico da empresa;
- Mudanças na conjuntura sócio-econômica;
- Desempenho operacional verificado no sistema elétrico;
- Novas legislações;
- Novas diretrizes de planejamento;
- Crescimento de carga verificado.

A revisão constitui um ciclo de planejamento, sendo recomendável que seja feita anualmente ou sempre que alterada alguma premissa básica usada nos estudos. As revisões dos estudos de planejamento desenvolvidos para as diversas áreas (núcleos urbanos e

regiões elétricas) devem ser previstas nos cronogramas de atividades da empresas, levando-se em considerações os fatores supracitados e a interdependência dos estudos de planejamento da transmissão e da distribuição.

4.4 CONCLUSÃO

Neste capítulo foram apresentadas as etapas do planejamento do sistema elétrico de distribuição e determinado os inúmeros pontos necessários para a avaliação do planejamento do sistema de elétrico de distribuição. Constata-se, assim, que a expansão do sistema elétrico é complexa, estocástica e multi-critério e está ligada diretamente com o crescimento da carga do sistema, com o custo da expansão e com a qualidade do serviço prestado.

No próximo capítulo serão apresentadas algumas ferramentas de gerenciamento de projeto, que têm como objetivo facilitar o controle e a ação de planejar sistemas de distribuição.

.

CAPÍTULO 5 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

5.1 INTRUDUÇÃO

As concessionárias de energia elétrica atualmente estão sofrendo mudanças radicais, quando cada vez mais é preciso estarem preparadss para novos desafios. Neste ambiente a utilização de ferramentas de gerenciamento de projeto no planejamento da expansão da distribuição elétrica facilitará o processo de tomadas de decisões. Um planejamento não feito corretamente geralmente leva um projeto ao fracasso devido às condições não previstas antecipadamente (CAPEZIO, 2002).

A principal organização mundial na área de gerenciamento de projetos é o “Project Management Institute” (PMI), fundada em 1969, sem fins lucrativos, que atende os seus associados, profissionais de gerenciamento de projetos. Sua missão é promover o profissionalismo e desenvolver o *estado-da-arte*, provendo aos seus associados serviços e produtos de classe mundial (GASNIER, 2000; TERIBILI, 2006).

O PMI elabora o “*Project Management Body of Knowledge*” (PMBOK), que é um guia com orientações a profissionais que queiram obter conhecimentos na área de gerenciamento de projetos, abordando práticas já consolidadas, ou seja, os conhecimentos e as práticas descritas são empregados na maioria dos projetos e que exista um consenso geral em relação ao seu valor e utilidade. O guia PMBOK fornece também um vocabulário padrão para se discutir, escrever e aplicar o gerenciamento de projeto. Deste modo, as aplicações destas ferramentas podem também aumentar a chance de sucesso de um projeto do sistema de distribuição, por exemplo.

Então, o que será projeto? PMBOK define:

“Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo.”

O termo temporário significa que o projeto tem começo e fim definidos. O término do projeto somente é alcançado com a conclusão do mesmo ou quando se torna claro que os objetivos do projeto não serão alcançados ou quando ele for encerrado por não existir mais necessidade da sua conclusão ou ainda quando a necessidade que originou o projeto não existe mais (PMBOK, 2004).

O termo exclusivo significa que cada projeto é único, singular e diferente de qualquer projeto anterior em suas particularidades. Assim, é considerado projeto a implantação de uma rede de distribuição elétrica, a construção de uma subestação, a instalação de um transformador, ou a construção de uma hidrelétrica (SILVA *et al*, 2004), bem como o projeto do aproveitamento de uma PCH (Pequena Central Hidrelétrica), a implementação de sistemas de cogeração térmica ou o desenvolvimento de um software.

De acordo com a norma ISO 10006 projeto é definido como um processo único, consistente com um conjunto ordenado e controlado de atividades com data de início e término, conduzidos para atingir um objetivo com requisitos especificados, incluindo restrições de tempo, custo e recursos (GASNIER, 2000).

Os principais benefícios da utilização das ferramentas de gerenciamento de projeto são: prevêm situações desfavoráveis ao projeto, o orçamento estará disponível antes do início dos gastos, facilita e orienta as revisões da estrutura do projeto, otimiza a alocação de equipamentos, matérias e pessoas, haverá maior controle gerencial de todas as etapas do projeto e com o desenvolvimento da metodologia utilizada no projeto em questão, serão desenvolvidas novas técnicas mais competitivas (VARGAS, 2007).

Uma das principais causas de fracasso de um projeto é a falta de comunicação (comunicações com fornecedores, comunicações com membros de equipe, comunicações com clientes, etc.), pode-se citar também:

- Não são estabelecidos adequadamente os objetivos e as metas do projeto ou não são compreendidos pelas pessoas envolvidas;
- Falta de habilidades e competências das pessoas envolvidas no projeto;
- Falta de comprometimento das pessoas envolvidas;

- Falta de apoio dos clientes, da equipe e até mesmo da esfera política quando necessário;
- Devido à sobrecarga de tarefas (outros projetos, atividades funcionais, etc.) não é dada a devida prioridade para o projeto em questão;
- O gerente de projeto não liderou adequadamente;
- Não é feita a análise de riscos ou é feita incorretamente;
- As estimativas financeiras são pobres ou incompletas;
- Resistências das pessoas a mudanças;
- Não é estabelecida ou bem definida uma metodologia de trabalho.

5.2 FASES DO CICLO DE VIDA DE UM PROJETO

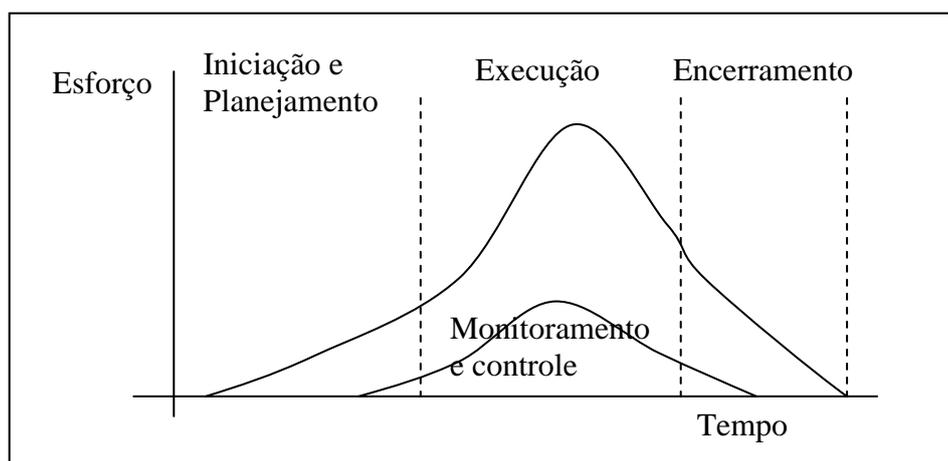


Figura 5.1 O Ciclo de Vida de um Projeto Subdividido em Fases Características

O ciclo de vida de um projeto é formado por 5 (cinco) fases, que são: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento, conforme a Figura 5.1, a análise do gráfico não é determinante quanto à interdependência e sobreposição de fases do projeto. Com o desenrolar do projeto quase que todas as fases são realizadas simultaneamente, em uma sucessão de ações (VARGAS, 2007; PMBOK, 2004). Cada fase serve para definir o início e o término do trabalho (tarefa) (TORREÃO, 2004).

Fase de iniciação

Como primeira fase de projeto, a iniciação formaliza uma proposta ou meta, ou seja, aonde se quer chegar com este projeto e quais são os resultados desejados, possibilitando uma

avaliação cujo objetivo é a obtenção de uma autorização, por parte dos patrocinadores, para a continuidade do projeto. Nesta fase é definido o prazo do projeto, que pode ser representado através de cronograma, e também são analisados os recursos disponíveis, tanto recursos financeiros e humanos, quanto materiais (CAPEZIO, 2002).

A formalização da proposta consiste em organizar e registrar uma idéia. O produto desta atividade é TAP (Termo de Abertura do Projeto), podendo ser preenchido num formulário escrito (AnexoB) ou através de software especializado (a ser detalhado mais a frente).

Fase de planejamento

Depois de submetida e aprovada a proposta do projeto, efetivamente inicia-se a fase de planejamento. É a fase de planejamento das tarefas, alocação de recursos, estimativas de tempo e custo, etc.

Nesta fase gera-se o plano de projeto que reúne toda a documentação gerada durante o ciclo de vida do projeto, de forma que as idéias, cálculos, análises, avaliações, conclusões e compromissos sejam registrados e comunicados aos envolvidos, assegurando disciplina e sistematização dos processos. Todos os processos geram documentos que são arquivados numa pasta ou num arquivo eletrônico.

Assim sendo, o planejamento é a simulação de situação futura, onde podemos antecipar o que vai ser feito e o que poderá acontecer. Deste modo, pode-se antever ações a implementar, obstáculos a superar e recursos a alocar, com o objetivo de atingir as metas pré-estabelecidas. As seguintes ações devem ser observadas no planejamento do projeto (CAPEZIO, 2002):

- Estabelecer objetivos;
- Coletar e avaliar dados;
- Fazer previsões;
- Determinar etapas das ações;
- Desenvolver um plano de contingência;

Estabelecer objetivos

Definido o propósito ou meta do projeto, é necessário subdividir o projeto, estabelecendo objetivos amplos que descrevam os maiores componentes.

Esta divisão vai decompor o projeto em elementos de trabalho, denominados tarefas, que são representadas pela EAP (Estrutura Analítica do Projeto) e que serão executadas durante seu progresso (PMBOK, 2004).

Coletar e avaliar dados

Uma vez estabelecidas todas as tarefas do projeto, é necessário determinar quais são realmente relevantes e quais são os recursos e as ações necessárias para completar cada tarefa. Para fazer esta coleta de dados, é necessário fazer o seguinte questionamento:

- A atividade será necessária para completar o objetivo do projeto?
- Quem deve fazer esta tarefa?
- Quais problemas deverão surgir durante a realização desta tarefa?
- Todos os envolvidos estão comprometidos como o projeto?
- Quanto tempo levaram projetos similares?
- Qual é o tempo real necessário para completar este projeto?
- Existe algum risco envolvido?

Recursos

Denomina-se recurso qualquer variável capaz de definir aquilo que será necessariamente requerido para a execução de uma tarefa e que possa de alguma forma, restringir o progresso do projeto. Os recursos são classificados em pessoas, equipamentos, materiais, capital e instalações (GASNIER, 2003).

Fazer previsões

Consiste em detalhar as informações para cada tarefa e verificar como trabalham em conjunto para alcançar todos os aspectos das metas. Nesta fase é que se vai observar se as metas são viáveis.

Deve-se estabelecer um cronograma de cada uma das seções do projeto, considerando quais tarefas devem ser realizadas, quais devem ser iniciadas (ou completadas) antes e qual

relação das tarefas com a conclusão da seção do projeto.

Determinar etapas das ações

Neste ponto, é definida detalhadamente cada tarefa do projeto e a sua ordem. São formuladas listas de verificações de cada tarefa, bem como o plano mestre de ação e ou o plano de contingência.

Desenvolver um plano de contingência

O plano de contingência representa o esforço para conjecturar o que pode sair errado ou divergente do plano inicial. Basicamente, um plano de contingência consiste em uma lista de declarações do tipo “SE/Então” que respondem às seguintes perguntas:

- O que poderia acontecer de maneira diferente do previsto?
- Que efeito tem essas diferenças?
- O que deve ser feito para lidar com essas diferenças?

As ações seguintes consistem em Implementar o Plano propriamente dito e efetuar o Acompanhamento.

Fase de execução

A execução é a fase em que se produz a tarefa do projeto, ou melhor, põem em ação todos os planos elaborados na fase de planejamento. Qualquer erro feito na fase do planejamento fica evidenciado neste momento. É nesta fase que a maior parte dos recursos do projeto é aplicada e é gasta a maior parte da verba (HELDMAN, 2004).

Na fase inicial da execução do projeto, o plano de projeto deve ser comunicado claramente a todos os envolvidos, as atividades iniciais devem ser acompanhadas bem de perto e finalmente obter *feedback* de todos os envolvidos para eventuais mudanças se necessário.

Fase de monitoramento e controle

A fase de monitoramento e controle do projeto é onde se tomam as providências de desempenho para definir se as tarefas e objetivos do projeto estão sendo cumpridos. Em caso contrário, tomam-se ações corretivas para levar o projeto de volta aos trilhos e alinhá-

lo com o plano do projeto. Esta fase acontece juntamente com a fase de planejamento e a fase de execução.

Durante todas as fases do projeto o planejamento é monitorado e revisado quando necessário, assim será representada a realidade de maneira mais fiel. O planejamento deve ser utilizado tanto na fase de concepção do projeto quanto na implementação do projeto.

Fase de encerramento

A fase de encerramento é o quinto e último processo do ciclo de vida de um projeto, quando se realizam as entregas, o fechamento e a avaliação do projeto. Todos os documentos do projeto são arquivados para consultas futuras quando necessárias.

A documentação do projeto anterior contém todas as lições aprendidas que permitirá à equipe de projeto a atuar de maneira eficaz no próximo projeto. O documento de lições aprendidas contém informações sobre todas as fases de ciclo de vida do projeto, seus processos e sucessos. Documentar as lições aprendidas permite também criar uma vasta gama de conhecimentos para futuros projetos que poderá beneficiar o aprendizado a partir de erros anteriores sem ter de cometê-los novamente (HELDMAN, 2005; GASNIER, 2000).

5.3 ÁREAS DE CONHECIMENTO EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS

As áreas de conhecimento em gerenciamento de projetos descrevem os conhecimentos e práticas em gerência de projetos em termos dos processos que as compõem. São compostas de quarenta e quatro processos, que estão detalhadas no guia do PMBOK e divididas em nove áreas de conhecimentos (Figura 5.2) (PMBOK, 2004).

O processo é um conjunto de ações e atividade inter-relacionadas realizadas para obter um conjunto pré-específico de produtos, resultados ou serviço. Todos os processos apresentam entradas (*inputs*), processamentos (transformações) e resultados (*outputs*), como mostra a Figura 5.3 (GASNIER, 2000). As áreas de conhecimentos em gerenciamento de projetos estão descritas a seguir.

Gerenciamento da Integração do Projeto

Descreve os processos necessários para assegurar a perfeita coordenação entre todos os processos envolvidos.

Gerenciamento do Escopo do Projeto

Evidenciam os processos necessários para assegurar que o projeto contemple todo e somente o trabalho requerido para completar o projeto com sucesso.

Gerenciamento de Tempo do Projeto

Indicam os processos necessários para assegurar o encerramento do projeto no tempo definido.

Gerenciamento de Custo do Projeto

Exemplificam os processos necessários para assegurar que o projeto se encerrará dentro do orçamento.

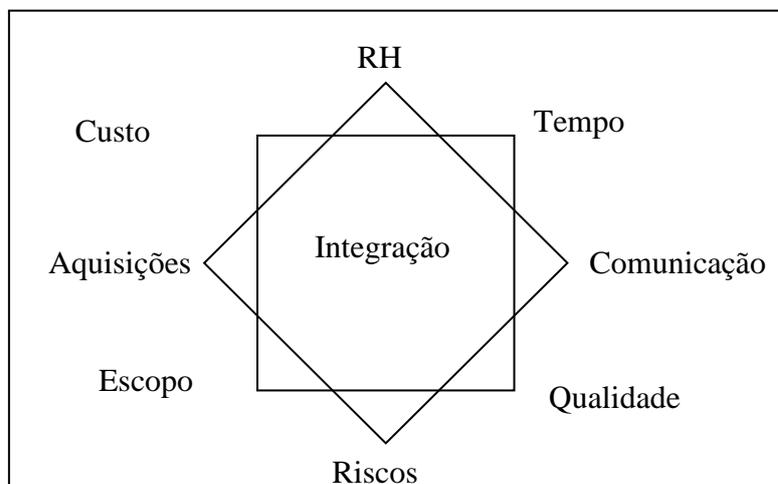


Figura 5.2 Áreas de Conhecimento de Gerenciamento de Projetos

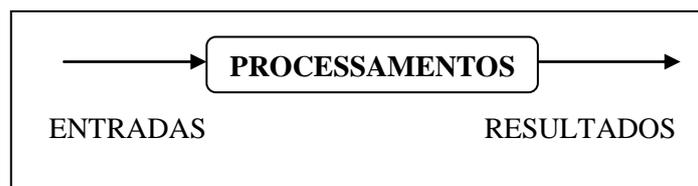


Figura 5.3 Partes Integrantes de um Processo

Gerenciamento da Qualidade do Projeto

Relacionam e descrevem os processos necessários para assegurar que o projeto satisfará as necessidades contratadas.

Gerenciamento de Recursos Humanos do Projeto

Propõem os processos necessários para assegurar o melhor desempenho das pessoas envolvidas.

Gerência das Comunicações do Projeto

Expõem os processos necessários para assegurar, no tempo certo, a geração, disseminação e armazenamento das informações do projeto.

Gerenciamento de Riscos do Projeto

Apresentam os processos necessários na identificação, análise e controle dos riscos inerentes ao projeto frente a cenários de incertezas externas (aliadas a variáveis exógenas) e internas (endógenas).

Gerenciamento de Aquisições do Projeto

Relacionam e acompanham os processos necessários para aquisição de bens e serviços fora da organização.

5.4. PLANEJAMENTO DO PROJETO

Antes de detalhar os processos de planejamento do projeto, é necessário conhecer algumas ferramentas que podem ser utilizadas na fase de planejamento.

5.4.1. Ferramentas de Planejamento do Projeto

Desenvolver um bom plano de projeto envolve organizar, coletar e analisar informações. Existem diversas ferramentas que podem ajudar a gerenciar esses dados, sendo importante entender cada uma, antes de selecionar aquela que irá utilizar. São apresentadas a seguir as principais ferramentas utilizadas no planejamento (Capezio,2002).

Brainstorming ou Turbilhão de Idéias

O método de Brainstorming gera novas idéias através da contribuição e participação dos indivíduos envolvidos no projeto. A utilização deste método baseia-se no pressuposto de que um grupo gera mais idéias do que um indivíduo e constitui, por isso, uma importante fonte de inovação através do desenvolvimento de pensamentos criativos e promissores.

Após o levantamento das idéias são excluídas as tarefas redundantes ou absurdas. Então é descrito no Plano de Ação (Figura 5.4), que é utilizado para a elaboração da EAP (Estrutura Analítica do Projeto) e do cronograma. São também determinados os predecessores da tarefa que deve iniciar ou terminar antes que outra possa iniciar ou terminar.

Plano de Ação					
Data:		Título do projeto		Página	
n°	Tarefas	Predecessores	Duração	Responsável	Observações
Elaborado por:				Aprovado por:	

Figura 5.4 Formulário para o Detalhamento do Plano de Ação

Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

Uma EAP é a subdivisão das principais tarefas do projeto em componentes menores e mais facilmente gerenciáveis. Pode ser representada por um organograma (Figura 5.5), estrutura de tópicos (Figura 5.6) ou mapa mental (Figura 5.7). Este mapa mental foi elaborado no programa MindManager Pro 7, onde cada nível descendente do projeto representa um aumento no nível de detalhamento do projeto. Deste modo a EAP demonstra graficamente as tarefas do projeto numa estrutura hierárquica (HELDMAN, 2005).

Com uma EAP é possível direcionar as equipes, recursos e as responsabilidades, também determinar quais recursos serão necessários para execução de cada tarefa e deste modo definir o custo final do projeto a partir do custo da tarefa. (VARGAS, 2007). Cada tarefa

vai ser dividida em tarefas menores, como exemplo: O Projeto Principal como sendo a o planejamento de uma subestação, a tarefa 1: Obtenção dos dados necessários, Tarefa 1.1: Topologia da rede; Tarefa 1.2: base cartográfica, e assim por diante.

