

HUMBERTO FAÇANHA DA COSTA FILHO

SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA  
ANÁLISE DO DESEMPENHO E FORMULAÇÃO  
DE MODELO PARA GERENCIAMENTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do grau de Mestre em Administração.

Porto Alegre

1988

ORIENTADOR:

PROFª DRª CARMEN CATARINA SILVA HANDEL

CO-ORIENTADOR:

PROF. DR. JOÃO LUIZ BECKER

A todos aqueles que, de uma forma ou outra, colaboraram para a execução deste trabalho e, dentre estes, agradeço especialmente a Paulo Cesar Ferreira Morais e Rosana Seligman.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	6
1 - A SITUAÇÃO-PROBLEMA .....	8
1.1 - O problema .....	11
1.2 - Objetivos do estudo .....	13
1.3 - Justificativa .....	14
1.4 - Delimitação .....	16
1.5 - Definições de termos .....	16
2 - REFERENCIAL TEÓRICO .....	20
2.1 - Planejamento e processo decisório .....	21
2.2 - Modelos matemáticos .....	27
3 - MÉTODO .....	33
3.1 - Modelo do estudo .....	33
3.2 - Definição das variáveis .....	34
3.3 - Definição de termos .....	35
3.4 - Variáveis dependentes .....	38
3.5 - Variáveis independentes .....	40
3.6 - Coleta de dados .....	54
3.7 - Tratamento estatístico .....	55
3.8 - Dificuldades encontradas .....	65
3.9 - Pressupostos metodológicos .....	67
3.10- Limitações do método .....	68

4 - RESULTADOS .....	71
4.1 - Apresentação dos resultados .....	71
4.1.1 - Modelo completo .....	77
4.2 - Interpretação dos resultados .....	80
5 - CONCLUSÕES .....	91
5.1 - Usos do modelo .....	94
6 - RECOMENDAÇÕES PARA NOVOS ESTUDOS .....	97
GLOSSÁRIO .....	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	103
ANEXO .....	106

## RESUMO

O estudo analisou o comportamento apresentado por um sistema elétrico de potência, operado e conservado por empresa estatal. Foram pesquisadas variáveis que apresentavam possibilidade de influenciar o seu desempenho operacional. Mediante tratamento estatístico adequado que inclui correlação e regressão linear múltipla, buscou-se a formulação de modelo que poderá servir de apoio à decisão no processo de gerenciamento do sistema. A relevância do estudo é pelo seu aspecto pragmático, na possibilidade de racionalizar a alocação de recursos ao nível do planejamento, formular diretrizes de ação e obter ganhos de resultado no desempenho operacional. Além disto, o método desenvolvido poderá servir para estudo de outros sistemas e pesquisas de novas variáveis, as quais deverão incrementar a aderência final. Foram recomendados diversos estudos envolvendo variáveis também da área de engenharia. Em suma, o modelo viabiliza orientar ações gerenciais, visando alterar o comportamento do sistema elétrico de potência, permitindo identificar diretrizes gerais para sua administração e, facilita o aprofundamento na investigação de novas linhas de pesquisa, através do método consolidado.

## INTRODUÇÃO

Este estudo analisou o comportamento apresentado por um Sistema Elétrico de Potência, que é operado e conservado por uma empresa estatal de energia elétrica.

O referencial teórico utilizado é basicamente quantitativo, inerente às técnicas empregadas na Pesquisa Operacional. Com base neste referencial, foram analisadas variáveis que apresentavam possibilidade de influenciar o desempenho operacional de um Sistema Elétrico de Potência. Mediante tratamento estatístico que incluiu correlação e regressão linear múltipla buscou-se a formulação do modelo que poderá servir de apoio à decisão no processo de gerenciamento do sistema.

A relevância deste estudo é destacada sobretudo pelo aspecto pragmático, na possibilidade de racionalizar a alocação de recursos ao nível do planejamento, formular diretrizes de gerenciamento e obter ganhos de resultado na qualidade dos serviços prestados à comunidade, via melhoria do desempenho operacional. Há de considerar-se eventualmente, ainda, o aspecto da generalização, não dos resultados particulares, mas do método de obtenção do mode-

lo, para outros sistemas elétricos, resguardando-se, para tanto, a diferenciação dos parâmetros próprios de cada um.

O modelo final obtido apresentou uma aderência à realidade que busca representar, de 46%, expressada pelo coeficiente de determinação. Deve-se considerar o fato de que o trabalho levou em conta, basicamente, variáveis exógenas ao sistema objeto da pesquisa. Nas recomendações para novos estudos, são enumeradas outras variáveis, as quais deverão incrementar o nível de "explicação" da realidade pelo modelo. Enfim, como fundamentalmente foram analisadas variáveis de caráter administrativo, pode-se admitir como satisfatório o resultado alcançado.

Independente da aplicação eminentemente prática no nível gerencial, várias conclusões gerais, relativas a recursos humanos, físicos e financeiros em itens como treinamento, dimensionamento e utilização do efetivo, priorização na alocação de recursos, organização do trabalho nas manutenções e escolaridade, foram obtidos. Porém, o ponto a ser destacado foi o estabelecimento de um método específico para a pesquisa neste setor.

Em suma, o modelo viabiliza orientar ações gerenciais, visando alterar o comportamento do Sistema Elétrico de Potência, permitindo identificar diretrizes gerais para sua administração e facilita o aprofundamento na investigação de novas linhas de pesquisa, através do método consolidado.



## 1 - A SITUAÇÃO-PROBLEMA

A concepção do desenvolvimento de uma nação requer um conceito de suficiência energética, seja qual for o suporte de sua economia. Acresce a este, o fato de que a energia é um insumo cada dia mais escasso e oneroso.

O avanço tecnológico das últimas décadas no campo da eletricidade e da eletrônica propiciou a interação de atividades, criando aplicações multidisciplinares para a energia elétrica, tornando o ser humano contemporâneo altamente dependente desta forma de energia, sendo isto ainda catalizado pelas duas crises do petróleo. O governo brasileiro adotou a estratégia de incentivar a gradativa substituição deste combustível, basicamente importado e não-renovável, pela energia elétrica, mediante um modelo institucional de política tarifária, que concedia benefícios àqueles consumidores que, sob determinadas condições, optassem pelo uso da energia elétrica em detrimento do petróleo. Isto causou um substancial incremento na demanda desta forma de energia, tornando-a ainda mais importante no balanço energético da nação.

Neste ambiente inserem-se as Empresas de Energia

Elétrica, que assumem o compromisso de atender a demanda e regular a oferta deste insumo básico, orientadas pelas necessidades e potencialidades da área de concessão. Imanente a estas finalidades fundamentais, a concessão da exploração do serviço exige que as empresas sejam responsabilizadas pela qualidade deste.

Em relação à importância da eletricidade no contexto energético do País, José Goldenberg afirma que:

"no consumo total de energéticos no Brasil, a eletricidade representa, aproximadamente, trinta e três por cento, o que é um número muito elevado, porque o máximo que a eletricidade representa em países como a Noruega e o Canadá, que são altamente favorecidos do ponto de vista hidrológico, é cerca de quarenta por cento. Então, somos um país altamente eletrificado e que está se eletrificando cada vez mais, e, por esta razão, os problemas de geração e distribuição de energia elétrica precisam ser resolvidos."\*

Esta participação no balanço energético do país, torna a energia elétrica possivelmente a principal fonte para as próximas três décadas.

Visando atender às exigências decorrentes deste contexto, as empresas do setor necessitam investir elevadas somas em recursos (físicos, financeiros e humanos),

---

\* Palestra proferida pelo Presidente da ELETROPAULO, dia 04 de outubro de 1985, na Federação e Centro das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul.

expandindo o parque gerador, o sistema de transmissão e distribuição, assegurando qualidade e continuidade operacional, mediante prestação eficiente dos serviços. Sobre isto, Oscar Fugita diz que:

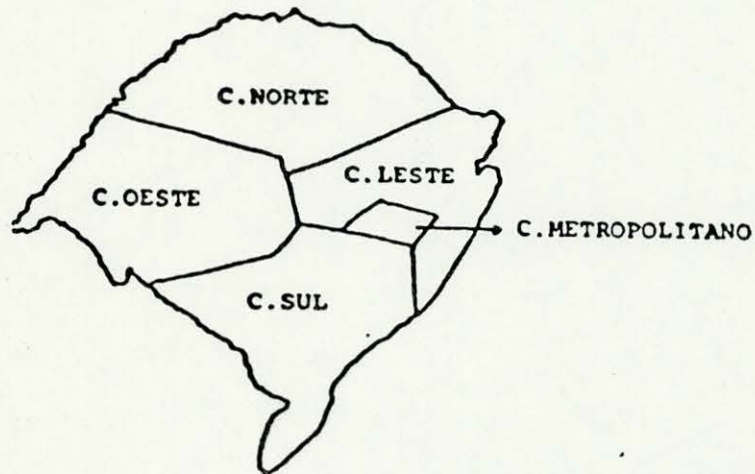
"a qualidade dos serviços prestados é um fator positivo que dá credibilidade ao setor e representa um 'patrimônio' a ser preservado." (FUGITA, in RAUSP, abr/jun.1985:35)

Portanto, é necessário que as empresas busquem estabelecer um planejamento baseado em fatores relevantes no desempenho operacional do Sistema Elétrico de Potência (doravante denominado SEP).

Com o objetivo de melhorar o padrão do atendimento à comunidade, a Companhia Estadual de Energia Elétrica (doravante denominada CEEE), como Empresa Estatal, concessionária do setor para o Estado do Rio Grande do Sul, empenha-se na busca do ganho de qualidade e incremento da continuidade na prestação dos serviços. Isto induz à necessidade de analisar o desempenho operacional do SEP, identificando variáveis importantes, ponderando influências entre estas, para, finalmente, conduzir à formulação de um modelo, que servirá de auxílio ao processo decisório, reduzindo a administração, fundamentada essencialmente no "bom senso".

### 1.1 - O problema

A CEEE dividiu o Estado do Rio Grande do Sul em cinco (5) zonas geográficas (Fig.1), cujas delimitações foram baseadas na configuração do SEP, visando descentralizar os serviços de manutenção e operação do mesmo, obtendo, desta forma, redução de custos e aumento na velocidade de atendimento a falhas.



PORTO ALEGRE	-	CROM METROPOLITANO
PASSO FUNDO	-	CROM NORTE
PELOTAS	-	CROM SUL
SÃO LEOPOLDO	-	CROM LESTE
SANTA MARIA	-	CROM OESTE

FIG. 1

Cada uma destas zonas tornou-se área afeta a um Centro Regional de Operação e Manutenção (doravante denominado CROM). A cidade de Passo Fundo é a sede do Centro Regional do Norte do Estado, denominado CROM NORTE, cujo sistema será o objeto do estudo.

A complexidade que envolve as atividades de manutenção e operação de um SEP impõe o controle de variáveis que são responsáveis pelo desempenho operacional do mesmo. Fundamentado na linha teórica da administração por resultados, foi concebido, desenvolvido e implantado, no âmbito da Superintendência de Operação do Sistema de Potência (doravante denominada SOSP), um sistema de avaliação de desempenho por resultados, abrangendo indicadores relativos à segurança do trabalho, custos e continuidade do fornecimento de energia elétrica.

O presente estudo limitou-se aos indicadores inerentes à continuidade operacional e custos. O indicador da continuidade é o Índice de desempenho operacional, sendo que representa, em última análise, as causas que originaram interrupções no fornecimento de energia elétrica aos consumidores. Este índice foi novamente elaborado, para possibilitar o estudo, na sua concepção original, sendo decomposto em três frações, cada qual gerando um novo índice. Todas as causas de interrupções observadas no SEP têm sua apropriação regulamentada pelo conteúdo do Anexo, sob o título de Apropriação de Ocorrências.

O índice original de custos também foi totalmente reestruturado, utilizando-se do sistema vigente, somente os dados primários observados (banco de dados), partindo, então, para a criação de dois novos índices de custos.

Assim, o problema a ser estudado pode ser formu-

lado nos seguintes termos: que variáveis têm influência nas causas de interrupção no fornecimento de energia, a que custos, como relacionam-se e em que graus de dependência?

O exame desta questão oportunizará a formulação de um modelo de simulação do SEP. Este terá características inferenciais, capazes de demonstrar condições alternativas de operação, visando obter um instrumento eficaz no auxílio à decisão gerencial entre cursos de ação.

## 1.2 - Objetivos do estudo

Tendo em vista a problemática do comportamento de um Sistema Elétrico de Potência e o problema formulado anteriormente, foram especificados três objetivos para este estudo:

1. analisar variáveis com possibilidades de influência no desempenho operacional de um Sistema Elétrico de Potência;
2. produzir um modelo inferencial para apoio à decisão, a partir do resultado da análise anterior;
3. indicar algumas soluções para problemas práticos.

### 1.3 - Justificativa

Na sociedade de hoje, mais do que nunca, evidencia-se a dependência do homem em relação à energia elétrica, seja por motivos atrelados, como por exemplo, a produção, processo industrial, transporte ou simplesmente ao conforto. Esta dependência chega a extremos que envolvem situações inclusive de sobrevivência e segurança de seres humanos e.g. hospitais e aeroportos.

A informática, que atualmente emerge com toda a plenitude, exige energia elétrica de forma contínua, sem interrupções, com qualidade, aos níveis da tensão e frequência. Os exemplos são muitos e variados. A CEEE e, por extensão, o CROM-Norte, inserem-se neste ambiente que impõe um alto nível de desempenho ao setor elétrico. Sobre isto, o Prof. Marcos Cortez Campomar\* diz que as empresas estatais, após as mudanças políticas ocorridas a partir de março de 1985, estão sendo mais cobradas que antes no seu resultado social, tendo que racionalizar a administração, reduzir custos e aumentar a produtividade.

---

\* Diretor de Desenvolvimento da Fundação Instituto de Administração e do Fundo de Pesquisa do Instituto de Administração da Faculdade de Economia e Administração da USP - RAUSP - Boletim de Administração, agosto de 1985, p.4.

"A política energética brasileira, no seu plano de metas, prevê investimentos de Cz\$ 229,2 bilhões na área de energia elétrica, durante os próximos três anos. A reformulação da política energética do país, tem como premissa a *eficiência* na produção e no consumo de energia." (grifo meu) (in: RAUSP, nov. 1986:14)

Esta mesma publicação cita, a seguir, que as concessionárias de energia elétrica do Brasil estão estudando a possibilidade de automatizar redes de distribuição, de modo a elevar a qualidade dos serviços prestados e reduzir os erros operacionais.

Além de relevância dos tópicos já citados, este estudo torna-se oportuno, ainda, em função do atendimento da legislação específica sobre este assunto, regulamentada pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (doravante denominado DNAEE), a qual estipula as condições do fornecimento de energia elétrica, visando exatamente resguardar o direito do consumidor, através das Portarias 046 e 047, de 17 de abril de 1978.

