

**SENDI 2004**

**XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Concepção de um Modelo para Previsão de Demanda no Distrito Federal**

**G.A. TILLMANN** SPIN Engenharia de Automação [gustavo@spinengenharia.com.br](mailto:gustavo@spinengenharia.com.br)

**V.G. DAMACENO** Companhia Energética de Brasília-CEB

**C.B. EVANGELISTA** Companhia Energética de Brasília-CEB

**N. HONDA** Companhia Energética de Brasília-CEB

**L.C.G. SILVA** Companhia Energética de Brasília-CEB

**PALAVRAS-CHAVE**

Previsão de demanda, Demanda, Carga, Previsor

**RESUMO**

A previsão de cargas é fundamental para a gestão eficiente dos recursos energéticos por concessionárias e pelo ONS. A quantidade de variáveis que influenciam o carregamento do sistema de distribuição exige um estudo cuidadoso da relação entre dados históricos e climáticos, efeitos sazonais, entre outros. Este trabalho detalha as estratégias adotadas na concepção de um aplicativo desenvolvido na Companhia Energética de Brasília para a previsão de demanda no DF bem como resultados preliminares obtidos com sua utilização. Os principais objetivos do projeto foram:

- Desenvolver uma ferramenta para previsão de demanda de fácil utilização;
- Gerar previsões de demanda horárias em uma faixa desvio de  $\pm 3\%$  do valor real;
- Avaliar a qualidade das previsões montadas comparando-as com registros reais;
- Assegurar baixo custo de construção, manutenção e uso do modelo;

Ferramentas semelhantes vêm sendo testadas por diversas concessionárias no Brasil com diferentes abordagens e sofisticação computacional. Montado sobre macros de uma planilha do MS-Excel, o diferencial do modelo apresentado está na simplicidade de operação, facilidade de interação com registros históricos e abertura para tratamentos matemáticos de dados.

Iniciado em 2004, o projeto continua em desenvolvimento. Os resultados preliminares são otimistas, obtendo-se cerca de 80% das previsões diárias dentro da tolerância estipulada.

## **ABSTRACT**

Charge forecast is fundamental for an efficient management of energetic resources by energy utilities and by the ONS. The amount of variables involved with energy distribution requires careful study of the relationships between historical and climatic data, seasonal effects and others. This paper presents the strategies considered by Companhia Energética de Brasília to develop a logical tool to predict electricity demand in DF. This work also presents some of the results reached so far using the model. The main goals of this project were:

- To develop a forecast tool easy to operate;
- To build hourly demand forecasts within a deviation interval of  $\pm 3\%$  from the real values;
- To evaluate the forecasts comparing them with the real records;
- To ensure low costs to construct, maintain and use the software;

Similar tools have been tested by several utilities in Brazil with different approaches and computational depth. This program was built using macros of MS-Excel and some of its features are its simplicity to operate, its ability to interact with historical data and openness to mathematical treatment.

The project started in 2004 and it is still being improved. The preliminary results are optimistic with 80% of the daily total demand forecasts inside the desired tolerance interval.

## **1. INTRODUÇÃO**

A previsão de cargas é uma informação valiosa para as concessionárias de energia elétrica. Ela oferece dados indicativos para o melhor entendimento dos mercados atendidos, propicia o direcionamento eficaz de investimentos em energia além da gerência eficiente dos recursos naturais e energéticos disponíveis. Para o levantamento de tais dados, pode-se partir de metodologias distintas e estratégias computacionais com graus de sofisticação variados, considerando horizontes de curto, médio ou longo prazo.

O grau de refinamento do modelo de previsão a ser usado no desenvolvimento de um aplicativo para este fim deve considerar, entre outros, a faixa de tolerância da previsão que se pretende atingir, as frequências de apresentação das estimativas trabalhadas (horas, dias, meses ou anos), a disponibilidade de dados históricos para a base de cálculos, a velocidade de processamento e resposta do algoritmo, o comportamento meteorológico e características próprias da carga estudada, e, certamente, a disponibilidade de recursos para o desenvolvimento da ferramenta de previsão.

Este trabalho apresenta as etapas de concepção de uma ferramenta computacional para a previsão da demanda horária de energia elétrica de consumidores da Companhia Energética de Brasília (CEB) no Distrito Federal. Inicialmente é apresentando o contexto no qual o projeto foi iniciado, seguido das características da carga estudada, identificadas por um levantamento prévio para o modelamento do previsor. São apresentados também os recursos disponíveis para a execução da tarefa bem como a estratégia adotada e os resultados preliminares obtidos. Como o projeto continua em andamento, são indicados, ao final do trabalho, os aspectos da ferramenta que deverão receber maior atenção nas próximas etapas, as vantagens e desvantagens encontradas utilizando o modelo e considerações sobre os resultados obtidos até o momento.

Apesar de existir uma distinção no entendimento dos termos previsão de cargas e previsão demandas, a última mais voltada para projeções no curto prazo enquanto a primeira geralmente associada a uma abordagem mais ampla da demanda a médio e longo prazos, neste artigo, para fins didáticos, ambas as expressões serão usadas com o sentido de curto prazo.