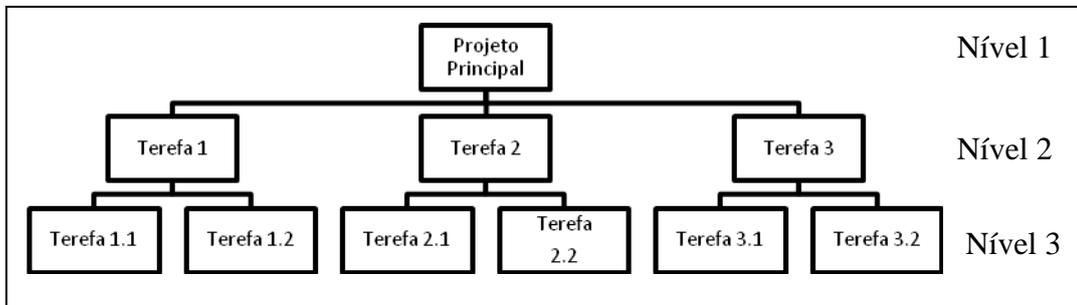


Figura 5.5 Organograma de uma EAP

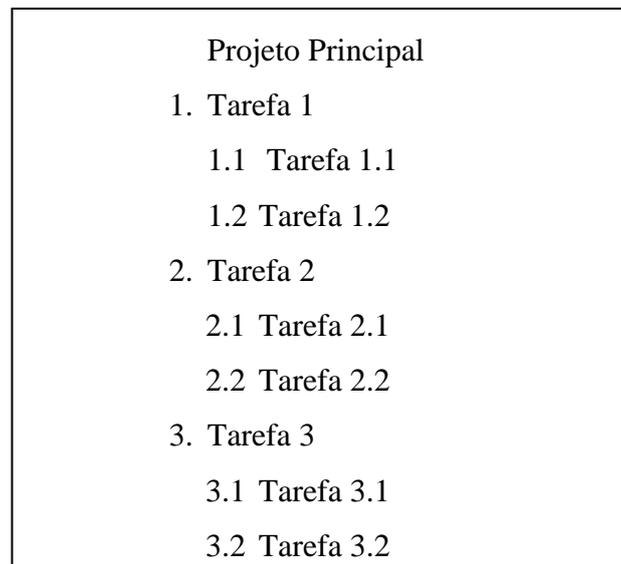


Figura 5.6 Estrutura de Tópicos de uma EAP

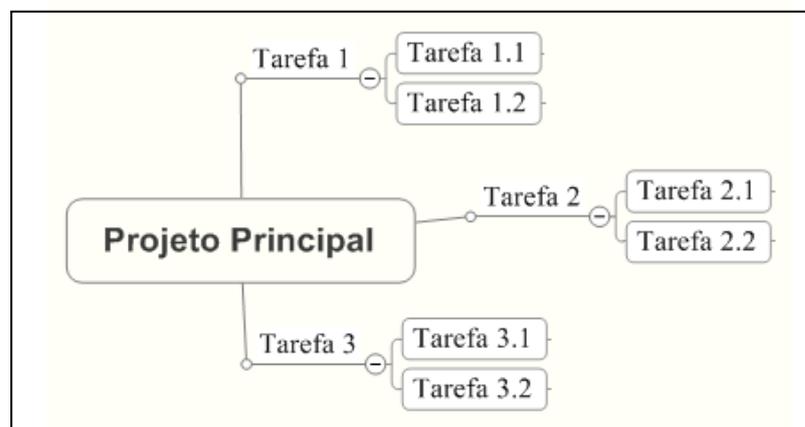


Figura 5.7 Mapa Mental da EAP

Organograma Funcional

O organograma funcional representa graficamente a estrutura do projeto em forma de hierarquia, onde deve estar definido a função de cada pessoa envolvida no projeto.

Diagrama de Redes

Os diagramas de redes (Figura 5.8) são representações gráficas, ou fluxogramas construídos a partir das tarefas e de suas interdependências. O diagrama de rede mais conhecido é o PERT/CPM (VARGAS, 2007).

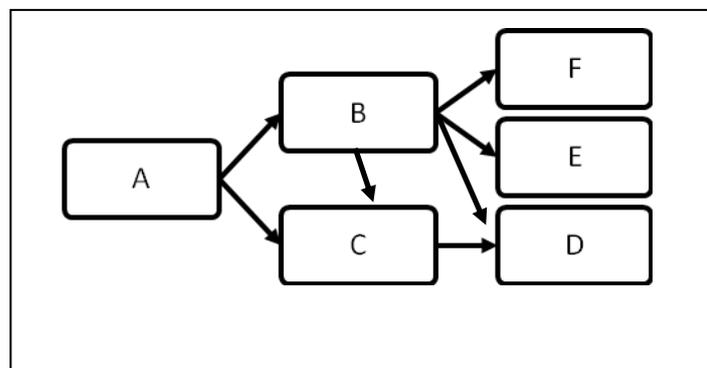


Figura 5.8 Diagrama de Rede

As redes PERT/CPM são técnicas de controle e planejamento de grandes projetos. A partir do escalonamento das diversas tarefas é possível montar gráficos e estudar o planejamento do projeto. As principais vantagens da utilização deste método são:

- Clareza e facilidade de compreensão das fases do projeto e do projeto como um todo;
- Verificação das tarefas;
- Mostrar a coerência técnica do projeto;
- Compreensão da lógica interna do projeto;
- Guia para execução e controle do projeto.

As redes PERT evidenciam relações de precedência entre tarefas e permitem calcular o tempo total de duração do projeto, bem como, o conjunto de tarefas que necessitam de atenção especial, pois em caso contrário os atrasos em sua execução causarão atraso no projeto com um todo.

Esta técnica tem como objetivo identificar o caminho crítico, que é a rota que requer mais

tempo para se avançar deste o início até o final do projeto, e também, o tempo de folga que o projeto possua, deste modo o projeto pode atrasar o início ou o seu andamento, sem atrasar a data de conclusão do mesmo.

Gráfico de Gantt

O gráfico de Gantt é um tipo de ferramenta de cronograma que é utilizado para ilustrar o avanço das diferentes etapas de um projeto. Os intervalos de tempo representam o início e o fim de cada fase e aparecem como barras coloridas sobre o eixo horizontal do gráfico. É resumido e oferece uma visão global de como os principais trabalhos se distribuem no tempo e o seu andamento.

Apresenta uma fácil compreensão e visualização de atrasos com facilidade, e a escala de tempo é bem definida. É inadequado para grandes projetos, pois apresentaria difícil visualização de dependências, com difícil visualização de alterações, deste modo, não se pode acompanhar o andamento do projeto.

Como exemplo do Gráfico de Gantt pode ser utilizado o horizonte de estudo do planejamento da distribuição, visto no Capítulo 4 (quatro), que compreende um horizonte de 10 anos (planejamento estratégico), discretizados em intervalos de 5 (cinco) anos, sendo que os primeiros 5 (cinco) anos estão contemplados no planejamento tático (ANEEL, 2006a). Este planejamento está representado pelo gráfico de Gantt na Figura 5.9.

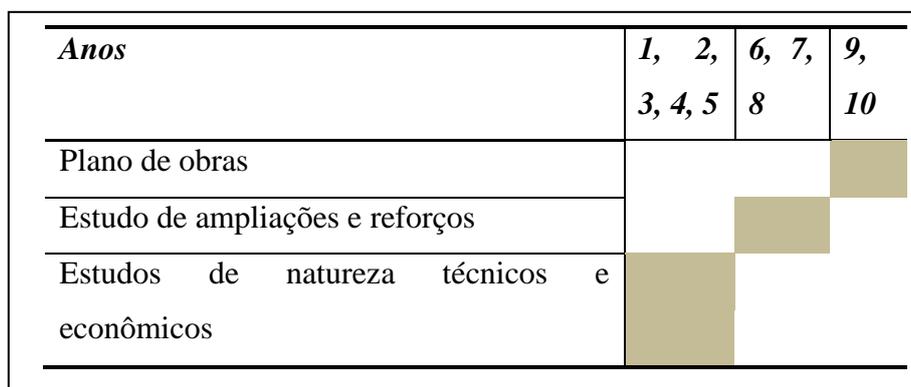


Figura 5.9 Horizonte de Estudo Representado Através do Gráfico de Gantt

Gráfico de Gantt de Redistribuição ou Nivelamento

Uma variação do gráfico de Gantt é o gráfico de Gantt de Redistribuição ou Nivelamento

(no Microsoft Project, conforme apresentado na seqüência. É conhecido com Gantt de Controle) (Figura 5.10). Existem duas linhas para cada tarefa, onde a primeira linha descreve o comportamento antes do nivelamento e a segunda representa o comportamento após o nivelamento dos recursos. Este tipo de representação avalia o impacto do nivelamento de recursos do projeto.

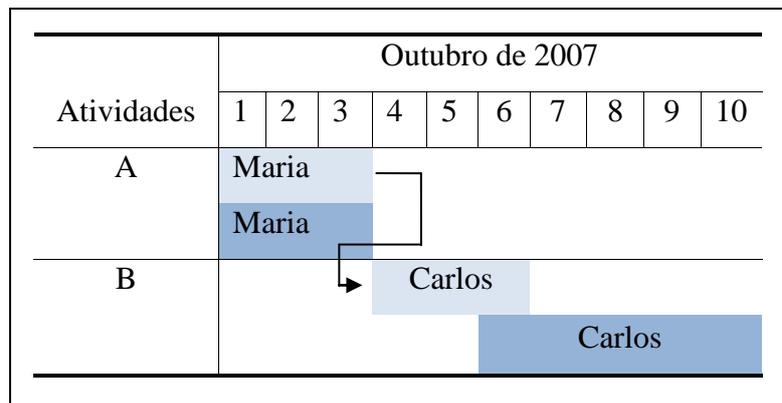


Figura 5.10 Diagrama de Gantt de Redistribuição

Gráficos de Marcos

Gráfico de Marcos é uma representação dentro do cronograma das principais entregas do projeto. (figura 5.11) (VARGAS, 2007).

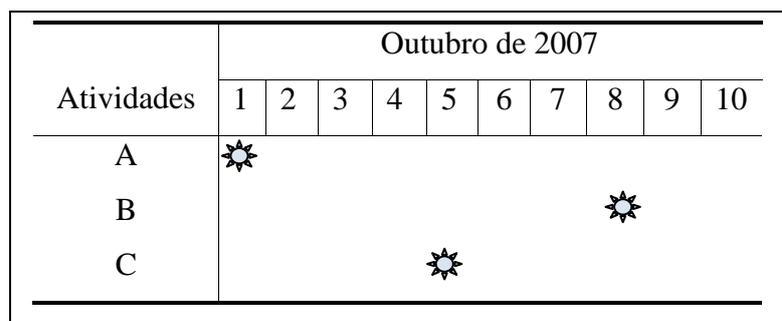


Figura 5.11 Gráfico de Marcos

Planilha de Verificação

A Planilha de verificação serve para juntar dados que mostram freqüência, onde e quando certos eventos ocorrem; particularmente erros, defeitos, variações ou falhas no processo (CAPEZIO, 2002). É representado através de uma tabela, conforme demonstrado na Figura 5.12.

Planilha de Verificação									
Projeto:									
Responsável:									
Razão/Atividade	Datas								

Figura 5.12 Planilha de Verificação

Análise de Pareto

A análise de Pareto pode ser utilizada quando se encontram vários problemas relacionados ou um problema comum com múltiplas causas, usualmente através de informações provenientes da Planilha de Verificação. Com esta técnica, coletam-se métricas sobre quantas vezes ocorre cada problema ou a causa. O objetivo da Análise de Pareto é observar os problemas e determinar sua frequência de ocorrência. Isso, por sua vez, proporcionará as informações necessárias para priorizar o esforço para garantir que será utilizado o tempo de trabalho no projeto onde podse-se obter o impacto mais positivo (Figura 5.13) (Capezio, 2002).

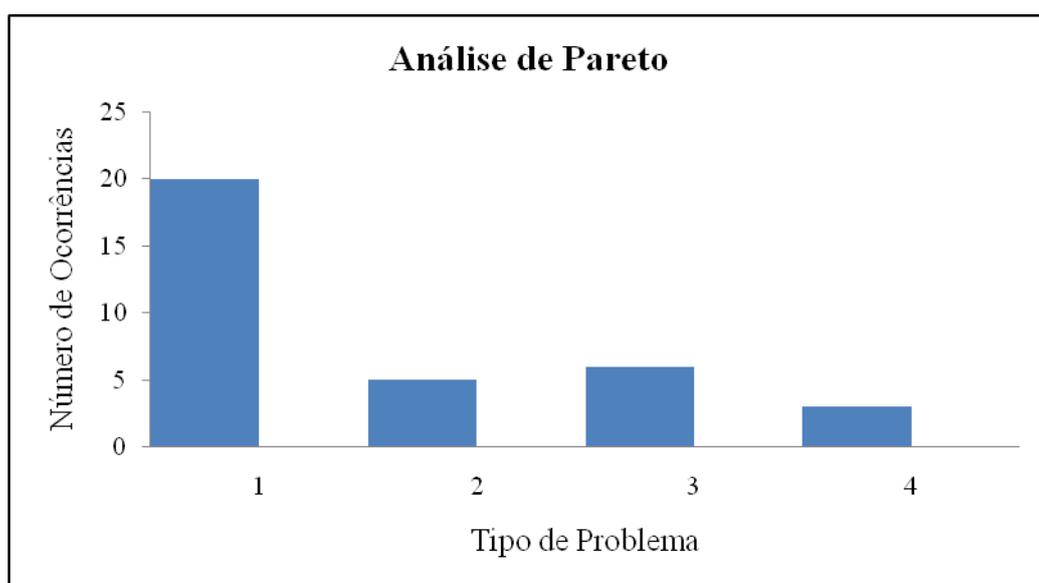


Figura 5.13 Diagrama de Pareto

Esta técnica foi desenvolvida pelo economista Vilfredo Pareto (1848-1923) no final do século XIX. Segundo ele, em sua época, 20% da humanidade detinha 80% das terras; por isso, a Análise de Pareto foi designada como “regra 80/20” (PMBOK, 2004).

Na prática, o princípio de Pareto afirma que um número relativamente pequeno de causas normalmente produzirá a grande maioria dos problemas ou defeitos, ou seja, 80% dos problemas se devem a 20% das causas.

5.4.2 Processos de Gerenciamento de Projetos

A Figura 5.14 apresenta os processos de gerenciamento de projeto e respectiva área na fase de planejamento do projeto. Não são mostradas as interações entre os processos nem todo o fluxo de dados entre eles (PMBOK, 2004). A fase de planejamento, por sua vez, está relacionada com as fases de iniciação, controle e execução.

Planejamento da Integração

No planejamento da integração é elaborado o plano de gerenciamento de projeto, que é a base de toda a execução do projeto; é um documento formal que descreve os procedimentos a serem conduzidos durante a sua implementação (VARGAS, 2008).

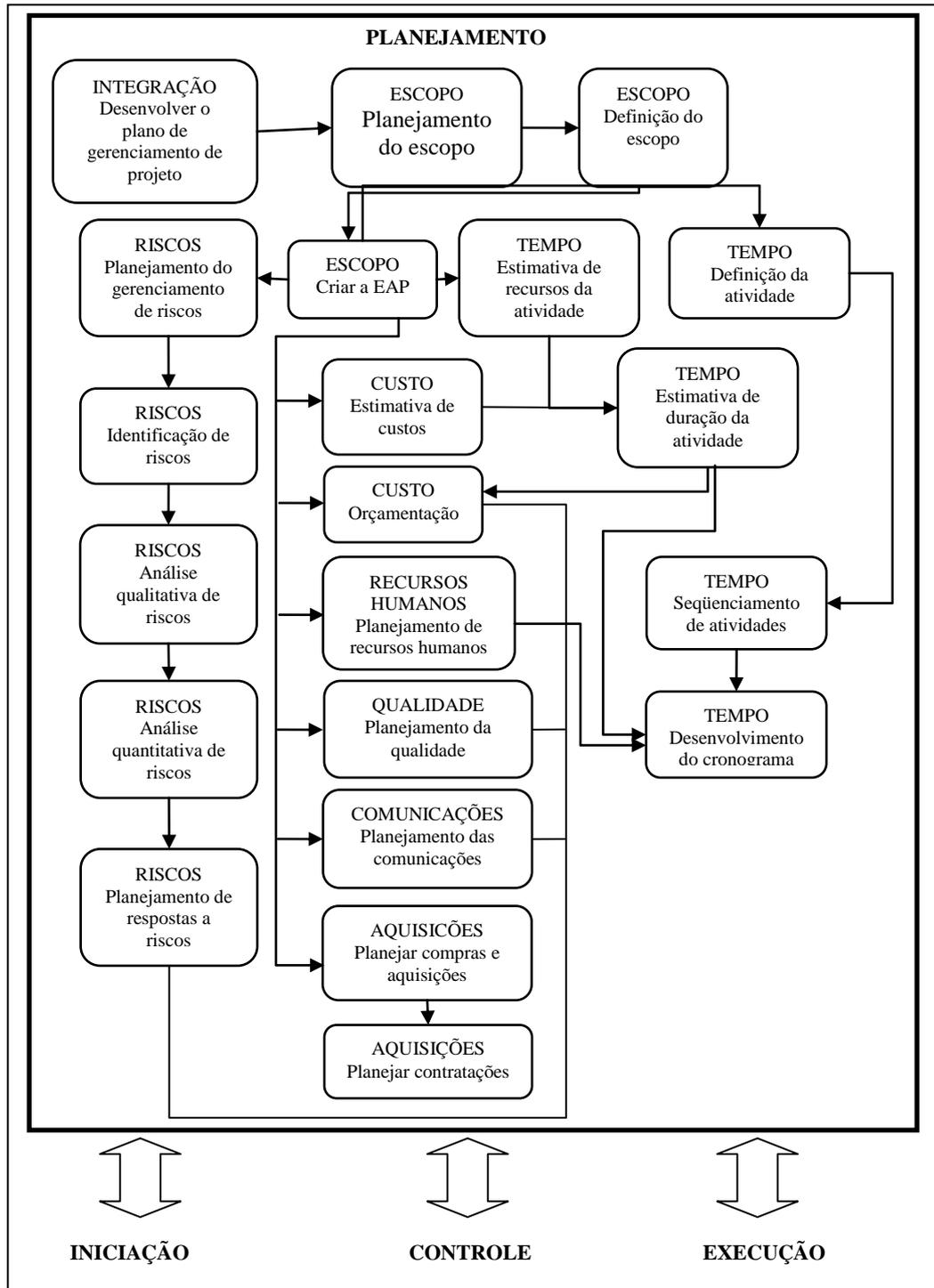
Planejamento do Escopo

Nesta etapa é elaborada a Estrutura Analítica do Projeto, como exemplo, é mostrado através do organograma (Figura 5.15) o planejamento do sistema elétrico de distribuição que é constituído de 11 etapas, conforme descrito no Capítulo 4. Porém, a etapa de identificação do problema, de acordo com a metodologia do PMBOK ocorre na fase de iniciação, deste modo, considera que o planejamento do sistema elétrico de distribuição é constituída de 10 etapas.

Planejamento de Tempo

Define uma lista das tarefas que precisarão ser realizadas para produzir o escopo definido pela EAP do projeto. As tarefas são seqüenciadas de acordo com a natureza de cada uma e poderão ser realizadas simultaneamente com outras tarefas. Estas listas de tarefas são organizadas em cronogramas, podendo citar como exemplo: gráfico de Gantt, gráfico de

Gantt de redistribuição e nivelamento, diagramas de redes e gráficos de macros (VARGAS, 2007).



FONTE: PMBOK, 2004

Figura 5.14 Representação Esquemática dos Processos da Fase de Planejamento

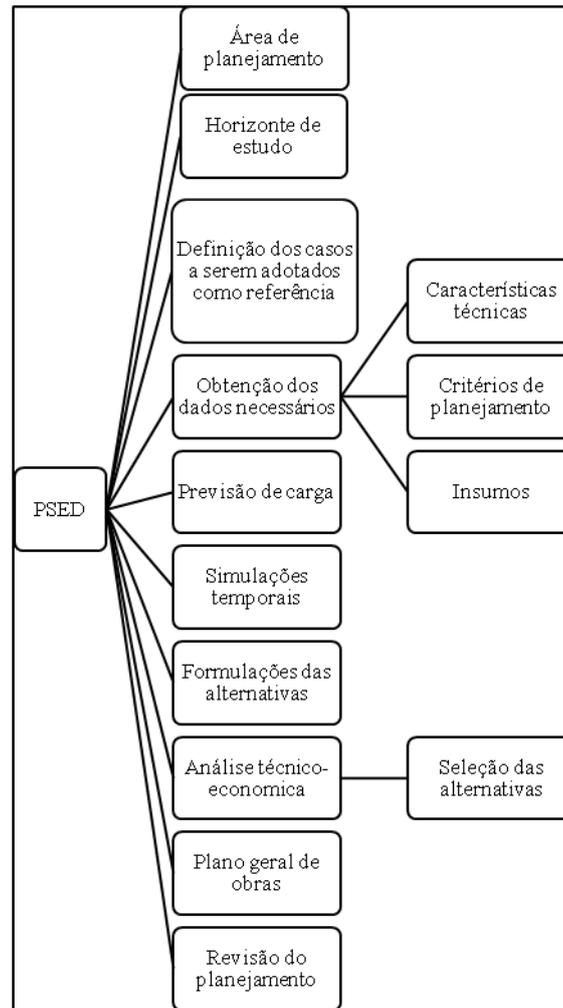


Figura 5.15 Etapas do Planejamento do Sistema Elétrico de Distribuição, Representado através de Organograma.