Em resumo, como já citado anteriormente, este estudo visa formular um modelo para auxílio ao gerenciamento de um SEP, a partir da análise de variáveis que supostamente têm influência no desempenho operacional do sistema. Este modelo deverá ser instrumento importante para a função administrativa, aumentando sua relevância como parcela contribuinte para a qualidade dos serviços prestados à sociedade, por uma empresa concessionária de energia elétrica.



#### 1.4 - Delimitação

Em relação ao primeiro objetivo, este estudo delimitou-se a identificar as variáveis administrativas preponderantes e passíveis de mensuração significativa, as quais supostamente repercutem no desempenho operacional do SEP, afeto à área do CROM-NORTE. Com toda a certeza, estas não abrangem a totalidade dos fatores influentes. Deve-se considerar, ainda, o fato de que variáveis características do campo da engenharia não fazem parte deste estudo, o que inevitavelmente irá afetar o grau de explicação do comportamento do SEP, através do modelo a ser obtido.

No tocante ao segundo objetivo, o modelo inferencial produzido pelo estudo restringiu-se numa formulação teórica sintetizada, que deverá refletir a ação das variáveis identificadas anteriormente, no comportamento do SEP, considerando a evolução do mesmo durante o período observado.

Espera-se que, uma vez atingidos os dois primeiros objetivos, surjam respostas para questionamentos pragmáticos pertinentes a problemas administrativos de um SEP.

#### 1.5 - Definições de termos

Devido ao fato da originalidade do estudo, na medida em que pesquisa, sobretudo, a influência de variáveis

administrativas no desempenho operacional de um SEP, enfatizando, portanto, esta área, em detrimento à da engenharia, num segmento normalmente privativo desta, necessário se faz definir os termos típicos deste estudo. Isto será feito a seguir:

- *Sistema Elétrico de Potência (SEP)*

Sistema que compreende instalações elétricas para geração, transmissão e/ou distribuição de energia elétrica.

- *Sistema de transmissão*

Parte de um sistema elétrico de potência, que compreende as linhas de transmissão e os equipamentos a elas associados.

- *Sistema interligado*

Sistema que resulta da interligação dos sistemas elétricos de duas ou mais concessionárias com a finalidade de intercâmbio de energia elétrica.

- *Sistema de distribuição*

Parte de um sistema elétrico de potência destinado à distribuição de energia elétrica.

- *Unidade*

Parte de um sistema elétrico de potência, concen-

trada em um dado local, compreendendo primordialmente as extremidades de linhas de transmissão e/ou distribuição, com os respectivos dispositivos de manobra, controle e proteção, incluindo as obras civis e estruturas de montagem, podendo incluir também transformadores, equipamentos conversores e/ou geradores.

- *Ocorrência do sistema*

É toda e qualquer irregularidade que, por qualquer motivo, venha a causar interrupção de energia elétrica no barramento de distribuição de uma ou mais unidades do sistema elétrico de potência.

- *Manutenção do Sistema Elétrico de Potência*

É toda a atividade que se realiza através de processos diretos ou indiretos nos equipamentos, obras ou instalações, com a finalidade de assegurar-lhes condições de cumprir com segurança e eficiência as funções para as quais foram fabricados ou construídos, levando-se em consideração as condições operativas e econômicas.

- *Defeito*

É toda a alteração física ou química no estado de um equipamento ou instalação, não ao ponto de causar o término de sua habilidade em desempenhar

sua função requerida.

- *Falha*

É o término da habilidade de um equipamento ou instalação de desempenhar a sua função requerida.

- *Continuidade operacional*

É a continuidade do atendimento ao mercado consumidor de energia elétrica.

## 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

O que se espera de uma empresa de energia, concessionária dos serviços públicos de eletricidade? Qual o seu negócio? A resposta adequada para esta questão é fator determinante do futuro da empresa, criando expectativas de sucesso ou estabelecendo obstáculos à sua expansão racional. As diretrizes que irão balizar os planejamentos, tanto de longo como de médio e curto prazos, serão oriundas da resposta à questão citada.

O negócio da CEEE é servir, é prestar serviço público no setor de energia elétrica à comunidade riograndense. Para tanto, o seu planejamento deve ater-se a múltiplos aspectos, diferentes entre si na abrangência e na temporalidade, transitando desde uma concepção de empresa energética até a adoção de uma filosofia voltada para a racionalização do uso, ao invés de uma expansão da demanda a qualquer custo, passando também pela simples qualificação do atendimento direto ao público.

Neste contexto, o presente estudo busca melhorar o processo do planejamento, através da obtenção de um modelo de simulação do SEP, sob o enfoque administrativo e

não de engenharia. Este ganho na qualidade do planejamento deverá ser obtido pelo suporte racional à tomada de decisões, suporte este proporcionado pelo modelo matemático formulado através das técnicas empregadas na PO.

## 2.1 - Planejamento e processo decisório

A tomada de decisão, vinculada à elaboração do planejamento na área do CROM-Norte, a exemplo também de outros segmentos da CEEE, acontece normalmente em prazos exíguos e limitados recursos de informações. Assim, para CHIAVENATO (1983), o tomador de decisão não tem condição de analisar integralmente todas as situações, nem de procurar todas as alternativas possíveis, muito menos de buscar a melhor alternativa, ou a alternativa mais adequada entre todas. Isto nos leva ao chamado "homem administrativo", enfatizado pelo behaviorismo, no qual o comportamento administrativo não é otimizador, mas sim satisfatório, uma vez que busca a maneira satisfatória entre as opções obtidas para comparação. SIMON (1979) cita que este fato antecede a própria organização, sendo que o próprio indivíduo busca o suficiente para se contentar dentro das possibilidades ou situação, não perseguindo necessariamente o máximo absoluto.

A teoria clássica (homem econômico) postula uma visão diferente para as organizações, sustentando que es-

tas procuram alcançar racionalmente seus objetivos, buscando a otimização máxima, só se detendo quando isto é obtido. No entanto, entre uma solução satisfatória e uma solução ótima, podem e devem existir situações intermediárias. É a procura destas que se propõe o presente estudo, proporcionando ao administrador um maior número de informações, sintetizadas no modelo de simulação, possibilitando rapidamente a decisão em cima de várias alternativas possíveis. A Pesquisa Operacional, que em suma é a Teoria Matemática aplicada aos processos administrativos, põe ênfase no processo decisório: é uma "teoria da decisão aplicada" (MILLER & STARR, 1960:104).

A tomada de decisão é o foco da abordagem quantitativa, ou seja, da Teoria Matemática (CHIAVENATO, 1983) e esta tomada de decisão pode ser analisada sob duas perspectivas: a do processo e a do problema. O objetivo da administração dentro da perspectiva do processo é selecionar a melhor alternativa no processo decisório; já na perspectiva do problema, busca o administrador aplicar métodos quantitativos para tornar o processo decisório o mais racional possível, concentrando-se, principalmente, na determinação e equacionamento do problema a ser resolvido (SIMON, 1960:2). O presente estudo foi desenvolvido de acordo com este último enfoque.

O objetivo amplo do estudo é fundamentar o planejamento de um SEP; para tanto, necessário se faz a presen-

ça de métodos de previsão. Estes procuram efetuar uma análise da estimativa futura de uma dada atividade, desempenhando importante papel no estabelecimento de planos para o futuro e no auxílio às decisões empresariais em áreas como planejamento da produção, orçamentos e previsão financeira e contratação de mão-de-obra. A previsão é geralmente obtida baseando-se na análise de séries temporais (SHIMIZU, 1984).

Retornando ao objetivo do estudo, que é - através da Pesquisa Operacional - formular um modelo de simulação do SEP, a ser utilizado no planejamento administrativo do CROM-Norte, visando auxiliar racionalmente a tomada de decisões na busca da otimização na alocação de recursos, analisar-se-ã, logo a seguir, os aspectos do processo de decisão e modelos de simulação.

O ato de decidir, vinculado ao planejamento no âmbito de uma empresa pública, implica em fatores que transcendem este mesmo ato em empresas privadas. Segundo SIMON (1979:195):

"... o administrador, servidor de uma entidade pública num regime democrático, deve tomar em consideração todos os valores da comunidade que forem relevantes para sua atividade, e que são relativamente averiguáveis, não podendo restringir-se aos valores que se encontram sob sua responsabilidade específica. Somente sob essas condições pode-se formular um critério válido de eficiência, como determinante da ação."

Em seqüência, SIMON (1979) desenvolve uma teoria



sobre a tomada de decisões, congregando variados aspectos racionais da escolha, bem como as diferentes propriedades e limitações dos mecanismos humanos, presentes no processo decisório. O ponto focal volta-se para o chamado critério da eficiência, onde não cabe ao administrador criar uma utopia, mas simplesmente maximizar a realização dos objetivos, através da utilização eficiente dos recursos escassos de que dispõe (SIMON, 1979).

Cabe aqui ter presente que, maximizar a realização de objetivos não passa necessariamente pela escolha pura e simples da "melhor alternativa" (ver perspectiva do processo), pois existem questões subjacentes, como por exemplo, as relacionadas com os valores da comunidade. Portanto, toma-se a decisão segundo a perspectiva do problema, na busca da maior racionalização possível.

Para SIMON (1979), o problema da eficiência consiste, para cada função de produção das atividades administrativas, em: sua determinação, custo e respectiva contribuição para a realização dos objetivos do órgão e descobrir o seu máximo, considerando a restrição imposta pela despesa total fixa. As decisões tomadas pelo critério de eficiência exigem o conhecimento empírico dos resultados associados a cada alternativa possível.

Segundo SIMON (1979:197-8):

"... a parcela factual do processo decisório, suscetível de tratamento científico,

redunda na determinação das funções de produção das atividades administrativas. Isto constitui, aliás, uma tarefa de pesquisa de primeira grandeza e que praticamente ainda não foi cogitada.

O processo no sentido da compreensão dessas funções implica uma série de passos bem caracterizados:

a) os valores, ou objetivos, afetados por determinada atividade, devem ser definidos de maneira a permitir sua observação e mensuração;

b) as variáveis administrativas e extra-administrativas que determinam o grau de realização dessas funções devem ser enumeradas;

c) é preciso levar a cabo pesquisas empíricas, concretas, acerca da maneira pela qual os resultados mudam quando se alteram as referidas variáveis ...

Até o momento, o maior progresso se verificou no primeiro ponto, enquanto que, os estudos empíricos relativos aos passos b) e c) *são virtualmente inexistentes*. Mas se tal pesquisa é difícil, por outro lado, é também indispensável." (grifo meu)

Fez-se questão de reproduzir integralmente o texto, para mostrar as dificuldades agregadas a este estudo, bem como sua originalidade no setor e sua importância, na medida que enfatiza o componente lógico, racional, inserido no processo decisório. Sobre este último ponto, SIMON (1979) afirma que os administradores mais capazes são os primeiros a reconhecer que suas decisões representam, de um modo geral, pura adivinhação, tomando-se cotidianamente decisões de grande importância acerca da distribuição de recursos para diversas finalidades concorrentes e que, especialmente nas organizações não-comerciais, as decisões

são tomadas quase que na ausência completa da evidência, que seria necessária para justificá-las.

Para KATZ & KAHN (1976:335), "... o processo de colocar os problemas organizacionais em linguagem de computador é, por si só, um exercício na direção da racionalidade". Citam, ainda, o fato de que as organizações têm desenvolvido procedimentos específicos e programas gerais, para enfrentar as pressões imediatas na solução de problemas, na sua análise profunda, visando identificar cursos alternativos de ação e ganhos associados. Citam ainda que, se os dados e procedimentos essenciais para tomada de decisão puderem ser programados, muitos dos elementos erráticos e falíveis nas decisões organizacionais são eliminados.

Os mesmos autores salientam a importância da maneira de agir da organização no avanço em direção à avaliação racional, quando solicita e propicia meios para obtenção de uma análise racional sobre soluções alternativas. Por fim, mencionam a tomada de decisão, segundo esquema proposto por John Dewey, que é composto de quatro estágios:

- pressão imediata ou a dificuldade sentida por quem toma a decisão;
- análise do problema;
- pesquisa ou busca de alternativas;
- consequência das alternativas.

O presente estudo enquadra-se perfeitamente nesta linha de concepção e deverá atender um problema de ordem prática existente na organização. Este problema, como já afirmado anteriormente, diz respeito ao processo decisório, ao nível do planejamento administrativo de um Sistema Elétrico de Potência. As dificuldades estão presentes no tempo exíguo, multiplicidade de dados, complexidade de variáveis e sistema de informações deficiente.

Até aqui foram feitas referências ao planejamento e tomada de decisão; agora, serão tratados os modelos matemáticos, instrumento este que é indispensável na Pesquisa Operacional, visando obter o devido suporte racional às decisões de ordem administrativa.

## 2.2 - Modelos matemáticos

Para CHIAVENATO (1983), a Pesquisa Operacional fundamenta-se no método científico na solução de problemas, dando maior ênfase ao julgamento objetivo que ao julgamento subjetivo. Afirma, ainda, citando LUTHAMS (1976), que existem três aspectos básicos inerentes à Pesquisa Operacional, quanto à tomada de decisões, quais sejam:

- visão sistêmica do problema;
- uso do método científico na sua resolução;
- utilização de estatística, probabilidades e mo-

delos matemáticos.

A simulação, segundo EHRLICH (1985:236),

"é um método empregado para estudar o desempenho de um sistema por meio da formulação de um modelo matemático, que possui as mesmas, ou pelo menos semelhantes, características do sistema original. Manipulando o modelo e analisando os resultados, pode-se concluir como diversos fatores afetarão o desempenho do sistema."

No presente estudo, será utilizado um modelo matemático cujos dados de entrada são determinísticos, pois tratam-se de variáveis elaboradas a partir de eventos já ocorridos.

Outros modelos de simulação, com variáveis probabilísticas, são passíveis de emprego em múltiplas áreas de decisão, tais como políticas alternativas de gestão de estoque, balanceamento de linhas de produção, sistemas de manutenção, etc. (EHRLICH,1985). Ainda segundo o autor, é citado que o emprego da simulação não leva de imediato à otimização de um dado objetivo, sendo necessário simular, através do modelo, uma série de experimentos em diferentes condições, para então optar pela condição de resultados mais aceitáveis.

Como vemos, a busca é de racionalizar a decisão, através do equacionamento do problema, ou seja, a tomada de decisão dá-se dentro da perspectiva do problema e não do processo, como já visto anteriormente. EHRLICH (1985)

chama a atenção para o fato de que a simulação não deve ser olhada como recurso final, ou meramente ilustrado. Pelas características versáteis deveria ser uma das primeiras técnicas utilizadas na solução de problemas.