## **2. MOTIVAÇÃO, CONTEXTO E OBJETIVOS**

A Companhia Energética de Brasília realiza a previsão de sua carga própria no Distrito Federal e divulga com antecedência de 48 horas uma estimativa de demanda horária e diária para dois ou três dias subsequentes. Esses dados são enviados ao ONS e disponibilizados internamente atendendo a necessidades de núcleos de estudos da própria CEB. Até o primeiro bimestre de 2004 a projeção de demanda era realizada manualmente por um técnico responsável, que avaliava os registros horários do

dia no ano anterior e aplicava sobre eles um fator de correção empírico baseado na previsão meteorológica mensal. As discrepâncias observadas entre o valor previsto e o valor realmente registrado adotando tal metodologia geralmente superestimavam a carga em aproximadamente 10%. Outros problemas também comumente encontrados eram: a defasagem horária nas projeções (principalmente durante a vigência do horário de verão), e o grau de subjetividade dos critérios de correção da carga histórica, o que conduzia à variação no nível de acerto de previsões realizadas por técnicos distintos. Também somavam-se os inconvenientes do longo tempo necessário para acesso aos dados históricos e montagem do relatório de previsão, além das dificuldades para se reunir as informações projetadas e reais em uma avaliação da qualidade do relatório produzido.

Os estudos para a construção de uma ferramenta computacional que agilizasse a montagem da previsão de demanda iniciaram-se ainda no primeiro bimestre de 2004. Os objetivos do projeto eram os seguintes:

- Desenvolver uma ferramenta para previsão de demanda que fosse simples e de fácil utilização por um usuário pouco familiarizado com os valores típicos da carga estudada;
- Dotá-la de versatilidade de forma a permitir o intercâmbio de informações em diversos formatos e compatível com diferentes fontes de dados disponíveis;
- Possibilitar a geração da previsão de carga horária dentro de uma faixa-meta de desvio de  $\pm 3\%$  em relação ao valor real;
- Facilitar a posterior avaliação da qualidade das previsões realizadas comparando-as com os valores reais registrados;
- Assegurar baixo custo para a construção, manutenção e uso do modelo, bem como curto tempo para sua implementação e início de uso.

### **3. OBJETO DO ESTUDO**

A primeira etapa do estudo foi entender as peculiaridades da carga a ser prevista. A delimitação do objeto de estudo foi atividade crucial para a seleção da metodologia mais apropriada aos objetivos do trabalho.

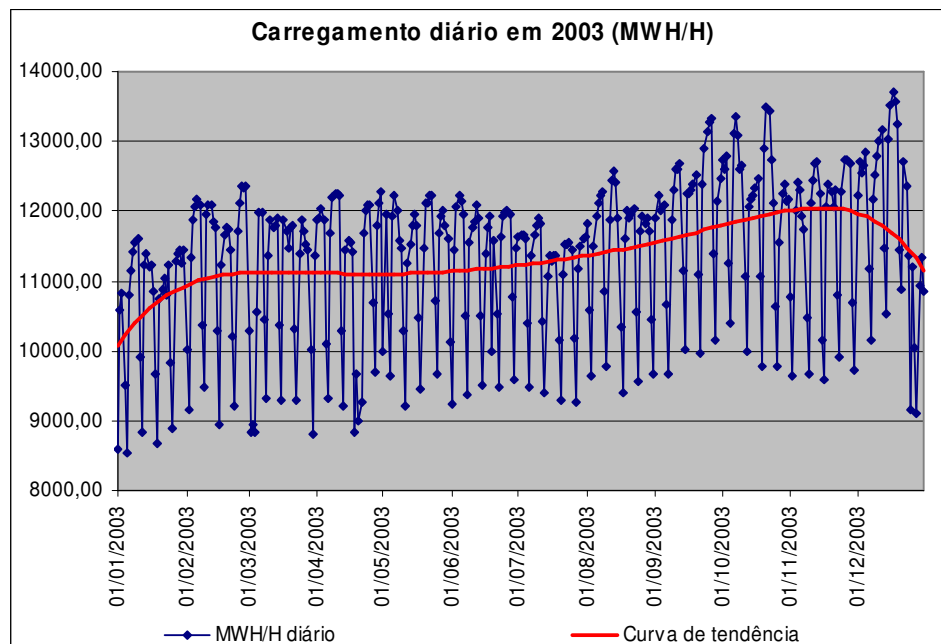
A CEB atende hoje à cerca de 650.000<sup>1</sup> unidades consumidoras de energia elétrica, sendo 85,9% residenciais e 12% comerciais. Segundo a concessionária, o consumo de energia elétrica no Distrito Federal registrado em 2003 foi de cerca de 3585GWh. Esse consumo deveu-se às demandas dos

---

<sup>1</sup> Estimativa em julho de 2004.

setores residencial (38,2%), comercial (29,0%), repartições do poder público (11,3%) e outros<sup>2</sup> (CEB, 2004).