Planejamento dos Custos

Os custos do projeto serão utilizados ao longo do projeto para controlar as despesas e comparar os recursos realmente aplicados nas tarefas do projeto com as estimativas fornecidas para as suas tarefas.

É formado um orçamento com todos os itens dos gastos estimados necessários para a conclusão do trabalho do projeto, normalmente expressos em unidades monetárias (VARGAS, 2007).

Os itens mais comuns do orçamento são: salários, gastos com equipamentos e materiais, aluguel de instalações, marketing, custos legais, despesas de viagens, propagandas,

pesquisas, estudo da viabilidade, serviço de consultoria para especialistas no assunto ou participantes do projeto, telefonemas, fax, suprimentos para escritórios, taxas de acesso à internet ou taxas de hospedagem de *websites*, programas de computador, equipamentos e treinamento (HELDMAN, 2005). Este assunto será desenvolvido no item (5.5).

Planejamento da Qualidade

O planejamento da qualidade inclui um conjunto de ações que fazem com que o projeto e seu resultado atendam aos requisitos necessários ao cumprimento dos objetivos. O foco principal é a identificação dos padrões da qualidade relevantes para o projeto e como os atender. Deste modo no planejamento da qualidade se elaboram listas de verificação, identificam-se normas, regulamentos e legislações aplicáveis e são definidos responsáveis e autoridades.

O maior órgão no Brasil responsável pela regulação e a fiscalização do setor elétrico é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as suas regulamentações devem ser levadas em consideração na hora do planejamento da distribuição, tanto pela concessionária, quanto pelos consumidores. Lembrar que, hoje no Brasil existe a categoria de *consumidores livres*, onde os grandes consumidores podem negociar qual concessionária lhe fornecerá energia.

Planejamento de Recursos Humanos

O planejamento de recursos humanos atua na garantia de que a empresa possui a quantidade e a qualidade correta de mão de obra em cada etapa do projeto, sendo deste modo capaz de concluir as tarefas necessárias para a realização do projeto em estudo.

Planejamento das Comunicações

Os principais objetivos do planejamento das comunicações é identificar pró - ativamente as necessidades de comunicação entre os participantes do projeto e garantir a geração, coleta, distribuição, armazenamento, recuperação e destinação final das informações sobre o projeto de forma oportuna e adequada. Tais requisitos devem ser evidenciados no plano de gerenciamento das comunicações.

Planejamento dos Riscos

O principal objetivo desta etapa do planejamento é identificar os riscos, documentar o impacto que podem causar e desenvolver planos para reduzi-los ou tirar vantagem das oportunidades apresentadas (HELDMAN, 2005).

Muitos fatores de riscos interferem no estudo do planejamento do sistema elétrico de distribuição ao longo da sua execução, os principais fatores são: a mudança de hábito do consumidor; variável exógena que interfere no estudo realizado da previsão de mercado; as saídas forçadas da rede elétrica (externas e internas à indústria), que influenciam nos índices de qualidade e que não podem ser contabilizados na etapa de planejamento; e a taxa de crescimento da carga, que é o fator de maior risco, já que implica em expansão mais ampla e cara, ou pequenas ampliações e reformas (WILLS, 2004).

Deve ser considerado também como risco no planejamento da distribuição: escassez e o custo de terrenos nas áreas urbanas, políticas de meio ambiente (difundir a utilização de óleos vegetais e biodegradáveis, por exemplo), limitações da legislação vigente, difícil aferição do mercado a nível da distribuição (torna-se *consumidor livre*, comprar energia no mercado *spot*, etc.), necessidade de restringir investimento (investir na auto-geração e cogeração) e a própria dinâmica e estratégia do mercado (CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO, 2005).

Planejamento das Aquisições

É o momento em que a concessionária vai decidir em “*make or buy*” (comprar ou fazer) para o projeto inteiro ou parte dele, onde esta decisão é tomada geralmente no início do projeto de acordo com a filosofia da concessionária (HELDMAN, 2005) e de seu planejamento estratégico.

A decisão de “*make or buy*” tem como objetivo definir se é mais eficiente e eficaz para a empresa, em termos de custos e riscos, produzir ou comprar (ou terceirizar) os produtos ou serviços necessários.

5.5. PLANEJAMENTO DOS CUSTOS

É formado um orçamento com todos os itens dos gastos estimados necessários para a conclusão do trabalho do projeto, normalmente expressos em unidades monetárias (VARGAS, 2007).

No planejamento da distribuição os custos da construção da subestação dependem do valor da tensão, da sua potência e do nível de confiabilidade desejada. Assim sendo a experiência mostra que o custo é linear com o aumento da carga atendida (WILLIS, 2004).

5.5.1 Técnicas de Estimativa

A pergunta mais comum num projeto é: “Quanto vai custar?” Para levantar o custo do projeto devem-se identificar, estimar e atribuir custos para cada tarefa do projeto. Para este levantamento usam-se técnicas de estimativas de custos que são analisadas a seguir (PMBOK, 2004).

Estimativa Análoga

Usa o custo real dos projetos anteriores semelhantes em tamanho e escopo para estimar os custos do projeto atual. A estimativa de custos análoga é fácil de ser feita e geralmente custa menos que outras técnicas, mas em geral é menos precisa.

Determinar os Valores de Custo de Recursos

As estimativas de custos de cada recurso geralmente envolvem a obtenção de cotações dos trabalhos a serem feitos ou dos recursos a serem obtidos.

Estimativa “bottom-up”

Estima os custos das tarefas do cronograma e os totalizam para definir a estimativa total do projeto.

Estimativa Paramétrica

É uma técnica que utiliza uma relação estatística entre dados históricos e outras variáveis, por exemplo, metros quadrados de construção, horas de mão-de-obra, etc., para calcular

uma estimativa de custos para um recurso da atividade do cronograma. Esta técnica pode fornecer níveis mais altos de exatidão dependendo da qualidade e da quantidade de recursos e dos dados subjacentes incorporados ao modelo. Um modo de exemplificar a estimativa paramétrica envolve multiplicar a quantidade planejada de trabalho a ser realizado pelo custo histórico por unidade para obter o custo estimado.

Ferramentas computadorizadas

Softwares de gerenciamento de projetos, como aplicativos de software para estimativa de custos, planilhas eletrônicas e ferramentas estatísticas e de simulação, são vastamente usados para auxiliar na estimativa de custos.

Análise de Proposta de Fornecedor

Analisa a proposta do fornecedor e estima quanto o projeto vai custar.

Consultar os Especialistas

Consultar o(s) especialista(s) que já trabalhou, anteriormente, em projetos similares à estimativa de determinada tarefa ou material.

Análise das reservas

É um recurso acrescentado ao orçamento para pagar por eventos inesperados

5.5.2 Controle de Custos

Curva S

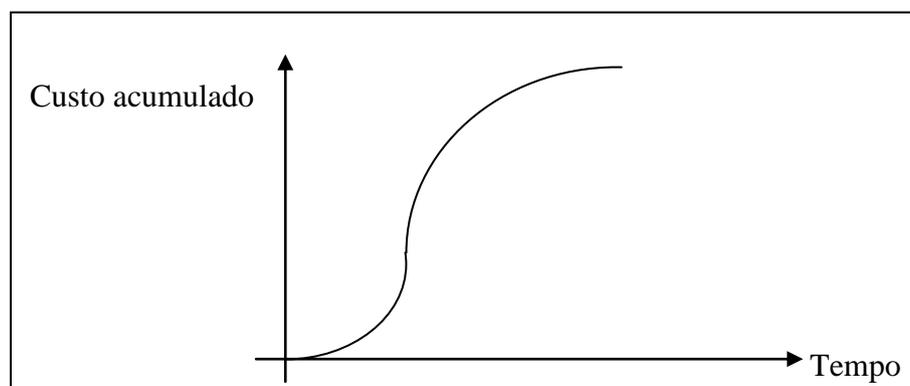


Figura 5.16 Custo Acumulado

A curva S, ou curva do custo acumulado (Figura 5.16), permite que seja avaliada graficamente a evolução do custo do projeto com o tempo (VARGAS, 2007).

Análise de Medição de Desempenho

A curva S é utilizada para fazer a análise de medição de desempenho, que ajuda avaliar a extensão das variações que invariavelmente irão ocorrer. A Técnica do Valor Agregado (TVA) compara o valor cumulativo do custo orçado do trabalho realizado (agregado) no valor de orçamento alocado original com o custo orçado do trabalho agendado (planejado) e com o custo real do trabalho realizado (real). Esta técnica é útil para o controle de custos, gerenciamento de recursos e produção. Então pode-se definir (PMBOK, 2004):

Valor Planejado (VP)

O VP é o custo orçado do trabalho agendado a ser determinado em uma tarefa ou o componente da EAP até um determinado momento.

Valor Agregado (VA)

O VA é uma quantia orçada para o trabalho realmente terminado na tarefa do cronograma ou no componente da EAP durante um determinado período de tempo.

Custo Real (CR)

O CR é o custo total incorrido na realização do trabalho na tarefa do cronograma ou no componente da EAP durante um determinado período de tempo.

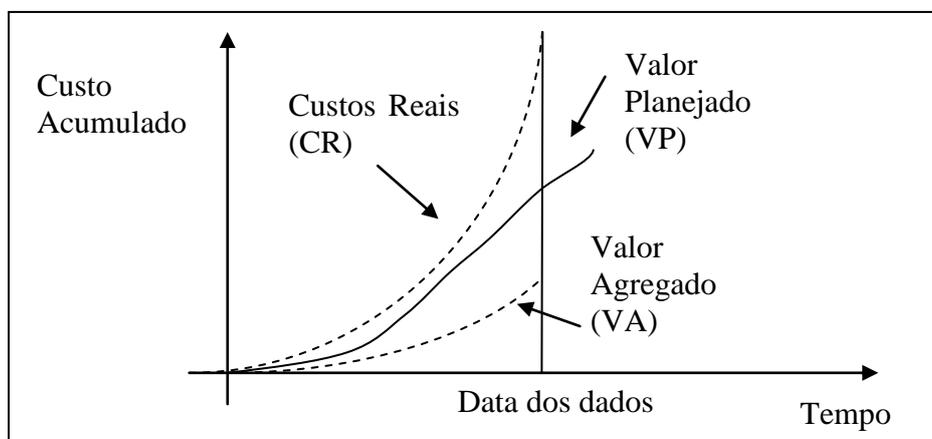


Figura 5.17 Dados de um o Valor Agregado Acumulado Acima do Orçamento

A Figura 5.17 usa curvas S para exibir os dados de Valor Agregado acumulados de um projeto que está acima do orçamento e atrasado em relação ao cronograma

Os valores de VP, VA e CR são usados em conjunto para fornecer medidas de desempenho que indicam se o trabalho está sendo realizado conforme planejado em algum momento determinado. Os índices mais utilizados são:

Variação de Custos (VC)

Sendo:

$$\boxed{VC = VA - CR} \quad (5.1)$$

A Variação de custos no final do projeto será a diferença entre o orçamento no término e a quantia real gasta.

Variação de Prazos (VP_A)

Sendo:

$$\boxed{VP_A = VA - VP} \quad (5.2)$$

A variação de prazos será no final igual a zero quando o projeto for terminado, porque todos os valores planejados terão sido agregados.

5.6 SOFTWARES PARA GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Existe uma grande variedade de software desenvolvidos para facilitar a aplicação das técnicas de gerenciamento de projeto. Dentro da Tecnologia de Informação, esta categoria é genericamente denominada como *Project Management Information Systems*, ou PMIS (GASNIER, 2000).

Os softwares de propósito geral, como planilhas de cálculo, processadores de texto e gerenciamento de dados, que não foram especificamente desenhados para gerenciamento de projetos, também podem ser utilizados, contribuindo com a sistematização e acompanhamento do projeto, assim como os tradicionais formulários em papel.

Um dos mais conhecidos software de gerenciamento de projetos é o Microsoft Project. As características mais marcantes desse produto são a capacidade de gerar cronogramas e suas funções de atribuições e uso de recursos, por isto, foi utilizado nesta dissertação, de modo a englobar os conceitos do PMBOK, conforme descrito neste capítulo.

Existem outros pacotes de programas que realizam algumas funções do Microsoft Project, tais como: Mirax Project, Net Project, Project Builder, Virgos, DotProject (software livre). Não se pode esquecer que o produto desses softwares não é o plano do projeto propriamente dito, e sim, faz parte do plano geral do projeto.

5.7 CONCLUSÃO

Em vez de deixar os projetos serem executados livremente sem haver feito um bom planejamento, deste modo, esbarrando em todos os obstáculos que encontra pelo caminho, deve-se aplicar uma metodologia consagrada de gerenciamento de projetos.

Deve-se destacar ainda que a metodologia de gerenciamento de projetos não pode ser aplicada de maneira arbitrária, mas utilizando-se uma metodologia consagrada de modo a garantir a padronização de princípios e critérios, sendo aplicada de maneira coordenada, integrada e, sobretudo de forma disciplinada e constante.

Deste modo, as ferramentas metodológicas apresentadas neste capítulo vêm contemplar o planejamento da distribuição. Atualmente quase todo planejamento contempla critérios conflitantes como: custo mínimo, máxima confiabilidade, mínimos riscos, atendimento à legislação do meio ambiente, satisfação do consumidor, etc.

A técnica do PMI descrita acima apresenta uma série de vantagens para a concessionária de energia elétrica, pois permite um maior controle sobre a aplicação dos recursos e garante que a equipe esteja no caminho certo.

O próximo capítulo apresentará o desenvolvido de um estudo de caso no planejamento do sistema de distribuição, aplicando a metodologia de gerenciamento de projetos.

CAPÍTULO 6 ESTUDO DO CASO: PROCEDIMENTO INTERATIVO PARA GERENCIAMENTO DE PROJETOS DE P&D

6.1 INTRODUÇÃO

No mundo cada vez mais competitivo, as empresas disputam entre si para apresentarem um produto e/ou serviço com maior qualidade e com um menor custo unitário, que agrade o consumidor final; para que esta meta seja atingida elas investem em programas de inovação. Caso não inovem, acabam perdendo o mercado podendo chegar até a falência. Contudo não é isto que ocorre nas Concessionárias de Energia Elétrica, pois como elas têm um monopólio natural, o investimento em inovação tem a tendência de ser muito menor.

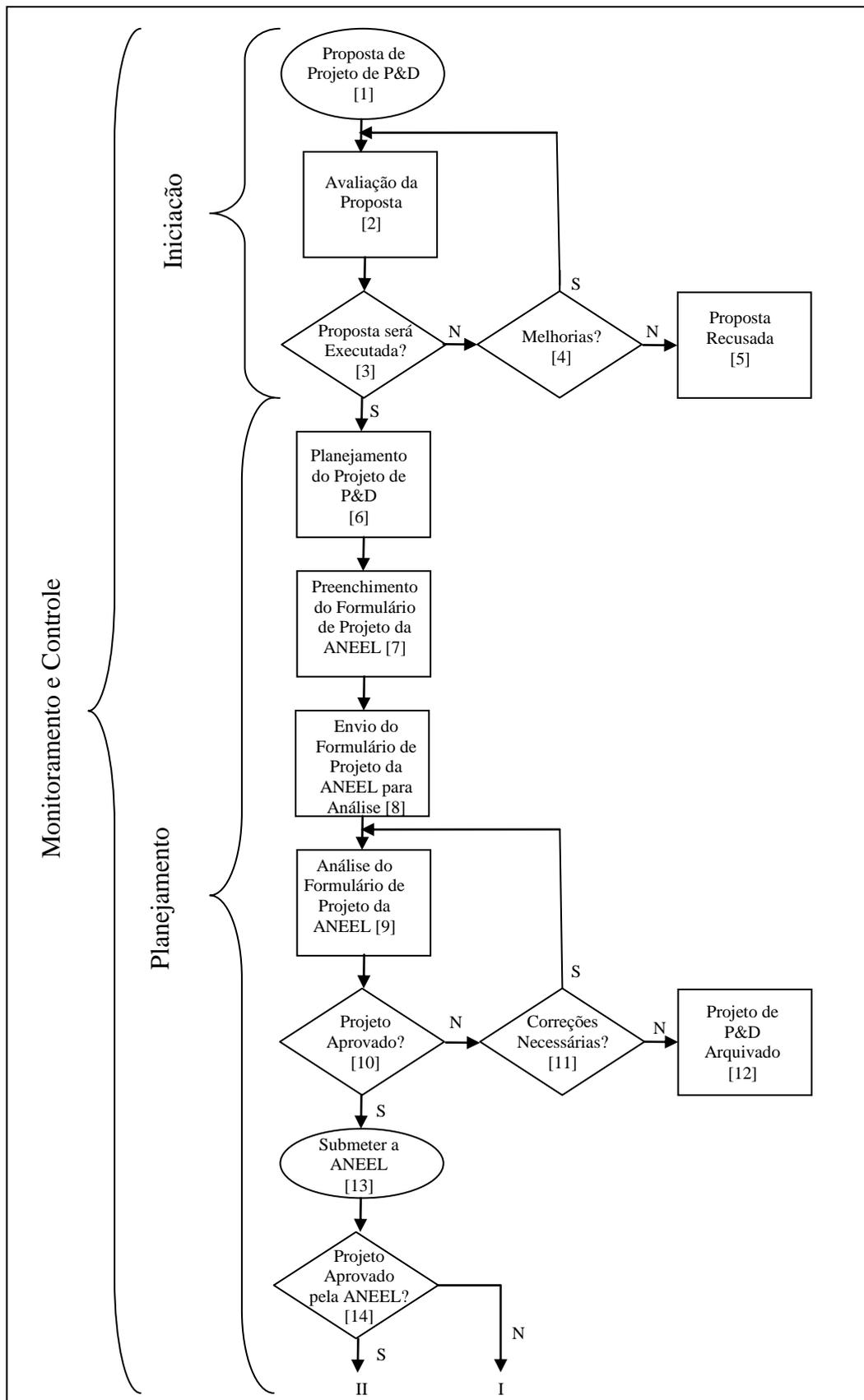
Deste modo, para que haja um mínimo de investimentos necessários em pesquisas de desenvolvimento de novas tecnologias, em 1998 foi regulamentado pela ANEEL o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (P&D). O intuito foi o de incentivar a busca permanente por inovações tecnológicas no Setor Elétrico de modo a aumentar a qualidade de novos produtos e processos e dos serviços prestados ao consumidor (REVISTA P&D, 2007).

Este capítulo foi desenvolvido com o objetivo de apresentar um Procedimento Interativo para Gerenciamento de Projetos de P&D, utilizando os conceitos do Planejamento do Sistema de Distribuição apresentado no Capítulo 4 e de Gerenciamento de Projetos desenvolvido no Capítulo 5.

Para um melhor entendimento da metodologia aqui apresentada será desenvolvido em conjunto um exemplo de aplicação sobre Alocação Ótima de Subestações. Os valores de custo, datas e os nomes das pessoas aqui sugeridos são apenas colocados a título de exemplo.

Todos os relatórios, gráficos, fluxogramas e textos apresentados são uma sugestão metodológica, e não uma proposta rígida de modelo. As concessionárias de energia elétrica poderão adaptar estas sugestões conforme suas necessidades internas.