Para CHIAVENATO (1983:497):

"é através do modelo que se fazem representações da realidade. Na teoria matemática, o modelo é usado geralmente como simulação de simulações futuras e a avaliação da probabilidade de sua ocorrência. O modelo procura delimitar a área de ação de forma a proporcionar o alcance de uma situação futura com uma razoável esperança de ocorrência.

Em síntese, os modelos servem para representar simplificações da realidade. Sua vantagem reside nisso: manipular simuladamente as complexas e difíceis situações reais, através de simplificações da realidade. Sejam matemáticas ou comportamentais, os modelos proporcionam um instrumento valioso de trabalho para a administração lidar com problemas."

Em seguida, esse mesmo autor cita o fato de que existem modelos já desenvolvidos ("enlatados"), porém as situações mais complexas ou peculiares exigem novas formulações ou, pelo menos, adaptações. Neste estudo, será desenvolvido um modelo original.

As vantagens do modelo matemático são descritas por CHIAVENATO (apud VAZSONYI, 1958:18):

"O modelo matemático permite as seguintes vantagens sobre os demais modelos:

1. permite descobrir e entender os fatos de uma dada situação, melhor do que permitiria uma descrição verbal;

2. descobre relações existentes entre os vários aspectos do problema, que não transpareceriam por si sós, na descrição verbal;

3. indica que dados devem ser recolhidos para tratar quantitativamente com o problema que se pretende resolver;

4. estabelece medidas sobre a eficácia;

5. explica situações que no passado não foram esclarecidas, ao proporcionar relações de causa e efeito;

6. permite tratar do problema em seu conjunto e considerar todas as variáveis principais simultaneamente;

7. é susceptível de ampliação por etapas, até chegar a incluir fatores abandonados nas descrições verbais;

8. torna possível a utilização de técnicas matemáticas que de outra maneira pareceriam alheias ao problema;

9. conduz freqüentemente a uma solução que pode descobrir-se e justificar-se adequadamente, com base nas descrições verbais;

10. como os fatores que interagem um problema são tão numerosos, apenas os modelos matemáticos de processamento dos dados permitem proporcionar respostas imediatas e em escala gigantesca, através de computadores e equipamentos eletrônicos."

Para caracterizar uma visão sistêmica do que até aqui foi abordado neste capítulo, serão mostradas todas as fases englobadas pela Pesquisa Operacional, numa abordagem de CHIAVENATO (apud CHURCHMAN et alii, 1957:8-9):

"a) Formular o problema. É preciso fazer uma análise dos sistemas, dos objetivos e das alternativas de ação.

b) Construir um modelo matemático para representar o sistema em estudo. Este modelo expressa a eficácia do sistema em estudo como função de um conjunto de variáveis, das quais pelo menos uma está sujeita a controle.

c) Deduzir uma solução do modelo. Existem, essencialmente, dois tipos de procedimentos para derivar uma solução ótima (ou aproximadamente ótima) de um modelo: o processo analítico e o processo numérico.

d) Testar o modelo e a solução. Um modelo nunca é mais do que a representação parcial da realidade. O modelo é bom quando, apesar desta deficiência, for capaz de prever, com exatidão, o efeito das mudanças no sistema sobre a eficácia geral do mesmo.

e) Estabelecer controle sobre a solução. Uma solução calcada no modelo somente será uma solução enquanto as variáveis incontroladas conservarem seus valores e as relações entre as variáveis no modelo se mantiverem constantes.

f) Pôr a solução em funcionamento (implementação). A solução testada precisa ser transformada numa série de processos operacionais susceptíveis de serem entendidos e aplicados pelo pessoal que será responsável pelo seu emprego."

Finalizando, chama-se a atenção para os modelos de regressão, que especificamente serão utilizados neste estudo. Estes modelos são oriundos da necessidade prática de expressar a relação entre duas ou mais variáveis, o que é obtido pelo estabelecimento de equações que mostrem a conexão existente. Com este objetivo é necessário primeiro estabelecer um banco de dados que indique os valores correspondentes das variáveis consideradas; após, ela-



bora-se, via locação destas variáveis, um diagrama de dispersão. As eventuais relações funcionais entre as variáveis serão explicitadas no diagrama, surgindo, então, o problema básico da regressão, que é determinar a função que exprima esse relacionamento. O modelo de regressão será composto pela função ou conjunto de funções encontradas.

Em função dos assuntos desenvolvidos neste capítulo, buscou-se apresentar os fundamentos teóricos do presente estudo que, se bem sucedido, deverá propiciar ganho na continuidade e na qualidade do fornecimento de energia elétrica à sociedade.

No capítulo seguinte, abordar-se-á minuciosamente o método utilizado na pesquisa.

### 3 - MÉTODO

A finalidade deste capítulo é apresentar os procedimentos metodológicos que serão aplicados no presente estudo. A classificação da pesquisa é feita na primeira seção, sendo que as demais seções farão referência à definição de variáveis e termos, à coleta de dados, ao tratamento estatístico, aos pressupostos metodológicos e às limitações do método.

#### 3.1 - Modelo do estudo

Esta pesquisa, pelas suas características, será orientada por um modelo que pode ser classificado como não-experimental, *ex-post facto*, KERLINGER (1980:130) que cita: "... na qual não é possível manipular variáveis ou designar sujeitos ou condições aleatoriamente".

Uma segunda classificação é de pesquisa quantitativo-descritiva, subtipo estudo de relações de variáveis, enfoque de TRIPODI et alii (1981), os quais explicitam:

"Com respeito aos métodos empíricos empregados, os estudos quantitativo-descri-

tivos diferem dos estudos experimentais na medida em que não usam escolha aleatória para designar sujeitos aos grupos experimental e de controle. Além disso, eles não empregam a manipulação experimental de variáveis independentes." (p.38)

Os citados autores dizem ainda:

"O investigador colhe sistematicamente informações sobre uma variedade de variáveis, as quais são suficientemente definidas para que possam ser medidas." (p.40)

Essa classificação adapta-se ao presente estudo, na medida em que serão trabalhados dados existentes, os quais vinculam-se às variáveis. As variáveis independentes foram obtidas considerando-se as suas probabilidades de influenciarem no desempenho operacional do SEP; já as dependentes são definidas buscando-se retratar o comportamento e custos do resultado operacional.

### 3.2 - Definição das variáveis

Todas as variáveis foram definidas após exaustivas críticas, visando assegurar as características lógicas do sistema, configurando-se um modelo matemático de simulação. Conforme as considerações que serão vistas a seguir, se enfatizou sempre o cuidado em acordar o conhecimento teórico ao fenômeno que será modelado, buscando uma representação mais próxima da realidade pragmática (EHR- LICH, 1985).

Objetivando facilitar o entendimento do assunto, serão definidos, neste capítulo, alguns termos específicos do estudo, os quais, devido à sua vinculação com a definição das variáveis, justificam sua colocação neste momento. Também serão enunciadas algumas observações pertinentes à estruturação das variáveis, observações estas necessárias a uma maior elucidação do aspecto lógico do modelo.

### 3.3 - Definição de termos

#### - *Energia Transmitida*

É aquela recebida pelo SEP e, efetivamente, entregue ao consumidor (Valor Medido).

#### - *Energia Total*

Seria o valor da Energia Transmitida, caso não houvesse interrupções no SEP.

#### - *Homens-Hora Efetivo*

Representa a mão-de-obra total existente no Órgão.

#### - *Homens-Hora Disponível*

Obtém-se a partir dos Homens-Hora Efetivos, retirando-se toda a mão-de-obra ausente de atividades no Órgão.

- *Homens-Hora em Manutenção de Apoio*

É toda a mão-de-obra utilizada nas seguintes atividades: Manutenção Civil, Telecomunicações de Apoio e Manutenção Eletromecânica.

- *Homens-Hora em Apoio Administrativo*

É toda a mão-de-obra utilizada nas seguintes seções: Seção de Apoio Administrativo e Seção de Programação e Métodos.

- *Desencaixe Financeiro*

É toda despesa oriunda do orçamento de custeio do Órgão, englobando: Conta Pagamento (Material e Serviço), Fundo Fixo de Caixa (Material e Serviço) e Antecipação de Viagem.

Deve-se ressaltar que todas as variáveis, sejam dependentes ou independentes, são consideradas para o período de um mês, aos níveis da observação e cálculo, perfazendo um total de 72 meses (6 anos) e são afetadas unicamente à área de abrangência do CROM-Norte. Como o tempo de observação é relativamente extenso (6 anos), pode-se admitir que o comportamento da energia elétrica é um simulador válido da própria estrutura do SEP, representando-o, portanto, no seu crescimento. O mesmo não é válido para períodos curtos, onde os equipamentos podem, transitoriamente, trabalhar sobrecarregados. O emprego dos divi-

sores utilizados nas definições de variáveis visa considerar a expansão do sistema, permitindo, portanto, a comparação direta, independente do mês ou ano levado em conta, de cada variável consigo mesma.

Para viabilizar o uso do modelo de simulação, ou seja, permitir a ação administrativa, fato imprescindível para torná-lo prático, o que aliás constitui-se na essência da Pesquisa Operacional, dividiu-se a parcela energia deixada de transmitir, oriunda das interrupções no SEP, em duas frações. A primeira delas refere-se à energia deixada de transmitir, devido a causas gerenciáveis e, a segunda, em função de causas não-gerenciáveis.

Fundamentado no conhecimento empírico do fenômeno, definiu-se como causas gerenciáveis aquelas enquadradas nos seguintes motivos:

- 1) cortes de carga;
- 2) manutenção preventiva;
- 3) conveniência de operação;
- 4) manutenção corretiva programada normal;
- 5) ampliação, retirada ou substituição de equipamento.

Por decorrência, as causas não-gerenciáveis serão:

- 1) falha permanente;
- 2) anomalia na proteção;

- 3) descarga atmosférica;
- 4) falha humana;
- 5) ignorado;
- 6) manutenção corretiva programada de urgência;
- 7) outros.

Uma vez feitas estas considerações gerais, a seguir serão efetivamente definidas as variáveis presentes no estudo.

### 3.4 - Variáveis dependentes

#### 1. *Índice de Desempenho Operacional - Y1*

Representa a fração de energia transmitida no SEP, em relação à que poderia ser transmitida, se o fornecimento fosse ininterrupto, ou seja, se a continuidade no SEP fosse total.

$$Y1 = 1 - \frac{\text{Energia deixada de transmitir}}{\text{Energia total}}$$

#### 2. *Índice de Eficiência Operacional - Y2*

Representa a fração de energia transmitida no SEP, em relação à que poderia ser transmitida, se o forne-

cimento fosse contínuo, desconsiderando, para tanto, as interrupções com causas gerenciáveis.

Índice de Eficiência Operacional igual a 1 (um), significa que as eventuais interrupções ocorridas no mês foram todas originárias de causas gerenciáveis.

Este índice representa a fração de energia deixada de transmitir, sobre a qual tem-se controle.

$$Y_2 = 1 - \frac{\text{Energia deixada de transmitir (causas não-gerenciáveis)}}{\text{Energia total}}$$

### 3. Índice de Insegurança Operacional - Y3

Representa a fração de energia transmitida no SEP, em relação à que poderia ser transmitida, se o fornecimento fosse contínuo, desconsiderando, para tanto, as interrupções com causas não-gerenciáveis.

Índice de Insegurança Operacional igual a 1 (um), significa que as eventuais interrupções ocorridas no mês foram todas originárias de causas não-gerenciáveis.

Este índice representa a fração da energia deixada de transmitir, sobre a qual não se tem controle.

$$Y_3 = 1 - \frac{\text{Energia deixada de transmitir (causas gerenciáveis)}}{\text{Energia total}}$$



#### 4. Índice da Produtividade da Mão-de-Obra - Y4

Representa a quantidade de energia transmitida no SEP por unidade de mão-de-obra requerida para tal.

Em síntese, representa a produtividade de mão-de-obra empregada no CROM.

$$Y4 = \frac{\text{Energia transmitida}}{\text{Homens-hora disponíveis}}$$

#### 5. Índice da Produtividade Financeira - Y5

Representa a quantidade de energia transmitida no SEP, por unidade financeira (US\$) requerida para tal.

Em síntese, representa o rendimento da verba empregada no CROM.

$$Y5 = \frac{\text{Energia transmitida}}{\text{Desencaixe financeiro}}$$

### 3.5 - Variáveis independentes

#### 1. Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Preventiva - X1

Representa a quantidade de mão-de-obra utilizada

na manutenção preventiva empregada para assegurar a transmissão de uma unidade de energia.

Em síntese, representa o grau de atenção dispensada ao SEP, buscando reduzir a incerteza.

$$X1 = \frac{\text{Homens-hora efetivos na manutenção preventiva}}{\text{Energia total}}$$

2. *Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Corretiva Não-Programada - X2*

Representa a quantidade de mão-de-obra utilizada nas manutenções corretivas de urgência e de emergência, empregada para assegurar a transmissão de uma unidade de energia.

$$X2 = \frac{\text{Homens-hora efetivos nas manutenções corretivas de urgência e emergência}}{\text{Energia total}}$$

3. *Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Corretiva Programada - X3*

Representa a quantidade de mão-de-obra utilizada na manutenção corretiva programada, empregada para assegurar a transmissão de uma unidade de energia.

$$X3 = \frac{\text{Homens-hora efetivos na manutenção corretiva programada}}{\text{Energia total}}$$

4. *Índice da Mão-de-Obra Utilizada em Viagens - X4*

Representa a quantidade de mão-de-obra utilizada em viagens, empregada para assegurar a transmissão de uma unidade de energia.

$$X4 = \frac{\text{Homens-hora utilizados em viagens}}{\text{Energia total}}$$

5. *Índice da Mão-de-Obra Efetiva em Serviços de Melhoramentos - X5*

Representa a quantidade de mão-de-obra utilizada em serviços de melhoramentos, empregada para assegurar a transmissão de uma unidade de energia.

$$X5 = \frac{\text{Homens-hora efetivos em serviços de melhoramentos}}{\text{Energia total}}$$

6. *Índice da Mão-de-Obra Utilizada em Treinamento - X6*

Representa a quantidade de mão-de-obra utilizada

em treinamento, empregada para assegurar a transmissão de uma unidade de energia.

$$x6 = \frac{\text{Homens-hora utilizados em treinamento}}{\text{Energia total}}$$

7. *Índice da Mão-de-Obra Efetiva em Serviços Gerais - X7*

Representa a quantidade de mão-de-obra utilizada em serviços gerais, empregada para assegurar a transmissão de uma unidade de energia.

$$x7 = \frac{\text{Homens-hora efetivos em serviços gerais}}{\text{Energia total}}$$

8. *Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Operação - X8*

Representa a quantidade de mão-de-obra utilizada na operação do SEP, empregada para assegurar a transmissão de uma unidade de energia.

$$x8 = \frac{\text{Homens-hora efetivos na operação}}{\text{Energia total}}$$

9. *Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção de Apoio* - X9

Representa a quantidade de mão-de-obra utilizada na manutenção de apoio, empregada para assegurar a transmissão de uma unidade de energia.

$$X9 = \frac{\text{Homens-hora efetivos na manutenção de apoio}}{\text{Energia total}}$$

10. *Índice da Mão-de-Obra Efetiva no Apoio Administrativo* - X10

Representa a quantidade de mão-de-obra utilizada nas atividades de apoio administrativo, empregada para assegurar a transmissão de uma unidade de energia.

$$X10 = \frac{\text{Homens-hora efetivos na administração}}{\text{Energia total}}$$

11. *Índice da Mão-de-Obra Disponível* - X11

Representa a quantidade de mão-de-obra disponível para o trabalho, empregada para assegurar a transmissão de uma unidade de energia. Representa o grau de atenção geral, inclusive incluindo atividades de apoio, dispensado

ao SEP.

$$X11 = \frac{\text{Homens-hora disponível}}{\text{Energia total}}$$

12. *Índice da Utilização da Mão-de-Obra Disponível - X12*

Representa o grau de utilização da mão-de-obra disponível no Órgão.

$$X12 = \frac{\text{Homens-hora utilizados}}{\text{Homens-hora disponíveis}}$$

13. *Índice de Desencaixe Financeiro - X13*

Representa o custo operacional em US\$, à exceção dos custos com salários, benefícios, combustíveis fornecidos e despesas controladas pela Empresa, necessário para assegurar a transmissão aparente de uma unidade de energia (MWh).

