

TESE

949

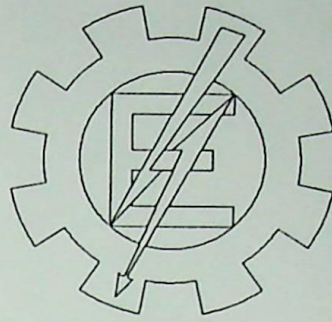
OLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

**Ambiente Computacional para
Previsão de Carga a Curto-Prazo**

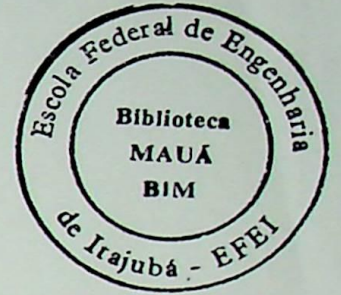
Cláudio Inácio de Almeida Costa

ITAJUBÁ

Setembro - 1997



ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ



**Ambiente Computacional para
Previsão de Carga a Curto-Prazo**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, defendida por:

Cláudio Inácio de Almeida Costa

Orientador: Dr. Germano Lambert Torres

Coorientador: Dr. Alexandre Pinto Alves da Silva

Itajubá

Setembro 1997

CLASS. 621.3.016.3: 681.3.06(043.2)

CLT. R. C837a

TOMO. 949

ESCOLA FEDERAL DE FARMACIA DE ITAJUBÁ



Prévisão de Carga e Custo-Preço
Ambiente Computacional para

Desenho de Máquina em Papel e Lápis

Classe Inicial de Abaixo (Carga)

Resumo do Curso e do Trabalho
Realizado no Departamento de Abaixo da Sala

Itajubá
Janeiro 1971

AOS MEUS PAIS,
POR CONSTRUÍREM UMA BASE SÓLIDA,
ONDE SE APOIAM TODAS AS MINHAS REALIZAÇÕES.

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos:

Ao Dr. Germano Lambert Torres, meu orientador, não só neste trabalho, como em inúmeros outros. Um grande amigo e companheiro, que sempre me mostrou como conduzir meu conhecimento em uma direção produtiva, sempre pronto a dar o empurrão necessário rumo a novos desafios.

Aos engenheiros Augustinho Faria Cardoso e Walmir Marra, da CEMIG, por abrirem as portas desta companhia, fornecendo dados e informações essenciais para realização deste trabalho. Além das inúmeras sugestões e análises sobre o programa Previsor.

A Yedda, pela ajuda na revisão do texto, e a todas as outras pessoas que colaboraram para que este trabalho fosse possível. Por fim, mas não menos importante, meus agradecimentos a Joyce Varella, por compartilhar comigo todos os momentos felizes da vida.

Abstract

Load forecasts play a predominant role in many decisions related to electricity networks. Not only is this true for the choice of generation and transmission capital investments, but it is also valid with reference to financial forecasting, planning of fuel ordering, day-to-day operation, capacity planning, spinning reserve planning and implementation. Consequently, for all electrical energy generating, transmission and distribution companies, the importance of having reliable demand forecasts is quite obvious. Moreover, without these, the other electricity system optimization tools, however excellent they may be, cannot yield accurate results.

The close tracking of the system load by the system generation at all times is a basic requirement in the operation of power systems. A desbalance in this equation would give rise to undesired voltage magnitudes. Thus the system dispatchers must anticipate the system load patterns so as to prepare the necessary corrective actions (e.g. bringing peaking units on line, load shedding, etc.) to operate the power systems securely. Nowadays, systems dispatchers make use of some empirical resources to realize load prediction.

This Master thesis presents an computational package for short-term load forecasting, named PREVISOR. This package is composed by two main modules, off-line and on-line modes of operation. The off-line mode (the real subject of this thesis) has been developed to be used for forecasters in power system industries; while the on-line mode has been developed for operators and will be used in control centers.

The off-line mode uses an alternative mathematical tool to yield a data model, proposed in this thesis. The model utilizes fuzzy techniques to produce a data model for short-term load forecasting studies. The engineer responsible for this activity can also introduce his/her experience before the final forecasting. Many GUI (Graphical User Interface) facilities has been developed and incorporated to provide a user friendly man-machine interface. To build this interface, many suggestions from the operators have been also incorporated. This thesis also details this interface with all characteristics and features.

Currently, this software runs at CEMIG Brazilian State Power Industry.

Resumo

A previsão de carga desempenha um papel predominante em diversas decisões do sistema elétrico. Isto é verdade não somente para a escolha de investimentos na geração e na transmissão, mas também como referência para: previsão de investimentos financeiros, planejamento do uso de combustível, operação diária do sistema, planejamento da capacidade do sistema e planejamento e implantação da reserva girante. Conseqüentemente, para as concessionárias de energia, a importância de uma previsão de carga confiável é bastante clara. Além disto, uma boa previsão permite que diversos aplicativos de otimização do sistema elétrico possam ter resultados mais precisos.

Em todos os instantes, o ajuste da geração ao consumo é um requisito básico no processo de operação dos sistemas elétricos. Um desbalanço nesta equação pode levar a desvios indesejados de tensão. Os operadores do sistema devem antecipar os valores de carga no sentido de preparar as ações corretivas necessárias (por exemplo, inclusão de geração ou linhas, corte de carga, entre outras) para operar o sistema com segurança. Atualmente, alguns recursos empíricos são utilizados pelos operadores para prever a carga.

Esta dissertação de mestrado apresenta um pacote computacional para a previsão de carga a curto-prazo, chamado PREVISOR. Este pacote é composto por dois módulos principais: "off-line" e "on-line". O módulo "off-line" (principal assunto desta dissertação) foi desenvolvido para ser utilizado pelos previsores no planejamento da operação; o módulo "on-line" será utilizado pelos operadores nos centros de controle do sistema.

O módulo "off-line" propõe uma metodologia para a previsão da carga elétrica a curto-prazo baseada na Teoria dos Conjuntos Difusos. O engenheiro responsável por esta atividade pode interagir com o programa e introduzir sua experiência no processo de previsão. Diversas características de interfaces gráficas foram desenvolvidas e incorporadas com a finalidade de prover uma interface amigável ao usuário. Durante a construção desta interface, diversas sugestões realizadas pelos usuários foram incorporadas ao sistema. Esta dissertação apresenta todos os detalhes desta interface.

Atualmente, este programa está em operação na CEMIG.



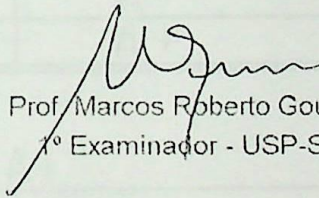
Ministério da educação e do Desporto
ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ
Reconhecida Lei 3232 - 05/01/1917

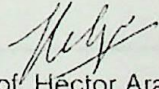
ANEXO I

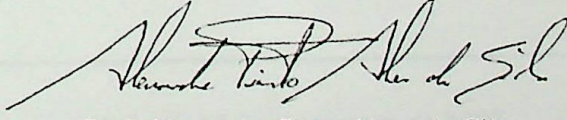
PRONUNCIAMENTO DA BANCA EXAMINADORA

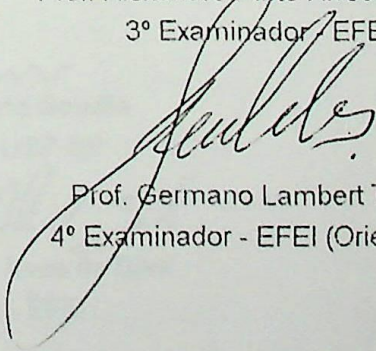
A Banca Examinadora, abaixo assinada, nomeada pela Portaria nº 347 de 15 de dezembro de 1997, considerando o resultado do Julgamento da Prova de Defesa Pública da Dissertação de Mestrado intitulada: "Ambiente Computacional para Previsão de Carga Elétrica a Curto Prazo" apresenta pronunciamento no sentido de que o Coordenador dos Cursos de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola Federal de Engenharia de Itajubá solicite ao DRA (Departamento de Registro Acadêmico) a expedição do título de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica na Área de Concentração: Sistemas Elétricos de Potência, satisfeitas as demais exigências regimentais, à Cláudio Inácio de Almeida Costa.

Itajubá, 16 de dezembro de 1997.


Prof. Marcos Roberto Gouvêa
1º Examinador - USP-SP


Prof. Héctor Arango
2º Examinador - EFEI


Prof. Alexandre Pinto Alves da Silva
3º Examinador - EFEI


Prof. Germano Lambert Torres
4º Examinador - EFEI (Orientador)



Ministério da educação e do Desporto
ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ
Reconhecida Lei 3232 - 05/01/1917

ANEXO II

FOLHA DE JULGAMENTO DA BANCA EXAMINADORA

Título da Dissertação: "Ambiente Computacional para Previsão de Carga Elétrica a Curto Prazo."

Autor: Cláudio Inácio de Almeida Costa

JULGAMENTO

| Examinadores | Conceito | Rubrica |
|--------------|----------|---------|
| 1º | A+ | |
| 2º | A+ | |
| 3º | A+ | |
| 4º | A+ | |

Resultado Médio: Conceito A+ ou seja, APROVADO COM DISTINÇÃO?

Observações: _____

Itajubá, 16 de dezembro de 1997.