6.2 ETAPAS DE UM PROJETO DE P&D



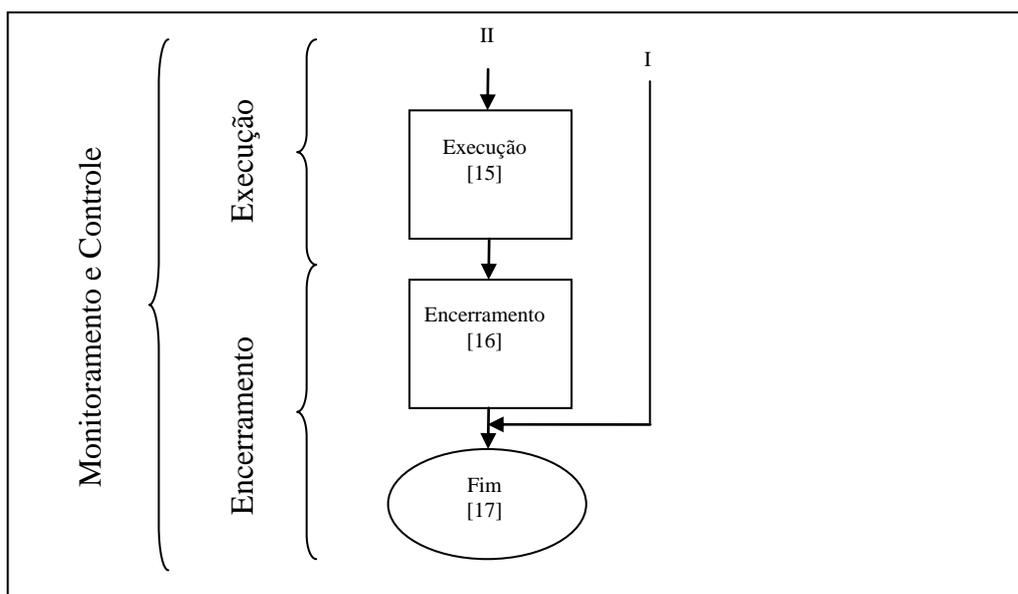


Figura 6.1 Fluxograma do Procedimento Interativo para Gerenciamento de Projetos de P&D

A Figura 6.1 apresenta um procedimento interativo para gerenciamento de projeto de P&D, que é um processo interno da concessionária de energia elétrica, a única etapa que ocorre fora da concessionária é a aprovação do projeto pela ANEEL. Para maior clareza, da Figura 6.1, cada etapa será detalhada a seguir.

[1] Proposta de Projeto de P&D. É preenchido o Termo de Abertura do Projeto (Anexo B) que apresenta um resumo com as principais características do projeto a ser avaliado.

[2] Avaliação da Proposta. Será efetuada pelo gerente de P&D e sua equipe na concessionária de energia elétrica, verificando se o projeto atende às mínimas condições estabelecidas pela concessionária e se está em conformidade com o parâmetro de avaliação da ANEEL (Anexo C) (CHAPIESKI, 2007).

[3] Proposta será executada? É decidido pelo gerente de P&D e sua equipe se a proposta é viável para a concessionária.

[4] Melhorias? Caso necessite de melhorias o projeto de P&D retorna para a pessoa ou equipe que sugeriu este projeto, e em seguida passa por uma nova avaliação.

[5] Proposta Recusada. Caso o projeto não atenda às mínimas condições estabelecidas pela concessionária e não atinja o mínimo estabelecido pelo parâmetro da ANEEL, a proposta será recusada.

[6] **Planejamento do Projeto de P&D.** Nesta etapa é feito todo o planejamento e detalhamento do projeto, que auxiliará na sua concepção. Serão aplicadas as Ferramentas de Planejamento.

[7] **Preenchimento do Formulário de Projeto da ANEEL.** É preenchido o formulário da ANEEL que está disponível <http://www.aneel.gov.br/>, Educação/Pesquisa e Desenvolvimento, Pesquisa e Desenvolvimento, Arquivos e Formulários Eletrônicos.

[8] **Envio do Formulário de Projeto da ANEEL para Análise.** É feito a submissão formal da proposta completa para análise final na concessionária.

[9] **Análise do Formulário de Projeto da ANEEL.** Nesta fase são analisadas na concessionária todas as propostas de projetos que são classificadas em ordem decrescente, de acordo com a média das notas atribuídas pelos membros de um comitê interno à concessionária, seguindo os parâmetros de avaliação da ANEEL ou parâmetros e necessidades da própria concessionária.

[10] **Projeto Aprovado?** Nesta fase decide-se se o projeto vai ser submetido à ANEEL.

[11] **Correções Necessárias.** Caso a proposta necessita de correções, serão efetuadas neste momento.

[12] **Projeto de P&D Arquivado.** Caso o projeto não seja de interesse no momento, ficará arquivado para futura apreciação na concessionária.

[13] **Submeter à ANEEL.** Enviar o formulário para a aprovação da ANEEL.

[14] **Projeto Aprovado pela ANEEL.** A ANEEL aprova ou reprovava o projeto de acordo com a sua avaliação interna

[15] **Execução.** Após a aprovação o projeto é executado, conforme o seu planejamento.

[16] **Encerramento.** Fechamento e avaliação do projeto.

6.3 PROPOSTA DE UM PROJETO DE P&D: ALOCAÇÃO ÓTIMA DE SUBESTAÇÃO

De acordo com o procedimento previsto em (PMBOK, 2004), o ciclo de vida de um projeto é formado por 5 (cinco) fases: Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Controle, e Encerramento. A execução das atividades terá início em fevereiro de 2009 e deve durar aproximadamente 12 meses. O planejamento do projeto, bem como a iniciação, deverão ser realizados fora do período descrito, a Tabela 6.1 apresenta as entregas do projeto e o seu término previsto.

Entrega	Descrição	Término
Fase de Iniciação	Proposta de Projeto de P&D	07/01/2008
	Avaliação da Proposta	18/01/2008
Fase de Planejamento	Planejamento do Projeto	04/03/2008
	Preenchimento do Formulário da ANEEL	06/03/2008
	Envio do Formulário para Análise	07/03/2008
	Análise do Formulário da ANEEL	10/03/2008
	Submeter a ANEEL	28/03/2008
Fase de Execução	Levantamento de Dados	13/02/2009
	Estudo Preliminar	30/04/2009
	Requisitos de Software/Análise	26/05/2009
	Desenvolvimento	18/09/2009
	Teste	28/10/2009
	Implantação	13/11/2009
	Treinamento	14/01/2010
Fase de Encerramento	Análise pós-implantação concluída	22/01/2010

Tabela 6.1 Entregas do Projeto

6.3.1. Fase de Iniciação

É a primeira etapa do projeto de P&D, é quando surge uma idéia ou a necessidade de resolver um problema, sendo elaborada a proposta do projeto de P&D através do formulário conhecido como Termo de Abertura do Projeto (TAP) que deve sintetizar as principais informações do projeto, apresentando uma idéia geral e os argumentos necessários para a sua aprovação. Sua principal finalidade é a apresentação do projeto e o convencimento do gerente de projeto e sua equipe (HELDMAN, 2005). Antes da elaboração do TAP algumas análises devem ser feitas, para viabilizar o preenchimento do TAP.

1ª. ANÁLISE: Verificar se o projeto está enquadrado em um determinado tema e subtema de investimentos de P&D. Verificar os Temas para Investimentos em P&D no portal da ANEEL (www.aneel.gov.br), no vínculo Educação/Pesquisa e Desenvolvimento, Pesquisa e Desenvolvimento ou verificar no Manual de P&D 2008.

2ª. ANÁLISE: Analisar se há necessidade da realização do projeto. Para esta análise algumas perguntas devem ser respondidas pela pessoa ou equipe que pretende propor um projeto de P&D, e justificadas, que são:

- Qual é a importância deste projeto para a concessionária de energia elétrica?
- Existem outros projetos semelhantes que foram desenvolvidos ou estão sendo desenvolvidos na concessionária?
- Quais os benefícios econômicos e sociais a serem alcançados com este projeto?
- Haverá impactos ambientais? Quais são? Podemos minimizá-los?

3ª. ANÁLISE: Coletar informações sobre o projeto. Com os dados preliminares que sejam relevantes para o preenchimento do TAP, tais como: referências bibliográficas, custo, recursos humanos e materiais, etc.

Termo de Abertura do Projeto (TAP)

ALOCAÇÃO ÓTIMA DE UMA SUBESTAÇÃO	
TERMO DE ABERTURA DO PROJETO	
Cliente: Concessionária de Energia Elétrica Y	Contato: Eng. Marco Antonio (47) XXXX-1496
Preparado por: Bianca Lamim	Versão: 1.1
Aprovado por: Gerente de Projeto	Data: 07/01/2008

I. Justificativa e Benefícios do Projeto

O planejamento da expansão da distribuição elétrica é uma tarefa complexa, pois é necessário garantir que o sistema de distribuição tenha uma capacidade adequada tanto de subestações como também de alimentadores para atender a demanda, ao longo de um período. Logo, o desenvolvimento de modelos matemáticos de otimização e ferramentas computacionais para a solução de problemas da expansão dos sistemas de distribuição de energia elétrica é de grande importância para as concessionárias de energia elétrica, pois, estas ferramentas computacionais podem acarretar em ganhos substanciais nos custos de expansão e operação das subestações e das redes elétricas. Desta forma, torna-se importante o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para a análise e planejamento da alocação de subestações de distribuição. Pode-se ainda argumentar que a localização de subestações é estratégica por três motivos:

- 1º. A localização das subestações em cada centro de cargas estabelece os requisitos do fornecimento para os sistemas de transmissão;
- 2º. Subestações são caras (tanto financeiramente como politicamente), representam entre 10 % – 50 % dos custos totais em um sistema de distribuição;

3°. A localização e a capacidade das subestações definem as restrições dos sistemas de distribuição (considerações sobre capacidade dos novos alimentadores, de novas vias de passagem, desenvolvimento de novos centros urbanos, avaliação econômica, etc.)

Metodologia:

Muitos dos métodos de otimização disponíveis são técnicas heurísticas e inexatas ou aplicáveis em circunstâncias limitadas. Outras aplicam procedimentos formais de otimização. Alguns métodos de otimização aplicam artifícios matemáticos, sendo um recurso inteligente para encontrar a melhor alternativa entre variadas opções e que podem ser aplicados em conjunto com algoritmos heurísticos (não confundir com Sistemas Baseados em Conhecimento ou técnicas de I.A). Lembrando que deve-se observar e modelar a maneira com que as vias das linhas de distribuição são traçadas (coordenadas GIS), partindo dos alimentadores das subestações até o consumidor final serão modeladas a radialidade da rede, será analisada a minimização da distância das cargas, assim como a quantidade de carga suprida a cada momento, perdas elétricas, queda de tensão e índices de confiabilidade (DEC/FEC). Devido ao número de variáveis envolvidas, caracterizando um modelo multi-critério combinatorial, a técnica pré-selecionada foi a de Algoritmo Genético.

II. Objetivos do Projeto

O objetivo deste projeto é desenvolver um algoritmo eficiente para a solução do problema de planejamento da Alocação Ótima de Subestações de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica dentro de um horizonte de Longo Prazo. A técnica de otimização eleita foi a aplicação de Inteligência Artificial (Algoritmos Genéticos) aplicadas em sistemas de grande porte, de forma a atender às exigências de Inovação Tecnológica.

III. Resultados Esperados

- Desenvolvimento de um novo software;
- Elaboração de um novo processo;
- Desenvolvimento de programa computacional com interface amigável;
- Minimização no tempo de planejamento e
- Alocação adequada da subestação.

IV. Riscos

A equipe que trabalhará no projeto tem grande experiência nos estudos de planejamento da expansão do sistema de distribuição e não está prevista compra de equipamentos e materiais de custo elevado. Deste modo, os riscos recorrentes à não realização deste projeto dentro do prazo planejado são praticamente nulos.

V. Custos dos Recursos e Estimativas

O custo do projeto total é de R\$ 250.000,00 (*simbólicos*).

VI. Funções e Responsabilidade

O projeto contará com 4 (quatro) pesquisadores, sendo 2 pesquisadores seniores e 2 pesquisadores juniores, 1 (um) coordenador técnico, 1 (um) gerente administrativo do projeto (conhecido também como gerente de projeto) e 1 (um) auxiliar técnico.

VII. Cronograma

A duração do projeto é de 12 meses, iniciando dia 02 de fevereiro de 2009.

VIII. Pesquisas Correlatas

- MANTOVANI, José Roberto Sanches. *Planejamento de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Algoritmo Busca Tabu*. Ilha Solteira, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Coordenadoria de Pós-graduação, Universidade Estadual Paulista.
- WILLIS. H. Lee. *Power Distribution Planning Reference Book*. 2º ed. New York: Marcel Dekker, 2004.
- Lin, W.M., C.D. Yang, et al. Distribution System Planning with Evolutionary Programming and a Reliability Cost Model. *Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings*, v. 147,n.6, p.336-341, 2000

IX. Assinaturas

Gerente de Projeto

Membro da Equipe

6.3.2 Fase de Planejamento do Projeto

Após a aprovação do Termo de Abertura do projeto é o momento de desenvolver toda a Fase do Planejamento do Projeto, conforme apresentado no Capítulo 5. O desenvolvimento deste planejamento auxiliará no preenchimento do formulário da ANEEL e no monitoramento do projeto na Fase de Execução. As etapas abaixo descritas auxiliam no preparo e execução desta fase do planejamento.

Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

Para a criação da EAP foi realizado um *Brainstorm* que identificou as principais tarefas do projeto. Neste momento da etapa não se deve preocupar com a seqüência das tarefas. Em seguida cada tarefa foi detalhada em componentes menores. Após o detalhamento o projeto foi sistematizado em inter-relação hierárquica entre as tarefas (Figura 6.2). Para a confecção da EAP foi utilizado o programa *Chart Pro* que pode ser utilizado em conjunto com o *Microsoft Project*.

Deve-se observar que a duração máxima do projeto permitido no formulário de projeto da ANEEL é de 60 meses (5 anos) e que cada ano pode ter no máximo 12 etapas (ou tarefas), deste modo são inseridas no formulário da ANEEL somente as tarefas principais

Deste modo, o projeto fica formulado de acordo com o formulário de projeto da ANEEL padrão, pois tem a duração de 1 ano e é composto por 8 tarefas, conforme a Figura 6.2. Ainda fica no ar a seguinte questão: se o formulário não aceita o detalhamento das tarefas, por que defini-las? A resposta é simples: o propósito das tarefas subsequentes é decompor o projeto em componentes controláveis para definir tempo, recurso e estimativas de custo (HELDMAN, 2005), e conseqüentemente auxiliar na Fase de Monitoramento e Controle do Projeto (4ª. fase).

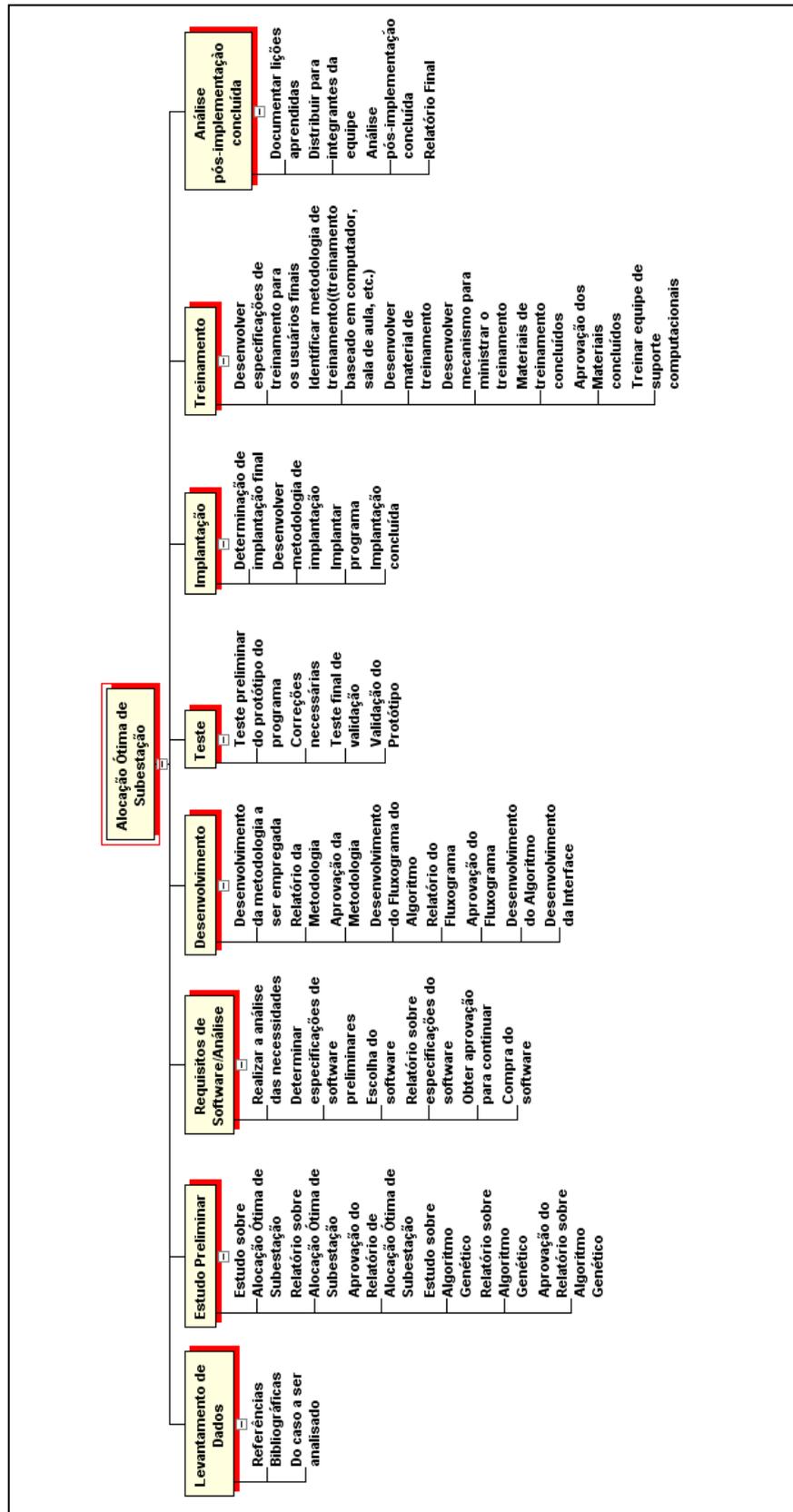


Figura 6.2 Estrutura Analítica do Projeto de Alocação Ótima de Subestação

Organograma Funcional

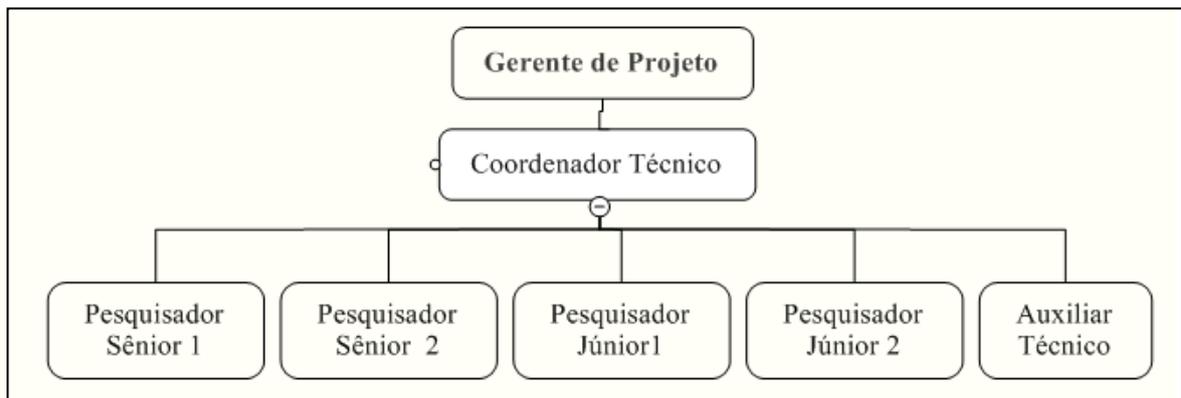


Figura 6.3 Organograma Funcional

O organograma funcional é definido com base na aprovação do Termo de Abertura do Projeto (Figura 6.3). Neste momento se identificam todos os membros da equipe e a função (coordenador, pesquisador, gerente de projeto, auxiliar técnico,) de cada um, bem como a categoria (Doutor, Superior Sênior, Superior Pleno, Superior Júnior, Bolsista, Especialista, Mestre). O organograma funcional auxiliará na definição dos custos.

Cronograma

Antes, de começar efetivamente inserir os dados do projeto no *Microsoft Project* devemos configura o seu calendário. Em primeiro lugar determina-se a data inicial do projeto. A data inicial exemplificada é 1º de fevereiro de 2009. Como é um dia não útil (domingo) automaticamente o programa sugere a data subsequente (2 de fevereiro de 2009) para o início do projeto.

Depois, de determinada a data inicial é o momento de definir o período de trabalho, feriados, recessos e dias não úteis. A configuração do calendário deste projeto identificou os feriados nacionais e um período de recesso entre o dia 24 de dezembro de 2009 e 10 de janeiro de 2010.

Após, a configuração do calendário e com a EAP pronta é o momento de elaborar o cronograma (Gráfico de Gantt) no *Microsoft Project*. Primeiramente, inseriram-se as tarefas de acordo com a EAP, com a duração de cada tarefa e por último os predecessores

da tarefa (Anexo D). Em consequência o software Microsoft Project irá:

- Agendar cada tarefa e calcular o tempo necessário para sua conclusão;
- Calcular a data de término do projeto;
- Fornecer a duração do projeto em dias úteis;
- Criar o Cronograma (Anexo E).