Em síntese, representa o custo virtual de transmissão de uma unidade de energia.

$$X13 = \frac{\text{Desencaixe financeiro}}{\text{Energia total}}$$

14. *Índice de Utilização Operacional do Sistema de Transmissão - X14*

Representa o grau de carregamento do sistema de transmissão. O sistema de transmissão é aqui representado pela potência instalada dos transformadores ditos de transmissão, quais sejam: aqueles cujo primário é alimentado pela entrada de energia no sistema considerado.

$$X14 = \frac{\text{Energia transmitida}}{730 \times \text{Potência nominal instalada no sistema de transmissão}}$$

15. *Índice de Utilização Operacional do Sistema de Distribuição - X15*

Representa o grau de carregamento do sistema de distribuição. O sistema de distribuição é aqui representado pela potência instalada dos transformadores ditos de distribuição, quais sejam: aqueles cujo secundário é responsável pela alimentação dos consumidores do sistema em estudo.

$$X15 = \frac{\text{Energia transmitida}}{730 \times \text{Potência nominal instalada no sistema de distribuição}}$$

16. *Escolaridade Média Disponível - X16*

Representa a escolaridade do funcionário típico do Órgão (CROM). Obtém-se pela relação entre o somatório dos tempos de escola dos funcionários disponíveis e o número destes. Para cada ano escolar cursado é creditado um ponto.

$$X16 = \frac{\text{Somatório dos pontos dos funcionários disponíveis}}{\text{Número de funcionários disponíveis}}$$

17. *Tempo Médio Disponível de Empresa - X17*

Representa o tempo de serviço do funcionário típico do Órgão (CROM). Obtém-se pela relação entre o somatório dos tempos de empresa dos funcionários disponíveis e o número destes. Para cada mês efetivado, é creditado um ponto.

$$X17 = \frac{\text{Somatório dos pontos dos funcionários disponíveis}}{\text{Número de funcionários disponíveis}}$$

18. *Idade Média dos Funcionários Disponíveis - X18*

Representa a idade do funcionário típico do Órgão



(CROM). Obtém-se pela relação entre o somatório das idades dos funcionários disponíveis e o número destes. Para cada mês de existência é creditado um ponto.

$$X18 = \frac{\text{Somatório dos pontos dos funcionários disponíveis}}{\text{Número de funcionários disponíveis}}$$

19. *Salário Líquido Médio Disponível - X19*

Representa o salário líquido percebido pelo funcionário típico do Órgão (CROM). Obtém-se pela relação entre o somatório dos salários líquidos, em dólares, dos funcionários disponíveis e o número destes.

$$X19 = \frac{\text{Somatório dos Salários Líquidos em US\$}}{\text{Número de funcionários disponíveis}}$$

20. *Diária Média - X20*

Representa o número de diárias realizadas pelo funcionário típico do Órgão (CROM). Obtém-se pela relação entre o somatório de dias trabalhados fora da sede, na realização de serviços direta ou indiretamente relacionados com a execução de atividades junto ao SEP e o número de funcionários disponíveis.

$$X20 = \frac{\text{Somatório diárias}}{\text{Número de funcionários disponíveis}}$$

21. *Hora Extra Média - X21*

Representa o número de horas extras executadas pelo funcionário típico do Órgão (CROM). Obtém-se pela relação entre o somatório das horas trabalhadas, fora do horário normal de expediente, na realização de serviços direta ou indiretamente relacionados com a execução de atividades junto ao SEP e o número de funcionários disponíveis.

$$X21 = \frac{\text{Somatório horas extras}}{\text{Número de funcionários disponíveis}}$$

22. *Índice da Quilometragem Percorrida - X22*

Representa a quilometragem percorrida na realização de viagens, direta ou indiretamente relacionadas com a execução de atividades junto ao SEP, necessárias para assegurar a transmissão de uma unidade de energia.

$$X22 = \frac{\text{Somatório da quilometragem percorrida}}{\text{Energia total}}$$

23. *Índice da Mão-de-Obra Ausente por Motivo de Saúde - X23*

Representa a ausência por motivos de saúde, apresentada pelo funcionário típico do Órgão. Obtém-se pela relação entre a mão-de-obra ausente por laudo médico, atestado médico, licenças e faltas não justificadas e o número de funcionários disponíveis.

$$X23 = \frac{\text{Somatório homens-hora ausentes por motivo de saúde}}{\text{Número de funcionários disponíveis}}$$

24. *Índice da Mão-de-Obra Ausente por Acidentes no Trabalho - X24*

Representa a ausência por motivo de acidentes no trabalho, apresentada pelo funcionário típico do Órgão. Obtém-se pela relação entre a mão-de-obra ausente por acidente no trabalho e o número de funcionários disponíveis.

$$X24 = \frac{\text{Somatório homens-hora ausentes por acidentes no trabalho}}{\text{Número de funcionários disponíveis}}$$

25. *Índice da Mão-de-Obra em Férias - X25*

Representa a mão-de-obra em férias do funcionário típico do Órgão. Obtém-se pela relação entre a mão-de-obra

em férias e o número de funcionários disponíveis.

$$X25 = \frac{\text{Somatório homens-hora em férias}}{\text{Número de funcionários disponíveis}}$$

26. Absenteísmo Médio - X26

Representa o absenteísmo apresentado pelo funcionário típico do Órgão (CROM). Obtém-se pela relação entre a mão-de-obra total ausente do órgão e o número de funcionários disponíveis.

$$X26 = \frac{\text{Somatório homens-hora em absenteísmo}}{\text{Número de funcionários disponíveis}}$$

27. Média Compensada de Temperatura em Grau Centígrado - X27

Representa a temperatura média do mês, calculada segundo critério do 8º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura.

$$X27 = \frac{\text{Temperatura média 12h} + (2 \times \text{Temperatura média 24h}) + \text{Média das máximas} + \text{Média das mínimas}}{5}$$

28. *Umidade Relativa do Ar - X28*

Representa a média das umidades relativas do ar verificadas nos psicrômetros das dez estações localizadas na Região Norte do Estado.

$$X28 = \frac{\text{Somatório das medições diárias das estações}}{\text{Número de estações}}$$

29. *Precipitação Pluviométrica - X29*

Representa a média das precipitações diárias verificadas nos pluviômetros das dez estações localizadas na Região Norte do Estado.

$$X29 = \frac{\text{Somatório das precipitações diárias das estações}}{\text{Número de estações}}$$

30. *Média do Número de Dias Chuvosos - X30*

Representa a média de dias chuvosos observados na região em estudo.

$$X30 = \frac{\text{Somatório do número de dias chuvosos das estações}}{\text{Número de estações}}$$

31. *Velocidade Média dos Ventos - X31*

Representa a média das velocidades médias verificadas nos anemógrafos das dez estações localizadas na Região Norte do Estado.

$$X31 = \frac{\text{Somatório das velocidades médias dos ventos medidas diariamente}}{\text{Número de medições}}$$

32. *Média do Número de Trovoadas mais Relâmpagos - X32*

Representa a média do número de trovoadas e relâmpagos observados nas estações localizadas na região em estudo.

$$X32 = \frac{\text{Somatório do número de trovoadas mais relâmpagos em cada estação}}{\text{Número de estações}}$$

33. *Índice de Confiabilidade do Sistema de Transmissão - X33*

Representa o grau de confiabilidade por potência do sistema de transmissão.

$$X33 = \frac{730 \times \text{Potência nominal instalada no sistema de transmissão} - \text{Energia deixada de transmitir no sistema de transmissão}}{730 \times \text{Potência nominal instalada no sistema de transmissão}}$$

34. Índice de Confiabilidade do Sistema de Distribuição -  
X34

Representa o grau de confiabilidade por potência do sistema de distribuição.

$$X34 = \frac{730 \times \text{Potência nominal instalada no sistema de distribuição} - \text{Energia deixada de transmitir no sistema de distribuição}}{730 \times \text{Potência nominal instalada no sistema de distribuição}}$$

3.6 - Coleta de dados

Os dados utilizados neste estudo foram coletados junto a dois organismos oficiais: a Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE e o 8º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura. Os dados referentes às condições climáticas, obtidos no referido Ministério, são planilhados e armazenados em arquivos e banco de dados. As planilhas são preenchidas pelo pessoal lotado nas estações meteorológicas, que valem-se de todo um instrumental técnico para observação e registro. Trata-se, portanto, de uma fonte fidedigna, fundamentada em equipamentos e critérios científicos.

Na CEEE, os dados foram fornecidos pelo CROM-Norte, o qual adota uma sistemática rigorosa para conferência dos mesmos. Todas as leituras dos instrumentos de

controle e supervisão do SEP são transcritas em folhas destinadas especificamente para este fim. Estas são compiladas em seção especializada em Organização e Método, que mantém arquivo próprio.

As apropriações de ocorrências do SEP somente são lançadas em registro após terem sido avaliadas e aprovadas por uma comissão de técnicos, oriundos de órgãos distintos, no âmbito da CEEE. Dito de outra forma, todas as ocorrências do SEP são registradas após o julgamento e parecer de um grupo de técnicos do setor. As informações de caráter essencialmente administrativo foram pesquisadas em fontes oficiais de registro de funcionários, utilizadas pela CEEE, no controle do seu efetivo funcional.

Pelo que foi descrito anteriormente, pode-se inferir que os dados primários que fundamentaram o presente estudo são confiáveis e podem ser utilizados em pesquisas com o nível de exigência imposto nesses casos.

### 3.7 - Tratamento estatístico

Em função da classificação do estudo como não-experimental, cuja característica não permite a manipulação da variável dependente, e também a inexistência de condições de controlar todas as variáveis independentes que eventualmente tenham influência sobre a variável dependen-



te (ALENCAR,1976), bem como a necessidade de predição (EHRlich,1985), imposta pela finalidade do estudo, foram utilizadas as técnicas estatísticas referentes à correlação e regressão linear múltipla, na busca de formular um modelo inferencial.

O modelo foi obtido através de simulação matemática, pela análise de regressão, conservando as características lógicas do sistema real (SHIMIZU,1984). O tratamento computacional foi através do programa SSP (Scientific Subroutine Package), devidamente adaptado, na sua versão 360A-CM - 03X/3, com o Sistema IBM 4381. Pesquisou-se a possibilidade de utilizar a técnica de BOX & JENKIS, cuja sofisticação permite uma melhor abordagem para o problema da autocorrelação, porém, devido à falta de recursos computacionais e tempo de análise, foi postergada, ficando a hipótese deste recurso ser empregado em estudos posteriores. A autocorrelação, neste caso, foi tratada pelos métodos convencionais através da utilização de "LAGS", ou seja, da defasagem sucessiva, mês a mês, de todas as variáveis, perfazendo um total de 24 laços ou 2 anos para cada caso. Após, foram calculados e plotados os coeficientes de correlação linear de Pearson, 24 por variável, que, através de análise devida, indicaram quais os casos de autocorrelação.

Uma vez estes identificados, foram dessazonaliza-

dos pelo emprego do método da Porcentagem das Médias Móveis (ANDERSON et alii,1983; FONSECA et alii,1985). Optou-se por este método em detrimento ao da Porcentagem da Tendência, uma vez que este último utiliza valores estimados pela função de regressão linear, o que eventualmente poderá conduzir a erros nas situações de variáveis com tendências não-lineares, e.g., exponenciais (CROXTON & COWDEN,1965:345). A necessidade de se eliminar a autocorrelação mostrada por variáveis em séries temporais decorre do fato destas apresentarem características autogenerativas, e.g., movimento pendular e, num estudo de correlação, podem duas ou mais variáveis correlacionarem-se fortemente, devido à autocorrelação, não significando, portanto, que tenham uma tendência de variação conjunta. O problema da sazonalidade em séries temporais, aqui identificada pelos altos coeficientes de correlação apresentados na "Step Wise" e confirmada pelos coeficientes de autocorrelação, decorre fundamentalmente das condições climáticas, tais como variações nas precipitações pluviométricas, neve,geadas, sol, umidade, calor e vento, que produzem variações na demanda de energia elétrica, oriundas das variações do processo produtivo, desde a produção primária, e.g., agricultura, até o beneficiamento industrial, passando também pelo ramo da construção civil. Inclusive, o aspecto cultural da região, costumes, festividades, vinculam-se de uma maneira ou outra às condições climáticas, caracterizando, em suma, a natureza como a principal responsável

pelas variações sazonais (CROXTON & COWDEN, 1965:229-30).

Em síntese, o modelo de regressão foi obtido através dos seguintes passos:

1. *Coleta e formação do banco de dados das séries temporais.* Os dados primários formaram um primeiro arquivo e todas as fórmulas inerentes às definições das variáveis, um segundo arquivo. Através de um programa desenvolvido, estes dois registros geraram o banco de dados do estudo. Em função da dimensão dos módulos, algumas variáveis foram operadas através de multiplicadores, visando adequá-las ao processo matemático do tratamento estatístico.
2. *Representação gráfica das séries,* visando identificar possíveis movimentos de tendência: sazonal, cíclicos e aleatórios.
3. *Análise de regressão por etapas "Step Wise",* para as cinco variáveis dependentes, obtendo cinco funções de regressão. Este programa foi desenvolvido a partir da rotina "Step Wise", constante do SSP. O objetivo desta análise foi identificar, através dos coeficientes de correlação múltipla, uma vez mais, a presença da sazonalidade. Em função dos altos valores destes, optou-se por pesquisá-la através dos coeficientes de autocorrelação.