Prof. Marcos Roberto Gouvêa
1º Examinador - USP-SP

Prof. Héctor Arango
2º Examinador - EFEL

Prof. Alexandre Pinto Alves da Silva
3º Examinador - EFEL

Prof. Germano Lambert Torres
4º Examinador - EFEL (Orientador)

Sumário

| | |
|---|----|
| Capítulo 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1. Uma visão do cenário eletro-energético brasileiro..... | 1 |
| 1.2. A inclusão deste trabalho no cenário atual | 1 |
| 1.3. Visão geral do Programa Previsor..... | 2 |
| 1.4. O interesse da CEMIG no Programa PREVISOR | 3 |
| 1.5. Estrutura da dissertação | 3 |
| Capítulo 2. A Linguagem Visual Basic..... | 5 |
| 2.1. Introdução | 5 |
| 2.2. Estrutura de um Programa em Visual Basic | 5 |
| 2.2.1. Formulários | 6 |
| 2.2.2. Controles | 6 |
| 2.2.3. Módulos Padrão..... | 7 |
| 2.2.4. Módulos de Classe..... | 8 |
| 2.3. Técnicas de Programação | 9 |
| 2.3.1. Programação Visual..... | 9 |
| 2.3.2. Programação Orientada a Eventos..... | 10 |
| 2.3.3. Programação Orientada a Objetos | 10 |
| 2.3.4. OLE..... | 11 |
| Capítulo 3. Previsão de Carga a Curto-Prazo..... | 13 |
| 3.1. Introdução | 13 |
| 3.2. O Sistema CEMIG..... | 13 |
| 3.3. A Previsão de Carga a Curto-Prazo..... | 15 |
| 3.3.1. Horizontes de Previsão | 15 |
| 3.3.2. Controles Sobre a Variação de Carga | 17 |
| 3.3.3. Utilização da Previsão..... | 18 |
| 3.3.4. Fatores que Influenciam a Previsão..... | 19 |
| 3.3.5. Modelos de Previsão de Carga | 21 |
| Capítulo 4. Visão Geral do Programa Previsor | 25 |
| 4.1. Introdução | 25 |
| 4.2. Diferenças Entre os Módulos “Off-Line” e “On-Line” | 25 |
| 4.3. Módulo “On-Line” | 27 |
| 4.4. Módulo “Off-Line” | 29 |

| | |
|--|----|
| 4.4.1. Metodologia de Previsão da CEMIG..... | 29 |
| 4.4.2. Dados Disponíveis | 30 |
| 4.5 Metodologia de previsão do módulo “off-line” | 31 |
| 4.5.1 Montagem da base de dados..... | 31 |
| 4.5.2 A escolha de dias semelhantes | 32 |
| 4.5.3 Previsão em primeira aproximação do valor de carga..... | 33 |
| 4.5.4 Previsão em segunda aproximação para o valor de carga..... | 34 |
| 4.5.5 Cálculo do valor final previsto | 36 |
| 4.5.6 Passos do algoritmo proposto..... | 36 |
| 4.5.7 Exemplo Ilustrativo | 36 |
| Capítulo 5. Programa Previsor - Módulo “Off-Line” | 39 |
| 5.1. Introdução | 39 |
| 5.2. Criando e Ajustando Previsões | 40 |
| 5.2.1. Escolhendo Dias Semelhantes..... | 42 |
| 5.2.2. Deslocando as Curva de Carga..... | 44 |
| 5.2.3. Alterando os Pesos para Previsão | 45 |
| 5.2.4. Deslocando a Curva Prevista..... | 47 |
| 5.2.5. Desagregando os Valores por Barramentos | 47 |
| 5.2.6. Exportando e Imprimindo Dados e Gráficos..... | 48 |
| 5.2.7. Características da Área Gráfica | 48 |
| 5.3. Utilizando os Históricos..... | 50 |
| 5.3.1. Histórico de Eventos..... | 50 |
| 5.3.2. Histórico de Medidas | 55 |
| 5.3.3. Histórico de Previsões..... | 57 |
| 5.3.4. Importando Dados | 58 |
| Capítulo 6. Testes do Programa Previsor | 59 |
| 6.1. Introdução | 59 |
| 6.2. A Previsão e o Histórico de Eventos | 59 |
| 6.3. Testes no Sistema CEMIG..... | 60 |
| 6.3.1. Previsão de Dias Típicos..... | 61 |
| 6.3.2. Previsão ao Longo do Ano..... | 75 |
| 6.3.3. Previsão de Dias Atípicos | 78 |
| 6.4. Teste no Sistema COPEL..... | 81 |
| 6.5. Teste do Sistema CHESF..... | 83 |
| 6.6. Teste do Sistema LIGHT | 84 |

| | |
|---|-----|
| 6.7. Conclusões | 86 |
| Capítulo 7. Conclusão | 87 |
| 7.1. Considerações finais | 87 |
| 7.2 Reações dos usuários do Programa Previsor | 88 |
| 7.3 Trabalhos futuros | 88 |
| Capítulo 8. Referências Bibliográficas..... | 89 |
| Artigos do Autor nesta e em Outras Áreas..... | 95 |
| Anexo I Log-File criado pelo item Exportar | 97 |
| Previsão de carga para o dia 14/out/1994 - SEX | 97 |
| Carga Observada - Dia 14/out/1994 - SEX..... | 97 |
| Valores de carga mínimos previstos para o dia 14/out/1994 - SEX | 97 |
| Valores de carga máximos previstos para o dia 14/out/1994 - SEX..... | 98 |
| Dia Semelhante : 07/out/1994 - SEX..... | 98 |
| Dia Semelhante : 30/set/1994 - SEX..... | 98 |
| Dia Semelhante : 23/set/1994 - SEX..... | 98 |
| Dia Semelhante : 16/set/1994 - SEX..... | 99 |
| Dia Semelhante : 02/set/1994 - SEX..... | 99 |
| Dia Semelhante : 13/out/1994 - QUI | 99 |
| Anexo II Resultados para o Dia 13/06/93 | 101 |
| Carga Global | 101 |
| Carga Região Norte..... | 102 |
| Carga Região Triângulo | 103 |
| Carga Região Leste | 104 |
| Carga Região Sul Poços | 105 |
| Carga Região Sul Lavras | 107 |
| Carga Região Metropolitana..... | 108 |
| Carga Região Oeste..... | 109 |
| Carga Região Oeste Passos..... | 110 |
| Anexo III Resultados para o Dia 15/07/93 Sistema CEMIG | 113 |
| Carga Global | 113 |
| Carga Região Norte..... | 114 |
| Carga Região Triângulo | 115 |
| Carga Região Leste | 116 |
| Carga Região Sul Poços | 117 |
| Carga Região Sul Lavras | 119 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| Carga Região Metropolitana..... | 120 |
| Carga Região Oeste..... | 121 |
| Carga Região Oeste Passos..... | 122 |
| Carga Região Sudeste..... | 123 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| Carga Região Metropolitana..... | 120 |
| Carga Região Oeste..... | 121 |
| Carga Região Oeste Passos..... | 122 |
| Carga Região Sudeste..... | 123 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: CEMIG em Números | 15 |
| Figura 2: Visão Externa da Rede Neural do Módulo “On-Line” | 27 |
| Figura 3: “Group Method of Data Handling” | 28 |
| Figura 4: Exemplo da Rede Neural Plástica | 29 |
| Figura 5: Conjunto difuso A | 34 |
| Figura 6: Regressão linear para primeira aproximação | 34 |
| Figura 7: Conjunto difuso B | 35 |
| Figura 8: Ícone do Programa Previsor | 39 |
| Figura 9: Tela Principal do Programa Previsor | 40 |
| Figura 10: Janela de entrada do dia de previsão e região | 41 |
| Figura 11: Ambiente de Previsão de Carga | 41 |
| Figura 12: Planilha expandida exibindo pesos e deslocamentos | 42 |
| Figura 13: Janela para inserir dias semelhantes | 43 |
| Figura 14: Janela de busca automática de dias atípicos | 43 |
| Figura 15: Resultado da Modificação dos Dias Semelhantes | 44 |
| Figura 16: Verificação dos Pesos do Dia 7, entre 17:15 e 19:00 hs | 46 |
| Figura 17: - Resultado da Variação dos Pesos | 46 |
| Figura 18: Janela de Edição do Fator de Participação dos Barramentos | 47 |
| Figura 19: Janela de Formatação dos Eixos | 49 |
| Figura 20: Janela para Exibição de Títulos | 49 |
| Figura 21: Janela para Exibição dos Eixos | 49 |
| Figura 22: Janela para Exibição das Linhas de Grade | 49 |
| Figura 23: Janela para Formatação de Sequências de Dados | 50 |
| Figura 24: Janela Abrir Históricos | 50 |
| Figura 25: Janela de Dias Atípicos | 51 |
| Figura 26: Janela de Interrupções de Fornecimento de Energia | 52 |
| Figura 27: Janela de Modulações Dinâmicas da Carga | 53 |
| Figura 28 Janela de Entrada ou Saída de Carga | 54 |
| Figura 29: Janela para fornecimentos especiais de energia | 55 |
| Figura 30: Janela de acesso a opção Medidas | 55 |
| Figura 31: Janela do histórico de medidas | 57 |
| Figura 32: Janela Abrir Histórico de Previsões | 57 |

| | |
|---|----|
| Figura 33: Janela do histórico de previsão de carga | 58 |
| Figura 34: Janela para Importar Arquivo de Medidas | 58 |
| Figura 35: Processo de Composição da Previsão | 60 |
| Figura 36: Previsão da Carga Global. Domingo, 13 de Junho de 1993 | 61 |
| Figura 37: Previsões da Carga Regional. Domingo, 13 de Junho de 1993 | 66 |
| Figura 38: Previsão da Carga global. Quarta-feira, 15 de outubro de 1993..... | 68 |
| Figura 39: Previsões das cargas regionais. Quarta-feira, 15 de outubro de 1993..... | 73 |
| Figura 40: Previsão para o dia 9 de janeiro de 1995..... | 76 |
| Figura 41: Previsão para o dia 24 de abril de 1995..... | 76 |
| Figura 42: Previsão para o dia 17 de julho de 1995..... | 77 |
| Figura 43: Previsão para o dia 9 de outubro de 1995 | 77 |
| Figura 44: Previsão para o dia 4 de dezembro de 1995 | 78 |
| Figura 45: Previsão do Dia 7 de Setembro de1995..... | 80 |
| Figura 46: Previsão do Dia 25 de Dezembro de 1995 | 81 |
| Figura 47: Previsão do Dia 24 de Abril de 1996. Sistema COPEL..... | 82 |
| Figura 48: Previsão do Dia 7 de Setembro de 1996. Sistema COPEL | 82 |
| Figura 49: Previsão da Dia 24 de abril de 1996. Sistema CHESF..... | 83 |
| Figura 50: Previsão do Dia 25 de Dezembro de 1996. Sistema CHESF | 84 |
| Figura 51: Previsão do Dia 24 de Abril de 1995. Sistema LIGHT..... | 85 |
| Figura 52: Previsão do Dia 7 de Setembro de 1995. Sistema LIGHT | 85 |

Capítulo 1.

Introdução

1.1. UMA VISÃO DO CENÁRIO ELETRO-ENERGÉTICO BRASILEIRO

O sistema elétrico brasileiro passa atualmente por grandes transformações. Novas formas de gerenciamento estão sendo estudadas. Desde a geração da energia elétrica até o consumidor final, surgem novos desafios como a presença de auto-produtores e a cogeração.

Também as concessionárias de energia estão se reorganizando. Seu controle administrativo está sendo passado para a iniciativa privada ou para consórcios de empresas, tal como aconteceu com a Escelsa, Light e, recentemente, a Coelba. Este quadro leva a novos rumos, tanto no âmbito administrativo quanto na gestão eletro-energética. Segundo os novos modelos de administração, as concessionárias devem se dividir em unidades independentes de negócios, onde cada departamento tem vida própria e deve gerar seus lucros.

Para isso, existe a necessidade de maximizar a utilização dos recursos do sistema, minimizar possíveis estados operativos perigosos, aumentar a confiabilidade, reduzir índices de corte de carga e melhorar a qualidade da energia elétrica. Tudo isto deve ser feito em um cenário de baixo investimento e carga sempre crescente.