A demanda estudada apresenta uma curva de carregamento diário com comportamento típico ao longo do ano e sinais destacados de efeitos sazonais: a demanda cresce do início do ano a meados de fevereiro, atingindo um patamar médio que se mantém aproximadamente constante até o final de julho; a partir desse mês, registra-se um novo aumento contínuo de demanda que se estende pelo segundo semestre até atingir seu valor máximo anual, por volta das primeiras semanas de dezembro, seguindo-se então uma queda brusca durante as festas de fim de ano. A Figura 1 apresenta os valores de demanda diária da empresa em 2003:



Fonte: CEB-1, 2003

**Figura 1: Carregamento diário da CEB em 2003**

O pico de demanda registrado em 2003 foi de aproximadamente 13.700 MWH/H, em 17/12/2003. Os pontos demarcados acima da curva de tendência indicam, em sua maioria, os valores de demanda diária de energia elétrica em dias úteis. Os pontos com valores mais baixos correspondem aos domingos e feriados no DF, enquanto os pontos intermediários correspondem aos valores de demandas aos sábados.

<sup>2</sup> Em outros setores incluem-se as demandas rural, industrial, de serviços públicos, iluminação pública e consumo próprio da CEB.

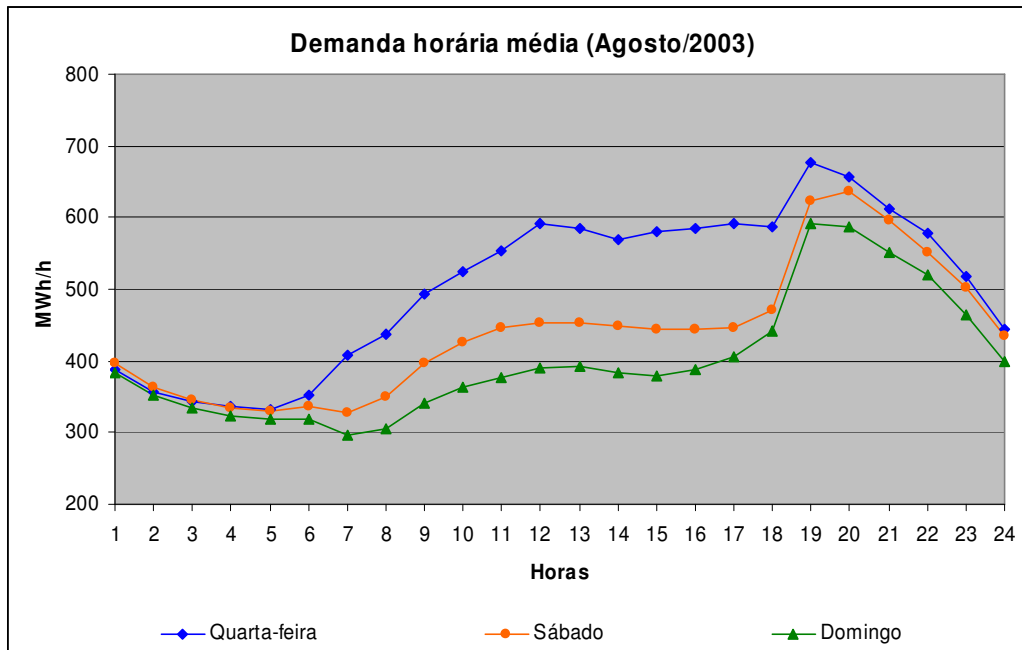
Nota-se que o comportamento da demanda de energia elétrica no Distrito Federal sofre influência de dois fatores principais: condições climáticas sazonais da região centro-oeste e o cronograma de trabalho característico da capital da república.

Quanto aos efeitos climáticos, o DF é caracterizado por temperaturas elevadas de novembro a abril amenizado pela umidade mais elevada no período chuvoso de verão. No período de maio a julho cessam-se as chuvas e os termômetros passam a registrar valores mais baixos de temperaturas máximas e mínimas. O intervalo de agosto a outubro é marcado pelo clima muito seco na região, com a umidade relativa do ar podendo atingir valores abaixo de 20%, e temperaturas voltando a se elevar. Neste último período o uso de aparelhos de climatização de ambientes e refrigeração é intenso em todo o DF o que aumenta a demanda como enfatizado pela curva de tendência na Figura 1.

Brasília concentra poucas indústrias eletro-intensivas, mas um grande número de repartições públicas, geralmente operadas por um corpo de servidores advindos de outros estados. Muitos desses trabalhadores aproveitam os períodos de férias e feriados prolongados para retornarem aos seus estados de origem, esvaziando a cidade. A saída de parte da população influencia o consumo de eletricidade no Distrito Federal reduzindo a demanda em residências, comércio e edifícios públicos. Destaca-se, neste caso, o período do recesso de final de ano e férias de verão, entre a segunda quinzena de dezembro e o início de fevereiro. Pela Figura 1 pode-se verificar a queda de demanda devida à saída de parte da população de Brasília em viagens em épocas distintas: durante recessos e feriados (algumas ocorrências podem ser notadas ao longo do ano por seqüências de dias com valores de demanda mais baixos no gráfico, como por volta do dia 01/03 e 21/04); e recesso de final de ano e férias de verão (período de dezembro a fevereiro).

Foram analisados os comportamentos da carga nos últimos dois anos. Observou-se o mesmo padrão ilustrado pelo caso de 2003, apesar da variação nas grandezas de demanda.