A título de esclarecimento, a rotina "Step Wise"

é uma análise de regressão por etapas, na qual é adicionada em cada etapa da análise mais uma variável independente, recalculando-se a cada passo o termo constante, o coeficiente de correlação, o desvio padrão e o teste F para a análise da variância. Em função do valor de F, pode-se determinar se a inclusão de uma variável independente provoca uma redução significativa na variância associada com a variável dependente. A ordem de escolha das variáveis independentes, para entrada no modelo, é dada em função do valor de F (KAZMIER, 1982).

4. Cálculo, representação gráfica e análise dos coeficientes de autocorrelação, para todas as variáveis do estudo.

5. Dessazonalização das variáveis identificadas no item anterior, em número de 14, através do Método da Porcentagem das Médias Móveis. Utilizou-se doze índices sazonais mensais nesta tarefa.

6. Verificação da efetiva dessazonalização destas variáveis através de suas representações gráficas, cálculo, plotagem e análise dos seus coeficientes de autocorrelação.

7. Montagem de um segundo e definitivo banco de dados, constituído por variáveis, nas quais o aspecto da

autocorrelação já foi tratado, constituindo-se, portanto, de dados dessazonalizados.

8. *Análise de regressão por etapas "Step Wise", para as cinco variáveis dependentes, obtendo cinco funções de regressão.*

9. *Seleção de variáveis independentes, ordenadas anteriormente pela "Step Wise", através da distribuição de "Student" t, na qual testou-se a hipótese dos coeficientes de regressão serem significativamente diferentes de zero, a um nível de significância de 0,1, ou seja, com 90% de confiança nesta decisão. Para isto,  $|t| \geq 1,64$*

Hipótese nula :  $H_0 \quad C_j=0$

Hipótese alternativa:  $H_1 \quad C_j \neq 0$

Foram selecionadas, também, variáveis com  $|t| \geq 1,30$ , o que conduz a um nível de significância de 0,2, ou seja, um intervalo de confiança de 80%, na medida da importância destas, para a manutenção do aspecto lógico do sistema. Esta seleção foi feita pelo conhecimento empírico do SEP.

No caso de proliferação de variáveis com  $|t| \geq 1,64$ , o ponto de exclusão foi dado pelo não-incremento significativo do coeficiente de determinação  $R^2$ .

10. *Cálculo das funções de regressão, através da*

rotina de Regressão Linear Múltipla, do programa SSP, considerando, então, somente as variáveis independentes ordenadas e selecionadas pregressamente, obtendo cinco funções, uma para cada variável dependente, constituindo-se estas funções no primeiro modelo de simulação do SEP.

O critério para a permanência de variáveis nas funções de regressão foi dado pelo intervalo de confiança de 90%. As variáveis que não enquadravam-se neste caso foram suprimidas uma a uma, segundo ordem de importância crescente na manutenção lógica do sistema. A cada passo, calculava-se uma nova regressão linear múltipla.

Esta seqüência de passos é, basicamente, um detalhamento da proposta de estudo das séries temporais, descrita em FONSECA et alii (1985:153-4).

#### 11. *Análise da influência da manutenção preventiva*

Devido à importância da variável independente XI, que é o Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Preventiva e o seu não-aparecimento no primeiro modelo, buscou-se realizar um estudo específico para análise da sua influência no desempenho do SEP.

A realização de atividades de manutenção preventiva junto aos equipamentos do SEP, através da mão-de-obra alocada especificamente para este fim, constitui-se numa

ação com resultados diretamente associados ao desempenho do mesmo; a questão básica é quantificar esta correlação, bem como estimar o prazo ótimo da sua influência, ou seja, o tempo no qual o seu efeito se faz presente de forma mais marcante.

Nesta identificação, foi utilizado o recurso da defasagem mensal retroativa da variável independente  $X_1$ , durante um período de pesquisa de 18 meses. De outra forma, foram obtidos 18 LAGS de  $X_1$ , constituindo-se, portanto, numa ação criadora de 18 novas variáveis independentes, a partir de  $X_1$ . O banco de dados para este estudo foi composto, ainda, além das 18 variáveis independentes citadas anteriormente, pela própria variável  $X_1$  e as variáveis independentes que fazem parte do primeiro modelo de simulação do SEP, já antes obtido, resguardando-se o fato destas participarem por função de regressão, ou seja, considerando somente aquelas presentes em cada equação particular, referente a cada uma variável dependente. Finalmente, para completar a formação do Banco de Dados, foram registrados os valores das observações inerentes às cinco variáveis dependentes.

Em síntese, a seqüência de eventos para a pesquisa da influência da manutenção preventiva no desempenho operacional do SEP é a seguinte:

### 11.1 - Pesquisa do "LAG" de maior correlação:

11.1.1. formação do Banco de Dados específico para o caso;

11.1.2. análise da regressão por etapas "Step Wise" para as cinco variáveis dependentes;

11.1.3. identificação pontual, em cada função de regressão obtida na "Step Wise", do "lag" de  $X_1$  de maior correlação com sua respectiva variável dependente. Esta seleção foi obtida por três condições necessárias:

. maior correlação linear simples de  $X$  vs  $Y$ ;

. coeficiente de regressão com intervalo de confiança mínimo de 80%;

. sinal da correlação adequada a cada variável dependente.

Após este passo, uma vez identificado o "LAG" de maior correlação, por função, foi adotada uma linha de pesquisa desdobrada em duas alternativas, descritas conforme a seguir, na busca da obtenção do segundo modelo de simulação do SEP.

### 11.2 - Primeira Alternativa:

11.2.1. a partir do Banco dessazonalizado, a variável  $X_1$ , que é o Índice da Mão-de-Obra Utilizada na Ma-



manutenção Preventiva, foi substituída pelo seu respectivo "LAG", de maior correlação, obtido no passo anterior;

11.2.2. análise de regressão por etapas "Step Wise", onde verificou-se a inviabilidade da permanência do "LAG" da variável Índice da Mão-de-Obra Utilizada na Manutenção Preventiva, no modelo, uma vez que os seus coeficientes de regressão não eram estatisticamente significantes a um nível mínimo de 0,2. Esta alternativa foi então abandonada.

### 11.3 - Segunda Alternativa:

11.3.1. cálculo das funções de regressão, através da rotina de Regressão Linear Múltipla, do programa SSP, considerando, então, somente as variáveis independentes selecionadas e ordenadas pela "Step Wise" dos subitens 11.1.2 e 11.1.3. Portanto, as variáveis independentes que entraram nestas regressões foram aquelas constantes do primeiro modelo e os "LAGS" de maior correlação, lembrando o fato de que o estudo sempre é feito por função, ou seja, por variável dependente;

11.3.2. o critério para a permanência de variáveis nas funções de regressão foi dado pelo intervalo de confiança de 90%. As variáveis que não se enquadravam neste caso foram suprimidas uma a uma, segundo a ordem de importância crescente na manutenção lógica do sistema. A cada passo, calculava-se uma nova regressão linear múlti-

pla. As funções obtidas constituíram-se no segundo modelo de simulação do SEP. Vale ressaltar aqui, que, de todas as variáveis presentes neste segundo modelo, somente uma teve seu intervalo de confiança abaixo de 90%, ficando com 84%.

## 12. *Formulação do modelo final*

Em função dos critérios adotados nos itens anteriores, o modelo final de simulação do SEP resultou de uma combinação das funções de regressão obtidas nos dois modelos, ficando assim constituído: as variáveis dependentes de números 1, 4 e 5 com as funções de regressão do segundo modelo e as variáveis dependentes de números 2 e 3 com as funções de regressão do primeiro modelo.

### 3.8 - Dificuldades encontradas

A efetivação deste estudo deparou-se com uma série de dificuldades, que foram contornadas, possibilitando a realização integral da pesquisa. Dentre estas, destaca-se algumas, abaixo relacionadas:

1. formação do banco de dados: as variáveis relativas a pessoal exigiram árdua pesquisa, ao nível da ficha de cadastro individual, mês a mês, de todo o efetivo do Órgão, ao longo de seis anos de observação. Fato seme-

lhante ocorreu com as variáveis inerentes às condições climáticas, cuja busca e tratamento dos dados das estações meteorológicas demandou considerável esforço. Como as variáveis são índices compostos, foi necessário a montagem de um programa algoritmo para permitir suas formações, a partir dos dados primários coletados no campo e também viabilizar a gravação em arquivo acessável pelas rotinas do programa SSP;

2. tentativa de adequação do programa SSP, rotina da Análise de Regressão Parcial - "Step Wise" - às necessidades do modelo: foi frustrada em função da possível incompatibilidade desta rotina com o compilador disponível;

3. elaboração de um programa que produz os mesmos resultados da rotina citada no item anterior, usando como núcleo a rotina de Regressão Linear Múltipla, do programa SSP;

4. elaboração de programa para a representação gráfica das variáveis;

5. elaboração de programa para cálculo e plotagem dos valores dos coeficientes de autocorrelação, utilizados na verificação da sazonalidade;

6. elaboração de programa para dessazonalizar variáveis, através do método da Porcentagem das Médias Móveis, criando, após, um novo arquivo, constituindo um banco de dados dessazonalizados;

7. elaboração de programa para a geração das variáveis defasadas da manutenção preventiva e formação de um banco de dados específico, para permitir a pesquisa da influência da manutenção preventiva no desempenho do SEP;

8. identificação de um pressuposto para viabilizar o uso preditivo do modelo de simulação do SEP, através do qual emprega-se indistintamente a energia da previsão de mercado como estimador válido para ambas as formas de energia, total e transmitida, as quais foram consideradas individualmente na formulação do modelo;

9. supressão de alta correlação espúria oriunda de um grupo de variáveis que representavam fisicamente o mesmo fenômeno. Para isto foi usado o seguinte artifício: no cálculo das funções de regressão para Y1, Y2 e Y3, não selecionou-se as variáveis X33 e X34; idem para o cálculo das funções de regressão relativas a Y4 e Y5, onde não foram selecionadas as variáveis X11 e X13, respectivamente.

### 3.9 - Pressupostos metodológicos

Para a efetivação deste estudo, deverá ser presumido que:

1. as variáveis administrativas não relacionadas têm ponderação modesta no resultado final, podendo ser desconsideradas;

2. os instrumentos de apropriação de dados, bem como o sistema de homogeneização e aprovação dos mesmos, sejam válidos e fidedignos;

3. como o tempo de observação para a coleta dos dados é relativamente extenso (seis anos), pode-se admitir que o comportamento da energia elétrica é um simulador válido da própria estrutura do SEP, representando-o, portanto, no seu crescimento;

4. a energia da previsão de mercado é um estimador ótimo para as modalidades de energia definidas como total e transmitida, para fins de uso inferencial do modelo de simulação do SEP.

### 3.10 - Limitações do método

A simulação utilizada neste estudo não se reveste de uma fundamentação teórica complexa; todavia, os aspectos filosóficos referentes à validação do modelo são complexos e controvertidos e toca no problema do conhecimento e na possibilidade de a ciência chegar à verdade (EHRlich, 1985:9,252). Ainda este autor enfatiza que a natureza filosófica do assunto leva a estudos de E. Kant, H. Reichenbach e K.R. Popper, e o problema da validação está longe de sua solução, sendo que a discussão filosófica profunda mostra a preocupação com a incapacidade de resolvê-lo.

Esta pesquisa, na busca de um modelo de simulação do SEP, visa obter um suporte racional à decisão basicamente ao nível do planejamento, onde a característica inferencial é fundamental. Aqui, tem-se uma restrição considerável, de acordo com SIMON (1979:84):

"A racionalidade requer um conhecimento completo e inalcançável das conseqüências exatas de cada escolha. Na realidade, o ser humano possui apenas um conhecimento fragmentado das condições que cercam sua ação, e ligeira percepção das regularidades dos fenômenos e das leis que lhe permitiriam gerar futuras conseqüências, com base no conhecimento das circunstâncias atuais."

A Teoria Matemática da Administração busca operar na quantificação dos problemas e uso intensivo do computador na busca das questões já equacionadas e qualificadas. De acordo com NOVAES (1978:1):

"O uso indiscriminado do computador e de técnicas de otimização, sem a devida análise crítica dos dados e da adequabilidade das técnicas e dos modelos, pode levar a resultados bem distantes da realidade. Há um generalizado respeito por tudo que é impresso por computadores, situação esta que favorece a utilização precipitada da máquina na resolução de problemas de Engenharia e Planejamento. Modelos pouco adequados ao caso analisado, dados falhos ou díspares, calibração deficiente, tudo isto é muito comum quando se procura aplicar 'modelos' ou 'análise de sistemas' a qualquer custo."

Para KATZ & KAHN (1976:338), os grandes ganhos obtidos em empresas devem-se, primordialmente, à maior racionalidade na tomada de decisão, em sistemas; contudo, existem ocasiões em que esta pode vir a ser mais irracio-

nal do que a decisão individual.

Em função do exposto até aqui, pode-se concluir que o modelo de simulação obtido é um instrumento válido no auxílio à decisão, como suporte racional, desde que o usuário tenha consciência das limitações do método e que, em última análise, a decisão final ainda é do homem.

Por fim, ressalta-se o aspecto da validade externa do modelo, as generalizações não são permitidas, exceto nos casos de empresas cujo SEP apresente condições eletromecânicas semelhantes, resguardando-se ainda os aspectos das condições climáticas, níveis dos serviços executados junto ao sistema e características típicas das equipes de trabalho.

No capítulo seguinte serão apresentados e interpretados os resultados obtidos pelo estudo.

## 4 - RESULTADOS

Este capítulo tem a finalidade de apresentar os resultados obtidos, bem como interpretá-los, sendo, portanto, dividido nestes dois segmentos delimitados.

### 4.1 - Apresentação dos resultados

O estudo foi efetivado rigorosamente dentro do método descrito em capítulo específico e conduziu à obtenção do modelo de simulação do SEP, abaixo formulado, constituído por um conjunto de equações, as quais conservam as características lógicas do sistema real, cuja representação simbólica elas reproduzem. Todos os cálculos, banco de dados e programas estão gravados e disponíveis em computador.

O modelo obtido de simulação do SEP é composto por um conjunto de cinco (5) funções de regressão, uma para cada variável dependente ( $Y_i$ ). A seguir serão detalhadas, uma a uma, todas as equações que representam estas funções de regressão.