1.2. A INCLUSÃO DESTE TRABALHO NO CENÁRIO ATUAL

Uma possibilidade que surge na nova estrutura do sistema elétrico brasileiro é a criação de uma legislação que permita diversos tipos de fornecimentos especiais de energia aos consumidores, bem como, novos tipos de contratos com clientes fora das áreas atuais de concessão das companhias. Neste novo ambiente competitivo, o conhecimento do sistema e de suas necessidades é vital para auferir bons resultados.

Dentre essas necessidades, encontra-se a carga dos consumidores. Seu conhecimento possibilita a longo-prazo um planejamento adequado do sistema, programando-se a construção de usinas e linhas de transmissão. O conhecimento da carga a médio-prazo permite que se programe manutenções e certos remanejamentos de geração no sistema. Finalmente, a previsão de carga a curto-prazo auxilia previsores e técnicos na operação do sistema e nas transações de venda de energia.

O objetivo desta dissertação de mestrado é produzir uma ferramenta que auxilie o processo de previsão de carga a curto-prazo. Este sistema foi desenvolvido em cooperação

com os engenheiros e previsores da CEMIG, utilizando seu conhecimento, apoiando-se em seu modo de trabalho e em suas necessidades.

1.3. VISÃO GERAL DO PROGRAMA PREVISOR

O programa de previsão de carga a curto-prazo foi denominado Previsor e possui dois módulos: “off-line” e “on-line”. O primeiro módulo permite a realização de estudos sobre o comportamento da carga, resultando em uma primeira previsão para o pré-despacho. O segundo módulo, instalado junto ao despachante nas salas de controle, realiza uma previsão em tempo-real.

Este trabalho tem como alvo o estudo e desenvolvimento do módulo “off-line”. Este módulo, utilizado pelos previsores do sistema, deve apresentar flexibilidade e possibilidade de incorporar o conhecimento de seus usuários no processo de previsão, além de uma boa resposta para previsões realizadas até 7 dias a frente.

Segundo as características apresentadas acima, e principalmente devido a necessidade de inclusão do conhecimento do usuário no processo, optou-se pela utilização da teoria dos Conjuntos Difusos. Diversos estudos também foram feitos para adequar a interface com as necessidades de uso dos previsores, criando procedimentos e atalhos para aumentar e otimizar a interatividade com o programa.

O módulo de previsão “off-line” foi desenvolvido em ambiente Windows com os recursos de GUI (“graphical user interface”), possibilitando ao previsor interagir com o banco de dados, buscar valores medidos no sistema, verificar tendências e incluir na previsão seu conhecimento quanto as variações da carga. O programa permite que o previsor possa: interferir diretamente no valor previsto, considerar uma curva de carga em sua totalidade ou parcialmente e incorporar dias semelhantes à previsão. Módulos de dias atípicos, entradas e saídas programadas, interrupções e modulação dinâmica são alguns eventos tratados pelo pacote.

O módulo de previsão “on-line” será descrito somente em linhas gerais por não fazer parte do desenvolvimento desta dissertação. Como vai ser utilizado diretamente pelo despachante, ele não deve incorporar elementos de análise pois seu objetivo é fornecer ao operador somente os valores previstos. Neste módulo, utiliza-se uma rede neural plástica para o cálculo dos valores previstos dentro de um intervalo de 15 minutos a 5 horas a frente.

Todas as previsões do pacote computacional são realizadas em uma base de 15 minutos, sendo possível prever a carga global do sistema CEMIG e de cada uma de suas regionais.

1.4. O INTERESSE DA CEMIG NO PROGRAMA PREVISOR

A CEMIG tem se preparado para a chegada do mercado competitivo na comercialização de energia elétrica. Novos agentes como o SINTREL, produtores independentes e consumidores livres têm provocado diversas mudanças nos conceitos operativos do sistema. Dentro deste quadro, um dos aspectos mais relevantes é o conhecimento futuro do sistema, para que este possa ser otimizado ao máximo. Para isto, diversos fatores devem ser ponderados, sendo que um deles é o conhecimento do comportamento da carga a curto-prazo.

Este comportamento é vital para possibilitar uma flexibilidade operativa e garantir uma plena utilização dos recursos da empresa. Assim, a CEMIG associou-se a EFEI para o desenvolvimento do pacote computacional PREVISOR, que tem a função de realizar previsões e estudos do comportamento da carga a curto-prazo (até uma semana a frente).

1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em 7 capítulos e 3 anexos.

O primeiro capítulo é o corrente e apresenta uma introdução ao trabalho.

O capítulo 2 é destinado a apresentação da linguagem Visual Basic, escolhida para implementação do programa. São apresentadas suas estruturas básicas e descrito o processo de confecção da interface.

O capítulo 3, intitulado “Previsão de Carga a Curto-Prazo”, apresenta um pouco do sistema CEMIG e a necessidade de um sistema de previsão de carga a curto-prazo. Em seguida, são realizados alguns comentários sobre os problemas existentes e uma breve revisão dos processos de previsão.

O capítulo 4 apresenta uma visão geral do Programa Previsor, de seus módulos “off-line” e “on-line”. Neste capítulo é apresentado também o método de previsão utilizado no módulo “off-line”.

No capítulo 5, são descritas todas as facilidades existentes no programa, bem como sua utilização no processo de previsão de carga. O capítulo 6 apresenta diversos exemplos de previsão para dias típicos e atípicos do sistema CEMIG, bem como os testes realizados com cargas dos sistemas Copel, Light e Chesf.

Finalmente, o capítulo 7 apresenta as conclusões do trabalho e sugere alguns desenvolvimentos futuros.

Os anexos mostram log-files e arquivos que foram utilizados no processo de previsão.

Capítulo 2.

A Linguagem Visual Basic

2.1. INTRODUÇÃO

O mundo da micro informática é marcado por mudanças radicais e pela evolução rápida e constante de idéias e conceitos. Uma das principais mudanças ocorridas recentemente foi a evolução do conceito de interface homem máquina. As chamadas interfaces de caracter evoluíram para as interfaces gráficas. Este processo foi um dos grandes responsáveis pela popularização da informática pois diminuiu drasticamente o tempo de treinamento necessário para operação dos computadores.

A interface gráfica valoriza os conceitos intuitivos, tentando aproximar o mundo virtual do mundo real. Operações primárias como apontar, pegar, arrastar ou selecionar são realizadas de maneira natural com a utilização de dispositivos apontadores, como o mouse.

Porém, a simplicidade do ponto de vista do usuário é diretamente proporcional a complexidade do ponto de vista do programador. A criação de programas para o ambiente Windows é uma tarefa muito mais complexa que a criação de programas DOS. Um programa simples, que antes era escrito com poucos comandos, utilizando apenas um arquivo, passa a necessitar de centenas de linhas de código em vários arquivos diferentes. Devido ao aumento da complexidade de projeto, desenvolvimento e depuração, e da necessidade de pessoal mais qualificado, o custo de produção de software correria o risco de se tornar tão alto que apenas poucas empresas poderiam continuar no mercado.

Este cenário representou um sério problema de mercado para a Microsoft, empresa criadora do Windows. Caso não houvesse muitas empresas desenvolvendo programas para o ambiente Windows, o sistema não se tornaria um padrão de fato.

Com o objetivo de tentar facilitar o processo de desenvolvimento de programas para o ambiente Windows, a Microsoft lançou o Visual Basic. Este foi o marco de uma nova revolução. Através de novos conceitos como programação visual, programação orientada a eventos, programação orientada a objetos e integração entre aplicativos, foi possível a criação rápida de aplicações poderosas e fáceis de operar.

2.2. ESTRUTURA DE UM PROGRAMA EM VISUAL BASIC

Um programa em Visual Basic é baseado na criação de um arquivo de projeto. O arquivo de projeto determina o nome do aplicativo, seu ícone, o formulário que será utilizado

como principal e vários outros parâmetros do programa. Nele serão listados todos os formulários, módulos padrão e módulos de classe, bem como os controles utilizados no programa.

2.2.1. Formulários

Os formulários representam as janelas de interface que o programa possui. Nele serão colocados os controles que responderão aos eventos do usuário.

O Previsor utilizou o padrão MDI ("Multiple Document Interface"). Neste tipo de aplicativo utiliza-se três tipos de formulários. MDIParent, MDIChild e Modal.

Um formulário MDIParent representa a janela principal do aplicativo. Um aplicativo MDI possui apenas um formulário deste tipo. O menu principal é criado neste formulário e normalmente possui um item Arquivo com a opção de abrir um novo documento.

Os formulários MDIChild representam os documentos abertos pelo programa. Estas janelas são restritas a área cliente do formulário MDIParent. Conforme o tipo de aplicativo, pode-se abrir vários tipos de documentos. Por exemplo, o Previsor possui formulários deste tipo para a exibição da previsão, dos históricos de carga, do histórico de eventos e histórico de previsões. Cada janela de documento possui a sua própria barra de menu. Assim, sempre que o foco passa para um documento, o menu principal do programa é substituído pelo menu do documento. Isso faz com que o menu reflita sempre as operações possíveis de serem executadas com o objeto que possui o foco.

O terceiro tipo de formulário é chamado de Dialog Box ou formulário Modal. Este tipo de formulário possui a característica de não permitir a mudança do foco para outras janelas enquanto não for fechado. Tal característica é útil para entrada de dados do usuário, onde só é possível realizar outra tarefa no programa após o preenchimento das informações solicitadas.

Todo formulário possui um módulo associado. Neste módulo são escritos os procedimentos de evento para os controles presentes no formulário.

2.2.2. Controles

Os controles são os objetos, dentro dos formulários, responsáveis pela interface com o usuário. O Visual Basic possui uma caixa de ferramentas onde estão os controles disponíveis. Utiliza-se esta caixa de ferramentas para arrastar e desenhar os controles em um formulário.

Em sua primeira versão, o Visual Basic apresentava apenas um pequeno conjunto de controles. Tais controles formavam uma analogia direta com os tipos de informação a serem representadas ou solicitadas ao usuário. São eles:

- Caixas de Texto: para entrada de dados alfanuméricos;
- Caixas de Verificação: Para dados booleanos;

- Etiquetas: para exibição de mensagens para o usuário;
- Botões de Opção: para entradas mutuamente exclusivas;
- Caixas de Listagem: para permitir ao usuário escolher um ou mais itens dentro de uma lista previamente definida;
- Caixas de Combinação: possuem as facilidades das Caixas de Texto e Lista simultaneamente. O usuário pode escolher um item de uma lista ou digitar diretamente a opção desejada;
- Barras de Rolagem: possuem a facilidade de se visualizar ou solicitar um valor numérico compreendido em uma faixa de valores e permitir a sua alteração.
- Caixas de Imagem: para exibição de figuras; e finalmente,
- Botões de Apertar: utilizados para representar escolhas ou ações do usuário.