Aprofundando o estudo, partiu-se então para a análise horária da demanda. Foram consultados os valores de consumo registrados a cada uma hora, em cada dia da semana, de modo a levantar o comportamento típico da demanda no DF em um período de 24 horas. Para facilitar a junção das informações, foram computadas as médias horárias em um dia da semana específico dentro do período de um mês, isto é, para cada dia da semana foram calculadas as médias dos valores de demanda horária entre as quatro semanas que compõem o mês. A Figura 2 exemplifica o formato de algumas curvas levantadas.



Fonte: CEB-2,2003

**Figura 2: Média horária de demanda em dias da semana específicos do mês de agosto de 2003**

A Figura 2 apresenta as médias de demanda horária para quarta-feira, sábado e domingo, referentes ao mês de agosto de 2003. Foram constatadas variações em escala dessas curvas entre os diversos meses e deslocamentos horários ao longo do ano, principalmente devido ao horário de verão. Respeitados esses deslocamentos, porém, todas as curvas levantadas para os diversos meses analisados apresentaram as mesmas características de períodos de aumento, manutenção e declínio da carga ao longo do dia.

Estando comportamento da demanda conhecido ao longo do ano e do dia partiu-se para a identificação dos recursos disponíveis para a construção da ferramenta de previsão. Esses recursos são abordados a seguir.

#### 4. RECURSOS DISPONÍVEIS E DEFINIÇÕES PRELIMINARES

A CEB dispõe de um conjunto de aplicativos associados ao seu sistema de supervisão e controle (SSC) que alimentam relatórios gerados diariamente pela operação de despacho de cargas da empresa. Esses relatórios, montados em planilhas Excel, contam com rotinas de cálculos programadas na forma de macros que processam as informações fornecidas automaticamente pelo sistema ou manualmente pelos operadores, e geram resumos diários, mensais e anuais a respeito do carregamento de distribuição, dados meteorológicos, cotas de reservatório, limites operacionais vigentes, valores máximos e mínimos entre outros. Os documentos são guardados em um micro de alta performance que

atende ao SSC como um servidor de dados históricos e são disponibilizados como subsídio às decisões dos núcleos de planejamento e estudo da companhia.

Os relatórios periódicos do sistema, no formato em que se encontram atualmente, foram incorporados ao SSC em julho de 2003. Observou-se que o acesso e compatibilização das informações históricas anteriores a este período ao formato correntemente utilizado envolveria um trabalho razoável e este aspecto deveria ser considerado na definição da metodologia a ser empregada.

Como o carregamento da distribuição da CEB no DF é fortemente influenciado pela ocorrência de férias e recessos, informações sobre feriados regionais também foram consideradas como dados de entrada para as projeções de demanda. Entre os diversos relatórios disponíveis para fonte de dados de previsão, selecionou-se os relatórios de Leituras Diárias de Operação (LDO) por reunirem em um só documento, os valores de medição horária das linhas que chegam ao DF, além dos registros diários de precipitação, máximos e mínimos de temperaturas e umidade, e uma lista de feriados regionais atualizada anualmente.

A forte influência das condições climáticas sobre a demanda determinou que parâmetros do tempo fossem considerados na geração da previsão. Dados de previsão meteorológica para os próximos dias estão amplamente disponíveis em páginas de institutos de meteorologia na Internet. Para manter a coerência no uso das informações climáticas definiu-se uma fonte de dados única. Selecionou-se o “Canal do Tempo” ([www.canaldotempo.com](http://www.canaldotempo.com)) como fonte de referência de previsões de tempo de onde são retiradas as informações meteorológicas compatíveis com as contidas nos relatórios LDO: valores máximos e mínimos de temperatura e umidade relativa do ar. Foi definido que essas informações devem estar de posse do usuário antes de iniciar os procedimentos de montagem da previsão de demanda.

De modo a evitar variações muito discrepantes entre resultados durante a implantação da ferramenta, foi definido um responsável do núcleo de monitoramento da operação para a montagem das previsões de demanda. Coube a este técnico, portanto, a geração diária dos relatórios de previsão de demanda para o segundo dia subsequente, ou seja, às segundas-feiras monta-se a previsão de quarta-feira, às terças-feiras a previsão de quinta-feira e assim por diante.

## **5. MODELAMENTO E MONTAGEM DA PREVISÃO**

Os relatórios LDO, selecionados como fonte de informações para ferramenta de previsão de demanda, foram implementados em formas de planilhas do Excel e opção direta pela adoção desta mesma plataforma mostrou-se bastante interessante pela facilidade de intercâmbio de informações com bancos de dados ou mesmo entre arquivos de mesmo formato, e pelo baixo custo operacional e de manutenção, comprovado em experiências anteriores com o SSC.