$Y1 = 0,97690 - 0,33807X2 + 0,00263X16 + 0,02722X41$ , onde:

		Valor Médio
Y1	- Índice de desempenho operacional .....	0,99796
X2	- Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Corretiva Não-Programada .....	0,00280
X16	- Escolaridade Média Disponível .....	8,08581
X41	- Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Preventiva realizada dois (2) meses antes .....	0,02618

$|t|$  para X2 = 5,208 (intervalo de confiança = 99%)

$|t|$  para X16 = 3,962 (intervalo de confiança = 99%)

$|t|$  para X41 = 1,415 (intervalo de confiança = 84%)

Valor de F = 14,3242 (valor de F para 1% = 4,20)

Valor de R = 0,67986 (Coeficiente de Correlação Múltipla)

Valor de  $R^2$  = 0,4622 (Coeficiente de Determinação=46,22%)

$$Y2 = 0,98175 - 0,31343X2 + 0,00182X16 - 0,1001X4 - \\ - 0,08878X6 - 0,0001X30 + 0,00462X12 + 0,00834X11,$$

onde:

		Valor Médio
Y2	- Índice de Eficiência Operacional .....	0,99871
X2	- Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Corretiva Não-Programada .....	0,00251
X16	- Escolaridade Média Disponível .....	8,01698
X4	- Índice da Mão-de-Obra Utilizada em Viagem .....	0,02487
X6	- Índice da Mão-de-Obra Utilizada em Treinamento .....	0,00393
X30	- Média do Número de Dias Chuvosos .....	11,63619
X12	- Índice da Utilização da Mão-de-Obra Disponível .....	0,92648
X11	- Índice da Mão-de-Obra Disponível .....	0,35557

t	para X2 = 5,327 (intervalo de confiança = 99%)
t	para X16 = 2,88 (intervalo de confiança = 99%)
t	para X4 = 2,458 (intervalo de confiança = 98,6%)
t	para X6 = 2,387 (intervalo de confiança = 98%)
t	para X30 = 2,648 (intervalo de confiança = 99%)
t	para X12 = 1,971 (intervalo de confiança = 95%)
t	para X11 = 1,892 (intervalo de confiança = 94%)

Valor de F = 9,34846 (valor de F para 1% = 2,95)

Valor de R = 0,71103 (Coeficiente de Correlação Múltipla)

Valor de R<sup>2</sup> = 0,5055 (Coeficiente de Determinação=50,55%)

$Y3 = 1,00062 + 0,00031X29 + 0,09752X13 - 0,00032X28$ , onde:

		Valor Médio
Y3	- Índice de Insegurança Operacional .....	0,99905
X29	- Precipitação Pluviométrica .....	1,56557
X13	- Índice de Desencaixe Financeiro .....	0,00335
X28	- Umidade Relativa do Ar .....	7,43270

$|t|$  para X29 = 2,768 (intervalo de confiança = 99%)

$|t|$  para X13 = 2,847 (intervalo de confiança = 99%)

$|t|$  para X28 = 1,695 (intervalo de confiança = 91%)

Valor de F = 5,08446 (valor de F para 1% = 4,10)

Valor de R = 0,42804 (Coeficiente de Correlação Múltipla)

Valor de  $R^2$  = 0,1832 (Coeficiente de Determinação=18,32%)

$$Y4 = 4,73432 - 17,90819X8 - 6,00596X10 + 1,90057X12 + \\ + 42,56703X13 - 0,11125X28 - 7,60380X1 - 14,16954X5 - \\ - 4,27909X3, \text{ onde:}$$

		Valor Médio
Y4	- Índice de Produtividade da Mão-de-Obra	3,12591
X8	- Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Ope- ração .....	0,10791
X10	- Índice da Mão-de-Obra Efetiva no Apoio Administrativo .....	0,06481
X12	- Índice da Utilização da Mão-de-Obra Disponível .....	0,93198
X13	- Índice de Desencaixe Financeiro .....	0,00355
X28	- Umidade Relativa do Ar .....	7,43616
X1	- Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manu- tenção Preventiva .....	0,02551
X5	- Índice da Mão-de-Obra Efetiva em Ser- viços de Melhoramentos .....	0,00404
X3	- Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manu- tenção Corretiva Programada .....	0,03051

t	para X8 = 11,573 (intervalo de confiança = 99%)
t	para X10 = 4,915 (intervalo de confiança = 99%)
t	para X12 = 6,223 (intervalo de confiança = 99%)
t	para X13 = 4,267 (intervalo de confiança = 99%)
t	para X28 = 3,137 (intervalo de confiança = 99%)
t	para X1 = 3,322 (intervalo de confiança = 99%)
t	para X5 = 3,08 (intervalo de confiança = 99%)
t	para X3 = 2,445 (intervalo de confiança = 98,4%)

Valor de F = 97,01273 (valor de F para 1% = 2,94)

Valor de R = 0,97221 (Coeficiente de Correlação Múlti-  
pla)

Valor de R<sup>2</sup> = 0,9452 (Coeficiente de Determinação =  
94,52%)

$$Y5 = 253,61003 - 2780,31738X19 - 3832,69775X4 -$$

$$- 592,83936X50, \text{ onde:}$$

		Valor Médio
Y5	- Índice da Produtividade Financeira ....	56,85968
X19	- Salário Líquido Médio Disponível .....	0,03320
X4	- Índice da Mão-de-Obra Utilizada em Via- gem .....	0,02277
X50	- Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manu- tenção Preventiva, realizada onze (11) meses antes .....	0,02896

$|t|$  para X19 = 4,56 (intervalo de confiança = 99%)

$|t|$  para X4 = 4,171 (intervalo de confiança = 99%)

$|t|$  para X50 = 2,021 (intervalo de confiança = 95,6%)

Valor de F = 8,40745 (valor de F para 1% = 4,20)

Valor de R = 0,57905 (Coeficiente de Correlação Múltipla)

Valor de  $R^2$  = 0,3352 (Coeficiente de Determinação =  
33,52%)

## 4.1.1 - Modelo completo

$$Y1 = 0,97690 - 0,33807X2 + 0,00263X16 + 0,02722X41$$

$$Y2 = 0,98175 - 0,31343X2 + 0,00182X16 - 0,1001X4 - \\ - 0,08878X6 - 0,0001X30 + 0,00462X12 + 0,00834X11$$

$$Y3 = 1,00062 + 0,00031X29 + 0,09752X13 - 0,00032X28$$

$$Y4 = 4,73432 - 17,90819X8 - 6,00596X10 + 1,90057X12 + \\ + 42,56703X13 - 0,11125X28 - 7,60380X1 - 14,16954X5 - \\ - 4,27909X3$$

$$Y5 = 253,61003 - 2780,31738X19 - 3832,69775X4 - \\ - 592,83936X50$$

Nota-se, neste modelo, que a variável X1 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Preventiva -, inobstante sua importância, não figurou nas funções da regressão de Y2 - Índice de Eficiência Operacional - e Y3 - Índice de Insegurança Operacional. Isto é devido ao fato destas variáveis serem interdependentes, oriundas da variável Y1 - Índice de Desempenho Operacional -, na qual X1

faz-se presente.

Para o uso deste modelo, é necessário dessazonalizar os dados de campo, naquelas variáveis que apresentaram características sazonais. Este objetivo é obtido pela divisão dos dados originais pelos seus respectivos índices sazonais mensais. A seguir serão transcritos todos estes índices, tomados mês a mês, individualmente por variável, conforme tabela a seguir.

ÍNDICES SAZONAIS MENSAIS

VARIÁVEL	MÊS											
	JANEIRO	FEVE- REIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEM- BRO	OUTUBRO	NOVEM- BRO	DEZEM- BRO
Y4	1,14000	1,04889	1,09244	1,14616	1,00881	0,93159	0,91602	0,92624	0,96949	0,90500	0,89340	1,02194
X4	0,87125	0,83362	0,91724	0,78785	0,99447	1,05060	1,06435	1,19087	1,03908	1,07227	1,08592	1,09249
X8	0,90608	0,90271	0,93680	0,85929	1,00438	1,07061	1,09796	1,06157	1,06305	1,10008	1,04692	0,95053
X11	0,87013	0,94558	0,90733	0,86696	0,98708	1,06870	1,08431	1,07117	1,02586	1,09208	1,11194	0,96884
X19	1,16866	1,72345	1,08351	0,98982	0,85421	0,78154	0,81785	0,97818	0,89135	0,91189	0,89642	0,90313
X28	0,94416	1,03741	1,00601	1,01238	1,03767	1,08216	1,03612	1,00647	0,98326	0,95263	0,97062	0,93112



No próximo segmento, serão analisados os resultados obtidos, conforme o sistema de equações anteriormente formulado.

#### 4.2 - Interpretação dos resultados

A análise dos resultados obtidos será feita a seguir, onde buscar-se-á uma interpretação por função, individualmente considerada. A síntese que leva em conta fundamentalmente a interdependência entre as diversas funções de regressão, será elaborada no capítulo seguinte, sob o título de Conclusões.

##### *Primeira Função de Regressão*

##### *- Índice de Desempenho Operacional*

$$Y1 = 0,9769 - 0,33807X2 + 0,00263X16 + 0,02722X41, \text{ onde:}$$

Y1 - Índice de Desempenho Operacional

X2 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Corretiva Não-Programada

X16 - Escolaridade Média Disponível

X41 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Preventiva, realizada dois (2) meses antes.

Considerando os valores médios das variáveis, seus respectivos coeficientes e sinais, nota-se imediatamente que o Índice de Desempenho Operacional (Y1) correlaciona-se preponderantemente com a Escolaridade Média Disponível (X16). Esta variável não admite ação gerencial rápida, caracterizando-se pela sua elevada inércia em termos de velocidade de resposta a qualquer atitude administrativa. Trata-se, portanto, mais de uma variável de identidade da estrutura do SEP. Ela nos mostra, entretanto, a importância da escolaridade média do órgão, na obtenção de bons resultados operacionais.

As variáveis X2 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Corretiva Não-Programada e X41 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Preventiva, realizada dois meses antes, apresentam correlações quantitativamente semelhantes com Y1, porém, apresentam significados bem distintos, quais sejam:

- O incremento na quantidade de mão-de-obra empregada nas execuções de manutenções corretivas não programadas indica que o desempenho operacional tende a apresentar resultados decrescentes, ou seja, a variável X2 é sobretudo um indicador da tendência do comportamento de Y1. É antes uma consequência de outras ações administrativas, não permitindo, a priori, que, se intencionalmente reduzirmos seu valor, teremos em correspondência um aumento nos valores estimados de Y1. Em síntese, X2 representa

uma consequência, e não uma causa.

- A variável X41 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Preventiva, realizada dois (2) meses antes, caracteriza-se como a suposta causa principal do comportamento do Índice de Desempenho Operacional - Y1, permitindo inferir mudanças nos valores estimados do mesmo, constituindo-se, portanto, no ponto principal de tomada de decisões administrativas.

### *Segunda Função de Regressão*

#### *- Índice de Eficiência Operacional*

$$Y2 = 0,98175 - 0,31343X2 + 0,00182X16 - 0,1001X4 - \\ - 0,08878X6 - 0,0001X30 + 0,00462X12 + 0,00834X11, \\ \text{onde:}$$

Y2 - Índice de Eficiência Operacional

X2 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Corretiva Não-Programada

X16 - Escolaridade Média Disponível

X4 - Índice da Mão-de-Obra Utilizada em Viagem

X6 - Índice da Mão-de-Obra Utilizada em Treinamento

X30 - Média do Número de Dias Chuvosos

X12 - Índice da Utilização da Mão-de-Obra Disponível

X11 - Índice da Mão-de-Obra Disponível

Através da análise das médias, coeficientes e sinais das variáveis presentes, pode-se deduzir que:

- A Escolaridade Média Disponível (X16) apresenta a maior correlação, porém, como já citado anteriormente, trata-se de variável de identidade da estrutura do SEP, sendo aqui importante somente identificar sua influência na Eficiência Operacional - Y2, não permitindo ações gerenciais com prontas respostas.

- As variáveis X2 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Corretiva Não-Programada e X6 - Índice da Mão-de-Obra Utilizada em Treinamento, apresentam correlações semelhantes e negativas em relação à Eficiência Operacional - Y2, e mostram que um aumento na mão-de-obra empregada em manutenções corretivas não-programadas indica uma tendência de redução da eficiência operacional, a exemplo do que ocorre com Y1 - Índice de Desempenho Operacional; já um incremento na mão-de-obra utilizada em treinamento - X6, induz a uma redução da eficiência operacional, porém esta não é, a exemplo da anterior, uma variável simplesmente indicadora de tendência e, sim, uma provável variável de causa. Explica-se a correlação negativa do treinamento com a eficiência operacional, aparentemente contraditória, pela concorrência de recursos, ou seja, em épocas de reduzida mão-de-obra disponível, não é compensatório o resultado obtido pelo treinamento, face à ausência da mão-de-obra deslocada para este fim.

- As variáveis X4 - Índice da Mão-de-Obra Utilizada em Viagem, X30 - Número de Dias Chuvosos, X12 - Índice da Utilização da Mão-de-Obra Disponível e X11 - Índice da Mão-de-Obra Disponível, apresentam correlações semelhantes com Y2 - Índice de Eficiência Operacional, porém maiores que as analisadas anteriormente (X2 e X6). A variável X30 não é gerenciável diretamente; indica, todavia, que o SEP fica mais vulnerável por ocasião de dias chuvosos, mostrando a necessidade de ações no sentido de melhorar seu esquema protetivo nas áreas de blindagem e releamento. A correlação negativa de X4 se explica pela concorrência de recursos, induzindo à busca de otimização das viagens em épocas de recursos humanos escassos. As variáveis X11 e X12 têm uma correlação, pode-se dizer, algébrica, na medida em que mostram o vínculo positivo entre a mão-de-obra disponível e sua respectiva utilização com a eficiência operacional, mostrando a necessidade emergente do órgão dispor de um efetivo humano compatível com suas necessidades, bem como da imperiosa utilização correta destes.

### *Terceira Função de Regressão*

*- Índice de Insegurança Operacional*

$$Y3 = 1,00062 + 0,00031X29 + 0,09752X13 - 0,00032X28, \text{ onde:}$$

Y3 - Índice de Insegurança Operacional

- X29 - Precipitação Pluviométrica
- X13 - Índice de Desencaixe Financeiro
- X28 - Umidade Relativa do Ar

De acordo com o método de análise adotado no estudo, pode-se deduzir que:

- As variáveis X29 - Precipitação Pluviométrica e X13 - Índice de Desencaixe Financeiro, apresentam correlações semelhantes e positivas em relação ao Índice de Insegurança Operacional - Y3 e mostram que um aumento na precipitação pluviométrica tende a aumentar a insegurança operacional, na medida em que ações junto ao SEP, com caráter preventivo, diminuem e, no presente caso analisado, os recursos financeiros disponíveis no órgão não foram priorizados nestas atividades, sendo alocados preponderantemente em outras ações administrativas, em detrimento destas.

