

# 1

## Introdução

### 1.1

#### Motivação

O objetivo principal das concessionárias prestadoras dos serviços essenciais, tais como água e esgoto, luz e telefone, é fornecer o seu produto da forma mais eficiente, econômica e segura possível, respeitando sempre as restrições sociais, ambientais e estratégicas preexistentes. Existem várias medidas que podem ser tomadas para que esse objetivo seja alcançado, uma delas é, a otimização do planejamento econômico, afim de alcançar uma economia de custo. Para que a mesma seja alcançada, a concessionária prestadora do serviço em questão, deve estar sempre buscando trabalhar dentro do custo mínimo. E nessa constante busca, o conhecimento do futuro, exerce um papel fundamental. Mesmo quando esse conhecimento é pequeno, ele pode ser um determinante crucial na tomada de decisão por parte da concessionária.

Por esta razão, a área de previsão de carga de energia elétrica, tanto de curto, quanto de médio e longo prazo, tem não só se mostrado, mas também desempenhado um papel muito importante dentro da área de operação e planejamento das empresas concessionárias prestadoras desse serviço. A previsão de consumo de carga de energia elétrica, evita o acontecimento do desperdício, da escassez, e da má alocação de recursos.

Quanto aos horizontes das previsões, pode-se afirmar que cada um dos horizontes mencionados no parágrafo acima, produz informações necessárias para a determinação e/ou orientação de cunhos diferentes na tomada de decisão, cada uma possuindo uma função diferente. Além disso, faz-se necessário determinar exatamente o que é o curto, o médio e o longo prazo, para a previsão em questão, visto que essa idéia é um tanto quanto vaga (abstrata), podendo variar de acordo com o empreendimento e os objetivos da empresa ou concessionária. Por exemplo, o conceito curto prazo para no mercado financeiro é diferente

do conceito em uma empresa produtora de leite, dado que o espaço de tempo para o surgimento e a solução dos problemas em uma é muito maior que na outra.

No caso específico da previsão de carga de energia elétrica, a previsão de curto prazo, pode variar entre dias ou horas de antecedência, e tem como objetivo auxiliar na definição da alocação mais eficiente possível das cargas (ou seja, na definição do custo mínimo) que a empresa prestadora do serviço de energia elétrica irá distribuir para a população residente, indústrias, setor de serviços e para o setor público.

A previsão de médio prazo, que pode variar entre semanas e meses e é, em geral, realizada para que se possa definir e organizar as manutenções que precisam ser efetuadas no sistema de geração e distribuição de energia, que podem ser classificadas como manutenções preventivas ou emergências.

Finalmente, as previsões de longo prazo, que se referem a intervalos de meses ou anos, fazem um diagnóstico do comportamento do mercado consumidor do serviço, evidenciando a necessidade de investimentos ou não, ocasionados por aumentos ou reduções da demanda do serviço em questão. Logo, pode-se concluir que esse tipo de previsão serve como base para o desenvolvimento e realização do planejamento econômico. Cabe ressaltar, que no caso específico do Brasil, existe ainda uma grande demanda reprimida por vários serviços essenciais, e em especial o de energia elétrica, onde ainda aproximadamente 20 milhões dos domicílios brasileiros não tem acesso a esse serviço.

No setor de Energia Elétrica, setor esse que será estudado na dissertação, foi enfrentado um problema de racionamento de energia nas regiões sudeste e nordeste, durante boa parte do ano de 2001, e início do ano de 2002. Existem inúmeras variáveis a serem consideradas, que concorrem para a produção da crise de energia, podendo ser determinado em 3 (três) vértices da questão : a geração, a transmissão e o consumo. O primeiro diz respeito à própria geração que energia. Tem-se observado, nos últimos anos, que a demanda pelo produto tem sofrido aumento muito superior a oferta, ocasionando uma crescente redução da margem de folga existente entre o sistema de geração e o consumo.

Esse problema conjugado com a ineficiente rede de transmissão de energia elétrica do nosso país, que impede que regiões com um excedente de produção, tal como a região Sul, possa transmitir para outras regiões onde existe escassez, intensifica ainda mais a crise. No que diz respeito ao consumo, já mencionamos no parágrafo anterior, a existência de uma demanda reprimida e, também, o aumento da demanda pelo produto em todos os setores da sociedade (industrial, residencial, de serviços e público) sem uma contrapartida na oferta. Vale mencionar, que essa demanda reprimida é bastante grande, visto que, o consumo médio de energia elétrica por habitante é bastante baixo. As soluções para o problema da crise energética, seriam : o aumento da capacidade de geração, juntamente com a melhoria das redes de transmissão de energia e uma eventual redução no nível de consumo. Ressalte-se que a redução do nível de consumo, medida tomada pelo governo para evitar o aprofundamento da crise (acontecimento de apagões), foi somente uma medida paliativa e de emergência (Canesin, 2001[4]).

O comportamento da carga de um Sistema Elétrico é um termômetro das atividades econômicas, sociais e meteorológicas (Sobral, 1999[23]). Quando ocorre um aumento no PIB (Produto Interno Bruto), por exemplo, necessariamente irá ocorrer também um aumento no consumo de energia elétrica, independente das variáveis responsáveis por esse aumento. Também, a temperatura de uma determinada região de um país em uma determinada época do ano é uma variável capaz de explicar um acréscimo ou decréscimo do nível de consumo de energia elétrica.