Diagrama de Rede

Após ter definida as relações entre as tarefas automaticamente, o programa *PERT Chart Expert*, que trabalha em conjunto com o *Microsoft Project*, monta um Diagrama de Rede respeitando as relações de precedência previamente estabelecidas (Anexo F).

Custos dos Recursos e Estimativas

O próximo passo no planejamento do projeto é a atribuição de quem ou o que será utilizado para a execução da tarefa, o seu custo e a quantidade de horas trabalhadas.

Os recursos de trabalho são as pessoas e/ou os equipamentos que, efetivamente, realizam as tarefas, dedicando seu tempo e capacidade de trabalho. Quando se definem recursos de trabalho, indica-se a porcentagem de dedicação do tempo desse recurso ao projeto como um todo. O tempo de dedicação do recurso de trabalho no projeto em estudo é de 100%, o que significa que o recurso está com dedicação total a este projeto.

Os recursos materiais são suprimentos, estoques ou outros itens de consumo, utilizados para realizar as tarefas do projeto, por exemplo: equipamentos, material de consumo, livros, passagens e diárias. Quando se cadastra o recurso material, define-se o rótulo do mesmo, ou seja, a sua unidade de medida, que pode ser peças, dúzias, unidades, etc.

Para a inserção dos recursos no *Microsoft Project*, foi utilizada a Planilha de Recursos (Figura 6.4). Para a inclusão da taxa padrão foram levados em consideração os impostos, então se determina uma taxa padrão igual a 1,7 vezes o valor do salário médio (o valor 1,7 é uma média dos impostos). A taxa padrão é o valor a ser recebido pelo recurso em períodos normais de trabalho, sem horas extras. No projeto em estudo não são consideradas as horas extras.

	Nome do recurso	Tipo	Rótulo do material	Iniciais	Taxa padrão
1	Gerente de Projeto	Trabalho		G	R\$ 2.380,00/mês
2	Coordenador Técnico	Trabalho		C	R\$ 4.802,50/mês
3	Pesquisador Sênior 1	Trabalho		P	R\$ 2.875,83/mês
4	Pesquisador Sênior 2	Trabalho		P	R\$ 2.890,00/mês
5	Pesquisador Júnior 1	Trabalho		P	R\$ 2.875,83/mês
6	Pesquisador Júnior 2	Trabalho		P	R\$ 3.442,50/mês
7	Auxiliar Técnico	Trabalho		A	R\$ 1.275,00/mês
8	Software	Material	unidade	S	R\$ 5.000,00
9	Equipamentos	Material	unidade	E	R\$ 7.500,00
10	Outros	Material	unidade	O	R\$ 1.300,00
11	Material de Consumo	Material	unidade	M	R\$ 3.000,00
12	Passagens e Diárias	Material	unidade	P	R\$ 18.000,00
13	Livros	Material	unidade	L	R\$ 1.900,00

Figura 6.4 Planilha de Recursos

De posse das informações de quais recursos de trabalho e materiais estão disponíveis para o projeto, então se definem os recursos necessários para executar cada tarefa. Por exemplo, não se pode fazer a compra do software sem a verba estar liberada. Já definidas as tarefas e os recursos que serão utilizados para executá-las, é o momento de analisar suas relações e corrigir eventuais distorções.

Um recurso sublocado poderá consumir, desnecessariamente, um orçamento maior, enquanto que um recurso superalocado poderá se esgotar podendo se tornar uma restrição, atrasando o projeto. O ideal é que todos os recursos sejam aplicados com eficiência máxima.

Para localizar e avaliar a superalocação de recursos é utilizado o Gráfico de Recursos como aquele representado na Figura 6.5, onde é constatado que há sobrecarga do recurso gerente de projeto, ou seja, o Gerente de Projeto está trabalhando 50% a mais do que deveria nesta tarefa. Para solucionar as superalocações deste recurso foi modificado o período de sua aplicação (trabalho); também poderia ser feito o ajuste das propriedades da tarefa ou alterar as atribuições.

Após serem corrigidas as distorções dos recursos, finalmente, esta fase de planejamento do projeto está concluída e preparada para o preenchimento do formulário da ANEEL, e melhor ainda, pode-se constatar que esta apresenta todas as informações e ferramentas

necessárias para auxiliar o monitoramento e controle do projeto durante a execução do projeto. Antes de seguirmos para o próximo tópico analisaremos algumas outras informações sobre o projeto.

O Custo Total do projeto, bem como a data de início, término, duração e trabalho podem ser visualizados na tabela de Estatísticas do Projeto (Figura 6.6). O gráfico da Figura 6.7 apresenta o Custo Acumulado do projeto por mês.

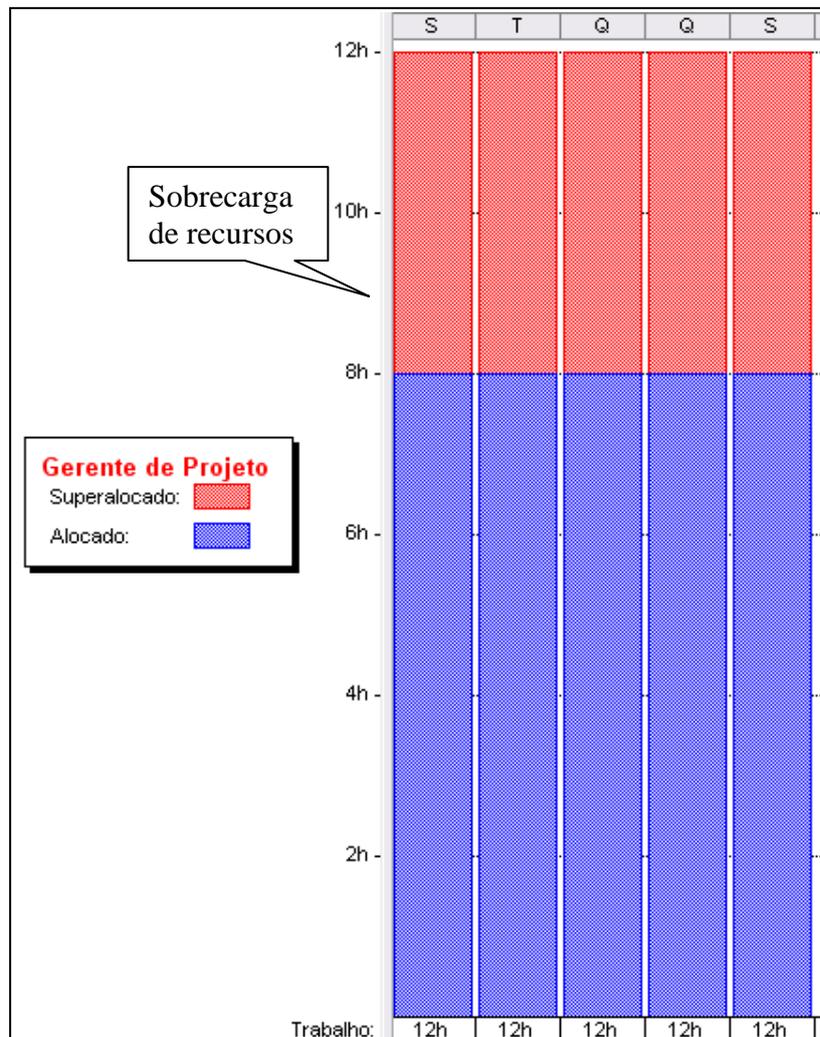


Figura 6.5 Gráfico de Recursos

O custo da tarefa possui dois componentes: um Custo Variável e um Custo Fixo, cuja soma resulta no Custo Total da tarefa. O Custo Variável está diretamente ligado à duração da tarefa e aos recursos, suas taxas e valores devidos. O *Microsoft Project* utiliza a seguinte fórmula para calcular o custo variável de uma tarefa:

Custo Variável = (horas normais trabalhadas X taxa padrão do recurso) + (horas extras trabalhadas X taxa de hora extra do recurso) (VARGAS, 2002).

Esse Custo Variável é automaticamente calculado quando são atribuídos recursos às tarefas e pode-se visualizá-lo através da tabela de custos da planilha de Custos das Tarefas, na coluna Custo Total (Figura 6.8).

Estatísticas do projeto 'Projeto1'			
	Início	Término	
Atual	Seg 2/2/09	Sex 22/1/10	
LinhaBase	NA*	NA	
Real	NA*	NA	
Variação	0d	0d	

	Duração	Trabalho	Custo
Atual	231d	12.936h	R\$ 273.956,17
LinhaBase	0d?	0h	R\$ 0,00
Real	0d	0h	R\$ 0,00
Restante	231d	12.936h	R\$ 273.956,17

Porcentagem concluída:

Duração: 0% Trabalho: 0%

* Não aplicado

Figura 6.6 Estatísticas do Projeto

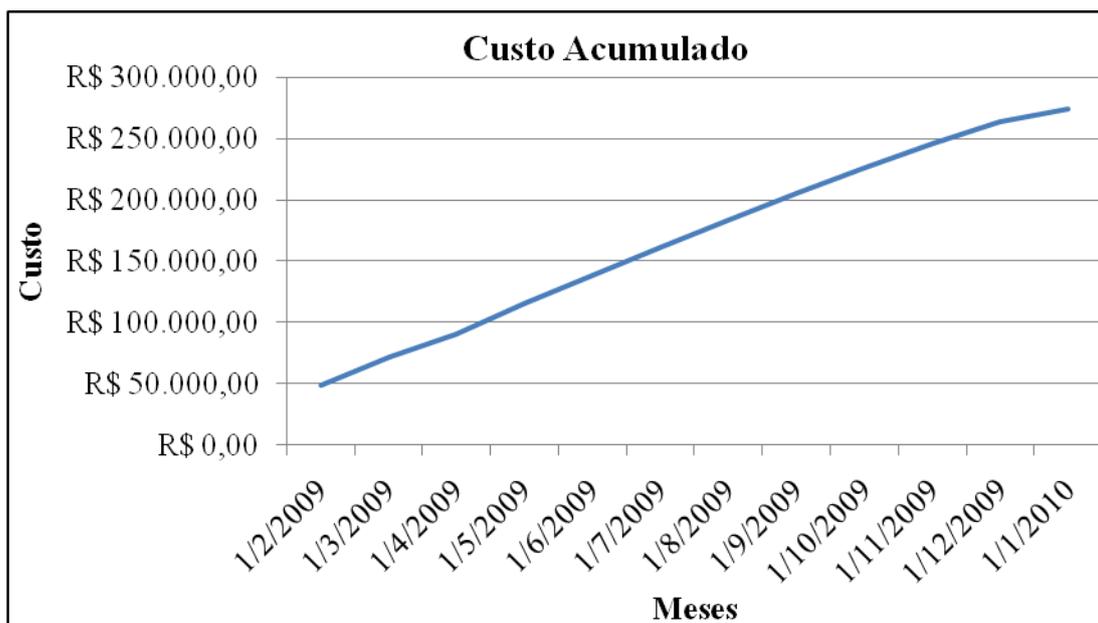


Figura 6.7 Custo Acumulado

Através do gráfico Custo Mensal do Projeto (Figura 6.9) é visualizado o custo das tarefas no mês. O mês de fevereiro apresenta o maior custo, pois além do recurso humano também está incluso o recurso material, menos o recurso destinado à compra de software que somente é disponibilizada em maio. Existe uma queda de recursos no mês de dezembro, que é devido ao período de folga.

Id	Nome da tarefa	Custo total
1	Alocação Ótima de Subestação	R\$ 273.956,17
2	Levantamento de Dados	R\$ 41.970,83
3	Referências Bibliográficas	R\$ 36.835,42
4	Do caso a ser analisado	R\$ 5.135,42
5	Estudo Preliminar	R\$ 49.299,98
6	Estudo sobre Alocação Ótima de Subestação	R\$ 20.541,66
7	Relatório sobre Alocação Ótima de Subestação	R\$ 2.054,17
8	Aprovação do Relatório de Alocação Ótima de Subestação	R\$ 2.054,17
9	Estudo sobre Algoritmo Genético	R\$ 20.541,66
10	Relatório sobre Algoritmo Genético	R\$ 2.054,17
11	Aprovação do Relatório sobre Algoritmo Genético	R\$ 2.054,17
12	Requisitos de Software/Análise	R\$ 21.433,33
13	Realizar a análise das necessidades	R\$ 5.135,42
14	Determinar especificações de software preliminares	R\$ 1.027,08
15	Escolha do software	R\$ 1.027,08
16	Relatório sobre especificações do software	R\$ 1.027,08
17	Obter aprovação para continuar	R\$ 1.027,08

Figura 6.8 Custo da Tarefa

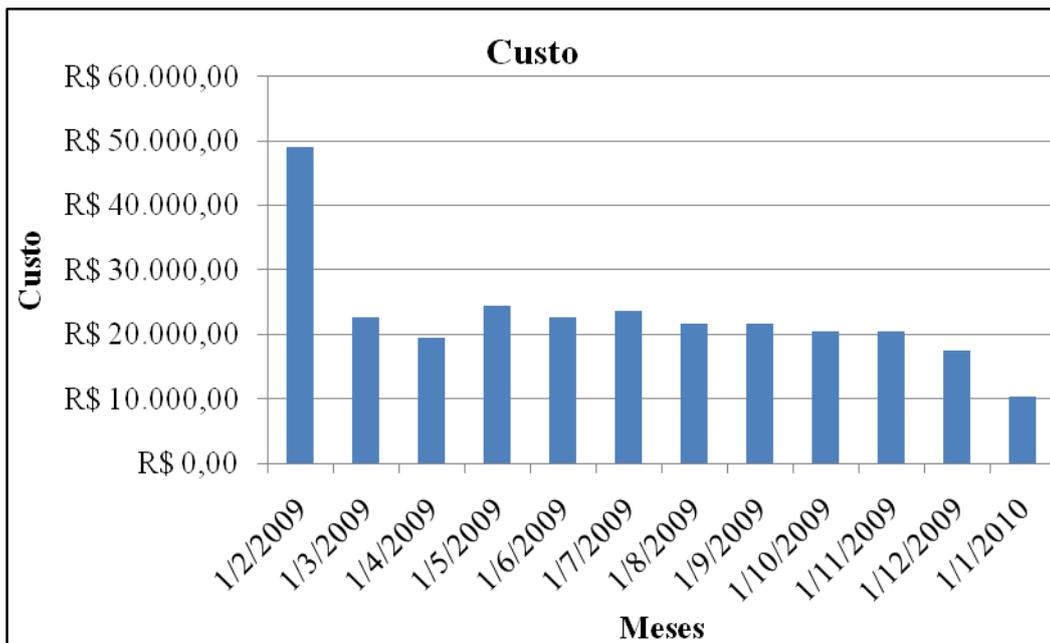


Figura 6.9 Custo Mensal do Projeto

6.3.3 Fase de Execução

A fase de execução do projeto de P&D, somente vai ocorrer após a aprovação da ANEEL, que vai envolver a condução das atividades conforme estas foram planejadas anteriormente.

6.3.4 Fase de Monitoramento e Controle do Projeto

O monitoramento e controle do projeto ocorrem durante todo o ciclo de vida do projeto. O mecanismo básico utilizado de monitoramento e controle é através do software do *Microsoft Project* que consiste na entrada de informações reais de início, término, duração real e tempo residual (VARGAS, 2002). Também se pode utilizar em conjunto com o *Microsoft Project* a Tabela 6.1 de Entregas do Projeto.

No caso dos custos e da alocação do trabalho nos recursos, os dados podem ser inseridos manualmente ou o *Microsoft Project* fará os cálculos, retornando o valor e o trabalho proporcionais aos dados de prazos inseridos, a partir da suposição de um comportamento linear.

Para entender melhor como o *Microsoft Project* calcula o progresso do projeto, é feita a seguinte simulação: primeiro muda-se a data do sistema considerando que hoje seja o dia 10 de fevereiro de 2009 (linha pontilhada verticalmente na Figura 6.10). Depois salva-se uma linha de base (período de trabalho determinado na fase de planejamento), o que permitirá que se compare a agenda atualizada e o andamento real do projeto.

O controle das tarefas de acordo com a *Microsoft Project* pode ser feito de 3 maneiras (ALVARENGA, 2004):

- Controlar inserindo a porcentagem do trabalho concluído;
- Controlar inserindo o trabalho real concluído e o trabalho restante;
- Controlar inserindo as horas trabalhadas por período de tempo.

O método de controle utilizado neste projeto é da porcentagem do trabalho concluído, apesar de ser menos preciso, porém é o mais rápido. Na coluna %Concl., a tarefa

Referências Bibliográficas foi concluída 100% e do Caso a ser Analisado, 25%. Automaticamente o *Microsoft Project* calcula a porcentagem de trabalho concluído da tarefa principal Levantamento de Dados, ou seja, 63%, e de todo o projeto 5% (Figura 6.10).

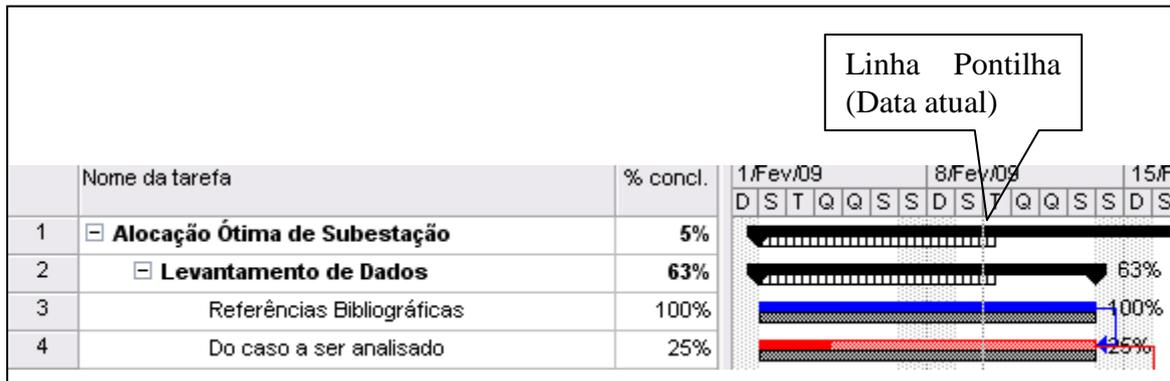


Figura 6.10 Representação do Andamento do Projeto no modo de Exibição Gráfico de Gantt de Controle

Caso a tarefa atrase, conseqüentemente, o custo do projeto vai aumentar: o custo total planejado da tarefa do caso a ser analisado (Figura 6.8) é de R\$ 5.135,43. Como houve um atraso de 2 dias este custo passou para R\$ 6.162,50 (Figura 6.11), ou seja, uma diferença de R\$ 1.027,07. Conseqüentemente se a tarefa tiver uma duração menor o custo da tarefa diminui, podendo alocar este recurso mais a frente, em outras tarefas, se necessário.



Figura 6.11 Custo da Tarefa Atrasada

6.4 CONCLUSÃO

Este capítulo apresentou um procedimento interativo para gerenciamento de projeto de P&D através do guia de projetos PMBOK, com o auxílio das ferramentas de planejamento do *Microsoft Project*. Como exemplo de aplicação o desenvolvimento do projeto de P&D Alocação Ótima de Subestação.

O programa computacional utilizado para auxiliar o desenvolvimento deste trabalho foi o *Microsoft Project*, pois é considerado hoje a principal ferramenta de gerenciamento de projetos disponível no mercado e apresenta uma grande versatilidade, facilidade de utilização e interfase (VARGAS, 2002).

Dentre as fases do projeto sugeridas pelo PMBOK (Iniciação, Planejamento, Monitoramento e Controle, Execução e Finalização), o *Microsoft Project* foi adotado basicamente durante as Fases de Planejamento e Monitoramento e controle do projeto.

Uma das principais vantagens do *Microsoft Project* é a sua total compatibilidade com a família de produtos Microsoft Office, da qual faz parte. Recomenda-se também o armazenamento dos detalhes do projeto em seu banco de memória, pois estas informações (dados) serão usadas para calcular e manter o cronograma e os custos do projeto.

No momento da elaboração desse projeto, ficou evidente que é um *software* de gerenciamento simples fácil de aprender e usar, sendo recomendado para o planejamento, execução e monitoramento de projetos semelhantes.