De forma a reunir as características da carga estudada e os recursos e informações disponíveis em um aplicativo que pudesse ser disponibilizado para operação em curto tempo, modelou-se o sistema da seguinte forma:

1. Sob indicação do usuário, um dia da semana corrente é escolhido para a projeção da demanda;
2. A ferramenta identifica os nomes dos relatórios de Leitura Diária de Operação que contém os registros horários de demanda do mesmo dia indicado, nas quatro semanas imediatamente anteriores à semana corrente;
3. Uma rotina verifica a ocorrência de feriado em algum dos dias cujos valores históricos serão pesquisados e oferece ao usuário a possibilidade de descartar um ou mais desses conjuntos de dados. A pesquisa histórica está montada;
4. Sob comando, o previsor busca as informações nos relatórios selecionados e apresenta listas com os valores horários de MWh/h registrados em cada dia bem como os valores máximos e mínimos de temperatura e umidade relativa do ar, e registros de precipitação;
5. Novamente, uma rotina executa uma verificação e informa sobre a ocorrência de feriados na semana dos dias cujos registros foram pesquisados e sobre a vigência de horário de verão;
6. De posse dos dados de previsão meteorológica previamente consultados, o usuário entra com os valores da precipitação, máximos e mínimos de temperatura e de umidade relativa do ar esperados para dia para o qual se estima a demanda;
7. O usuário pode então optar pela aplicação de quatro técnicas matemáticas para trabalhar os dados disponíveis: a seleção dos valores máximos de cada hora entre as semanas pesquisadas; a seleção dos valores mínimos de cada hora entre essas semanas; as médias de cada hora; e a média ponderada dos valores horários. No último caso, é solicitada a entrada de pesos atribuídos aos valores de cada semana. O usuário atribui o peso maior à semana cujos registros meteorológicos mais se assemelhem aos valores previstos.
8. Os resultados do processamento matemático são então apresentados em forma de tabelas e gráficos, sendo possível a aplicação de um último tratamento matemático: a multiplicação dos valores resultantes por um fator de correção;
9. Terminado todo o processamento, e estando o usuário satisfeito com a projeção obtida, comanda-se a exportação dos dados para um relatório pré-formatado que pode então ser enviado ao ONS e disponibilizado internamente para a empresa.

É importante mencionar que o resultado almejado com a adoção do modelamento apresentado neste trabalho não foi o de criar a ferramenta mais completa e precisa para previsão da demanda, mas sim

extrair dos recursos disponíveis subsídios suficientes para projeção desta demanda com desvio máximo de  $\pm 3\%$  do valor real, dentro de limitações de orçamento, equipamento, pessoal e tempo.

O aplicativo foi disponibilizado em meados de março e continua em aprimoramento. Os resultados obtidos até o momento são discutidos a seguir.

## 6. RESULTADOS PRELIMINARES

A primeira previsão montada utilizando-se a ferramenta data de 20 de março de 2004. Se a previsão de cada hora do dia for computada como um registro, de março a agosto foram geradas 3864 previsões<sup>3</sup>. Entre as previsões geradas foram computadas quantas estavam fora das faixas de tolerância de  $\pm 10\%$ ,  $\pm 8\%$ ,  $\pm 5\%$  e da faixa meta de  $\pm 3\%$  dos valores reais. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1: Estatística das previsões realizadas**

