

# 1 Introdução

A importância da previsão de carga a curto prazo (até uma semana à frente) tem crescido recentemente. Com os processos de privatização e implantação de competição no setor elétrico brasileiro, a previsão de tarifas de energia vai se tornar extremamente importante. As previsões das cargas elétricas são fundamentais para alimentar as ferramentas analíticas utilizadas na sinalização das tarifas. Em consequência destas mudanças estruturais no setor, a variabilidade e a não-estacionaridade das cargas elétricas tendem a aumentar devido à dinâmica dos preços da energia. Em função das mudanças estruturais do setor elétrico, previsores mais autônomos são necessários para o novo cenário que se aproxima.

A relação entre a carga elétrica e seus fatores exógenos é complexa e não-linear, dificultando a sua modelagem através de mapeamentos lineares. Além de não fornecerem a precisão necessária, as técnicas estatísticas tradicionais não são suficientemente robustas. Elas falham, por exemplo, quando mudanças bruscas de clima ocorrem. Outras dificuldades estão relacionadas com a imunidade a ruídos de medição.

Uma alternativa para lidar com este tipo de problema seria o emprego de modelos não lineares: rede neural artificial, lógica nebulosa e árvore de decisão. Estes métodos podem encontrar padrões previsíveis que não são detectáveis por testes estatísticos clássicos, tais como os que utilizam os coeficientes de autocorrelação. A habilidade desses métodos em mapear relações não-lineares complexas tem sido responsável pelo número crescente de aplicações em previsão de carga. Diversas concessionárias, por todo o mundo, vêm substituindo as suas ferramentas de previsão de carga por sistemas baseados em modelos não lineares (por exemplo: rede neural artificial, lógica nebulosa e árvore de decisão).

Entretanto, as ferramentas disponíveis no mercado internacional requerem uma quantidade significativa de informações em tempo real, principalmente no que se refere a dados meteorológicos. Como a realidade brasileira ainda não

permite o acesso a essas informações será proposto um previsor de carga para o curto-prazo, considerando restrições na aquisição dos dados de temperatura.

Logo, será proposto um modelo de previsão de carga horária a curto prazo (um dia à frente) empregando dados de carga elétrica e dados meteorológicos (temperatura) através de modelos de árvore de decisão. Decidiu-se pelo modelo de árvore de decisão, pois este modelo além de apresentar uma grande facilidade de interpretação dos resultados, é pouquíssimo utilizado na área de previsão de carga elétrica (nos principais periódicos da área, encontrou-se apenas uma publicação empregando árvore de decisão em previsão de carga (Huang, 1997)).

### **1.1. Principais Contribuições**

As principais contribuições da modelagem proposta aqui são:

- ✓ Empregou-se o procedimento de árvore de decisão para previsão de carga elétrica. A utilização deste procedimento já pode ser definida como um diferencial, pois tal procedimento é pouquíssimo utilizado na área de previsão de carga elétrica;
- ✓ Generalizou-se um procedimento de árvores de regressão em séries temporais ;
- ✓ Considerou-se a restrição na aquisição dos dados de temperatura. As concessionárias, na maioria das vezes, não possuem previsão de temperatura, apenas informações ocorridas de temperatura mínima e máxima diária;
- ✓ Empregou-se um procedimento que lida bem com a não-linearidade dos dados;
- ✓ Os resultados do modelo são altamente interpretáveis, o que permite aos operadores do sistema e aos pesquisadores da área entenderem melhor o comportamento da série, devido às regras “Se-Então” geradas pelas árvores de decisão.

## **1.2. Definições**

Convém definir aqui alguns conceitos importantes que serão empregados ao longo deste trabalho, são eles: carga elétrica, horário de ponta, perfil de carga em PU, demanda média de energia.

- Carga elétrica: energia faturada somada as perdas, ou seja, aquela que realmente é medida na entrada do sistema;
- Horário de ponta: período do dia onde há a maior concentração do uso da energia elétrica. Em geral, estes períodos são influenciados pelos efeitos meteorológicos e eventos especiais (por exemplo: El Niño/La Niña, Copa do Mundo de Futebol), pois a ponta de carga diária pode tornar-se mais acentuada e de maneira abrupta. Estes fatos, via de regra, perturbam a qualidade do fornecimento elétrico quando não são prontamente respondidos pelos operadores do sistema que devem disponibilizar a energia necessária, ou seja, sincronizando a geração de acordo com a demanda, evitando desta forma a queda do sistema. Destaca-se que o horário de ponta depende da área de concessão da empresa de eletricidade, devido a luminosidade e hábitos dos consumidores (uso de ar condicionado, aquecedor, chuveiro elétrico, etc).
- Demanda média de energia: média das cargas próprias diárias;
- Perfis de curva de carga em P.U. (Por Unidade): curva formada pelas cargas horárias normalizadas pela demanda média do dia.

## **1.3. Organização da Tese**

Nesta seção serão mencionados os capítulos que formam este trabalho.

O capítulo 2 faz um breve resumo da revisão bibliográfica realizada durante a execução desta tese.

O capítulo 3 apresenta uma descrição das árvores de decisão. Além disso, descrevemos os dois tipos de árvore de decisão (Classificação e Regressão); os aspectos principais de uma árvore de decisão (Crescimento e Poda) e uma breve

descrição do procedimento CART (já que será usado em uma das etapas da modelagem proposta)

O capítulo 4 é o mais importante, pois descrevemos a modelagem proposta para previsão horária de carga elétrica. Este capítulo divide-se em três etapas: a classificação do perfil em PU (por redes neurais), a discriminação/previsão do perfil em PU (por árvore de classificação) e a previsão da demanda média de energia (por árvore de regressão).

No capítulo 5 aplicamos a modelagem proposta nos dados de uma concessionária do estado do Rio de Janeiro e comparamos esses resultados com os obtidos por outros dois modelos de previsão de carga horária.

No capítulo 6 temos as conclusões do trabalho, assim como sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, no capítulo 7 apresentamos as referências bibliográficas.

Além dos capítulos mencionados acima temos 4 anexos, onde abordamos, respectivamente, os temas: Breve Histórico da LIGHT Serviços de Eletricidade S.A; Por que ordenar a matriz de dados pela variável decisória em ordem ascendente e ordem descendente?; Redes Neurais; Descrição dos mínimos quadrados recursivos.