CAPÍTULO 7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

7.1 CONCLUSÕES

Um dos maiores desafios das concessionárias de energia elétrica é fazer um planejamento de forma eficiente e eficaz. Este trabalho tem como objetivo responder a esta questão. Deste modo, no Capítulo 4 são apresentadas as etapas do planejamento do sistema elétrico de distribuição, que tem como finalidade descrever e analisar todos os parâmetros exógenos e endógenos que são levados em consideração no planejamento do sistema elétrico de distribuição (critérios, definições e insumos). Vislumbra-se também como avaliar qual é o melhor momento de expandi-lo.

A expansão se faz necessária sempre que a demanda da região apresentar um crescimento significativo ou quando está dentro do planejamento estratégico da concessionária de energia elétrica ou é uma estratégia do Governo Federal e/ou Estadual e/ou Municipal. O planejamento da expansão pode contemplar a construção ou ampliação de subestações, instalação e recondutoramento de alimentadores, entre outros.

Um planejamento adequado do sistema elétrico de distribuição considera a minimização das perdas elétricas, minimização dos custos de instalação e manutenção de equipamentos. Outras questões também devem ser equacionadas, tais como qualidade de energia elétrica, confiabilidade da rede, limitações nos orçamentos, entre outros. Não podendo ainda esquecer que o planejamento deve estar alinhado de acordo com a filosofia da concessionária de energia elétrica.

Este trabalho tem como finalidade aplicar os conceitos de uma metodologia consagrada de gerenciamento de projeto, que é PMBOK, que vem a ser aplicada e adequada aos planejamentos dos sistemas elétricos de distribuição. Esta metodologia de gerenciamento de projetos é bastante genérica, sendo plenamente adaptável a todas as concessionárias de energia elétrica, cabendo a cada uma delas efetuar o detalhamento do método de acordo com suas diretrizes estratégicas e configuração administrativa.

O gerenciamento de projeto deve ser aplicado de maneira coordenada, integrada e, sobretudo de forma disciplinada e constante. O conjunto de ferramentas de gerenciamento de projetos produz decisões racionais com base na precisão das informações, deste modo, conduzindo o projeto a níveis elevados de produtividade e qualidade.

Conforme apresentado, o Ciclo de Vida do Projeto pode ser dividido em cinco fases: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e por último o encerramento. Esta divisão traz a vantagem de poder focar melhor os processos de cada fase, sem perder a visão geral do projeto. Outra vantagem é a definição do início e término de cada fase, oferecendo referência para a mudança de fase ou de rumo quando necessário (usualmente denominado de *Plano B*).

Para uma melhor compreensão da metodologia de gerenciamento de projeto neste trabalho, as suas técnicas foram aplicadas num estudo de caso no Capítulo 6, através de um processo interativo para acompanhamento e monitoramento de projetos de P&D, dentro de uma concessionária de energia elétrica.

Este processo proposto é apresentado através de um fluxograma, e é bastante genérico, plenamente adaptável a todas as concessionárias de energia elétrica do país, cabendo a estas efetuar o detalhamento do método com base em suas diretrizes.

A primeira fase da proposta de P&D é o preenchimento do Termo de Abertura do Projeto (TAP), que é a fase de estruturação do projeto, que apresenta de forma resumida as principais informações do projeto e argumentos necessários para a aprovação do mesmo. Deste modo é simplificado o trabalho da pessoa ou equipe que está propondo o projeto de P&D e da equipe ou pessoa responsável pela sua aprovação.

Após, a aprovação do TAP é o momento de fazer o planejamento do projeto. Neste procedimento é recomendado que todo o planejamento seja realizado com o apoio do software *Microsoft Project*, ou equivalente, que forneceu informações detalhadas sobre tarefas, prazos e recursos que compõem o projeto de P&D. Este software facilitou (visualmente e com tabelas de fácil entendimento) todo o processo de criação, implantação e o acompanhamento do projeto.

Após, definidos no *Microsoft Project* as tarefas e os recursos necessários para a realização do projeto, foi gerado o Diagrama de Rede e a Estrutura Analítica do Projeto (EAP). Para defini-los o *Microsoft Project* integra-se sem dificuldades com outros dois softwares: o *Pert Chart Expert* e o *WBS Chart Pro*. O programa computacional *Pert Chart Expert* gera um eficiente e claro Diagrama de Rede e o *WBS Chart Pro*, por sua vez, gera a EAP. Deve-se ressaltar que tanto a criação do Diagrama de Rede quanto a Estrutura Analítica do projeto são geradas de forma automática, deste modo, otimizando o tempo do planejador.

Todo o acompanhamento do projeto é realizado através do Gráfico de Controle de Gantt no próprio *Microsoft Project*. Primeiramente, atualizou-se periodicamente o cronograma para refletir o andamento real de um projeto. Em seguida, foi comparado o cronograma atualizado com a linha base do projeto, a fim de determinar se o andamento está de acordo com o cronograma original. Fica evidente que o atraso na realização de alguma tarefa interfere no andamento geral do projeto, bem como, no aumento do uso dos recursos humanos e financeiros, deste modo, onerando o projeto.

Finalizando, a utilização da ferramenta de gerenciamento de projeto no planejamento da distribuição só vai gerar ganhos para a concessionária de energia elétrica. Estes ganhos podem ser resumidos em: redução na duração dos projetos, diminuição e identificação dos riscos, aumento da qualidade e normatização da metodologia empregada, proporcionando a sua aplicação por todos os colaboradores da concessionária. Pode-se ainda destacar que, todo o integrante da equipe do projeto, bem como, as pessoas interessadas no projeto tem acesso a todas as informações do projeto. Deste modo, sabe-se em qual estágio se encontra o projeto e quais os recursos que já foram gastos.

7.2 SUGESTÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia proposta apresenta algumas dificuldades para sua implementação. A maior dela está ligada ao comportamento das pessoas, tais como, resistência a mudanças, zona de conforto, problemas culturais com novos procedimentos e programas. Nem sempre estes problemas são ocasionados propositalmente.

Além, destas dificuldades, outra encontrada é padronizar as ferramentas utilizadas em gerenciamento de projeto em toda a concessionária. Deste modo salienta-se que, quanto maior a concessionária, mais difícil será a implantação. É muito importante que estas ferramentas sejam implementadas aos poucos, pois quanto maior for a mudança, maior será a dificuldade da implantação. Tudo faz parte de um progresso, quando deve estar envolvidos a direção da concessionária, a equipe de implantação e as equipes que irão executar os processos. Neste momento todos devem fazer parte de um único time, que tem como objetivo evoluir e melhorar os processos.

Atualmente o PMBOK não é muito conhecido nas concessionárias de energia elétrica, ainda há muito pouco material disponível, ou melhor, quase nenhum, para consulta, deste modo, sendo necessário adaptar a metodologia e aprender com os erros e acertos, para chegar num gerenciamento de projetos ideal. Desta forma esta dissertação procurou preencher um pouco esta lacuna na área de planejamento de Sistemas Elétricos de Distribuição.

7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta dissertação pode ser considerada como o primeiro passo para o emprego da metodologia de gerenciamento de projeto no planejamento do sistema elétrico de distribuição. Alguns sugestões para trabalhos futuros são abordados a seguir:

- Desenvolver uma metodologia de avaliação de projetos de P&D;
- Aplicar e acompanhar a proposta apresenta no estudo de caso de Alocação Ótima de Subestação;
- Fazer uma comparação, mostrando as vantagens e desvantagens entre os softwares disponíveis no mercado de gerenciamento de projetos;
- Aplicar as ferramentas de gerenciamento de projetos em outros estudos de casos, tais como: projetos de engenharia simples e aplicada (construção de uma subestação, ampliação de redes, etc.), planejamento da transmissão, entre outros.

ANEXO A QUALIDADE DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

A.1 QUALIDADE DO PRODUTO

A qualidade do produto define a terminologia, caracteriza os fenômenos (distúrbios que podem ter origens na energia elétrica entregue pela concessionária, ou na rede interna de distribuição do próprio consumidor) e estabelece os parâmetros e valores de referência relativos à conformidade de tensão em regime permanente e às perturbações na forma de onda de tensão (ANEEL, 2006c).

Atualmente os aspectos considerados da qualidade do produto em regime permanente ou transitório são:

- Tensão em regime permanente;
- Fator de potência;
- Harmônicos;
- Desequilíbrio de tensão;
- Flutuação de tensão (flicker ou centilação);
- Variação de tensão de curta duração (VTCD).

A.1.1 Tensão em Regime Permanente

Os limites adequados, precários e críticos para os níveis de tensão em regime permanente (estado estacionário), estes valores limites são normatizados pela resolução nº 505, de 26 de novembro de 2001 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

Indicadores Individuais

I – Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária (DRP), utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{DRP} = \frac{nlp}{1.008} \times 100 \quad [\%]$$

(A.1)

II – Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica (DRC), utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{DRC} = \frac{n_{lc}}{1.008} \times 100 \quad [\%] \quad (\text{A.2})$$

Onde:

n_{lp} : Número de leituras situadas nas faixas precárias;

n_{lc} : Número de leituras situadas nas faixas críticas;

1.008: Número de leituras válidas a cada 10 (dez) minutos no período de observação.

A Tabela A.1 mostra níveis de tensão adequado, precário e crítico de consumidores conectados a rede primária. A Tabela A.2 mostra a faixa de tensão nominal nos pontos de entrega igual ou inferior a 1KV, existem vários padrões de rede com diferentes tensões nominais, conforme regulamentado pela resolução nº 505, de 26 de novembro de 2001 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

Classificação da Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de variação da Tensão da Leitura (TL) em relação à Tensão Contratada (TC)
Adequada	$0,93 \text{ TC} \leq \text{TL} \leq 1,05 \text{ TC}$
Precária	$0,90 \text{ TC} \leq \text{TL} < 0,93 \text{ TC}$
Crítica	$\text{TL} < 0,90 \text{ TC}$ ou $\text{TL} > 1,05 \text{ TC}$

Fonte: Resolução ANEEL 505/2001

Tabela A.1 Pontos de entrega ou conexão em Tensão Nominal superior a 1KV e inferior a 69KV

Indicadores Coletivos

Os indicadores coletivos são obtidos através de dados armazenados na medição permanente distribuídas na rede, através de amostras. O índice de unidades consumidoras com tensão crítica (ICC) é dado por:

$$\text{ICC} = \frac{N_c}{N_L} \quad (\text{A.3})$$

Onde:

N_C : Número de unidades consumidoras com tensão críticas;

N_L : Número total de unidades consumidoras da amostra.

Tensões Nominais Padronizadas				
Tensão Nominal (TN)		Faixa de Valores	Faixa de Valores	Faixa de Valores
Ligação	Volts	Adequados das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (Volts)	Precários das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (Volts)	Críticos das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (Volts)
Trifásica	(220)/(127)	(201 ≤ TL ≤ 231)/ (116 ≤ TL ≤ 133)	(189 ≤ TL < 201 ou 231 < TL ≤ 233)/ (109 ≤ TL < 116 ou 133 < TL ≤ 140)	(TL < 189 ou TL > 233)/ (TL < 109 ou TL > 140)
	(380)/(220)	(348 ≤ TL ≤ 396)/ (201 ≤ TL ≤ 231)	(327 ≤ TL < 348 ou 396 < TL ≤ 403)/ (189 ≤ TL < 201 ou 231 < TL ≤ 233)	(TL < 327 ou TL > 403)/ (TL < 189 ou TL > 233)
Monofásica	(254)/(127)	(232 ≤ TL ≤ 264)/ (116 ≤ TL ≤ 132)	(220 ≤ TL < 232 ou 264 < TL ≤ 269)/ (109 ≤ TL < 116 ou 132 < TL ≤ 140)	(TL < 220 ou TL > 269)/ (TL < 109 ou TL > 140)
	(440)/(220)	(402 ≤ TL ≤ 458)/ (201 ≤ TL ≤ 229)	(380 ≤ TL < 402 ou 458 < TL ≤ 466)/ (189 ≤ TL < 201 ou 229 < TL ≤ 233)	(TL < 380 ou TL > 466)/ (TL < 189 ou TL > 233)

Fonte: Resolução ANEEL 505/2001

Tabela A.2 Pontos de Entrega em Tensão Nominal Igual ou Inferior a 1KV

A.1.2 Fator de Potência

O fator de potência é a relação entre a energia ativa e a energia aparente ou total, ou seja:

$$\text{Fator de Potência} = \frac{\text{Energia Ativa}}{\text{Energia Aparente ou total}} = \cos\varphi \quad (\text{A.4})$$

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL através da resolução nº456 de 29 de novembro de 2000 pelo Artigo nº. 65 estabelece que todas as concessionárias de energia elétrica do Brasil foram autorizadas a efetuar a cobrança de consumo e demanda de reativos excedentes, sempre que o fator de potência estiver com valor fora das faixas relacionadas a seguir:

- Durante o período de 6 horas consecutivas, compreendido, a critério da concessionária entre 23h30min e 06h30min, apenas serão aceitos os fatores de potência inferiores a 0,92 capacitivo, verificados a cada intervalo de 1 hora;
- Durante as outras 18 horas serão aceitos fatores de potência inferiores a 0,92 indutivo, verificado a cada intervalo de 1 hora.

A mesma resolução estabelece que a cobrança do fator de potência pelas concessionárias é obrigatória, para unidades consumidoras alimentadas com mais de 2.300 V e facultativas para unidades consumidoras alimentadas abaixo dos 2.300 V (como: residências urbanas e rurais, serviço público em geral, pertencentes ao grupo B).

A.1.3 Harmônicos

As distorções harmônicas são fenômenos associados com deformações nas formas de onda senoidais das tensões e correntes. São causadas por cargas não lineares como fontes chaveadas, motores, retificadores, alguns tipos de lâmpadas com reator, entre outros (KNOLSEISEN, 2001).

A principal norma para níveis de distorção harmônica, internacionalmente conhecida, é a norma IEC (*International Electrotechnical Commission*) 61000-3-2 (limites para emissão

de harmônicas de corrente menor que 16A por fase), refere-se às limitações das harmônicas de corrente injetadas na rede pública de alimentação. Para corrente maior que 16A utiliza a norma IEC 61000 3-4. É também utilizada como referência a recomendação (IEEE-519/1992), a qual recomenda os principais fenômenos causadores de distorção harmônica, indica métodos de medição e limites de distorção (POMILIO, 2006).

Para a rede básica de energia elétrica, o Operador Nacional do Sistema (ONS) estabelece desde 2002 parâmetros de qualidade para a tensão suprida. Mas, do ponto de vista do consumidor, as restrições a serem consideradas são, na imensa maioria, as do sistema de distribuição, as quais ainda estão em discussão. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (ANEEL, 2006b) propõe valores para a distorção harmônica da tensão no sistema de distribuição. Porém, tal regulamentação ainda não está definida.

A quantificação da distorção harmônica pode ser mensurada através da corrente ou tensão individual, através da distorção harmônica individual de tensão $DIT_h\%$ e da distorção harmônica total de tensão $DTT\%$ conforme as equações:

$$DIT_h \% = \frac{V_h}{V_1} \times 100 \quad (A.5)$$

$$DTT = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{hm\acute{a}x} V_h^2}}{V_1} \times 100 \quad (A.6)$$

Onde:

$DIT_h\%$: Distorção harmônica individual de tensão de ordem h;

$DTT\%$: Distorção harmônica total de tensão;

V_h : Tensão harmônica de ordem h;

h : Ordem harmônica;

hmáx : Ordem harmônica máxima;

V_1 : Tensão fundamental medida (em rms).

A.1.4 Desequilíbrio de Tensão

Desequilíbrio de tensão pode ser definido como o desvio máximo da média das correntes ou tensões trifásicas, dividido pela média das correntes ou tensões trifásicas, expressado em percentual. Tem origem na distribuição desigual entre fases da carga do sistema causando aparecimento de tensões desequilibradas.

As origens destes desequilíbrios estão geralmente nos sistemas de distribuição, os quais possuem cargas monofásicas e bifásicas distribuídas inadequadamente

Tais fatores fazem com que a qualidade no fornecimento de energia seja prejudicada, e alguns consumidores tenham em suas alimentações um desequilíbrio de tensão. Estes desequilíbrios de tensão podem apresentar problemas indesejáveis na operação de equipamento (FRANCO, 2003).

Contudo, o problema de desequilíbrio de tensão nas redes de distribuição pode ser resolvido através do balanceamento das redes, que pode ser obtido através da reconfiguração da rede, possibilitada pela ação de chaves seccionadoras ou pela redistribuição de cargas entre as fases dos alimentadores (KNOLSEISEN, 2001).

A expressão para o calculo do desequilíbrio de tensão é:

$$\text{FD}\% = \frac{V_-}{V_+} \times 100 \quad (\text{A.7})$$

Pode-se se utilizar a expressão abaixo como alternativa que conduz a resultados aproximados com a formulação anterior.

$$\text{FD}\% = 100 \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \quad (\text{A.8})$$

Sendo:

$$\beta = \frac{V_{ab}^4 + V_{bc}^4 + V_{ca}^4}{(V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2)^2} \quad (A.9)$$

Onde:

FD : Fator de desequilíbrio;

V_- : Magnitude de tensão de seqüência negativa (em rms);

V_+ : Magnitude de tensão de seqüência positiva (em rms);

V_{ab} , V_{bc} e V_{ca} : Magnitudes das tensões trifásicas de linha (em rms).

O valor de referência nos barramentos do sistema de distribuição, com exceção a baixa tensão, é de 2%. Este valor serve como referência do planejamento elétrico em termos de qualidade de energia elétrica (ANEEL, 2006b).

A.1.5 Flutuação de Tensão

A flutuação de tensão (Flicker ou cintilação) é uma variação aleatória, repetitiva ou esporádica do valor eficaz da tensão (ANEEL, 2006b).

A flutuação de tensão causa vários efeitos no sistema elétrico, como oscilações de potência e torque das máquinas elétricas, queda de rendimento dos equipamentos elétricos, interferência nos sistemas de proteção, e principalmente o efeito “flicker” ou cintilação luminosa. A análise da qualidade da tensão de um barramento do sistema de distribuição tem como finalidade avaliar o incômodo provocado pelo efeito Flicker.

A.1.6 Variação de Tensão de Curta Duração

Variações de tensão de curta duração (VTCD) são desvios significativos no valor eficaz da tensão em curtos intervalos de tempo.

Variações de tensão de curta duração são tipicamente causadas por curtos-circuitos nas redes elétricas, outra causa, ainda que menos freqüente e menos severa, é a partida de motores. Um consumidor industrial pode ser submetido a uma variação de tensão de curta duração devida a curtos-circuitos ou partidas de motores que ocorram dentro de sua fábrica

ou em qualquer outro lugar da rede elétrica externa (SOUZA *et al.*, 2006).

A.2 QUALIDADE DO SERVIÇO

A qualidade de serviço estabelece procedimentos relativos aos indicadores de continuidade e dos tempos de atendimento do serviço prestado pelas distribuidoras aos consumidores. (ANEEL, 2006b).

A continuidade de fornecimento de energia elétrica é controlada, avaliada e supervisionada através de indicadores coletivos ou individuais. Os indicadores coletivos (ou do conjunto) expressam valores vinculados a conjuntos de unidades consumidoras e os individuais a cada unidade consumidora. A resolução ANEEL nº024 de 27 de janeiro de 2000, estabelece as disposições relativas à continuidade da distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras.

A.2.1 Indicadores de Continuidade de Conjunto

I - Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC): Intervalo de tempo em que, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado, ocorreu descontinuidade na distribuição de energia elétrica.

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca(i).t(i)}{Cc} \quad (A.10)$$

Onde:

DEC: Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora, expressa em horas e centésimo de hora;

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 dos eventos ocorridos no sistema que provocam interrupção em uma ou mais unidade consumidoras;

k : Número máximo de eventos no período considerado; e

C_c : Número total de unidades consumidoras, do conjunto considerado, no final do período de apuração.

II - 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.

$$\text{FEC} = \frac{\sum_{i=1}^k C_a(i)}{C_c} \quad (\text{A.11})$$

Onde:

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

A.2.2 Indicadores de Continuidade Individuais

I - Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (DIC): Intervalo de tempo em que, no período de observação, em uma unidade consumidora ou ponto de conexão, ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica.

$$\text{DIC} = \sum_{i=1}^n t(i) \quad (\text{A.12})$$

Onde:

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

II - Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (FIC): Número de interrupções ocorridas, no período de observação, em cada unidade consumidora.

$$\text{FIC} = n \quad (\text{A.13})$$

Onde:

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

n : Número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração.

III - Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora (DMIC): Tempo máximo de interrupção contínua, da distribuição de energia elétrica, para uma unidade consumidora qualquer.

$$\boxed{DMIC = t(i)_{\max}} \quad (A.14)$$

Onde:

DEMIC: Duração Máxima das Interrupções por Unidade Consumidora considerada, expressa em horas e centésimos de hora.