Um dos fatores responsáveis pelo enorme sucesso do Visual Basic, foi a possibilidade de empresas independentes produzirem e comercializarem controles personalizados, totalmente compatíveis. Inicialmente chamados de VBX (Visual Basic Extension), tais controles propiciaram um conjunto imenso de possibilidades, como Controles de Grade, utilizados para exibição de dados tabulares, Barras de Status, Barras de Ferramentas Flutuantes, controles para comunicação com hardware e muitos outros. Com a evolução da tecnologia OLE, os controles passaram a se denominar OCX (Object Control Extension) e atualmente, com a migração das aplicações para Internet, são chamados de ActiveX.

2.2.3. Módulos Padrão

Os módulos padrão são repositórios de código. Neles são declarados e implementados procedimentos e variáveis que serão utilizados no programa. Na seção inicial são declaradas as variáveis de módulo e em seguida são listados os procedimentos.

Os procedimentos podem ser subrotinas ou funções. As funções se diferenciam das subrotinas por possuírem valor de retorno. Os procedimentos permitem escopo público, podendo ser chamados de qualquer local do programa, ou escopo privado, podendo ser chamados apenas de dentro do mesmo módulo. Os procedimentos em Visual Basic aceitam passagem de parâmetros por valor ou referência, como nas outras linguagens. Existe ainda a possibilidade de utilização de parâmetros opcionais, parâmetros nomeados e parâmetros em número indefinido. Vale ressaltar que estas três últimas características, de fácil utilização em Visual Basic, são raramente encontradas em outras linguagens e normalmente de difícil implementação.

A codificação algorítmica do programa é feita utilizando-se uma linguagem estruturada, de grande flexibilidade e muito fácil de ser lida. O Visual Basic possui todas as estruturas necessárias para programação estruturada como controle de fluxo, laços de repetição, escopo

diferenciado de variáveis e procedimentos, alocação de memória, comunicação com o sistema operacional etc. Deve-se ressaltar que as semelhanças com o Basic utilizado antigamente não implicam em restrições. Elas são úteis no processo de aprendizagem, mas a medida que se evolui na técnica de programação, nota-se que o Visual Basic possui muitos recursos novos e poderosos, suficientes para elaboração de programas profissionais ou acadêmicos, equiparando-se e superando em vários aspectos outras linguagens de programação.

Em um módulo, deve-se agrupar todo o conjunto de código necessário para realização de tarefas afins. Sua utilização lembra em muito as bibliotecas de funções de linguagens procedurais. Em um projeto bem estruturado, existe sempre um módulo somente para as constantes do programa, o que facilita em muito a manutenção e a legibilidade do código.

2.2.4. Módulos de Classe

Os Módulos de Classe marcam a entrada do Visual Basic na programação orientada a objetos. Até a versão 3.0, o Visual Basic era uma linguagem baseada em objetos, ou seja, o programador utilizava objetos, como os controles e formulários, mas não havia como criar novos objetos. A criação de controles por exemplo, deveria ser feita em C++.

Uma classe pode ser definida como interna ao projeto ou de uso externo. As classes internas residem no espaço de memória do próprio aplicativo. Isso dá a elas maior velocidade de execução já que não é necessária a utilização de “thunks” de memória. Já as classes externas podem ser utilizadas em qualquer programa que possibilite a comunicação OLE. Isso permite que empresas diferentes criem classes que modelem regras ou objetos específicos e estes sejam colocados juntos pelo programador, conforme sua necessidade, em seu próprio aplicativo. Por exemplo, no Previsor, foram criadas classes para os históricos de medidas e de previsões. A metodologia de Previsão foi encapsulada em um objeto específico de modo a permitir sua troca de forma transparente.

Os Módulos de Classe fornecem uma modelagem de objetos diferente das linguagens orientadas a objetos tradicionais. Na concepção destas, o conceito de Polimorfismo é atingido utilizando-se a criação de novas classes pelo processo de herança. Nos Módulos de Classe, utiliza-se o conceito de Interface. Um objeto implementa um conjunto de Interfaces que podem ser incrementados a medida que o projeto aumenta sua complexidade. Porém, a compatibilidade com versões anteriores pode ser mantida, desde que as Interfaces antigas continuem a ser suportadas. Não há necessidade de recompilação e os programas que utilizavam seus objetos continuam rodando. Já na abordagem clássica, a evolução do projeto acabava causando modificações na árvore de heranças. Tais modificações quebram a compatibilidade com versões anteriores, causando a necessidade de recompilação e reinício

do processo de depuração. A fase de testes e desenvolvimento deve ser reiniciada, consumindo tempo e estourando os cronogramas.

A estrutura básica das classes é formada por suas interfaces, implementadas em termos de Métodos, Propriedades e Eventos.

2.3. TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO

A confecção de um programa de qualidade, que siga as tendências atuais, necessita da compreensão e utilização de vários conceitos. Alguns deles são: Programação Visual, Programação Orientada a Eventos e Programação Orientada a Objetos. Todos estes conceitos e alguns outros formam a especificação OLE, pilar central da computação atual e retaguarda tecnológica principal da Microsoft.

2.3.1. Programação Visual

O desenho e projeto da interface com o usuário representa hoje um dos passos mais importantes da confecção de um software. A interface deve ser intuitiva e amigável, permitindo ao usuário potencializar sua capacidade, agilizando o trabalho. O fácil aprendizado e principalmente a coerência com os padrões dos programas mais utilizados no mercado são características que devem ser atingidas para o sucesso do projeto.

A criação das telas a serem utilizadas no programa é feita mediante a colocação de controles nos formulários. Este processo utiliza as facilidades da própria interface gráfica. Os controles são selecionados na caixa de ferramentas e desenhados diretamente no formulário. Este processo contrasta com o método antigo onde havia a necessidade de compilar todo o programa para verificar o layout das telas. Tamanho foi o benefício com esse método que foi cunhada a expressão Programação Visual para descrever linguagens que possibilitam o desenvolvimento rápido de interfaces.

Após posicionados os controles, pode-se personalizá-los. A personalização dos controles é feita modificando-se suas propriedades. Isso possibilita que um mesmo tipo de controle seja utilizado nas mais diversas formas e aplicações.

As propriedades incluem aspectos visuais e lógicos. Dentre os aspectos visuais pode-se exemplificar a altura, largura, cor do texto, cor do fundo, tipo de borda, cor da borda e texto de título do controle. Os aspectos lógicos incluem o nome do controle, sua ordem na seqüência de tabulação, seu estado, se habilitado ou não a receber entradas do usuário, entre outros.

Apesar de cada controle implementar o seu próprio conjunto de propriedades, existem várias propriedades que estão presentes em quase todos os controles. Esta padronização facilita a utilização e a programação dos controles.

A determinação dos controles necessários para a interface deve levar em consideração a utilização de controles desenvolvidos por terceiros, de modo tanto a facilitar o desenvolvimento, quanto a aumentar a qualidade do produto final, já que possivelmente tais controles possuem muito mais características que o necessário.

2.3.2. Programação Orientada a Eventos

A Programação Orientada a Eventos difere da programação procedural na forma com que o código é executado. Na programação procedural é o próprio código que determina qual função ou subrotina será utilizada. Na programação por eventos é o usuário que dispara a execução de uma certa função através de uma ação interativa com a interface. Isso pode ser feito utilizando-se qualquer dispositivo de entrada, como o mouse ou teclado. Cada controle em um formulário, bem como o próprio formulário e seu menu, podem receber entradas do usuário na forma de eventos.

Semelhante as propriedades, cada controle possui o seu conjunto de eventos. Porém, existem eventos que aparecem em vários controles. Por exemplo, o evento Click, disparado quando o usuário pressiona o mouse sobre o controle, é implementado pela maioria dos controles.

Assim, a codificação de um programa em Visual Basic pode ser descrita como a codificação das funções que irão rodar na ocorrência de um evento. Tais funções são chamadas procedimento de evento.

2.3.3. Programação Orientada a Objetos

A programação orientada a objeto apresenta uma nova metodologia de desenvolvimento de software. Com o aumento da complexidade dos programas, tornou-se necessário a adoção de uma metodologia que permitisse quebrar o esforço necessário para construção de um programa em partes menores, mais fáceis de gerenciar, desenvolver e testar. Tais blocos deveriam ter um grau suficiente de independência para que fossem desenvolvidos por equipes diferentes mas que possibilitasse sua conexão sem problemas, ao final do projeto. Outra preocupação é a reutilização de código. Muito do código escrito para uma versão de um programa é perdido com a sua evolução. A Programação Orientada a Objetos é uma metodologia que tenta solucionar todos estes problemas.

Um objeto no Visual Basic é modelado através de Propriedades, Métodos e Eventos.

As propriedades representam características que o objeto possui, bem como seu estado. Sua implementação é feita através de variáveis públicas nos módulos de classe, ou como Procedimentos de Propriedades. A implementação utilizando-se variáveis é bastante simples, porém oferece pouco controle sobre o acesso e modificação das propriedades. A utilização de Procedimentos de Propriedades possibilita que sempre que uma propriedade for acessada, seja para leitura ou gravação, o programa execute um procedimento. Assim, é possível criar propriedades somente para leitura, propriedades com validação de valor, propriedades voláteis, que modificam seu valor independentes do programa e propriedades que implementam cadeias.

Os Métodos de um objeto modelam ações que podem ser executadas tanto no objeto como pelo objeto. Uma prática comum é a utilização de verbos como nome dos Métodos. Eles executam sua função através da leitura e modificação das propriedades do objeto. Para isso, podem aceitar parâmetros de modo a melhor especificar a ação a ser executada. Por exemplo, o Método Mover atua nas propriedades de posição horizontal e vertical, modificando-as conforme o parâmetro especificado.

Os Eventos são subrotinas que são disparadas quando o usuário realiza uma ação sobre o objeto. A criação de eventos pelo usuário só se tornou possível a partir da versão 5.0 do Visual Basic. Nesta versão, a modelagem de objetos do Visual Basic foi completa. Toda a especificação de objetos e controles extensíveis foi compilada na tecnologia ActiveX, um subconjunto da OLE. Tal padrão, ainda pouco conhecido, representa uma das grandes estratégias da Microsoft em diversas áreas, inclusive na Internet. A possibilidade de utilização de objetos ActiveX em documentos HTML é uma peça chave para o domínio da Microsoft na grande rede.

2.3.4. OLE

A evolução da especificação OLE teve início com a necessidade de intercomunicação entre aplicativos. Daí o seu nome Object Linking and Embeeding, significando a possibilidade de ligar objetos ou colocá-los um dentro do outro. Em sua primeira versão, a OLE permitia a colocação, por exemplo, de planilhas dentro de documentos textos, ou a colocação de desenhos e imagens dentro de apresentações. A partir da versão 2.0, a sigla OLE deixou de ter significado pois passou a representar um conjunto de tecnologias e padrões, tornando-se um pilar da indústria de software.