## 1.2

### **Objetivos e Descrição do Trabalho**

Com base nas motivações mencionadas no item anterior, o presente trabalho fará um estudo da previsão de carga de energia elétrica horária da concessionária ESCELSA. A modelagem e previsão dos dados será realizada com base nos dados horários de carga de energia elétrica, das séries mencionadas acima, compreendidos nos seguintes períodos : no período de 1 de janeiro de 1999 a 5 de julho de 2002 para a série da ESCELSA. As previsões feitas serão de curto prazo, ou seja, previsões 01-passo-à-frente. Serão utilizados

somente os dados de carga, apesar da existência de uma grande quantidade de modelos onde se pode incluir outras variáveis (variáveis explicativas), tais como temperatura, umidade, velocidade do vento. O uso desse tipo de modelos se torna impraticável, no contexto brasileiro, devido a impossibilidade de se ter acesso a tais tipos de dados.

O valor de qualquer modelo reside na eficácia com que o mesmo executa a tarefa para qual ele foi construído. Muitos modelos podem ser construídos para o mesmo grupo de dados (série), tal como diferentes modelos irão ser mais ou menos adequados para diferentes propósitos. A escolha do melhor modelo, requer muito conhecimento e experiência, tanto na área de modelagem quanto, em aplicações dos modelos. Sempre que realizada uma previsão, fazemos, na verdade, um relato da distribuição de probabilidade que quantifica a natureza da nossa incerteza. Ou seja, a previsão é um relato de probabilidade condicional, sendo a condição o montante de conhecimento existente em determinado momento.(West, 1989[28])

A modelagem e a previsão irá ser feita utilizando dois modelos : o modelo proposto e um modelo comparativo. O modelo proposto é um modelo Holt-Winters com múltiplos ciclos, diferente do modelo tradicional onde somente se tem uma sazonalidade, e o modelo de amortecimento direto. A sazonalidade não é incluída no modelo proposto pois, como trabalha-se com dados horários de carga, pode-se verificar que a sazonalidade é suavizada ao longo da série, os dados vão indicando lentamente essa transição de comportamento da mesma. Podemos definir sazonalidade como a mudança de comportamento da série ocorrida em razão das variações de temperatura nas estações do ano. No estudo iremos trabalhar com ciclos diários (24 horas), e semanais (168 horas).

O modelo comparativo é o de amortecimento direto, onde a série de energia elétrica será modelada por uma função de senos e cosenos. Irão ser feitas, em ambos os modelos, previsões horárias de carga de energia elétrica. No caso do modelo de amortecimento direto houve a necessidade de uma prévia análise espectral da série, feita através do periodograma, para que pudesse ser visualizada a quantidade de frequências significativas (picos significativos) existentes na série. (Quadrelli, 1998[20]). Já no modelo Holt-Winters

com múltiplos ciclos, os parâmetros iniciais do modelo são determinados a partir da própria série, utilizando os mesmos procedimentos (a mesma metodologia) adotada por Taylor (Taylor, 2002 [27]).

### 1.3

#### **Organização da Tese**

Esta dissertação está organizada em 6 (seis) capítulos. No segundo capítulo serão apresentados alguns conceitos básicos que serão necessários ao longo do estudo. Também serão apresentados os principais fundamentos dos métodos estatísticos de previsão conhecidos na literatura, que são utilizados para a previsão de carga; seja ela previsão de carga horária, diária, semanal ou mensal, dando maior importância aos métodos utilizados para fazer previsão horária. Os modelos apresentados serão os seguintes: os Métodos Box&Jenkins, os vários Métodos de Amortecimento Exponencial, Método Bayesiano de previsão, os Modelos de Espaço-Estado, dando destaque ao Filtro de Kalman, e o modelo de decomposição de Gupta. Também será feita uma breve descrição de modelos alternativos de previsão, sendo eles, os modelos de redes neurais, lógica fuzzy. Para cada um dos modelos apresentados será feita menção de estudos realizados na área de previsão de carga (artigos, teses de mestrado e de doutorado) utilizando os mesmos. No terceiro capítulo, será desenvolvida com mais detalhamento a teoria do método de amortecimento direto. Serão apresentados, primeiramente, os conceitos teóricos básicos do modelo de amortecimento direto. Em um segundo momento irão ser aprofundados um pouco mais os conceitos teóricos. No quarto capítulo, irá ser feita uma apresentação do modelo tradicional de Holt-Winter, o motivo de sua criação, seus conceitos teóricos e suas formulações matemáticas. E também, a apresentação do modelo Holt-Winters estendido, o modelo de múltiplo ciclos proposto na dissertação, no qual, será utilizado mais de um ciclo na formulação do modelo para a previsão de carga. A motivação para essa nova formulação, uma extensão do modelo Holt-Winters, se dá pela necessidade de se determinar e modelar o comportamento cíclico existente nas séries horárias e de  $\frac{1}{2}$  em  $\frac{1}{2}$  hora de consumo de carga de energia elétrica, a fim de se obter previsões mais acuradas. Ao invés de se trabalhar somente com ciclos diários ou semanais, no modelo utilizado por Taylor (Taylor,

2002[27]), irão ser utilizados na modelagem e previsão os dois ciclos dentro de um modelo Holt-Winters. Nessa formulação, diferente de no método de amortecimento direto onde os parâmetros iniciais do modelo são determinados via análise espectral, os próprios dados irão ser responsáveis pela determinação dos parâmetros iniciais do modelo. A apresentação de uma aplicação do modelo proposto e do modelo comparativo, e os resultados obtidos para cada um dos mesmos, como forma de comparar o desempenho e eficiência do modelo proposto, irá ser feita no quinto capítulo. No capítulo seis, irão ser apresentadas as conclusões do estudo, um breve resumo dos resultados obtidos, e eventuais possibilidades de trabalhos futuros.