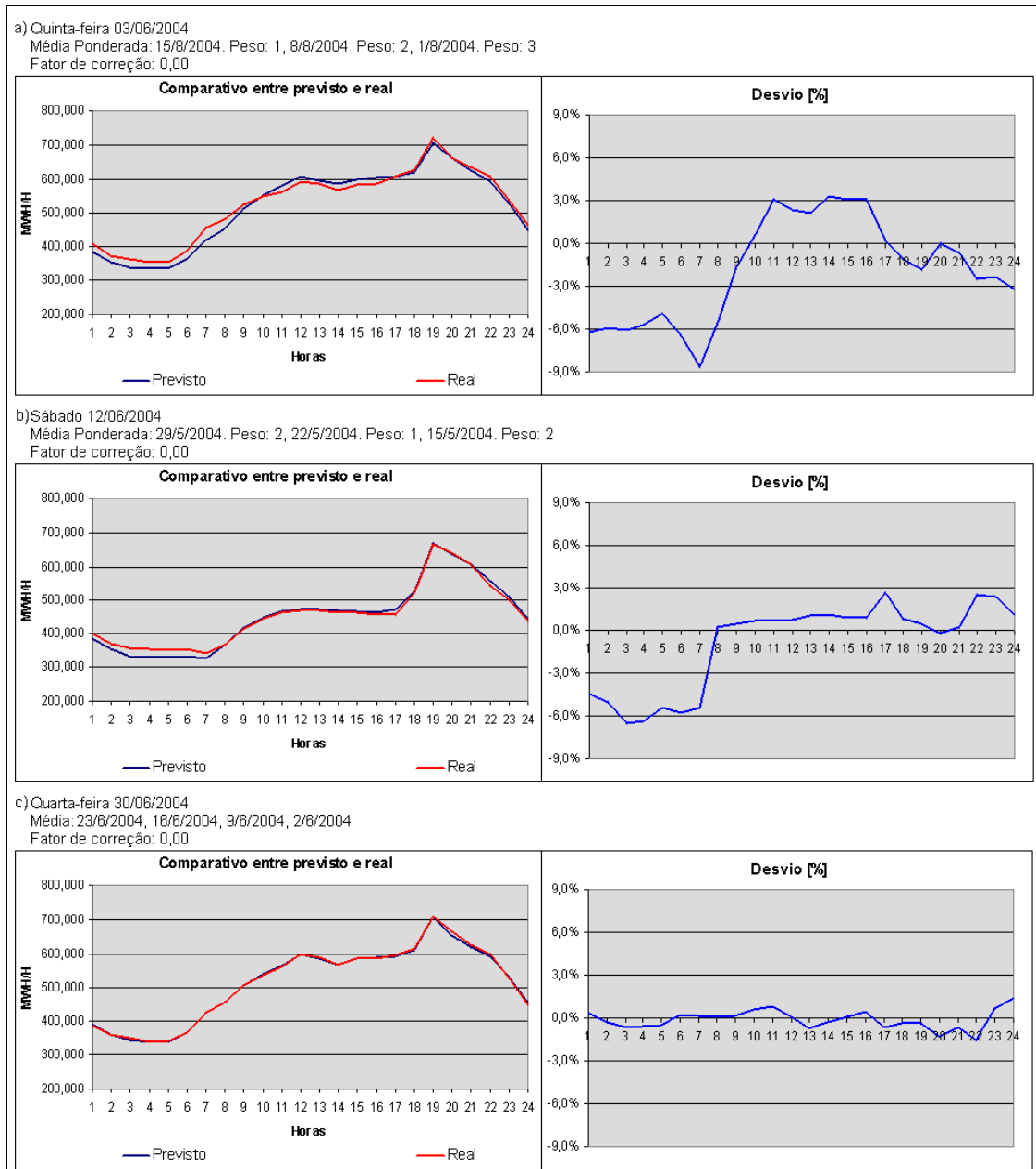
Mês	Quantidade de previsões	Porcentagem (quantidade) de previsões fora das faixas de tolerância:			
		$\pm 10\%$	$\pm 8\%$	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$
Março	288	0,3% (1)	0,7% (2)	3,8% (11)	13,9% (40)
Abril	720	0,3% (2)	1,7% (12)	11,5% (83)	34,2% (246)
Mai	744	0,5% (4)	1,3% (10)	11,8% (88)	32,5% (242)
Junho	720	0,4% (3)	1,4% (10)	10,1% (73)	25,1% (181)
Julho	672	0,3% (2)	2,2% (15)	13,8% (93)	29,5% (198)
Agosto	720	0,1% (1)	0,7% (5)	7,2% (52)	28,5% (205)
<i>Totais</i>	<i>3864</i>	<i>0,3% (13)</i>	<i>1,4% (54)</i>	<i>10,4% (400)</i>	<i>28,8% (1112)</i>

Da Tabela 1 nota-se um resultado trivial: à medida que se diminui o intervalo de tolerância aumenta o número de previsões fora desse intervalo. Admitindo admissível a ocorrência diária de três ou quatro previsões horárias fora de uma faixa de tolerância nesta fase de implantação do sistema, é possível utilizar o modelo para previsões com um intervalo entre os limites  $\pm 5\%$  e  $\pm 3\%$ .

A meta de acerto para o projeto foi definida na faixa de  $\pm 3\%$ , portanto, as análises consideradas desse ponto em diante referem-se nesses limites.

A Figura 3 apresenta alguns dos gráficos comparativos entre previsão de demanda e demanda real, acompanhados, à direita, de seus desvios horários. Os três casos constantes na Figura 3 apresentam situações típicas encontradas em previsões construídas com auxílio do modelo.

<sup>3</sup> Até a conclusão deste artigo os resultados avaliados compreendiam os meses de março a agosto de 2004. Durante esse período, a previsão de demanda de quatro dias foi gerada sem o uso do previsor.



**Figura 3 – Exemplos de previsões realizadas**

O caso “a” da Figura 3 apresenta um exemplo crítico em que a demanda real foge completamente ao controle da ferramenta de previsão. Os valores reais registrados mostram um comportamento diferente do padrão sugerido pelos registros históricos provocando o deslocamento acentuado da curva de previsão, hora para valores inferiores, hora para superiores, ao longo do dia. Trata-se de um caso atípico cujo resultado é uma previsão considerada ruim dentro os limites de tolerância desejados.

Uma ocorrência mais freqüente é mostrada no caso “b”. A curva de previsão se afasta da demanda real em alguns períodos, mas mantém-se dentro do limite de  $\pm 3\%$  de desvio durante a maior parte do dia. Essa situação tem-se verificado em alguns casos com os desvios maiores no período entre as 22 horas e seis horas da manhã. Apesar do grau de acerto ser maior do que o do caso “a”, o resultado ultrapassa o limite alvo estipulado e a previsão ainda não pode ser considerada satisfatória.

Uma previsão de demanda bem sucedida é apresentada no caso “c” da Figura 3. Os desvios absolutos máximos encontrados ficaram abaixo de  $3\%$  resultando em curvas de demanda prevista e real praticamente sobrepostas. De março a agosto de 2004, em 16 dos 161 dias para os quais previsões de demanda foram montadas os resultados obtidos apresentaram formas semelhantes ao caso “c”, ou seja, sem nenhum desvio fora do intervalo de tolerância definido. Foram obtidos 12 dias em que houve um único desvio fora dos limites de  $\pm 3\%$ , e 22 dias com a ocorrência de apenas dois desvios além do desejado.

