

# 1 Introdução

As Leis nº 10.847 e nº 10.848 de 15 de março de 2004 lançaram as bases de um novo ordenamento institucional para o setor elétrico. Esse novo modelo institucional do setor elétrico brasileiro teve como foco principal a criação de uma estrutura e marco regulatório que possam atrair o investimento privado e garantir a expansão da oferta e do transporte de energia elétrica, aliada à busca pela modicidade tarifária. A principal mudança do Governo Federal para a área de comercialização de energia foi a centralização das aquisições. O Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004 estabelece basicamente as regras desse novo modelo na área de comercialização de energia elétrica dando suas diretrizes principais. Com o objetivo de criar condições favoráveis para atrair os investimentos, este modelo segmenta, do ponto de vista de comercialização de energia, o setor elétrico em dois ambientes: o primeiro, denominado Ambiente de Contratação Regulada (ACR), que abrange todo o consumo cativo, e o segundo, chamado Ambiente de Contratação Livre (ACL), que representa a parcela do consumo dos consumidores livres (Ver Decreto nº 5.163/2004). A fim de atender a premissa da modicidade tarifária, a forma de contratação de energia no ACR é basicamente através de leilões regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e executados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), salvo a opção de contratação de geração distribuída. Sendo assim, a única forma das distribuidoras garantirem o atendimento à totalidade de seu mercado é mediante contratação regulada. Diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas buscando inovar e aprimorar as ferramentas hoje disponíveis, para sua adequação ao novo ambiente de comercialização de energia elétrica (Susteras, 2006; Pessanha, 2007; Barros et al., 2007). O objetivo deste estudo é apresentar uma metodologia para otimizar o nível de contratação das distribuidoras de energia elétrica (Dias et al., 2007).

## 1.1. Objetivos gerais

Este trabalho busca desenvolver uma metodologia que auxilie na tomada de decisão do agente de distribuição visando a garantir uma correta aquisição de energia em leilões, que contemple o atendimento completo de seu mercado cativo num período pré-definido e, além disso, minimize as penalizações previstas pela regulamentação em vigor, devido à sobre ou subcontratação de energia (Decreto nº 5.163/2004). Para obter sucesso nas intenções descritas, o estudo utiliza ferramentas computacionais específicas para as principais etapas. Na etapa de previsão de consumo o *software Forecast Pro (Business Forecast Systems, Inc)* é aplicado nos dados históricos de consumo da empresa e, através do método de regressão dinâmica (Goodrich, 1989), é desenvolvido um modelo de previsão. A criação desse modelo é sem dúvida um dos pontos mais fortes do trabalho e ao qual foi dada uma atenção especial, devido a sua grande influência nos resultados finais e principalmente pelo grau de incerteza que lhe é pertinente. Um dos maiores ineditismos desta dissertação em relação a trabalhos similares é a maneira de desenvolver a etapa de previsão, pois se procurou realizar um estudo mais minucioso e com inúmeras variáveis de influência, além de considerações específicas para cada segmento de consumo, de forma a chegar num modelo bem mais preciso (Souza et al., 2003).

Já para as etapas de simulação e otimização dos fatores que influenciam nas formações dos custos de contratação, são utilizadas ferramentas computacionais específicas. A etapa de otimização é realizada com o suplemento *RiskOptimizer (Palisade Corporation)*. Através do *RiskOptimizer*, é possível considerar a incerteza presente num modelo e soluções ótimas podem ser geradas (Winston, 2000, 2001).

O *RiskOptimizer* usa simulação (Saliby, 1989) através do programa *@Risk (Palisade Corporation)* para lidar com a incerteza existente no problema e Algoritmos Genéticos (Goldberg, 1989) através do produto *Evolver (Palisade Corporation)*, para gerar valores possíveis das células ajustáveis da planilha. A finalidade de utilizar Algoritmos Genéticos no desenvolvimento deste tipo de estudo é o fato desta técnica computacional inteligente empregar um processo adaptativo e paralelo de busca de soluções em problemas complexos (Michalewicz, 1994; Linden, 2006).