A.2.3 Metas de Continuidade

Os valores das metas anuais dos indicadores de continuidade dos conjuntos DEC e FEC serão negociados pelas concessionárias junto a ANEEL, sendo assim estabelecidos em resolução específica. Estes indicadores poderão ser revisados anualmente.

Na apuração dos indicadores DEC e FEC deverão ser considerados todas as interrupções que atingirem as unidades consumidoras, admitidas apenas as seguintes exceções:

- Falha nas instalações da unidade consumidora que não provoque interrupção em instalações de terceiros;
- Interrupção decorrente de obras de interesse exclusivo do consumidor e que afete somente a unidade consumidora do mesmo;
- Interrupção em situação de emergência;
- Suspensão do fornecimento por inadimplemento do consumidor;
- Não serão consideradas as interrupções provenientes da transmissora como casos fortuitos ou de força maior.

A concessionária de distribuição deverá apurar os indicadores de continuidade

considerando as interrupções com duração maior ou igual a 3 (três) minutos.

Os padrões de DIC e FIC deverão obedecer aos valores estabelecidos pela resolução ANEEL nº 024, de 27 de janeiro de 2000. O indicador DMIC deverá corresponder a 50% (cinquenta por cento) do padrão mensal do indicador DIC.

A.2.4 Indicadores de Tempo Médio de Atendimento de Ocorrências Emergenciais

O atendimento às ocorrências emergenciais deverá ser supervisionado, avaliado e controlado por meio de indicadores que expressem os valores vinculados a conjuntos de unidades consumidoras. A resolução nº. 520 da ANEEL, de 17 de setembro de 2002 apresentam estes indicadores que são indicados a seguir:

I - Tempo médio de preparação (TMP): Indicador que mede a eficiência dos meios de comunicação e dos fluxos de informação do controlador, cujo calculo é utilizado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{TMP} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{TP}(i)}{n} \quad (\text{A.15})$$

II - Tempo médio de deslocamento (TMD): Indicador que mede a eficácia do dimensionamento e localização geográfica das equipes de manutenção e operação cujo calculo é utilizado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{TMD} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{TD}(i)}{n} \quad (\text{A.16})$$

III - Tempo médio de mobilização (TMM): Cujo calculo é utilizado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{TMM} = \text{TMP} + \text{TMD} \quad (\text{A.17})$$

IV - Percentual do número de ocorrências emergências com interrupção de energia (PNIE): cujo calculo é utilizado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{PNIE} = \frac{\text{NIE}}{n} \times 100 \quad (\text{A.18})$$

Onde:

TMP: Tempo médio de preparação da equipe de atendimento de emergência, expresso em minutos;

TP: Tempo de preparação da equipe de atendimento de emergência para cada ocorrência emergencial, expresso em minutos;

N: Número de ocorrências emergenciais verificadas no conjunto de unidades consumidoras, com e sem interrupção de energia, no período de apuração considerado;

TMD: Tempo médio de deslocamento da equipe de atendimento de emergência, expresso em minutos;

TD: Tempo de deslocamento da equipe de atendimento de emergência para cada ocorrência emergencial, expressa em minutos;

TME: Tempo médio de execução do serviço até o seu restabelecimento pela equipe de atendimento de emergência, expresso em minutos;

TE: Tempo de execução do serviço até o seu restabelecimento pela equipe de atendimento de emergência para cada ocorrência emergencial, expresso em minutos;

TMM: Tempo médio de mobilização da equipe de atendimento de emergência, expresso em minutos;

PNIE: Percentual do número de ocorrências emergenciais com interrupção de energia elétrica, expresso em%;

NIE: Número de ocorrências emergenciais com interrupção de energia elétrica verificadas no conjunto de unidades consumidoras, no período de apuração considerado.

Na apuração dos indicadores não deverão ser considerados os atendimentos realizados pelas equipes de atendimento de emergência aos seguintes casos:

- Solicitações de serviços em redes de iluminação pública;
- Serviços de caráter comercial, tais como: reclamação de consumo elevado, substituição programada de medidores, corte e religação de unidades consumidoras;

- Reclamações relativas ao nível de tensão de atendimento;
- Reclamações relativas à interrupção de energia elétrica por manutenção programada, desde que previamente comunicada de acordo com a legislação.

A.3 PERDAS TÉCNICAS

As perdas técnicas representam um desperdício de energia elétrica, sendo, portanto necessário reduzi-las, deste modo obtendo menores níveis de perda do sistema, seja pela melhoria dos materiais empregados, pelo melhor desempenho dos equipamentos instalados, ou pela otimização da utilização da instalação.

Deste modo, estabelece a metodologia e os procedimentos para obtenção dos dados necessários para apuração das perdas técnicas dos sistemas de distribuição de energia elétrica, e define indicadores de avaliação, conforme definidos a seguir (ANEEL, 2006b):

I - Perdas técnicas das instalações de distribuição (PTD(i)): Perdas técnicas das instalações de distribuição, excluindo os transformadores, para cada nível de tensão, em megawatt-hora (MWH).

II - Perdas técnicas dos transformadores (PTT(i)): Perdas técnicas dos transformadores das instalações de distribuição, para cada relação de transformação, em megawatt-hora (MWH).

III - Perdas Técnicas (PT): Corresponde à soma das perdas técnicas de todos os níveis de tensão e de todas as relações de transformação, em megawatt-hora (MWH).

$$PT = PTT + PTD \quad (A.19)$$

Sendo que:

$$PTD = \sum_{i=1}^K PTD(i) \quad (A.20)$$

e

$$PTT = \sum_{i=1}^K PTT(j) \quad (A.21)$$

IV - Índice de perdas técnicas de distribuição (IPTD): Percentual de perdas técnicas em relação à energia injetada em cada nível de tensão:

$$IPTD_{(i)} = \frac{PTD(i)}{EID(i)} \times 100 \quad [\%] \quad (A.22)$$

V - Índices de perdas técnicas de transformação (IPTT): percentual de perdas técnicas em relação à energia injetada em cada transformação entre os níveis de tensão:

$$IPTT_{(j)} = \frac{PTT_{(j)}}{EPT_{(j)}} \times 100 \quad [\%] \quad (A.23)$$

VI - Percentagem de perdas técnicas – PPT: Percentual de perdas técnicas em relação à energia requerida:

$$PPT = \left(\frac{PT}{E_R} \right) \times 100 \quad [\%] \quad (A.24)$$

VII - Percentagem de perdas global (PPG): perdas globais representadas percentualmente em relação à energia requerida:

$$PPG = \left(1 - \frac{E_F}{E_n} \right) \times 100 \quad [\%] \quad (A.25)$$

São apuradas e avaliadas anualmente as perdas técnicas decorrentes da energia fornecida às unidades consumidoras regulares (incluídos os consumidores livres), outras distribuidoras e ao consumo próprio, bem como as perdas técnicas decorrentes do consumo de energia fornecida às unidades consumidoras em situação irregular (furtos e desvios de energia).

ANEXO B FORMULÁRIO DO TERMO DE ABERTURA DO
PROJETO

<i>NOME DO PROJETO</i>	
TERMO DE ABERTURA DO PROJETO	
Cliente:	Contato:
Preparado por:	Versão:
Aprovado por:	Data:

I. Justificativa e Benefícios do Projeto

Descreva o produto ou serviço do projeto, o motivo que levou à criação do projeto e o propósito do mesmo e quais problemas ou questões o projeto solucionará.

II. Objetivos do Projeto

Descreva os objetivos gerais do projeto.

III. Resultados Esperados

Descreva os principais resultados do projeto.

IV. Riscos

Descreva os principais riscos que o projeto poderá apresentar. Em caso de riscos elevados, prever um plano alternativo no Cronograma.

V. Custos dos Recursos e Estimativas

Forneça a estimativa de custos, inclusive o capital já gasto, se houver.

Forneça a estimativa de custos e o estudo de viabilidade econômica, inclusive o capital já gasto, se houver. Pode-se calcular Relações Custo/Benefício e/ou Valor Presente Líquido (VPL)..

OBS. Para um projeto inferior a R\$ 400.000,00, não é necessário fazer o estudo de viabilidade (no formulário do projeto da ANELL quando entra no ícone viabilidade

aparece a seguinte mensagem: “A viabilidade econômica deve ser preenchida apenas para projetos acima de R\$ 400.000,00”).

VI. Funções e Responsabilidade

Faça uma lista de todas as pessoas que serão necessárias para a execução do projeto e sua função, incluindo um Gerente de Projeto para efetivo acompanhamento na empresa e um Coordenador Técnico do projeto.

VII. Cronograma

Indique o início e o término da atividade.

VIII. Pesquisas Correlatas

Cite as principais referências bibliográficas que servirão de base para a execução do projeto.

IX. Assinaturas

Inclua linhas de assinaturas das pessoas interessadas no projeto.

X. Anexos

Enumere aqui os anexos, se houver.

OBS: Neste formulário poderão ser aplicados os conceitos dos 5W e 1 H (What?, Why?, Who(m)?, Where?, When? E How?) os quais facilitam a elaboração de pré-projetos.

ANEXO C FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE P&D

ANEEL [AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA]

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE P&D

Título do Projeto: _____

Gerente do Projeto: _____

Telefone: _____

Fax: _____

E-mail: _____

Avaliador: _____

Função: _____

RESUMO DA AVALIAÇÃO (Marcar o quadro apropriado. Fornecer os comentários adicionais na Seção Comentários Relativos à Avaliação)

	Insuficiente		Aceitável		Excelente
	1	2	3	4	5
1. Factibilidade do plano de pesquisa	<input type="radio"/>				
2. Transferência dos resultados	<input type="radio"/>				
3. Capacitação do coordenador da equipe do projeto	<input type="radio"/>				
4. Disponibilidade do coordenador da equipe do projeto	<input type="radio"/>				
5. Capacitação da equipe do projeto	<input type="radio"/>				
6. Disponibilidade da equipe do projeto	<input type="radio"/>				
7. Razoabilidade dos custos	<input type="radio"/>				
8. Benefícios do projeto	<input type="radio"/>				

Prioridade do projeto para a Aneel? (Indicar se o projeto é prioritário de acordo com as diretrizes do "Programa de P&D do Setor Elétrico Brasileiro")

Sim Não

Comentários Relativos à Avaliação (É obrigatório justificar todos os itens)

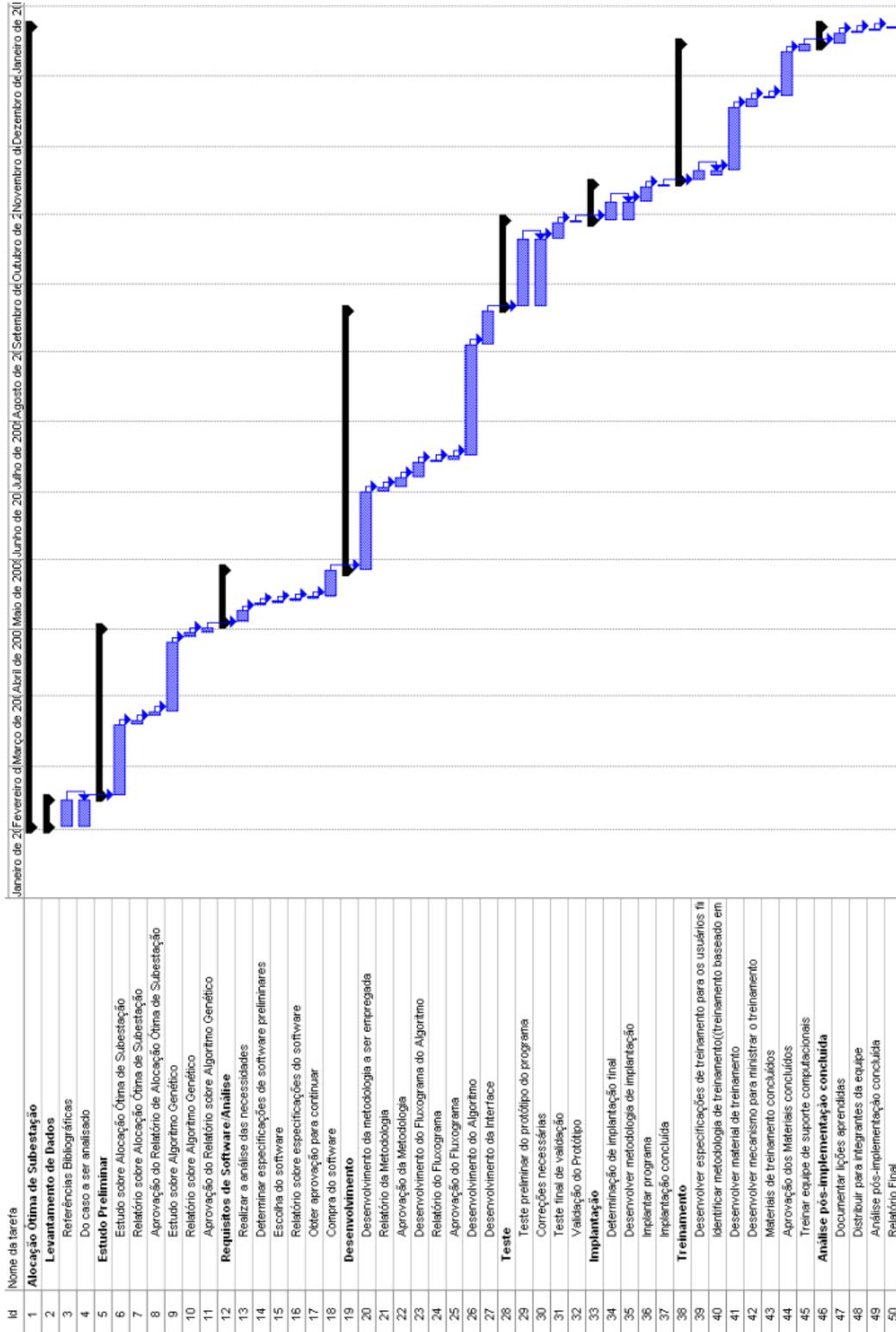
Tópicos para Revisão/Recomendação (Caso no item Resultado da Avaliação tenha sinalizado "Submeter ao coordenador do projeto para revisão/modificação")

OBS: Para ser utilizado numa análise inicial de viabilidade e factibilidade do projeto, a ser avaliado preventivamente pelo gerente do projeto na concessionária antes de ser enviado para a ANEEL.

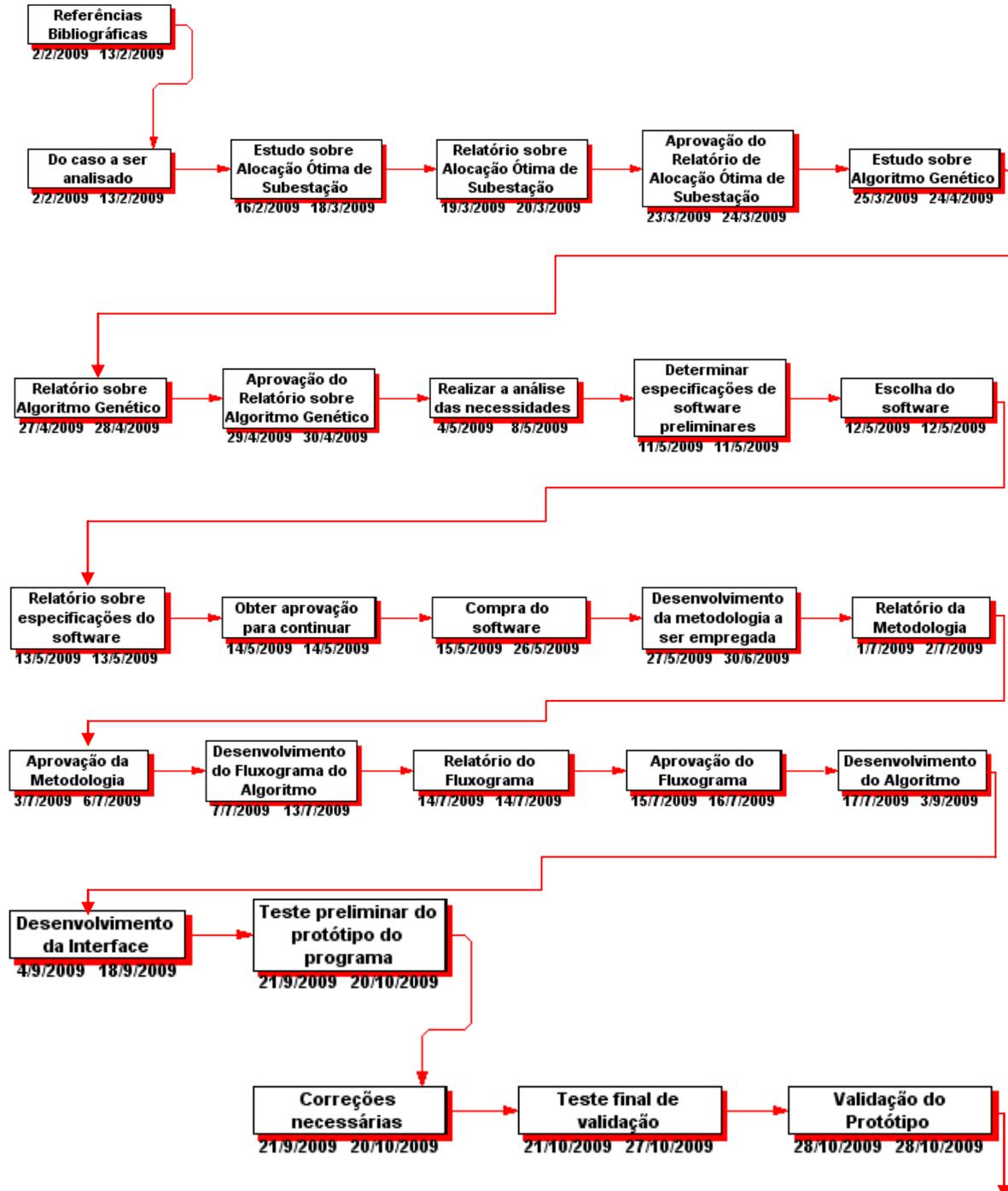
ANEXO D DURAÇÃO DAS TAREFAS E PREDECESSORES