Os resultados dos desvios relativos ao carregamento total diário das 161 amostras foram mais satisfatórios: somente em 28 dos dias os desvios da previsão estiveram fora dos limites definidos. Visto de outra forma, em  $82,6\%$  das previsões realizadas a carga diária foi prevista apropriadamente. O maior desvio de carregamento diário registrado foi de  $5,6\%$ .

Entre os meses analisados, não se identificou um padrão no dia da semana em que ocorreram as maiores quantidades de desvios. Porém, em cinco dos seis meses estudados, a quantidade de erros de previsão de demanda para sábados, domingos e feriados esteve entre as três maiores encontradas. O maior desvio encontrado em todos os registros verificados também ocorreu fora de um dia útil, em um domingo de junho ( $-13,5\%$ ).

Partindo-se para uma análise estatística mais apurada buscou-se identificar a existência de relações entre a quantidade de desvios horários encontrados e as ocorrências de uma segunda variável. As variáveis testadas foram os erros de previsão da temperatura máxima e mínima, em seus valores naturais e absolutos, e o desvio na carga diária. Para esse teste foi utilizado o coeficiente de correlação entre variáveis  $r$ , calculado por meio da expressão (1):

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \cdot \sum (Y - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

Onde,  $X = n$  quantidades diárias de desvios fora da faixa de tolerância definida;

$\bar{X}$  = Valor médio de desvios fora dessa faixa;

$Y = n$  quantidades diárias da segunda variável estudada;

$\bar{Y}$  = Valor médio dos valores da segunda variável.

Os resultados obtidos pela análise de correlação são apresentados na Tabela 2:

**Tabela 2: Coeficientes de correlação e coeficientes de determinação**

<b>Critério analisado</b>	<b><i>r</i></b>	<b><i>r</i><sup>2</sup></b>
Desvio de temp. máxima & qte. previsões fora dos limites	0,055	0,30%
Desvio de temp. mínima & qte. previsões fora dos limites	0,047	0,22%
Valor absoluto de desvio temp. máxima & qte. previsões fora dos limites	0,075	0,56%
Valor absoluto de desvio temp. mínima & qte. previsões fora dos limites	0,008	0,01%
Desvio da carga diária & qte. previsões fora dos limites	0,147	2,15%

Os valores muito baixos dos coeficientes *r* indicam uma correlação praticamente inexistente entre as variáveis analisadas. O coeficiente de determinação *r*<sup>2</sup>, que indica a porcentagem de pontos que se ajustam ao modelo linear, reforça a conclusão de que a intensidade dos desvios de temperatura ou dos desvios da carga diária obtidos nas previsões realizadas, se considerados isoladamente, não implicam necessariamente em uma previsão boa ou ruim, isto é, não se pode dizer que as demandas horárias estarão dentro dos limites de desvio tolerados de  $\pm 3\%$  observando o comportamento de uma única variável do conjunto analisado.

Na busca de correlações mais expressivas, critérios diferentes deverão ser utilizados considerando outras variáveis como efeitos sazonais ou dias da semana, e mesmo a associação de mais de uma variável pertencente ao estudo.

## 7. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS

Apesar de em mais de 80% dos resultados os valores de previsão da demanda diária estarem dentro do intervalo de tolerância definido, a previsão horária ainda necessita refinamentos. Atualmente, é possível utilizar a ferramenta de previsão com expectativa média de ocorrência de três desvios além dos limites em um intervalo de  $\pm 5\%$  dos valores reais. A meta, no entanto, continua sendo a construção de previsões horárias dentro de uma faixa de  $\pm 3\%$ .

Foi constatado um número mais elevado de desvios fora dos limites em previsões geradas para os finais de semana e principalmente para feriados. Nesses últimos casos, os registros das semanas imediatamente anteriores mostraram-se pouco úteis na construção da previsão. O comportamento da carga diferiu consideravelmente dos valores históricos e sofreu influências do dia da semana em que ocorreu o feriado. De forma a contornar situações como essas, estuda-se abrir a seleção dos dias a serem pesquisados em histórico, oferecendo ao usuário a possibilidade de escolha de datas semelhantes como referências iniciais para as previsões.

A escolha de dias além das sugestões automáticas oferecidas pelo programa é considerada ainda para diminuir o efeito sazonal do período de férias escolares de julho e de verão. Durante as previsões montadas para os meses de julho e agosto surgiram dificuldades em se trabalhar com as demandas horárias de semanas dos meses anteriores, pelo fato de se utilizar referências de período de aulas para a previsão de períodos de férias e vice-versa. O número de desvios não revelou aumento significativo que possibilitasse quantificar os efeitos desses períodos, mas a problemática foi levantada pelo usuário do sistema durante a montagem das previsões. São esperadas dificuldades semelhantes durante a entrada e saída do horário de verão e início e fim das férias de verão.

Outras melhorias também consideradas são a introdução de mais estratégias de cálculo e a aplicação das técnicas matemáticas sobre os dados históricos em faixas horárias a serem definidas pelo usuário. Assim, seria possível aplicar uma média ponderada aos dados históricos em horários de pico e optar por valores mínimos durante a noite e madrugada, por exemplo.