Dentro deste novo paradigma, a confecção de um programa passa a ser uma atividade de juntar peças já prontas, que implementam tarefas comumente utilizadas em projetos relacionados. Tais componentes implementam um conjunto completo de tarefas, utilizando-se o conceito de Programação Orientada a Objetos. Apesar de possuírem alto grau de

complexidade interna, a utilização dos controles pelo programador é feita de maneira extremamente simples e fácil. O programador deve se preocupar apenas com a interface do objeto, ou seja, suas propriedades, métodos e eventos, e não com detalhes internos de implementação. A adoção deste tipo de metodologia traz economia substancial, já que tais blocos são comprados prontos, não sendo necessário desenvolvê-los e testá-los exaustivamente.

Assim, o Visual Basic passou a ser a "cola" que possibilita colocar blocos de software juntos. Assim, várias empresas lançaram no mercado controles para os mais diversos usos, permitindo que o programador utilize tais controles em seus projetos de maneira fácil e transparente.

O conceito de extensibilidade e componentes de software trouxe tamanho impacto sobre o mercado de programação que todos os aplicativos do pacote Microsoft Office (Word, Excel, Access e Power Point) utilizam o Visual Basic como sua linguagem de macros, permitindo sua total integração.

No Previsor foi utilizado o Microsoft Graph, um servidor de OLE especializado na exibição dos mais variados tipos de gráficos. Ele implementa um conjunto enorme de possibilidades, que jamais seriam alcançadas por um programador isolado, ou por uma pequena empresa de software. Além disso, a interface é coerente com o Microsoft Excel. O tempo de treinamento gasto para operação desta planilha é totalmente aproveitado para operação do Previsor.

Capítulo 3.

Previsão de Carga a Curto-Prazo

3.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o Sistema Elétrico da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), para o qual foi desenvolvido o Programa Previsor. Algumas características de interesse da carga deste sistema são destacadas, bem como os motivos que levaram a CEMIG a investir no desenvolvimento de um sistema de previsão de carga a curto-prazo. Em seguida, são apresentados os problemas deste tipo de previsão, identificando quais os componentes endógenos e exógenos que interferem no processo.

Características como grande disponibilidade de massa de dados e a possibilidade de criação de diferentes modelos favoreceram a realização de inúmeros estudos e simulações por vários autores no mundo todo. Sendo assim, este capítulo se limitará a citar os modelos mais importantes e as revisões bibliográficas que já foram publicadas sobre o assunto [1-10].

O objetivo deste capítulo, portanto, não é ser completo, nem na cobertura dos modelos nem na descrição do método, e sim lançar as bases para a compreensão dos elementos que foram utilizados no desenvolvimento do Programa Previsor.

3.2. O SISTEMA CEMIG

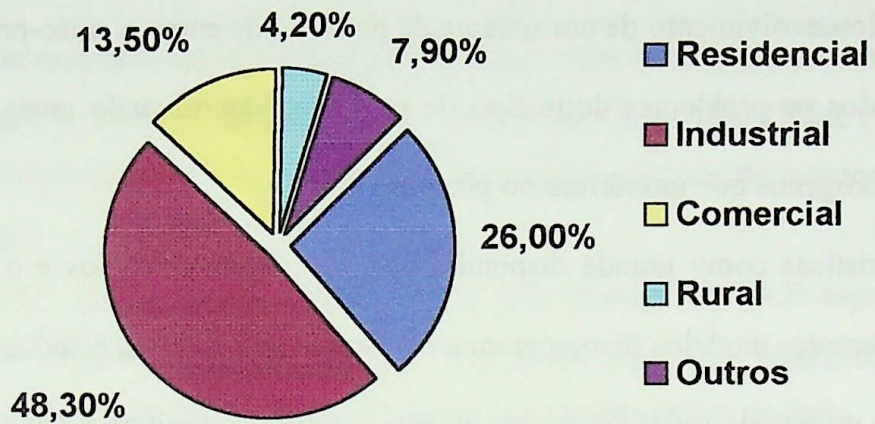
A CEMIG foi fundada em 1952, com o nome de Centrais Elétricas de Minas Gerais S.A., tendo como objetivo principal dotar o estado de uma infra-estrutura básica para o fornecimento de energia elétrica. A mudança de denominação para a atual Companhia Energética de Minas Gerais possibilitou a empresa alargar seus objetivos, passando também a fornecer outras formas de energia à população mineira. Um exemplo disto é a Gasmig, que distribui gás natural e de refinaria a diversas indústrias de Belo Horizonte e Juiz de Fora.

Atualmente, a CEMIG atende 98% do território mineiro, distribuindo energia em uma área de quase 560.000 km², atingindo em 1995, um consumo de 32.396 GWh, sendo o

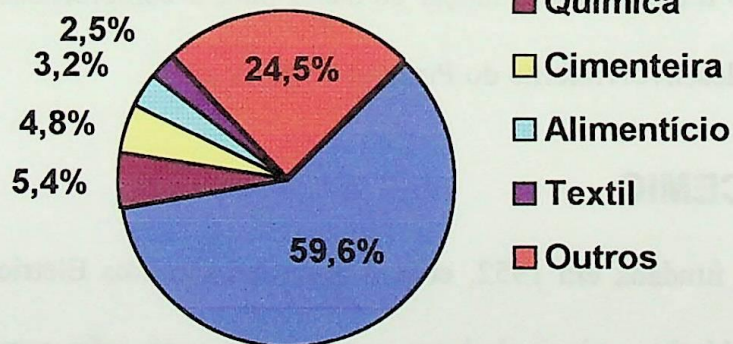
segundo mercado consumidor do país. Aqui estão algumas das maiores indústrias nas áreas de siderurgia, mineração e automobilística. Seu sistema de distribuição é o maior da América Latina com 253.681 km (sendo 209.128 km de linhas rurais e 44.553 km de linhas urbanas), tendo registrado um crescimento anual médio de 4,3% nos período de 1986 a 1995.

A CEMIG pode ser vista através de seus números [11], apresentados nos gráficos a seguir:

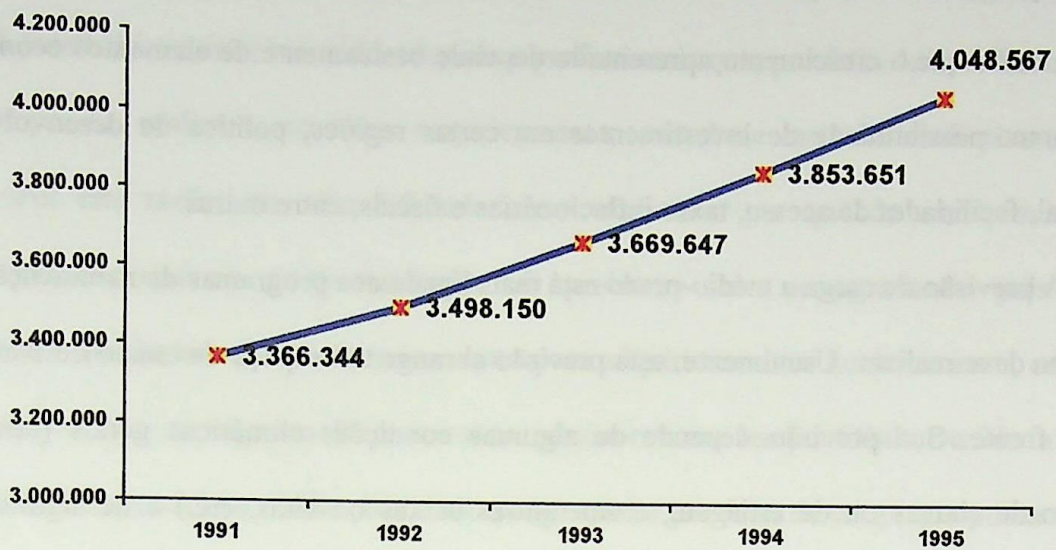
Faturamento da CEMIG



Setores mais significativos no Segmento Industrial



Crescimento do Número de Consumidores



Evolução do Consumo de Energia (GWh)

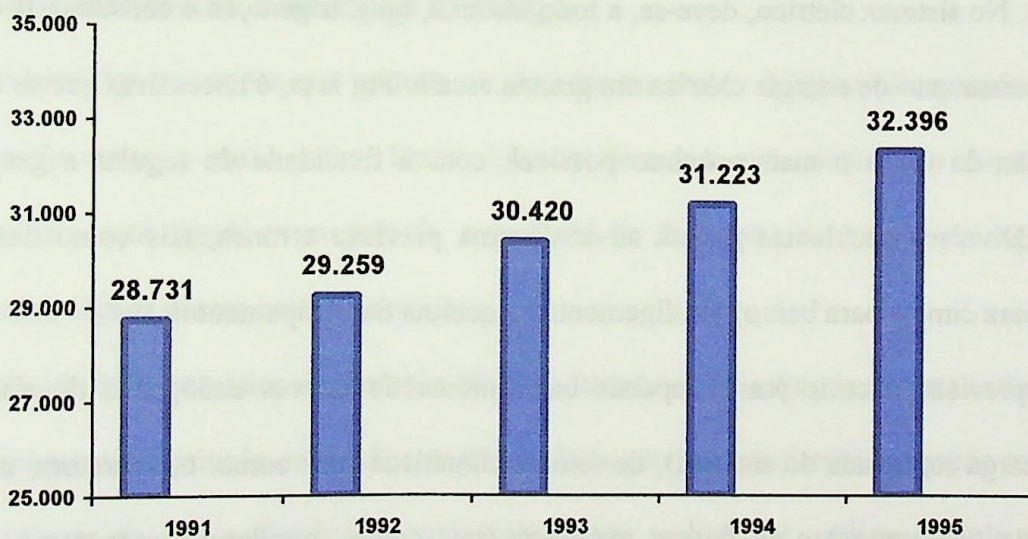


Figura 1: CEMIG em Números

3.3. A PREVISÃO DE CARGA A CURTO-PRAZO

3.3.1. Horizontes de Previsão

O problema de previsão de carga tem sido largamente estudado, sendo a previsão a curto-prazo ainda mais. Esta distinção é feita pois pode-se dividir os períodos de previsão de carga [12], segundo sua utilidade para a concessionária de energia em: curto, médio e longo-prazo.

A previsão a longo-prazo possibilita a empresa planejar investimentos em seu sistema de geração e de transmissão. Normalmente, estuda-se a evolução da carga alguns anos a frente, sendo que o crescimento apresentado depende basicamente de elementos econômicos, tais como: possibilidade de investimentos em certas regiões, política de desenvolvimento regional, facilidades de acesso, taxas inflacionárias e fiscais, entre outras.

A previsão de carga a médio-prazo está mais ligada aos programas de manutenção que a empresa deve realizar. Usualmente, esta previsão abrange um espaço de tempo de 1 mês até 1 ano a frente. Sua previsão depende de algumas condições climáticas gerais (tais como: período de chuvas ou de estiagem, temperaturas baixas ou altas, etc.) e de alguns fatores exógenos, como festas regionais e período de férias.