O resultado deste processo de simulação/otimização é uma combinação de valores para as células ajustáveis, que minimiza ou maximiza uma estatística

da célula “alvo” (*target cell*). Esses aplicativos são muito eficientes para estudos mais complexos que necessitem da formulação de inúmeras situações prováveis, que são funções de variáveis aleatórias e que só podem ser apresentadas através de simulações de cenários.

## **1.2. Objetivos específicos**

O estudo visa possibilitar ao agente de distribuição a realização de um cenário cada vez mais próximo da realidade de seu mercado, o que permite o aprimoramento de suas atuações estratégicas e um planejamento adequado. Além disso, assegura um maior controle de seus gastos, o que é desejável para os acionistas da companhia e para o mercado.

## **1.3. Delimitações**

Naturalmente, o desenvolvimento de qualquer estudo é passível de delimitações, o que não foi diferente para este. É característica de um estudo de tecnologia a complexidade no desenvolvimento de suas principais etapas. Na etapa de previsão de consumo a dificuldade se fez presente na coleta dos dados históricos, que engloba desde os valores de consumo por classes até as séries históricas de cada variável explicativa. No caso das variáveis explicativas, havia algumas séries disponíveis em instituições como IBGE e Banco Central, mas estas fontes não contemplavam, por exemplo, os dados específicos da empresa, o que precisou ser solicitado diretamente à mesma, aumentando a dificuldade, pois geralmente os dados não são públicos. A projeção de dados nas etapas de simulações e otimizações envolve um nível de incerteza ao processo, porém pequeno, não suficiente para distorcer os resultados finais e nem comprometer a confiabilidade da metodologia.

## **1.4. Estrutura do trabalho**

Este trabalho se divide em oito capítulos, sendo o primeiro esta introdução.

O segundo capítulo aborda de uma maneira básica algumas características do cenário atual do setor elétrico brasileiro, no âmbito de oferta de energia e expectativas para os próximos anos neste segmento.

O terceiro capítulo procura conceituar os Leilões de Energia Elétrica e apresentar suas modalidades, além de destacar os principais componentes dessa área.

No capítulo quatro são apresentados todos os detalhes da etapa de previsão de consumo de energia elétrica do mercado cativo<sup>1</sup> para a empresa de distribuição por classes de consumo num horizonte de cinco anos.

O modelo de simulação do Preço de Liquidação de Diferenças (PLD) médio anual é mostrado no capítulo cinco, onde são descritas todas as fases de execução, desde a utilização do programa *Newave* (CEPEL) para geração dos Custos Marginais de Operação (CMOs), até a formação dos milhares de séries dos Preços de Liquidação de Diferenças (PLDs) anuais utilizadas nas simulações e cálculos dos custos de contratação.

Já o capítulo seis contempla a etapa de simulação dos custos de contratação de energia em leilões. É uma etapa para analisar os fatores que formam os custos e obter uma maior sensibilidade de cada um no momento de gerar um cenário de contratação.

O capítulo sete apresenta a etapa de otimização dos custos de contratação de energia. São gerados diversos cenários buscando analisar os resultados gerados pelo programa e, basicamente, visando a definir os percentuais de contratação que representem o menor custo total de contratação para o período considerado. Neste capítulo também são definidas as perdas elétricas na distribuição, associadas ao consumo de energia, para consideração do montante final a ser contratado.

No capítulo oito são apresentadas as principais conclusões da dissertação.

Por fim, o Apêndice A contém uma descrição mais apurada sobre a técnica computacional de Algoritmos Genéticos.

De forma a passar uma visão geral da metodologia desenvolvida, temos a seguir um Fluxograma Geral que mostra o passo a passo desta dissertação. A idéia e mencionar as técnicas utilizadas que serão vistas mais adiante.