- A variável X28 - Umidade Relativa do Ar apresenta uma correlação negativa com Y3, de caráter meramente algébrico, não sendo possível identificar, neste momento, qualquer relação com atividades programadas junto ao SEP.

*Quarta Função de Regressão*

*- Índice da Produtividade da Mão-de-Obra*

$$Y4 = 4,73432 - 17,90819X8 - 6,00596X10 + 1,90057X12 + \\ + 42,56703X13 - 0,11125X28 - 7,60380X1 - 14,16954X5 - \\ - 4,27909X3, \text{ onde:}$$

- Y4 - Índice da Produtividade da Mão-de-Obra  
 X8 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Operação  
 X10 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva no Apoio Administrati-  
 vo  
 X12 - Índice da Utilização da Mão-de-Obra Disponível  
 X13 - Índice de Desencaixe Financeiro  
 X28 - Umidade Relativa do Ar  
 X1 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Preven-  
 tiva  
 X5 - Índice da Mão-de-obra Efetiva em Serviços de Melho-  
 ramentos  
 X3 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Correti-  
 va Programada

Conforme método de análise adotado no estudo, po-  
 de-se deduzir que a variável Y4 - Índice da Produtividade  
 da Mão-de-Obra, inobstante os altos coeficientes de corre-  
 lação e determinação obtidos, caracteriza-se por ser uma  
 função basicamente algébrica, demonstrando que a mão-de-  
 obra empregada nos diversos segmentos presentes nesta não

produzem alterações significativas no montante da energia transmitida. Isto deve-se à inércia do sistema, uma vez que, mesmo reduzindo-se a mão-de-obra alocada no sistema, num período de curto prazo, não produzem-se alterações significantes na energia transmitida. Esta conclusão pode ser inferida a partir da própria definição da variável Y4 e sua respectiva função de regressão.

- A variável X12 - Índice de Utilização da Mão-de-Obra Disponível, apresenta, praticamente, a maior correlação com a produtividade da mão-de-obra. Esta correlação é positiva, demonstrando a necessidade de uma atenção especial no gerenciamento dos recursos humanos, a enfática busca na redução da parcela ociosa.

- A variável X13 - Índice de Desencaixe Financeiro, apresenta, também, uma correlação positiva e altamente significativa com a produtividade da mão-de-obra, induzindo que, os recursos financeiros colocados à disposição do órgão, se suficientes, tendem a aumentar a produtividade da mão-de-obra, ou seja, a escassez de recursos financeiros provoca, num segundo momento, um incremento no custo do serviço da empresa, visto a redução da produtividade da mão-de-obra. Dito de outra forma, quanto menos recursos financeiros disponíveis no órgão, mais mão-de-obra é necessária para transmitir a mesma quantidade de energia.



*Quinta Função de Regressão*

*- Índice de Produtividade Financeira*

$$Y5 = 253,61003 - 2780,31738X19 - 3832,69775X4 -$$

$$- 592,83936X50, \text{ onde:}$$

Y5 - Índice da Produtividade Financeira

X19 - Salário Líquido Médio Disponível

X4 - Índice da Mão-de-Obra Utilizada em Viagem

X50 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Preventiva, realizada onze (11) meses antes

Conforme método de análise adotado no estudo, pode-se deduzir que a variável Y5 - Índice da Produtividade Financeira, caracteriza-se por ser uma função basicamente algébrica, onde os valores das correlações são semelhantes e todas negativas.

A variável X19 - Salário Líquido Médio Disponível, apresenta na função de regressão um comportamento que pode induzir à possibilidade de que uma média salarial elevada, presente no órgão, venha a causar uma redução do Índice da Produtividade Financeira - Y5. A origem disto, eventualmente, será o fato que vincula salário mais alto, com aumento respectivo da escolaridade, onde o profissional, em função da sua maior experiência e cultura, torna-se um elemento mais empreendedor, possivelmente mais criativo, mais dinâmico e exigente. Isto deverá causar um incre-

mento nos gastos do órgão, remetendo inclusive à questão de um maior número de viagens. Este fato é agregado à variável X4 - Índice da Mão-de-Obra Utilizada em Viagens, a qual, também, pela sua correlação negativa com a produtividade financeira, demonstra que, quanto maior a mão-de-obra utilizada em viagens, maior será o custo da energia transmitida, visto o aumento do desencaixe financeiro oriundo da maior carga de trabalho.

Neste momento, colocar-se-á a questão de que, quanto mais trabalha-se no SEP, maior o custo da energia transmitida. Ocorre, porém, e isto aplica-se também para a variável X50 - Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Preventiva realizada onze (11) meses antes, que os resultados no desempenho operacional, o qual é totalmente vinculado ao montante de energia transmitida, advêm posteriormente à data da aplicação dos recursos, sejam eles físicos, financeiros ou humanos, devido à inércia própria do SEP. Isto é corroborado pela própria definição da produtividade financeira, que representa custo unitário da energia transmitida, onde os elevados volumes de energia predominam sobre os desembolsos financeiros e a variação nestas quantidades de energia é lenta e gradual, ao contrário do que ocorre com os desembolsos.

No próximo capítulo serão apresentadas as con-

clusões deste estudo, obtidas a partir da síntese da interpretação dos resultados, aqui desenvolvida.

## 5 - CONCLUSÕES

Este capítulo busca sintetizar e inter-relacionar os resultados obtidos no estudo e interpretados no capítulo anterior, bem como dissertar sobre os usos do modelo, sendo, portanto, dividido nestes dois segmentos.

Aqui tratar-se-á do desempenho geral do SEP, ou seja, as conclusões referem-se aos resultados operacionais deste, considerados simultaneamente com seus respectivos custos, aos níveis das produtividades da mão-de-obra e financeira. Dito de outra forma, as conclusões referem-se ao resultado agregado ao custo.

Algumas conclusões podem parecer óbvias, num primeiro momento, porém têm o resguardo de uma pesquisa conduzida segundo os requisitos do método científico, exigindo, portanto, reflexões sobre seu significado.

A análise e interpretação dos dados anteriormente apresentados proporcionaram as seguintes conclusões:

1. Existe a necessidade de se dispor de uma equipe completa, quantitativamente, bem como sua eficiente utilização, reduzindo a fração ociosa e, em épocas de escas-

sos recursos humanos, deve-se ter um cuidado maior em racionalizar as viagens e o deslocamento de pessoal para treinamento, uma vez que, inicialmente, a ausência desta mão-de-obra causa uma maior redução no desempenho do SEP, comparado com o eventual benefício que será proporcionado pelo desenvolvimento obtido no treinamento, por ocasião do retorno às atividades normais. Recomenda-se descentralizar o treinamento, desenvolvendo um programa específico baseado em carências, previamente identificadas em determinadas funções.

2. A escolaridade dos funcionários vincula-se positivamente com o desempenho do órgão, exigindo uma atenção especial no sentido da busca permanente no desenvolvimento da equipe, objetivando sua qualificação. Este é um evento que deveria anteceder o próprio treinamento, sendo uma ação gerencial no tempo relativo à admissão de pessoal. Em síntese, estas duas primeiras conclusões mostram a necessidade de se ter uma lotação quanti-qualitativa adequada ao órgão, sendo presumivelmente o treinamento, numa fase inicial, um recurso que não compensa uma baixa qualificação da equipe. Deve-se pesquisar o tempo para o qual esta tendência começa a se reverter.

3. A necessidade de recursos financeiros adequados é fundamental, visto que sua escassez provoca um aumento no custo do serviço, através da redução da produtividade da mão-de-obra.

4. Uma indicação de suma importância, relativa à tendência do comportamento do desempenho do SEP, é dada pela mão-de-obra alocada em serviços de manutenção corretiva não-programada, a qual demonstra que um incremento nesta alerta para uma expectativa de redução no desempenho. Portanto, o gerente deve sempre monitorar estes serviços.

5. O aspecto relativo à proteção contra condições climáticas adversas, oriundas dos dias chuvosos, deve ser ressaltado, indicando a necessidade de cuidados especiais na concepção dos projetos inerentes ao SEP, buscando uma adequada relação de custos x benefícios, na obtenção da confiabilidade requerida.

6. Finalmente, de propósito, ressalta-se que os resultados agregados à mão-de-obra utilizada nas atividades de manutenção preventiva, os quais, ao contrário do pressuposto, não vincularam-se imediatamente ao desempenho do SEP, conforme mostrado no primeiro modelo de regressão e também na primeira alternativa de pesquisa da sua influência, através do segundo modelo, indicam que os benefícios resultantes desta atividade não estão correspondendo ao que se espera dela. Disto infere-se, imediatamente, ação de pelo menos duas causas, quais sejam:

- a) qualidade dos serviços executados;
- b) metodologia utilizada no desenvolvimento dos trabalhos.

Empiricamente, tende-se a reduzir o efeito considerado na primeira causa, restando, portanto, um grande questionamento em relação à segunda, ou seja, o atual método de execução das manutenções preventivas realmente é o ideal? Pelo exposto, tudo indica que, as intervenções nos equipamentos, realizadas de acordo com as presentes orientações, normas e procedimentos, não estão conduzindo a resultados ótimos, exigindo uma reavaliação do método de trabalho empregado até então.

#### 5.1 - Usos do modelo

A síntese da interpretação dos indicadores de resultado, os quais são representados pelas variáveis dependentes do estudo, pode ser descrita como que a maximização ideal da eficiência operacional; pressupõe gerenciar todas as causas de interrupções no fornecimento de energia, tornando nulas as causas de interrupções imprevisíveis, administrando a insegurança e melhorando o desempenho operacional do SEP. Isto leva aos objetivos propostos no início da pesquisa, que consistem, em última análise, uma vez atingidos, nos usos proporcionados pelo modelo. Estes são, por ordem lógica, os seguintes:

1. suporte racional à decisão ao nível do planejamento de gestão do SEP, com a conseqüente redução dos riscos associados, aperfeiçoando a alocação de recursos fí-

sicos, financeiros e humanos, obtendo ganho nos resultados operacionais;

2. formulação de um Sistema de Indicadores de Resultados, para fins de gerenciamento do órgão;

3. formação de Banco de Dados;

4. desenvolvimento gerencial ao nível do treinamento, na concepção de estudos de casos.

Este modelo confere as características reativa e pró-ativa para as ações administrativas, viabilizando um avanço gerencial na gestão do órgão. Todavia, não é possível considerar todos os aspectos da realidade, bem como identificar suas relações, as quais configuram a evolução efetiva desta, sendo que a realidade, além de estar em contínua modificação, é una e indivisível, inviabilizando, portanto, sua total captação pelo modelo (FERREIRA,1983).

A simulação obtida por este instrumento é de grande valia na análise dos problemas e elaboração de alternativas, sendo capaz de revelar aspectos desconhecidos do comportamento do sistema, mostrar e priorizar alternativas, porém não pode ajudar a definir os problemas; logo, as decisões da administração ainda devem ser tomadas pelos administradores, fundamentadas no seu discernimento (DRUCKER,1981). O modelo de simulação é uma ferramenta de auxílio à decisão; ele não é, em si próprio, o tomador de decisões (CHIAVENATO,1983).



O emprego deste instrumento deve ser precedido de orientações às pessoas que dele se utilizarão, ressaltando os cuidados necessários, principalmente, em relação às suas limitações. O ganho significativo do presente estudo reside no estabelecimento de um método de pesquisa para a área administrativa, no campo gerencial do planejamento de um Sistema Elétrico de Potência, na sua fase de operação e manutenção. A partir do aqui pesquisado, poderão ser anexadas novas variáveis endógenas ao sistema, as quais, certamente, irão aumentar a aderência do modelo em relação ao fenômeno que busca representar, tornando-o efetivamente um instrumento de emprego prático.

No próximo capítulo serão feitas recomendações para novos estudos, visando complementar este trabalho.

## 6 - RECOMENDAÇÕES PARA NOVOS ESTUDOS

Um coeficiente de determinação de 46,22% obtido para a variável Y1, conforme resultados apresentados e analisados nos capítulos antecedentes, é significativo. Considerando que esta variável representa o principal indicador do comportamento operacional do SEP, se a função de regressão "explica" 46% do mesmo, este valor é satisfatório, uma vez que o estudo levou em conta basicamente variáveis exógenas ao SEP, quais sejam: administrativas e climáticas, sendo as variáveis de engenharia praticamente desconsideradas.

Para obter-se um maior grau de aderência do modelo à realidade do SEP, através do incremento do coeficiente de determinação, fato este que o tornará efetivamente um instrumento pragmático de gerência, é necessário, fundamentalmente, incluir na sua formulação variáveis da área de engenharia. Estas são variáveis endógenas do SEP, constituem a sua própria essência, estrutura e determinam o comportamento operacional do mesmo.

Visando, ainda, o aumento da aderência do modelo, é desejável pesquisar um número maior de observações até

atingir um valor otimizado de  $R^2$ . O tempo de recorrência para a variável  $X_1$  (Índice da Mão-de-Obra Efetiva na Manutenção Preventiva) constitui também excelente linha de pesquisa, ou seja, a identificação do intervalo de tempo ideal entre a execução de manutenções preventivas, de maneira a usufruir econômica e integralmente os possíveis benefícios desta.

No campo da engenharia, recomenda-se estudos nas áreas abaixo descritas, as quais fornecerão variáveis inerentes ao próprio SEP, que necessariamente irão conduzir o presente modelo a um estágio mais preciso de representação da realidade, a qual ele busca reproduzir:

a) Projeto de Linhas de Transmissão, Subestações e Usinas - nesta área muitos fatores influenciam diretamente na confiabilidade do SEP, tais como aterramento, nível de curto-circuito, equipamentos de reserva, coeficiente de segurança, blindagem, releamento, etc.;

b) Interligação do SEP - os fatores de influência vinculam-se ao número de linhas de transmissão empregadas na interligação de sistemas e da capacidade de reserva girante dos mesmos;

c) Configuração do SEP - aqui caracteriza-se o tipo de sistema, radial, anel e misto, a capacidade de estabelecer arranjos alternativos de linhas de transmissão, subestações e fontes geradoras, no objetivo de se restau-

rar, rapidamente, o fornecimento, no caso de contingências;

d) Controle do SEP - os fatores a serem considerados dizem respeito aos sistemas de supervisão, incluindo telemedição, telecomando e telecomunicações. Deve-se levar em conta a velocidade de resposta destes sistemas, face a situações emergenciais;

e) Capacidade de Transmissão e Transformação - pode-se buscar variáveis relativas ao carregamento de linhas e transformadores, identificando, inclusive, condições de fator de potência, regime térmico e limites de estabilidade.