Finalmente, a previsão da carga a curto-prazo, alvo deste trabalho, está ligada a operação. No sistema elétrico, deve-se, a todo instante, igualar geração e consumo, já que não há armazenamento de energia elétrica em grande escala. Por isso, é necessário que se conheça a evolução da carga o mais próximo possível, com a finalidade de regular a geração de energia. Diversos problemas podem advir de uma previsão errônea, tais como desvios de tensão (para cima e para baixo), desligamentos e queima de equipamentos.

A previsão a curto-prazo depende basicamente de fatores endógenos do sistema (a própria carga registrada do sistema), de fatores climáticos (tais como: temperatura, umidade, velocidade dos ventos) e de fatores exógenos (tais como: grandes eventos como festas e partidas de futebol, atos políticos, feriados, entre outros).

Normalmente, as companhias de eletricidade ao redor do mundo utilizam em seu processo de previsão, dados climáticos e da própria carga, sem utilizar diretamente em suas previsões, os fatores exógenos. Isto acontece devido à dificuldade em incluir estes fatores na previsão. Todos admitem que eles são vitais para uma boa previsão. Contudo, pelo seu caráter não numérico, é grande a dificuldade para incluir tais fatores no processo de previsão. O

quadro nas concessionárias brasileiras é ainda pior. Via de regra, elas não dispõem de registros climáticos, e seu banco de dados de carga possui diversos espaços sem registros.

A tarefa de previsão tem sido relegada a profissionais que, por falta de uma ferramenta mais apropriada, realizam previsões empiricamente, com base em seu conhecimento do sistema. Por esta razão, eles têm dificuldade em explicar o porquê de uma previsão, a despeito de conseguirem bons resultados. O problema vem se agravando pois estes profissionais, que levaram anos de treinamento para adquirirem estes conhecimentos, estão se aposentando e não conseguem formar novos previsores em tempo hábil. Devido a estes fatores, faz-se necessário a confecção de um programa de previsão de carga que possa ajudar os novos previsores, bem como padronizar o procedimento de previsão de carga. Isto deve ser feito, sem se perder a qualidade da previsão que já vinha sendo realizada.

3.3.2. Controles Sobre a Variação de Carga

Existem algumas ações que podem ser tomadas no centro de operação quando existem variações de carga a curto-prazo. Estas ações podem ser automáticas ou depender do operador. Isto está ligado a magnitude e período de flutuação da carga. A seguir, são apresentados alguns desses controles e ações:

- a) Controle Automático de Geração (CAG) - atende a variações de carga aleatórias e de pequena magnitude, realizadas na ordem de segundos, regulando a geração aos novos valores de carga. Estabelece um controle em tempo-real, utilizando telemetrias e telecomandos para estabelecer suas ações.
- a) Despacho Econômico - conjunto de ações realizadas pelo operador, visando garantir um atendimento da carga de forma econômica, minimizando custos de geração e transmissão. Atende variações de carga da ordem de minutos até horas.
- a) Programações e Coordenações - visa atender variações da carga em um horizonte que vai de muitas horas a frente até dias. Estas ações envolvem entradas e saídas de

unidades geradoras, intercâmbio de potência com outros sistemas e a coordenação hidrotérmica da geração.

3.3.3. Utilização da Previsão

A previsão a curto-prazo pode ser utilizada por diversos setores de uma concessionária de energia. Notadamente, existem três usos básicos para os resultados obtidos neste tipo de previsão. São eles: programação da geração, avaliação da segurança do sistema e fornecimento de dados ao operador.

O primeiro uso, a programação da geração, permite a programação mais econômica das unidades de geração, atendendo requisitos de confiabilidade, restrições operativas, limites atuais dos equipamentos do sistema e aspectos ambientais. É possível também, fazer uma reprogramação dos intercâmbios com outras empresas, visando maximizar os recursos globais do sistema. Este uso tem se mostrado bastante útil quando a concessionária possui um sistema hidrotérmico de geração, pela possibilidade de minimizar os custos envolvidos no processo de geração de energia.

Outro aspecto que ainda pode ser explorado neste item é a previsão não só da carga global, mas levando-se em consideração as previsões regionais e até por barramento. Isto pode gerar condições para a determinação de novos intercâmbios internos, minimizando custos e aumentando a confiabilidade do sistema. A previsão por região, e por barra, cria condições para um melhor uso das condições climáticas e de fatores exógenos no processo de previsão.

O segundo uso da previsão de carga a curto-prazo é realizar uma avaliação preditiva da segurança do sistema. Este estudo pode levar a verificação de “pontos fracos” no sistema elétrico. Desta forma, em uma análise “off-line”, pode-se determinar ações corretivas para o problema, visando eliminá-lo, quando possível, ou minimizá-lo. Pode-se também, alertar o operador quando o sistema se aproxima de situações perigosas, que comprometem o funcionamento do sistema.

Finalmente, o terceiro uso do valor previsto de carga a curto-prazo é feito dentro das salas de controle, pelos operadores. Estes valores mostram aos operadores para onde o sistema está se dirigindo, pois em uma visão rápida do processo de controle, pode-se afirmar que a função do operador é regular a geração segundo as variações da carga. Então, o conhecimento prévio de seu valor é vital para uma operação confiável e econômica do sistema. Complementando, uma previsão regional e por barra também é bastante desejável por fornecer maior flexibilidade ao operador no processo de tomada de decisão.

Por todos estes motivos, este é um assunto que vem despertando o interesse das diversas concessionárias de energia ao redor do mundo. Diversos modelos foram desenvolvidos, utilizando-se desde elementos da matemática clássica até sistemas inteligentes [4,5,9,32,33,41,51].

3.3.4. Fatores que Influenciam a Previsão

A carga de um sistema elétrico é composto por consumidores que apresentam características completamente diferentes. Consumidores industriais, residenciais, comerciais e públicos têm necessidades de consumo bastante diferenciadas ao longo do dia. Entretanto, dentro de seus consumos diários, eles apresentam uma certa regularidade. É precisamente este fato que cria condições para a previsão da carga ao longo do dia.

Somado a isto, sabe-se que alguns fatores exógenos à carga podem influenciá-la em muito [13]. A seguir, são apresentados alguns desses fatores.

3.3.4.1. Fatores Temporais

Estes fatores estão relacionados a periodicidade da carga (diária ou semanal), as variações sazonais e a ocorrência de feriados. Quanto à periodicidade, ela reflete os vários ciclos de trabalhos existentes. Por exemplo, pode-se agrupar cargas de igual característica, tais como: cargas de dias da semana e carga de final de semana. Isto significa que, as cargas de segunda a sexta-feira possuem comportamento semelhante, enquanto o sábado e o domingo formam um outro grupo.

Quanto à sazonalidade, podem ser classificadas como naturais ou artificiais. As sazonalidades naturais estão ligadas normalmente aos ciclos da natureza, como por exemplo, as estações do ano. Nelas, existem variações climáticas e de luminosidade que podem interferir diretamente no consumo de energia. As sazonalidades artificiais são criadas por fatores determinados pela influência do homem. Exemplos deste tipo de sazonalidade são horário de verão e período de férias escolares. Esses períodos do ano apresentam variações no consumo de energia elétrica, principalmente, no tocante à hora do dia que ocorrem certos consumos, tais como: banhos (carga de chuveiros elétricos) e iluminação.

Finalmente, a ocorrência de feriados também altera o consumo de energia, não somente no dia do feriado mas no dia anterior e posterior. Isto cria, do ponto de vista da carga, diferentes tipos de feriado: feriados que ocorrem perto de finais de semana e feriados de meio de semana. Estudos devem ser feitos para verificar a melhor maneira de agrupar estas cargas.

3.3.4.2. Fatores Climáticos

As condições climáticas interferem diretamente no consumo de energia, notadamente, nos consumidores residenciais. Por exemplo, é conhecida a dependência deste carga com variações de temperatura. Cargas, como aquecedores de ambientes e ar condicionado, são importantes neste quadro.

Outros aspectos climáticos, tais como umidade, nível de precipitação, nebulosidade, velocidade e direção dos ventos, também podem influenciar na carga. Por exemplo, o trinômio temperatura-umidade-precipitação definem cargas como irrigadores para a agricultura.

3.3.4.3. Fatores Exógenos

Estes fatores não estão ligados diretamente ao sistema elétrico, porém, sua ocorrência reflete na carga de forma expressiva. São exemplos deste tipo de carga: a entrada ou saída de grandes consumidores, transmissões de um programa de televisão de grande interesse, como finais de novelas e jogos da copa do mundo, e greves de grande repercussão.

Embora estes fatores possam parecer aleatórios, eles devem ser registrados para futuras utilizações. Este é o caso do período carnavalesco, no qual o conhecimento da carga nos carnavais passados pode auxiliar na previsão dos próximos.

3.3.4.4. Fatores Endógenos

Representam variações na carga devido a ações de controle ou a políticas de gerenciamento de carga. Exemplos deste tipo de fatores são: tarifas horo-sazonais, contratos de fornecimentos especiais, campanhas de racionalização do consumo, vendas preferenciais de energia, modulação dinâmica, entre outras. Tais como os fatores exógenos, também estes devem ser registrados para futuras utilizações no processo de previsão.

3.3.5. Modelos de Previsão de Carga

A precisão da previsão de carga tem alguns efeitos significativos na operação do sistema elétrico. Além de possibilitar reprogramação de geração e seu constante ajuste com a demanda, ela gera uma operação mais confiável e econômica do sistema. Diversos custos de produção e transmissão podem ser reduzidos. As reservas do sistemas também podem ser diminuídas pois se a carga futura é conhecida, consegue-se confiança para reduzir as faixas de segurança do sistema.

Recentemente, com a criação de um mercado de fornecimento aberto (chamado de “spot”), inicia-se a possibilidade de venda de energia em períodos em que a carga apresenta valores reduzidos, os chamados “vales de carga”. Para que isto ocorra, um sistema de previsão de carga bastante preciso é necessário.

3.3.5.1. Tipos de Previsão de Carga a Curto-Prazo

Basicamente, existem dois tipos de previsão de carga a curto-prazo: a previsão de picos e a previsão da curva de carga.

a) Previsão de Picos

A previsão de picos tem por objetivo estabelecer somente os picos de carga que serão registrados em bases diárias ou semanais. Normalmente, as previsões dos picos de carga são

Capítulo 4.

Visão Geral do Programa Previsor

4.1. INTRODUÇÃO

O Programa Previsor teve origem na necessidade crescente da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) em prever a sua carga elétrica global, por região e por barramento. Este é um programa de previsão a curto-prazo, ou seja, desde 15 minutos até 1 semana a frente. Foram utilizados intervalos de 15 minutos, segundo recomendações da CEMIG, pois este é o tempo de integração comumente utilizado pela companhia e confere também com a medida de registro de demanda.

O Programa Previsor é composto por duas partes principais, chamadas módulos: um para Previsão “Off-Line” e outro para Previsão “On-Line”.