---

<sup>1</sup>A previsão se limita ao mercado cativo, pois como será visto adiante, o objetivo é conhecer o montante que deverá ser contratado em leilões de energia para atendimento do mercado suprido por uma concessionária de distribuição. Os clientes livres usam a rede da concessionária, mas são supridos de energia por outros fornecedores.

## METODOLOGIA DE OTIMIZAÇÃO DA CONTRATAÇÃO EM LEILÕES DE ENERGIA PARA DISTRIBUIDORES

DISTRIBUIDORA "X": Quanto de energia contratar para atender seu mercado em um horizonte de 5 anos?

### 1ª ETAPA: Previsão do consumo 5 anos à frente

Estimar um cenário futuro do montante de energia a ser consumido pelo mercado da distribuidora para auxiliar na orientação da formação da carteira de contratos

#### Dados utilizados:

- Séries históricas de consumo mensal por classe de consumo (Variáveis Dependentes)
- Séries históricas de variáveis que podem vir a explicar o comportamento do consumo de energia (Variáveis Causais: Ex. temperatura e economia)

**Desenvolvimento dos Modelos de Previsão por classe**  
Software *Forecast Pro* => Método Regressão Dinâmica

Análise dos modelos e de suas estatísticas de desempenho: quando Ok continua...

**Modelos de previsão definidos => VALORES ESTIMADOS DE CONSUMO PARA 5 ANOS A FRENTE!!**

### 2ª ETAPA: Simulação do PLD méd anual

Significante fator do ambiente de comercialização, nesta etapa o objetivo é obter as séries de PLDs projetados e observar suas distrib. de probabilidade

#### Estimação dos fatores sazonais

Importante para amenizar o perfil sazonal distorcido dos CMOs estimados

#### Obtenção das séries mensais de CMOs projetados – Horizonte 5 anos

Programa *Newave* – com *deck* padrão da CCEE

Aplicação dos fatores sazonais como pesos mensais  
**Determinação das séries de PLDs méd anuais**

#### Reamostragem das séries de PLDs méd anuais

Software *@Risk*

Intenção de identificar a forma da distribuição de probabilidade desta variável e tirar conclusões

### 3ª ETAPA: Simulação dos Custos de Contratação

Objetivo de identificar a sensibilidade do custo total de contratação em relação aos fatores que o formam – Etapa de Análise de Risco

#### Definição dos dados de entrada

##### Variáveis Determinísticas

- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| (2) consumo previsto | => valores para os 5 anos |
| (3) desvio padrão    | => valores para os 5 anos |
| (5) VR               | => valores para os 5 anos |
| (6) mix              | => valores para os 5 anos |

##### Variáveis Aleatórias

- (1) % de contratação  
valores para os 5 anos gerados por distribuição de probabilidade uniforme com intervalo pré-definido
- (4) consumo realizado  
valores para os 5 anos gerados por distribuição de probabilidade normal com truncamento
- (7) PLD méd anual  
valores para os 5 anos gerados a partir das séries obtidas na 2ª etapa  
é definida uma distribuição de probabilidade intuniforme para o nº da série (1 a 2000)  
este nº busca automaticamente seus respectivos valores de PLD anuais

Implementam-se as fórmulas dos custos a serem obtidos  
Aquisição de Energia e Penalidades

Aplica-se esta estrutura no modelo de simulação  
*Software @Risk*

#### Resultados da simulação Gráficos de distribuição de probabilidade das variáveis aleatórias do processo

As variáveis aleatórias de entrada:  
% de contratação;  
consumo realizado; e  
PLD méd anual

Os custos de contratação anuais e do período total (são VEs, pois são funções de VEs):  
custo de aquisição de energia  
custo de sobrecontratação  
multa por subcontratação  
custo de subcontratação

Através das distribuições analisa-se a sensibilidade do custo total de cada ano => *Tornado Graph*  
Verifica-se a que fatores os custos são mais influenciados e de que forma estes fatores afetam os custos

Conclusões obtidas através das análises supracitadas  
**AUXILIAM NA FORMAÇÃO DA ESTRATEGIA DE COMPRA**