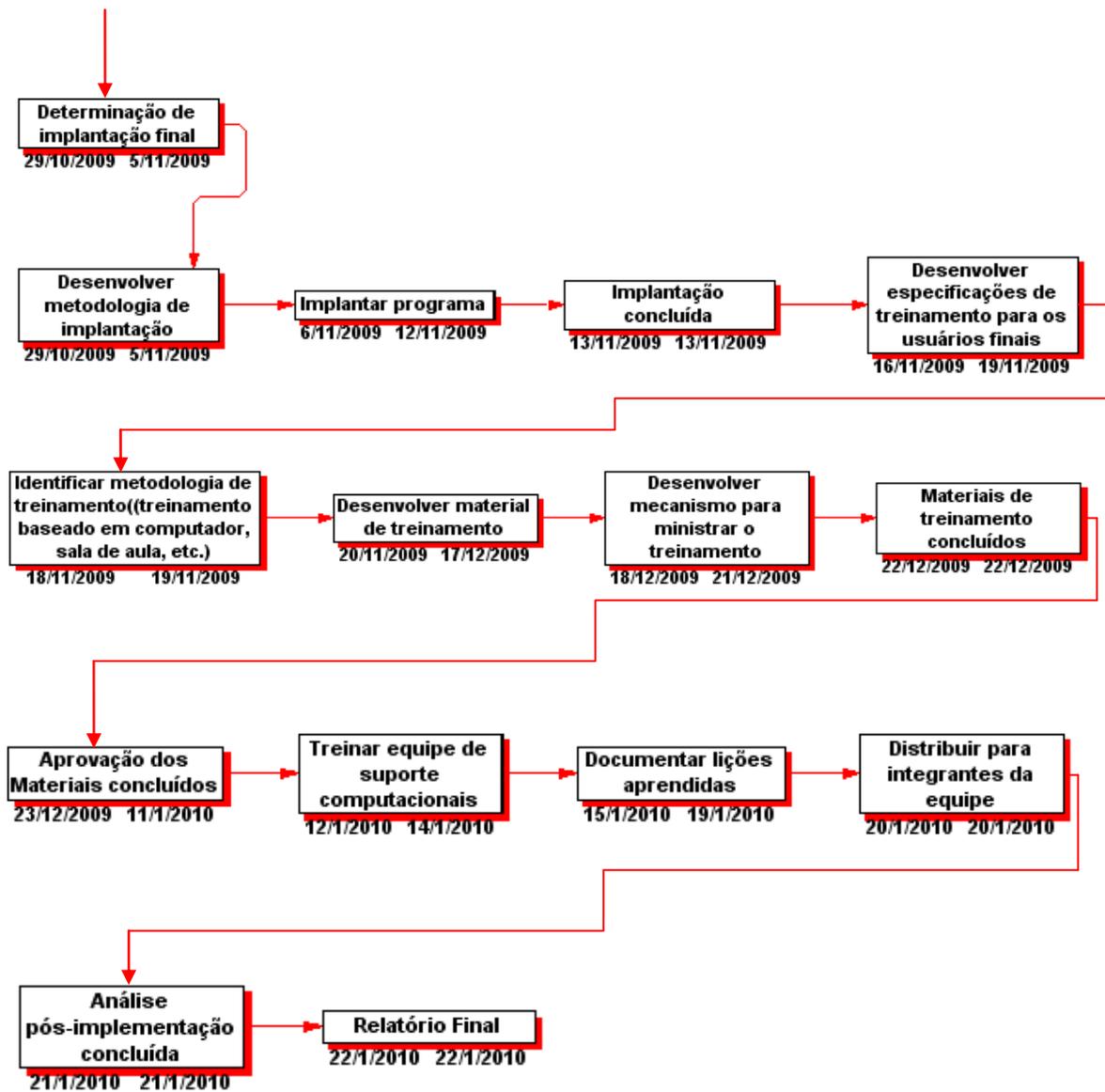
Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	Alocação Ótima de Subestação	231 dias	Seg 2/2/09	Sex 22/1/10	
2	Levantamento de Dados	10 dias	Seg 2/2/09	Sex 13/2/09	
3	Referências Bibliográficas	10 dias	Seg 2/2/09	Sex 13/2/09	
4	Do caso a ser analisado	10 dias	Seg 2/2/09	Sex 13/2/09	3TT
5	Estudo Preliminar	48 dias	Seg 16/2/09	Qui 30/4/09	
6	Estudo sobre Alocação Ótima de Subestação	20 dias	Seg 16/2/09	Qua 18/3/09	4
7	Relatório sobre Alocação Ótima de Subestação	2 dias	Qui 19/3/09	Sex 20/3/09	6
8	Aprovação do Relatório de Alocação Ótima de Subestação	2 dias	Seg 23/3/09	Ter 24/3/09	7
9	Estudo sobre Algoritmo Genético	20 dias	Qua 25/3/09	Sex 24/4/09	8
10	Relatório sobre Algoritmo Genético	2 dias	Seg 27/4/09	Ter 28/4/09	9
11	Aprovação do Relatório sobre Algoritmo Genético	2 dias	Qua 29/4/09	Qui 30/4/09	10
12	Requisitos de Software/Análise	16 dias	Seg 4/5/09	Ter 26/5/09	
13	Realizar a análise das necessidades	5 dias	Seg 4/5/09	Sex 8/5/09	11
14	Determinar especificações de software preliminares	1 dia	Seg 11/5/09	Seg 11/5/09	13
15	Escolha do software	1 dia	Ter 12/5/09	Ter 12/5/09	14
16	Relatório sobre especificações do software	1 dia	Qua 13/5/09	Qua 13/5/09	15
17	Obter aprovação para continuar	1 dia	Qui 14/5/09	Qui 14/5/09	16
18	Compra do software	7 dias	Sex 15/5/09	Ter 26/5/09	17
19	Desenvolvimento	82 dias	Qua 27/5/09	Sex 18/9/09	
20	Desenvolvimento da metodologia a ser empregada	25 dias	Qua 27/5/09	Ter 30/6/09	18
21	Relatório da Metodologia	2 dias	Qua 1/7/09	Qui 2/7/09	20
22	Aprovação da Metodologia	2 dias	Sex 3/7/09	Seg 6/7/09	21
23	Desenvolvimento do Fluxograma do Algoritmo	5 dias	Ter 7/7/09	Seg 13/7/09	22
24	Relatório do Fluxograma	1 dia	Ter 14/7/09	Ter 14/7/09	23
25	Aprovação do Fluxograma	2 dias	Qua 15/7/09	Qui 16/7/09	24
26	Desenvolvimento do Algoritmo	35 dias	Sex 17/7/09	Qui 3/9/09	25
27	Desenvolvimento da Interface	10 dias	Sex 4/9/09	Sex 18/9/09	26
28	Teste	26 dias	Seg 21/9/09	Qua 28/10/09	
29	Teste preliminar do protótipo do programa	20 dias	Seg 21/9/09	Ter 20/10/09	27
30	Correções necessárias	20 dias	Seg 21/9/09	Ter 20/10/09	29TT
31	Teste final de validação	5 dias	Qua 21/10/09	Ter 27/10/09	30
32	Validação do Protótipo	1 dia	Qua 28/10/09	Qua 28/10/09	31
33	Implantação	11 dias	Qui 29/10/09	Sex 13/11/09	
34	Determinação de implantação final	5 dias	Qui 29/10/09	Qui 5/11/09	32
35	Desenvolver metodologia de implantação	5 dias	Qui 29/10/09	Qui 5/11/09	34TT
36	Implantar programa	5 dias	Sex 6/11/09	Qui 12/11/09	35
37	Implantação concluída	1 dia	Sex 13/11/09	Sex 13/11/09	36
38	Treinamento	32 dias	Seg 16/11/09	Qui 14/1/10	
39	Desenvolver especificações de treinamento para os usuários	4 dias	Seg 16/11/09	Qui 19/11/09	37
40	Identificar metodologia de treinamento((treinamento baseado em	2 dias	Qua 18/11/09	Qui 19/11/09	39TT
41	Desenvolver material de treinamento	20 dias	Sex 20/11/09	Qui 17/12/09	40
42	Desenvolver mecanismo para ministrar o treinamento	2 dias	Sex 18/12/09	Seg 21/12/09	41
43	Materiais de treinamento concluídos	1 dia	Ter 22/12/09	Ter 22/12/09	42
44	Aprovação dos Materiais concluídos	2 dias	Qua 23/12/09	Seg 11/1/10	43
45	Treinar equipe de suporte computacionais	3 dias	Ter 12/1/10	Qui 14/1/10	44
46	Análise pós-implantação concluída	6 dias	Sex 15/1/10	Sex 22/1/10	
47	Documentar lições aprendidas	3 dias	Sex 15/1/10	Ter 19/1/10	45
48	Distribuir para integrantes da equipe	1 dia	Qua 20/1/10	Qua 20/1/10	47
49	Análise pós-implantação concluída	1 dia	Qui 21/1/10	Qui 21/1/10	48
50	Relatório Final	1 dia	Sex 22/1/10	Sex 22/1/10	49

ANEXO E GRÁFICO DE GANTT



ANEXO F DIAGRAMA DE REDE





REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Resolução ANEEL nº 024, de 27 de janeiro de 2000*. Brasília, 2000.

_____. *Resolução ANEEL nº 456, de 29 de novembro de 2000*. Brasília, 2000

_____. *Resolução ANEEL nº 505, de 26 de novembro de 2001*. Brasília, 2001.

_____. *Resolução ANEEL nº 520, de 17 de setembro de 2002*. Brasília, 2002.

_____. *Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição - módulo 2*. Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Brasília, 2006a.

_____. *Acesso aos Sistemas de Distribuição – módulo 3*. Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), Brasília 2006b.

_____. *Qualidade de Energia - módulo 8*. Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Brasília, 2006c.

_____. *Formulário de Projeto – Versão 1.3.0.0*. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=164&idPerfil=6>. Acessado em 15 de set. 2008.

_____. *Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica*. Brasília: ANEEL, 2008.

_____. *Temas para Investimento em P&D*. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=641&idPerfil=6>. Acessado em 15 de set. 2008.

_____. *Investimento em P&D: Inovação Tecnológica a Serviço do Desenvolvimento Sustentável*. Revista de Pesquisa e Desenvolvimento P&D da ANEEL. Brasília, nº2, nov

de 2007. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/RevistaP&D.pdf>. Acessado em: 15 de set. 2008

ALVARENGA, Geraldo P. *Microsoft Project 2002*. Apostila do Sistema de Ensino People Educação Profissional e Tecnológica. Campinas, 2004.

AMENDOLA, A.G.; ROCHA, M.C.; SILVA. Sistema “Serdis” - Uma Nova Concepção no Planejamento Otimizado de Investimentos em Redes de Distribuição. In: III CONGRESSO LATINO AMERICANO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. (3.Set 1998: São Paulo) *Anais*. São Paulo, 1998, p. 213-217.

ARANHA Neto, E. A. C.; SPERANDIO, M., COELHO, J. Current Situation of Technical and Non-Technical Losses in Brazil. *Publicação Interna. Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica LabPlan/UFSC*. 2008.

AUGUSTO, Alvaro. *O Livre Mercado de Energia Elétrica – Parte 1*. Disponível em: http://www.administradores.com.br/artigos/o_livre_mercado_de_energia_eletrica_brasileir_o_parte_i/1267/. Acessado em 23 abr. 2008

_____. *O Livre Mercado de Energia Elétrica – Parte 2*. Disponível em: http://www.administradores.com.br/artigos/o_livre_mercado_de_energia_eletrica_brasileir_o_parte_ii/1273/. Acessado em 23 abr. 2008

BEÊ, Rafael Terplak. *Alocação de Bancos de Capacitores em Sistema de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Algoritmos Genéticos*. Curitiba 2007. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Paraná.

BRASIL, 1964. Decreto-Lei n° 4.454, de 6 de Novembro de 1964. Dispõe sobre a Unificação de Frequência da Corrente Elétrica no País. Brasil.

CAPEZIO, Peter. *Poderosas Habilidades de Planejamento*. São Paulo: Amadio, 2002.

Critérios de Planejamento da Distribuição. Publicação interna Central Elétrica de Santa Catarina (CELESC) Apostila de Planejamento. Florianópolis, 2005.

CHAPIESKI, Jefferson. Proposta de Método para Seleção de projetos de P&D em Empresas Distribuidoras de Energia Elétrica. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Tecnologia. Instituto de Engenharia do Paraná.

CERCHIARI, S.C.; TEURYA, A.; PINTO, J.O.P.; *et al.* Data Mining in Distribution Consumer Database using Rough Sets and Self-Organizing Maps. In: IEEE POWER SYSTEMS CONFERENCE AND EXPOSITION (29 Out.- 1 Nov. 2006: USA). *Anais*. USA p. 38-43,

COMITE DE DISTRIBUIÇÃO (CODI). *Processo de Planejamento Elétrico de Sistemas de Distribuição*, 1990.

COELHO, J. *Planejamento de Sistemas de Distribuição*. Apostila de Planejamento de Sistemas de Distribuição. Florianópolis, 2005.

DIOS, R.; MARTIN. Network Planning. Methodology and Application. In. CIGRE, (Paris, Aug. 28 - Set.1 2006) C1-206.

ELETROBRÁS. *Plano Nacional de Energia Elétrica 1993-2015*, vol. 4. 1994.

ENSSLIN, Leonardo; MONTIBELLERNETO G.; NORONHA, S. M. *Apoio a Decisão – Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas*. Florianópolis: Insular, 2001.

FAGUNDES, L. D.; ALMEIDA, D. A.; LEAL, F. Metodologia de Gestão de Falhas para Empresas do Setor Elétrico. IN: XXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA

DE PRODUÇÃO (03 a 05 de Nov. de 2004: Florianópolis, SC). *Anais*. Florianópolis, 2004. P.620-627.

FRANCO, Edgard. *Fornecimento Distribuição Energia Elétrica*, 2003. Disponível em: http://www.eletrotec.pea.usp.br/files/28_FornecimentoDistribuicaoEnergiaEletrica_Cap10.pdf. Acessado em: 28 de jun. 2007.

GARCIA, V. J.; YOSHIMOTO, E.; GONZÁLEZ, *et al.* Otimizando o Projeto de Redes Secundárias de Distribuição de Energia Elétrica. IN: II CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA (13 e 14 de Nov de 200: Salvador, Bahia). *Anais*. Salvador, 2003. P. 790-795.

GASNIER, D. G. *Guia Prático para Gerenciamento de Projetos: Manual de Sobrevivência para os Profissionais de Projetos*. São Paulo: IMAM, 2000.

GOUVÊA, M. R.; PELEGRINE, M. A.; HAGE F. S. Planejamento por Parâmetros de Qualidade do Produto, Serviço e Atendimento. IN: II CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA (13 e 14 de Nov de 200: Salvador, Bahia). *Anais*. Salvador, 2003. P. 796-801.

HELDMAN, K. *Gerência de Projetos: Fundamentos: Um Guia Prático Para Quem Quer Certificação em Gerência de Projetos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

ISSICABA, Diego; COELHO, Jorge; Alcântara, Márcio V. P. Método de Soma das Potências com Rotações para Redes de Distribuição de Energia Elétrica. *Publicação Interna. Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica - LabPlan/EEL/UFSC*, Florianópolis, 2008.

KAGAN, N.; Fei, Su Pei ; OLIVEIRA, CARLOS César Barioni de ; SIMÕES, J. S. Planejamento de Redes de Distribuição a Partir de Avaliação Automática de Reforços na Rede. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS. (2006: Campina Grande). *Anais*. Pernambuco, 2006. V. 1. P 1-1.

KAGAN, N.; ROBBA, Ernesto João; OLIVEIRA, Carlos Cesar Barioni de. *Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica*. São Paulo: Edgard Blusher, 2005.

KANOLSEISEN, A. B.; COELHO, J. Etapas para a Elaboração do Planejamento de Sistemas de Distribuição Visando a Qualidade do Serviço. IN: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA. (2 a 5 de set 2002: Natal, Rio Grande do Norte) *Anais*. Rio Grande do Norte, p. 2592-2597.

KERSTING, William H. *Distribution Systems*. New Mexico: L.L. Grigby, 2001. IN: POWER SYSTEMS CONFERENCE AND EXPOSITION – IEE (29 out. - 1 nov. 2006: Atlanta, GA). *Anais*: Atlanta, p. 499-504.

KERSTING, William H. DUGAN, R. C. Recommended Practices for Distribution System Analysis.

KINDERMANN, Geraldo. *Curto-Circuito*. 3º ed. Florianópolis: Edição do Autor. UFSC/EEL/LABPLAN, 2003.

KINDERMANN, Geraldo; CAMPAGNOLO, Jorge Mário. *Aterramento Elétrico*. 5º ed. Florianópolis: Edição do Autor. UFSC/EEL/LABPLAN, 2004.

KNOLSEISEN, Ana Bárbara. *Planejamento de Sistemas de Distribuição com Ênfase na qualidade dos Serviços e no Desbalanceamento das Redes*. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina.

KOLOTELO, J.; SANTOS, J. A., WILLI, S. A. C. Desafios da Implantação de Cultura em Gestão por Projetos em uma Organização Privada de Finalidade Pública. In: V SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS (29 e 30 Nov. 2005: Rio de Janeiro). Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.fiepr.org.br/fiepr/compartilhados/dtgi/esup/download/uploadAddress/KSW-PMInov2005%5B21665%5D.pdf>. Acessado em: 15 de jan. 2008.

LIN, W.M.; Yang, C.D.; Tsay, M.T. Distribution System Planning with Evolutionary Programming and a Reliability Cost Model. *Generation, Transmission and Distribution. IEE Proceedings*, v. 147, n.6, p.336-341, Nov. 2000.

MAMEDE, João Filho. *Manual de Equipamentos Elétricos*. 3º Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2005.

MANTOVANI, José Roberto Sanches. *Planejamento de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Algoritmo Busca Tabu*. Ilha Solteira, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Coordenadoria de Pós-graduação, Universidade Estadual Paulista.

MENEZES, L. C. M. *Gestão de Projetos*. 2º ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MUTO, Claudio Adonai; PEREIRA, Bruno Taveira. *Exame PMP: a Bíblia*. Rio de Janeiro: Brasport. 2006.

NBR 5440. *Transformadores para Redes Aéreas de Distribuição – Padronização, Normas*, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987.

NR 10. *Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade*, Normas, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA (ONS), *Sistema de Transmissão Horizonte 2007/2009*. http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx. Disponível em: Acessado em: 10 dez. 2007.

PABLA, A.S. *Electric Power Distribuion*. New York: McGraw-Hill, 2004.

PFEIFFER, Peter. *Gerenciamento de Projetos de Desenvolvimento: Conceitos, instrumentos e aplicações*. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

PIRES, S. Helena; LACORTE, A. Castro; MENEZES, P. César, *et. al.* Avaliação

Ambiental no Planejamento da Expansão de Sistemas de Energia Elétrica. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, Brasil, Outubro de 1999.

POMILIO, J. A. Harmônicos. Revista: *O Setor Elétrico*. p. 18-23, abr. 2006. Qualidade de Energia Elétrica. Disponível em: http://www.engecomp.com.br/pow_qual.htm. Acessado em: 08 mai. 2007.

RABECHINI, Roque Jr.; MONTEIRO, Marly de Carvalho. *Gerenciamento de Projetos na Prática*. São Paulo: Atlas, 2006.

SCHIMDT, H.P; KAGAN, N.; OLIVEIRA, C.C.B.; *et al.* Visual Projac: Uma Ferramenta para Projeto de Redes de Distribuição Utilizando um Sistema de Informação Geográfica. In: III CONGRESSO LATINO AMERICANO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. (3.Set 1998: São Paulo) *Anais*. São Paulo, 1998, p. 271-275.

SHORT, Tom. *Electric Power Distribution Handbook*. Florida: CRC Press, 2004.

SICA, E. T.; CAMARGO, C. B. Integrated Resources Planning of Electric Energy Systems in a Market Environmental: a Modelling Multicriteria for decision Marking. IEEE TRANSMISSION AND DISTRIBUTION T&D, 2004.

SILVA, L. R.; GUALBERTO, R. Planejamento Regional do Sistema Elétrico de Distribuição da CEMIG – Estudo de Caso. XVII SENDI. (21 e 25 Ago. 2006). Belo Horizonte.

SILVA, M. L. S. *Gerenciamento de Obras*. Jornal CREA-RS, Rio Grande do Sul, mai. 2004.

SILVEIRA, A. Metodologia em Gerenciamento de Projetos – Faça você Mesmo? Fev. 2006. Disponível em: http://www.expleo.com.br/pdf/metodologia_facavocemesmo.pdf. Acessado em: 15 jan. 2008.

SOARES, Cinara Ribeiro. *Aplicação da Metodologia de Planejamento Integrado de Recursos na Expansão da Distribuição: Um Estudo de Caso*. Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina.

SOUZA Jr., Osmar Zózimi. *Um Framework para Alinhamento de Percepção entre a Estratégia de Programas e o Processo de Decisões em Projetos*. Curitiba, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas PPGEPS: Gerencia de Produção e Logística). Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

SOUZA, L.F.W; ROSS, R.P.; MEDEIROS, M.B.; *et al.* Determinação do Deslocamento Angular Associado a Variações de Tensão de Curta Duração. IV CITINEL (19 - 21 nov. 2006: Araxá). Araxá, Minas Gerais.

TERIBILI, Armando Filho; RAPHAEL, Hélia Sônia. Relações entre a Certificação Internacional PMP® de Gerência de Projetos e uma Sala de Aula. *Revista Electrónica de Actualidades Investigativas en Educación*. Universidad de Costa Rica. Facultad de Educación. Instituto de Investigación en Educación (INIE).v. 6, n.1, março/abril 2006.

TORREÃO, Paula Geralda Barbosa Coelho. *Gerenciamento de Projetos*. Dec. 2004 Disponível em: <http://www.cin.ufpe.br/~if717/leituras/artigo-gerenciamento-de-projetos-paula-coelho.pdf>. Acessado: mar./2008.

Um Guia de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos: guia PMBOK, 3° ed., Pennsylvania: Project Management Institute, 2004. Disponível: <http://www.oodesign.com.br>. Acessado em: 26 jan. 2007.

VALERIANO, Dalton. *Moderno Gerenciamento de Projetos*. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

VARGAS, Ricardo Viana. *Manual Prático do Plano de projeto: Utilizando o PMBOK Guide*. 3° ed. Rev., Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

_____. *Microsoft Project 2002*. Rio de Janeiro: Brasport, 2002.

VECCHI, Thelma Pretel Brandão. *Um Estudo de Modelos Matemáticos para Expansão de Redes de Distribuição de Energia Elétrica*. Curitiba, 2004. Dissertação (Mestre em Ciências) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

WILLIS, H. Lee. *Power Distribution Planning Reference Book*. 2° ed. New York: Marcel Dekker, 2004.