O módulo de Previsão “Off-Line” foi projetado para ser utilizado pelo previsor de carga da CEMIG, em sua sala de trabalho, fora do centro de operação. Este realiza uma tarefa de planejamento da operação a curto-prazo. Normalmente, as previsões são realizadas para horizontes desde 24 horas até 1 semana a frente.

O módulo de Previsão “On-Line” foi projetado para ser utilizado pelo operador, na sala de controle do sistema. Aqui, as previsões são realizadas, normalmente, para horizontes de 15 minutos até 4 dias a frente, também em intervalos de 15 minutos.

4.2. DIFERENÇAS ENTRE OS MÓDULOS “OFF-LINE” E “ON-LINE”

Os módulos “Off-Line” e “On-Line” possuem características de utilização bastante diferentes. Assim, as metodologias empregadas em seu desenvolvimento foram distintas, visando atender necessidades específicas dos usuários.

No módulo “Off-Line”, o previsor está interessado em saber se a evolução da carga permitirá que os programas de manutenção e de interrupções programadas possam ter continuidade. Além disso, ele quer verificar se as alocações de geração necessitam ser reprogramadas ou não. Tudo isto é realizado em sua sala de estudos. Para isso, deve levar em consideração diversas variáveis exógenas ao sistema, tais como: temperatura, eventos especiais, contratos especiais, entre outros. Portanto, é uma atividade de prospeção quanto a diversos possíveis cenários de carga.

Outra característica importante deste processo é o tempo disponível para a análise. Como realiza previsões de um dia a uma semana a frente, o previsor possui tempo suficiente

para analisar diversos cenários. Com isto, a característica principal do módulo "Off-Line" é oferecer flexibilidade para criação e avaliação destes cenários.

Por outro lado, o módulo "On-Line" é um programa para ser executado dentro da sala de controle do sistema. Ele se juntará a outros programas como: estimação de estado, fluxo de potência ("load-flow"), controle automático de geração, fluxo ótimo de potência, entre outros. A tarefa desses programas é fornecer indicativos claros ao operador sobre o estado do sistema.

Para isto, dois requisitos principais devem ser obedecidos. O primeiro está ligado a interação do operador com o programa, que deve ser a mais automática possível, evitando que ele tenha que preencher dados ou fornecer procedimentos específicos. Isto só deve ocorrer em caso de extrema necessidade, pois a missão do operador (como diz o nome de seu cargo) é operar o sistema e não ser especialista na operação dos programas. Sua atenção deve estar constantemente ligada ao sistema e não aos aplicativos.

O segundo requisito básico, seguindo a mesma linha, é fornecer respostas diretas e objetivas, se possível através de um valor ou gráfico, não fazendo com que o operador necessite verificar longos relatórios de saída. Assim, um programa de previsão de carga, dentro de uma sala de operações, deve fornecer somente o valor numérico da carga prevista e, quando solicitado, um gráfico apresentando a evolução natural da carga e a sua previsão. Daí, verifica-se que a característica principal do módulo "on-line" é a sua robustez de resposta, pois o operador do sistema não tem tempo para ajuste de modelos ou depuração de resultados. Isto deve ser feito automaticamente, mostrando somente os resultados finais de previsão ao operador.

Por estes motivos, optou-se por desenvolver dois modelos distintos, utilizando metodologias distintas. Como o módulo "off-line" deve ter características de flexibilidade e possibilidade de incorporar o conhecimento do previsor sobre a carga, optou-se por um tratamento baseado na Teoria dos Conjuntos Difusos [54]. Por outro lado, o módulo "on-line" deve ser robusto, não ser sensível a ruídos e possuir ajuste automático. Com isto, optou-se pela Teoria das Redes Neurais, utilizando para isto uma com características plásticas [55].

A despeito de se tratar do mesmo pacote computacional, esta dissertação desenvolveu o módulo "Off-Line", sendo que o módulo "On-Line" foi desenvolvido em outro projeto. Considerando este fato, o corrente capítulo analisará os aspectos ligados ao primeiro módulo. Entretanto, uma seção será destinada ao módulo "On-Line" com o intuito de dar ao leitor uma visão completa do programa computacional ao leitor.

4.3. MÓDULO “ON-LINE”

Como já foi mencionado, o módulo “On-Line” é baseado em uma metodologia que utiliza Redes Neurais Plásticas para a previsão.

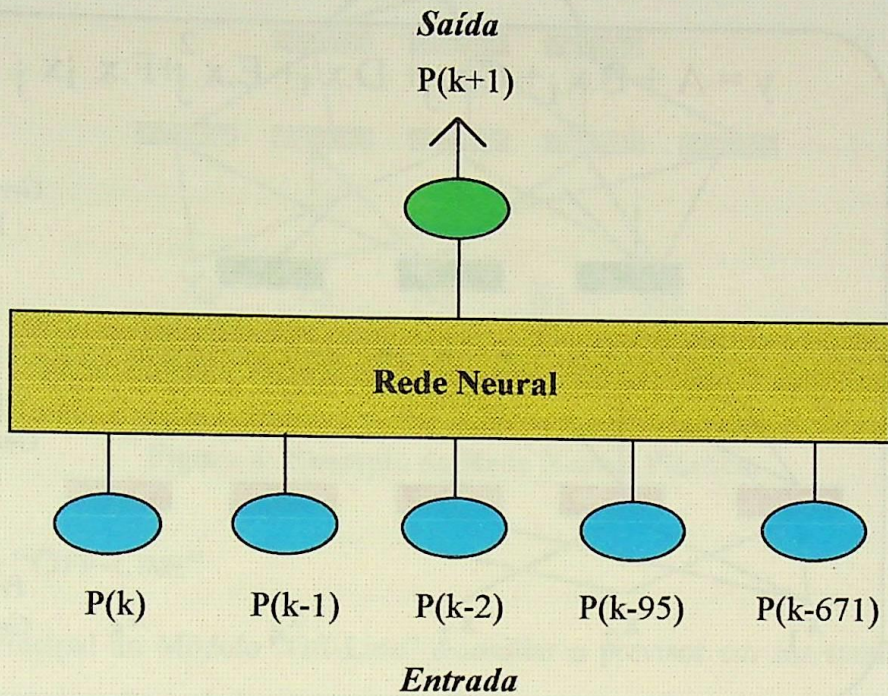


Figura 2: Visão Externa da Rede Neural do Módulo “On-Line”

Existem diversas entradas, no caso $P(k)$ até $P(k-671)$, e uma saída $P(k+1)$. Isto significa a potência ativa P , no instante mais ou menos t , $P(k\pm t)$. Cada instante t corresponde a um intervalo de 15 minutos, assim:

$P(k)$ - é a carga no instante corrente da previsão

$P(k-1)$ - é a carga 15 minutos antes

$P(k-2)$ - é a carga 30 minutos antes

$P(k-95)$ - é a carga deste mesmo instante $k+1$ no dia anterior

$P(k-671)$ - é a carga deste mesmo instante $k+1$ na semana anterior

e

$P(k+1)$ - é a carga a ser prevista para os próximos 15 minutos.

Os valores de entrada da rede podem ser alterados segundo a necessidade do modelo. Valores como $P(k-3)$, $P(k-4)$, $P(k-96)$ ou $P(k-672)$, por exemplo, podem também servir como valores de entrada. Esta definição pode ser feita por um programa auxiliar ou ser pré-determinada a partir de estudos prévios do comportamento da carga.

O modelo desenvolvido para a CEMIG contempla também a inclusão de grandezas tais como: temperatura e nebulosidade. Estas grandezas serão utilizadas como valores de entrada,

quando a concessionária conseguir fornecer estes dados em tempo real para os centros de controle.

Internamente, a rede neural plástica é baseada na técnica denominada GMDH (“Group Method of Data Handling”) [56] e sua estrutura básica pode ser vista na Figura 3.

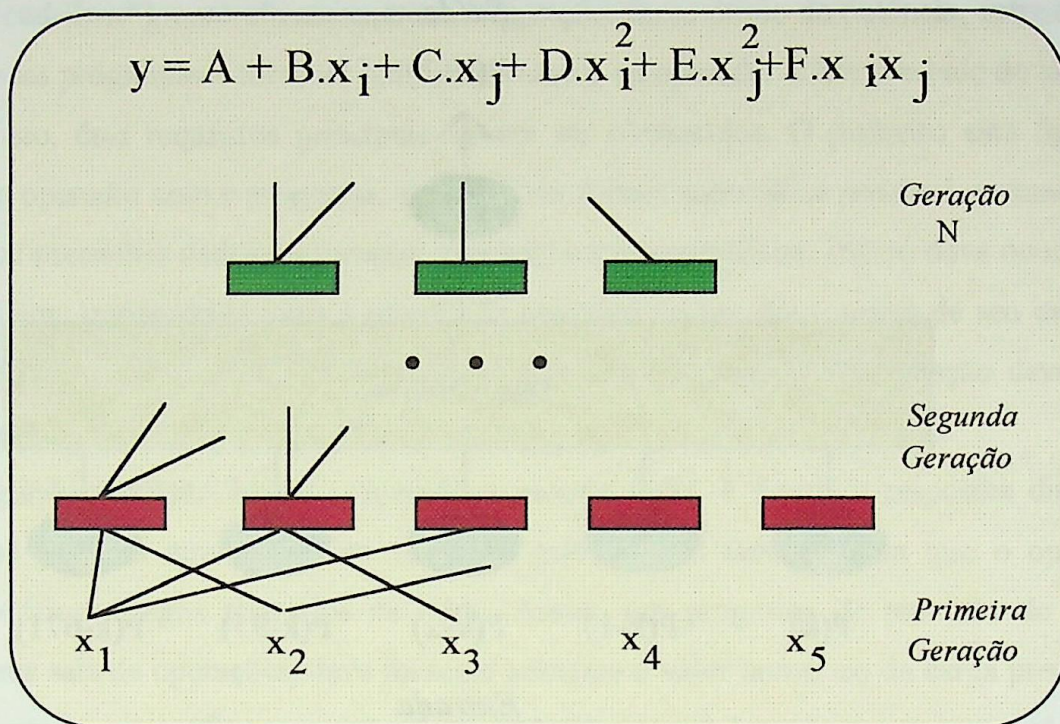


Figura 3: “Group Method of Data Handling”

A idéia central deste método é combinar as entradas, duas a duas, definindo as constantes do polinômio apresentado na figura. Isto é feito para cada par de entrada. No caso da figura, com 5 entradas, tem-se 10 “neurônios” na primeira camada (ou seja, 10 polinômios). Uma percentagem deles é escolhida e novamente combinada formando uma segunda camada da rede e, assim por diante. O processo termina quando a rede determina um polinômio que consegue representar o conjunto de dados através de um erro mínimo pré-definido ou consegue seu “melhor polinômio”, mesmo que o erro não seja aquele previamente definido.