Como pontos fortes da ferramenta pode-se citar a velocidade para acesso aos dados históricos, para elaboração do relatório de previsão e para posterior análise das previsões montadas. A sensível redução do grau de subjetividade dos critérios utilizados em previsões de demanda também foi uma vantagem obtida pelo sistema. Testes de previsões montadas por usuários distintos apresentaram resultados muito próximos, o que não acontecia anteriormente.

Antes que se possa concluir a respeito dos resultados alcançados, alguns aspectos adicionais devem ser considerados com relação ao tempo de implantação do modelo. Com seis meses de uso ainda não foi possível gerar uma massa de dados consistente que possibilite a identificação de relações mais evidentes no comportamento das variáveis envolvidas. Algumas das previsões montadas com a ferramenta foram também usadas na familiarização dos usuários com o sistema. Em muitos casos foram experimentados critérios de previsão mais ortodoxos, como máximos e mínimos, que geraram resultados pouco satisfatórios. Esses resultados foram computados como dados válidos nas análises apresentadas, e certamente contribuíram para os desvios obtidos fora da faixa-meta definida. O ajuste adequado de critérios de cálculo, estimativas meteorológicas e dados históricos é uma tarefa complexa e requer extensivos testes até que se encontre uma ponderação razoável.

Há de se salientar ainda que a ferramenta desenvolvida para a previsão de demanda horária é um instrumento passivo que responde a comandos. Ela reúne informações de modo a subsidiar a melhor decisão dentro dos objetivos traçados. Ainda assim, a tomada da decisão será resultado dos julgamentos de valor atribuídos pelo usuário.

## 8. CONCLUSÕES

Para o modelamento do previsor de demanda foi fundamental o levantamento das características próprias da carga estudada. Este levantamento possibilitou identificar variáveis que exercem forte influência sobre o consumo de energia elétrica e estimar os efeitos dessas influências ao longo do tempo. No caso da demanda atendida pela CEB o clima das estações do ano e a ocorrência de férias e feriados mostraram-se fatores importantes para a determinação da demanda. Utilizando médias, máximos e mínimos dos registros históricos de semanas anteriores foi possível obter previsões horárias com ocorrências de três ou quatro desvios além de limites de  $\pm 5\%$  do valor realmente registrado. No entanto, a meta de intervalo de tolerância a ser alcançada permanece definida em  $\pm 3\%$ . Por outro lado, os resultados de previsão demanda diária obtidos com o uso da ferramenta em seis meses estiveram dentro dessa faixa mais restrita em mais de 80% dos casos. Em uma análise estatística preliminar com os resultados obtidos até o momento ainda não foram encontradas correlações entre a quantidade de desvios horários fora da faixa de  $\pm 3\%$  e variáveis como erros de temperaturas ou desvios da demanda diária.

Com a adoção da ferramenta, observou-se ganhos sensíveis em velocidade para montagem das previsões e posterior análise dos resultados, além da redução da subjetividade nos critérios de previsão e dos valores absolutos de desvio em relação ao valor de demanda real. A ferramenta de previsão continua em desenvolvimento no intuito de ampliar sua versatilidade e precisão. Finalmente, como a decisão sobre as previsões de demanda montadas permanecem a critério do usuário, espera-se que com a experiência usando o sistema a representatividade da amostra de registros para análise aumente e possibilite um refinamento ainda maior do modelo.

## 9. BIBLIOGRAFIA

Companhia Energética de Brasília, CEB. CEB em números. Disponível em:  
[http://www.ceb.com.br/CebNovo/Ceb/Ceb/area.cfm?id\\_area=9&nivel=2](http://www.ceb.com.br/CebNovo/Ceb/Ceb/area.cfm?id_area=9&nivel=2) . Acesso em 30/08/2004

Companhia Energética de Brasília, CEB-1, Relatórios diários da operação-RDO. Período jan.2003 a dez.2003. Não publicado.

Companhia Energética de Brasília, CEB-2., Leituras diárias da operação-LDO. Período ago.2003. Não publicado.

Departamento de Estudos Energéticos e de Mercado (Eletrobrás), & Supervisão de Previsão e Acompanhamento da Carga (ONS). Previsão da carga dos sistemas interligados: 1ª Revisão quadrimestral de 2004-Período 2004/2008. Disponível em:  
<http://www.ons.org.br/ons/planejamento/index.htm> . Acesso em: 25/08/2004

SOBRAL, Ana Paula B., & MEDEIROS, Lúcio de., & PEREIRA, Francisco A. & SOUZA, Reinaldo C. Modelo de previsão de médio prazo da carga própria horária. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 16., 2001, Campinas, Anais...Campinas: Cigrè, 2001.

SILVA, Alexandre P.A. da, & RODRIGUES, Ubiratan P., & REIS, Agnaldo J.R., & MOULIN, Luciano S., & NETO, Carlos A.S. ORÁCULO – Uma ferramenta para previsão de carga. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 16., 2001, Campinas, Anais...Campinas: Cigrè, 2001.