Ainda em relação à manutenção preventiva, é desejável pesquisar, sobretudo, além do seu tempo de recorrência, as causas que levaram esta variável a apresentar, inicialmente, uma baixa correlação com o desempenho operacional. A questão vincula-se, possivelmente, com o método de trabalho empregado na execução de atividades neste tipo de manutenção, ou ainda, a qualidade da mão-de-obra utilizada, o que é pouco provável.

Finalmente, recomendam-se novos estudos relativos às variáveis treinamento e escolaridade. Esta última apresentou uma presumível e alta vinculação com o desempenho operacional, sugerindo a questão de qual será o limite, até quanto qualificar uma equipe representará ganho nos

resultados operacionais? A resposta poderá ser um auxiliar na elaboração de critérios qualitativos de recursos humanos. Já o treinamento requer uma pesquisa, visando à determinação do tempo para o qual, em épocas de redução na mão-de-obra disponível, seus benefícios decorrentes do aprimoramento compensam a ausência da mão-de-obra no trabalho efetivo. Isto irá subsidiar a estruturação dos programas de treinamento, adequando-os à disponibilidade de pessoal junto aos órgãos usuários.

## GLOSSÁRIO

. DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica: É o órgão normativo e de fiscalização do setor elétrico nacional, fixando as tarifas de energia elétrica em todo o território brasileiro e exercendo fiscalização sobre os custos operacionais das empresas concessionárias.

. CEEE - Companhia Estadual de Energia Elétrica: Pessoa jurídica detentora de concessão federal para explorar a prestação de serviços públicos de energia elétrica no Estado do Rio Grande do Sul.

. SOSP - Superintendência de Operação do Sistema de Potência: É o órgão responsável pela operação e manutenção de todas as subestações dos sistemas de transmissão e distribuição, linhas de transmissão, pequenas usinas hidrelétricas, sistemas de telecomunicações, supervisão e controle da CEEE, sendo responsável também pela interconexão com sistema interligado.

. CROM - Centro Regional de Operação e Manutenção: É o órgão que tem por objetivo executar a operação e manutenção de subestações, linhas de transmissão e peque-

nas usinas hidrelétricas situadas na sua área de atendimento, bem como desenvolver atividades de preservação ecológica, manutenção civil e de telecomunicações.

. DRC - Despacho Regional de Cargas: É o órgão que tem por objetivo manter a continuidade e a qualidade no fornecimento de energia elétrica, coordenando e controlando sua geração, transmissão e transformação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### *Bibliografia citada*

- ALENCAR, Runice M.L. de. Psicologia - introdução aos princípios básicos do comportamento. Petrópolis, Vozes, 1976.
- ANDERSON, David R. et alii. Quantitative methods for business. St. Paul, West Publishing Company, 1983.
- CHIAVENATO, Adalberto. Introdução à teoria geral da administração. 3.ed. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1983.
- CHURCHMAN, C. West et alii. Introduction to operations research. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1957.
- CROXTON, Frederick E. & COWDEN, Dudley J. Estadística general aplicada. 6.ed. Trad. Teodoro Ortiz y Manuel Bravo. México, Fondo de Cultura Económica, 1965.
- DRUCKER, Peter Ferdinand. Prática da administração de empresas. Trad. Carlos A. Malferrari. São Paulo, Pioneira, 1981.
- EHRlich, Pierre Jacques. Pesquisa operacional - curso introdutório. 5.ed. São Paulo, Atlas, 1985.
- FERREIRA, Francisco Whitaker. Planejamento sim e não. 6.ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983.
- FONSECA, Jairo Simon da. et alii. Estatística aplicada. 2.ed. São Paulo, Atlas, 1985.
- KATZ, D. & KAHN, R.L. Psicologia social das organizações. 2.ed. São Paulo, Atlas, 1976.



- KAZMIER, Leonard J. Estatística aplicada à economia e administração. Trad. Carlos Augusto Crusius; rev. téc. Jandyra M. Fachel. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1982. (Coleção Schaum).
- KERLINGER, Fred Nichols. Metodologia da pesquisa em ciências sociais. Trad. Helena Mendes Rotundo. São Paulo, EDUSP, 1980.
- LUTHANS, Fred. Introduction to management. A contingency approach. New York, McGraw-Hill Book Co., 1976.
- MILLER, David W. & STARR, Martin K. Executive decisions and operations research. Englewood Cliffs, N.L. Prentice-Hall, Inc., 1960.
- NOVAES, Antônio Galvão. Métodos de otimização: aplicação dos transportes. São Paulo, Edgard Blücher, 1978.
- RAUSP - Revista de Administração. Publicação trimestral do Instituto de Administração da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, São Paulo, 20(2), abr./jun. 1985.
- SHIMIZU, Tamio. Pesquisa operacional em engenharia, economia e administração - modelos básicos e métodos computacionais. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1984.
- SIMON, Herbert A. The new science of management decision. New York, Harper Grow, Publishers, Inc., 1960.
- \_\_\_\_\_. Comportamento administrativo - estudo dos processos decisórios nas organizações administrativas. 3.ed. Rio de Janeiro/Petrópolis, FGV/Vozes, 1979.
- TRIPODI, Tony et alii. Análise da pesquisa social. 2.ed. São Paulo, Francisco Alves, 1981.
- VAZSONYI, Andrew. Scientific programming in business and industry. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1958.

*Bibliografia consultada*

- BASTOS, Lilia da Rocha et alii. Manual para a elaboração de projetos e relatórios de pesquisa, teses e dissertações. 3.ed. Rio de Janeiro, Zahar, 1982.

- CAMPBELL, D.T. & STANLEY, J.C. Delineamentos experimentais e quase experimentais de pesquisa. São Paulo, Ed. Universidade de São Paulo, 1979.
- CASTRO, Cláudio de Moura. A prática da pesquisa. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1977.
- COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. Estatística. São Paulo, Edgard Blücher, 1977.
- MILLER, Robert H. Operação de sistemas de potência. Trad. e rev.téc. Eletrobrás-RJ. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1987.
- OSTLE, Bernard & MENSING, Richard W. Statistics in research. 3.ed. The Iowa State University Press, 1975.
- POPPER, Sir Karl R. Conhecimento objetivo. Trad. ed. de 1973 corr. São Paulo, Itatiaia/Universidade de São Paulo, 1975.
- PORTER, Michael E. Estratégica competitiva. 2.ed. México, Companhia Editorial Concintã S.A.DEC, 1984.
- SPIEGEL, Murray R. Estatística. 2.ed. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1985. (Coleção Schaum)
- STAMMERS, Robert & PATRICK, John. Psicologia do treinamento. Trad. 1ª ed. inglesa publicada em 1975. Rio de Janeiro, Zahar, 1978.
- VERA, A.Asti. Metodologia da pesquisa científica. 7.ed. Porto Alegre, Globo, 1983.
- WEISS, Carol H. Evaluating action programs: readings in social action and education. Boston-Massachusetts, Allyn and Bacon, Inc., 1972.
- WONMACOTT, P. & WONMACOTT, R.; CRUSIUS, Y.R. & CRUSIUS, C.A. (coord.da ed.em português). Economia. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1982.

## ANEXO

### APROPRIAÇÃO DE OCORRÊNCIAS

#### 1 - OBJETIVO

Estabelecer os procedimentos a serem seguidos pelos CROM's para a apropriação das ocorrências.

#### 2 - GENERALIDADES

A diversidade de dados e ocorrências no SEP, integrantes do relatório diário, bem como as inúmeras interpretações às quais se permitem, tornou necessária a definição e estabelecimentos de critérios e procedimentos que as uniformizassem e proporcionasse um entendimento, tanto quanto possível, padronizado.

#### 3 - CRITÉRIOS

Para o cálculo de MWh serão utilizados os seguin-

tes critérios:

### 3.1 - Determinação dos valores

3.1.1 - Todos os cálculos do MWh interrompido em dia útil serão efetuados com base nos valores contidos na folha de "Leitura Diária em Subestação" do dia do evento. Na falta desta, utilizar a da terceira quarta-feira.

3.1.2 - Todos os cálculos para o MWh interrompido em sábado ou domingo serão efetuados com base nos valores contidos na folha de "Leitura Diária em Subestação" do dia do evento. Na falta desta, utilizar a do sábado ou domingo imediatamente anterior.

3.1.3 - Nas unidades em que não são efetuadas leituras nas 24 (vinte e quatro) horas do dia, deverão ser utilizados, para efeito de cálculo do MWh interrompido, valores de uma curva de carga estabelecida, a partir da experiência e/ou prática operacional de cada Despacho Regional.

### 3.2 - Modo de cálculo

3.2.1 - Para interrupções com duração igual ou inferior a

uma hora, deverá ser considerado o dado da hora cheia imediatamente anterior à ocorrência, proporcionalmente ao período da interrupção.

3.2.2 - Para interrupções com duração superior a uma hora, deverá ser efetuada a média das cargas das horas cheias durante o intervalo de interrupção, proporcionalmente ao período de interrupção.

3.2.3 - Na impossibilidade de cálculo do MWh interrompido, através deste critério, os CROM's deverão comunicar ao C.A.A. o modo de cálculo empregado.

#### 4 - PROCEDIMENTOS

Para uma melhor identificação das interrupções, quando da apropriação das ocorrências, as mesmas serão divididas em interrupções com origem em causas não-programadas e com origem em causas programadas.

##### 4.1 - Interrupções com origem não-programada

Serão consideradas interrupções com origem não-programada, aquelas que, excetuando-se as atribuídas à distribuição no barramento da unidade, enquadrarem-se nos

seguintes motivos:

- *Falha permanente*: É todo o desarme ou desligamento de equipamento ou instalação, cujo retorno à operação é feito somente após a intervenção da manutenção.

OBS.: Os cortes de carga necessários para preservar equipamentos remanescentes de falhas, inclusive as de longa duração, serão apropriados para a falha que os originou.

- *Anomalia na proteção*: É todo desligamento ou desarme em equipamentos ou instalações originado por ajuste, defeito ou falha na proteção que está sob responsabilidade do CROM. Incluem-se anomalias ocorridas em relés, relés auxiliares, fiação e alimentação de corrente contínua e alternada.

OBS.: Toda a queima de fusível, cujo motivo não seja identificado, será apropriado como anomalia na proteção.

- *Descarga atmosférica*: É todo o desarme transitório em equipamentos ou instalações, no qual não existe uma real definição, em condições de tempo tempestuoso.

OBS.: Toda "chuva" que vier acompanhada de trovoadas é considerada uma tempestade.

- *Falha humana*: É todo o desligamento ou desarme em equipamentos ou instalações ocasionado por erro de execução da operação ou erro de execução da manutenção.

- *Ignorado*: É todo o desarme, transitório ou não, em equipamentos ou instalações, no qual não existe uma real definição quando com condições climáticas consideradas como tempo bom, nublado, ventoso ou chuvoso.

- *Manutenção corretiva programada de urgência*: É todo o desligamento previsto (não coincidente com aquele de manutenção preventiva), cujo tempo para intervenção no equipamento ou instalação não permite a comunicação dentro dos prazos legais ao consumidor (Portaria 046/78, do DNAEE) e que pode ser programado junto à Gerência Regional de Distribuição.

- *Outros*: É todo o desligamento ou desarme ocasionado por acidente, limitação operacional de equipamento, deficiência das instalações na área dos CROM's, ou atuação de elementos estranhos ao SEP.

#### 4.2 - Interrupções com origem programada

Serão consideradas interrupções com origem programada aquelas que, excetuando-se as atribuídas à distribuição no barramento da unidade, enquadrarem-se nos seguintes motivos:

- *Manutenção preventiva*: É todo o desligamento programado para controle e/ou conservação de equipamentos ou instalações, executadas periodicamente, com a finalidade de mantê-las em condições de operar, bem como prevenir possíveis ocorrências que possam acarretar sua indisponibilidade.

OBS.: Em linha de transmissão não existe manutenção preventiva.

- *Manutenção corretiva programada normal*: É todo o desligamento programado (não coincidente com aquele de manutenção preventiva), cujo tempo para intervenção no equipamento ou instalação permite a comunicação dentro dos prazos legais ao consumidor (Portaria 046/78 do DNAEE).

- *Conveniência de operação*: É todo o desligamento de equipamentos ou instalações para possibilitar, na área dos CROM's, paralelos, manobras, comutação de TAP, correção de tensão, transferência de alimentação, troca de relação de TC's, recomposição, retorno à operação normal, aproveitamento hidráulico, economia de combustível e corte voluntário de carga por deficiência na própria área.

OBS.: As trocas de fusíveis, relação de TC's e bobinas de religadores, quando para adequação temporária a situações características de determinadas regiões, serão também apropriadas como conveniência de operação.



- *Ampliação, retirada ou substituição de equipamentos*: É todo o desligamento programado para ampliação, retirada ou substituição de equipamentos ou instalações, determinado pelos CROM's, não decorrentes de manutenção preventiva ou corretiva programada de urgência.

OBS.: As trocas de fusíveis, TC's, TP's e religadores de características e/ou capacidade diferentes, quando definitivas, estarão incluídas neste motivo.

#### 5 - CONSIDERAÇÕES DE CARÁTER GERAL

- Sempre que devido a uma falha, manutenção corretiva programada de urgência, manutenção corretiva programada normal, etc., houver interrupção para manobras ou transferência de alimentação, esta será apropriada para o motivo e órgão que a originou.

- Quando for identificado o motivo dos desarmes, que até então eram codificados como ignorados, deverá se fazer a correção dentro do mês; caso seja verificado posteriormente, e o valor for expressivo, deverá constar em forma de observação no mês da verificação.

- As ocorrências que apresentarem dois ou mais motivos na interrupção, deverão ser apropriadas para aquele que estiver associado ao maior intervalo de tempo da interrupção.

- Sempre que for necessário a efetivação de testes, tanto para a localização de defeito, como para a verificação das condições operacionais de equipamentos, as interrupções por eles provocadas serão apropriadas para o motivo que os originou.

- Nos desligamentos ou desarmes com tempo de duração comprovadamente inferior a 1 (um) minuto, não será considerada a interrupção no fornecimento de energia.

## ABSTRACT

The study analysed the behavior of an electric power system, operated and maintained by a government corporation. Of the available variables the research was made on those which could have any influence on the operational results. By adequate statistical treatment including multiple linear regression and correlation we tried to formulate a model that can be used to support decision making. The value of this research is the pragmatic approach which allows a rational resource allocation in planning in definition of action guidelines and in getting better operational results. In addition the method developed can be used in the analysis of other systems and in the research of new variables in order to achieve a better consistency of the model. We suggest other studies considering variables of the engineering area. In summary, the model permits the orientation of the management actions used to modify the behavior of the electric power system, permitting the identification of the general guidelines for its administration and showing new ways of research using the consolidated method.