No parágrafo anterior foi dito que somente uma percentagem dos neurônios é utilizada, devido ao caráter extremamente combinatório (e explosivo em número) que este procedimento determina.

Estas redes são chamadas plásticas, pois as ligações entre os neurônios não são previamente definidas e acontecem durante o processo de treinamento. Um exemplo de uma configuração final pode ser visto na Figura 4, onde a quarta entrada, x_4 , não é utilizada e o número de ligações é incompleto. Falta, por exemplo, na primeira camada, o par de entradas x_1 e x_2 .

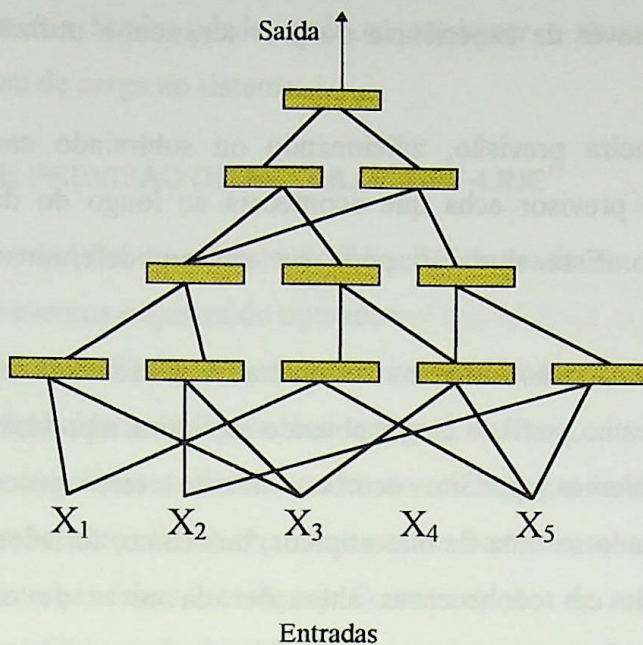


Figura 4: Exemplo da Rede Neural Plástica.

4.4. MÓDULO “OFF-LINE”

A idéia principal do Módulo “Off-Line” é auxiliar o previsor em sua tarefa diária de compor os dados, consultar tabelas e realizar cálculos para, enfim, obter uma previsão da carga. De acordo com o solicitado pela CEMIG, este módulo oferece respostas automáticas, mas também permite que o previsor, caso deseje, influencie no processo de previsão. Esta seção descreverá o processo de aquisição de conhecimento percorrido para a confecção do Programa Previsor.

4.4.1. Metodologia de Previsão da CEMIG

A previsão de carga da CEMIG acontece no setor OP/OS-1, ou seja, na Diretoria de Operação no Setor de Operação do Sistema 1, em sua Sede Central em Belo Horizonte. O procedimento abaixo descreve o método utilizado anteriormente pela CEMIG:

- a) O setor OP/OS-1 recebe, via rede de computadores ou disquete, as cargas registradas do último dia das 8 regiões do sistema e sua carga global, discretizadas em intervalos de 15 minutos
- a) Esta carga diária é adicionada à base de dados do previsor
- a) O previsor procura, na base de dados, dias que tenham um caráter semelhante ao dia a ser previsto. São utilizados critérios como: mesmo dia da semana, mesma temperatura média ou máxima, mesma característica de dia atípico, entre outros. Este procedimento é denominado “Busca de Dias Semelhantes”.
- a) É realizada uma composição desses dias semelhantes com o caráter de crescimento ou decréscimo que a carga vem apresentando nos últimos dias. Isso gera uma primeira

previsão, feita através da experiência do previsor, sem a utilização de nenhum método analítico especial

- a) Altera-se a primeira previsão, adicionando ou subtraindo carga de acordo com as alterações que o previsor acha que acontecerá ao longo do dia, conseguindo-se uma segunda previsão. Esta alteração pode ser em um determinado instante ou em um intervalo.
- a) Na segunda previsão são somados os contratos de fornecimentos especiais, os quais definem alterações no perfil da carga, obtendo-se, assim, a previsão final.

Diversos problemas podem ocorrer durante este processo: falta de dados (principalmente, quando se trata de dias atípicos, tais como: feriados de meio de semana ou carnaval), dificuldade em conhecer as alterações da curva de carga devido a diversos problemas, tais como fornecimentos especiais, falta de fornecimento por “brown-outs”, falta de uma metodologia clara que possa efetivamente justificar a previsão, dificuldade em armazenar e em recompor uma previsão já feita, entre outros.

Parte do processo de aquisição do conhecimento sobre o comportamento da carga da CEMIG foi realizado com seus previsores no OP/OS-1, enquanto outra parte foi conseguida através de inúmeras simulações realizadas com sua carga.

4.4.2. Dados Disponíveis

A CEMIG vem armazenando seus valores de carga, discretizados a cada 15 minutos, para suas regiões, além da carga global, há mais de cinco anos. Apesar da existência de dias sem registro, este é um tempo satisfatório para realização da previsão, mesmo para dias atípicos.

Normalmente, em uma previsão a curto-prazo, deve-se levar em consideração outros fatores, além da própria carga. São eles: temperatura, umidade, nebulosidade, luminosidade, inclinação do sol, velocidade e direção do vento, entre outros fatores exógenos e climáticos. Quanto mais fatores estiverem disponíveis, maior será a possibilidade de se achar correlação com a carga.

Infelizmente, existe a necessidade de uma base de dados compatível com a carga, tanto em número de medidas, quanto em posição geográfica de onde ocorre o consumo da carga. E isto a CEMIG, e todas as outras concessionárias brasileiras, não dispõem. Visando minimizar este problema, ela adquiriu da EPAMIG (órgão da Secretaria de Agricultura de Minas Gerais), algumas medidas de temperatura para começar sua base de dados e já instalou algumas unidades próprias de aquisição ao longo do estado.

A CEMIG decidiu começar pela temperatura pois sua experiência de fornecimento de energia indica que esta grandeza influencia diretamente o comportamento da carga. Outro

fator também importante é a luminosidade, pois no anoitecer e amanhecer a iluminação pública provoca um degrau de carga no sistema.

4.5 METODOLOGIA DE PREVISÃO DO MÓDULO “OFF-LINE”

A metodologia de previsão do módulo “off-line” é baseada em três conceitos: dias semelhantes, histórico de eventos e ajustes do operador.

Os dias semelhantes são dias que possuem características comuns com o dia a ser previsto. A principal periodicidade utilizada é a semanal, ou seja, dias de semana iguais, possuem curvas de carga semelhantes. Assim, pode-se verificar que as cargas de um mesmo dia da semana (por exemplo, terça-feira) têm um caracter bastante semelhante aos mesmos dias passados (ou seja, às terças-feiras anteriores). Outras relações de semelhança podem ser encontradas com base em diferentes critérios. Por exemplo, as curvas de carga das terças, quartas e quintas são bastante semelhantes em várias regiões. Já as segundas e sextas fogem a regra por sofrerem influência do fim de semana.

O histórico de eventos é utilizado para o registro dos eventos ocorridos e previstos, sendo de suma importância para realização de uma boa previsão. Os eventos passados possibilitam eliminar características atípicas da curva de carga dos dias semelhantes. Os eventos previstos permitem incluir na curva prevista fatos externos que fogem a capacidade de previsão do método. Os principais tipos de eventos são: entradas e saídas de carga, modulações dinâmicas, contratos especiais de fornecimento e desligamentos.

A possibilidade de intervenção do operador é a última peça fundamental do módulo off-line. A possibilidade de inclusão de informações não modeladas como eventos não registrados, eventos regionais, bem como a possibilidade de inclusão e exclusão de dias semelhantes, ajustes de níveis de carga e dos valores previstos, são vitais para real utilização de um programa de previsão de carga. A metodologia proposta utiliza a teoria dos Conjuntos Difusos, pois esta permite que o conhecimento do previsor sobre a carga seja incorporado ao modelo matemático de previsão de carga.

A seguir, são apresentados os passos realizados para utilização do módulo de previsão “off-line”.

4.5.1 Montagem da base de dados

Um dos fatores principais de sucesso em qualquer processo de modelagem ou de previsão é a qualidade dos dados de entrada. Ela deve conter não só dados confiáveis, mas informações sobre os acontecimentos que influenciaram estes valores. Com isto, deve-se, inicialmente, compor uma base de dados com valores históricos da carga, preferencialmente com intervalos similares aos que serão utilizados para a previsão. Em adição a estes valores, a

base deve também ter outros dados de interesse, como os ligados às condições meteorológicas.

Entretanto, a realidade das concessionárias brasileiras impede que esta base tenha um carácter tão geral. Os pontos de coleta de dados das condições meteorológicas praticamente não existem nestas empresas, fato que leva a uma completa falta de dados para o preenchimento da base. Quanto aos valores históricos da carga, a dificuldade em se montar uma base de dados acontece devido ao fato de não ser habitual nas concessionárias armazenar dados antigos da carga. Os dados são medidos, utilizados nas análises e, em pouco tempo, apagados do sistema. Algumas concessionárias ainda armazenam estes dados em unidades de fitas, enquanto outras simplesmente os destroem. Isto faz com que os históricos de carga, via de regra, sejam bastante recentes.

Junto a esta base de dados, é aconselhável que exista uma base de informações, onde estejam registradas as perturbações (programadas ou não) que aconteceram no sistema, a fim de que os dados armazenados possam ser melhor interpretados e utilizados. Nesta base de informações seriam registrados diversos tipos de informações, como por exemplo: entradas/saídas de cargas ou de linhas do sistema, fatos exógenos ao sistema que interferiram na carga e datas comumente consultadas no processo de previsão (primeiro dia do horário de verão, datas dos últimos carnavais ou Páscoa).

Estas informações, tais como os dados de carga, podem ser encontradas com um certo esforço nas concessionárias brasileiras, as quais começam a dar importância no armazenamento formal deste tipo de registro durante a operação do sistema elétrico.

4.5.2 A escolha de dias semelhantes

A escolha de dias semelhantes, que possam servir para a previsão da carga, pode ser feita de maneira automática, utilizando-se algoritmos de agrupamento, ou de maneira empírica, utilizando-se o conhecimento e a experiência do operador sobre o comportamento da carga.

Os algoritmos de agrupamento devem levar em consideração tanto a carga média do dia, quanto a forma da curva de carga. Seria bastante benéfico, principalmente para sistemas que ainda dispõem de poucos dados de carga, que estas análises pudessem ser feitas por períodos de carga (leve, média, pesada, ponta), procurando por similaridades, em cada período, independentemente. Existem diversos algoritmos de classificação com diferentes técnicas que podem ser utilizados na solução deste problema [57].

A utilização de tais algoritmos não dispensa a possibilidade de intervenção do previsor, pois devido a uma constante repetição dos valores observados, ele tem condição de apresentar, *a priori*, que dias podem ser agrupados para prever uma determinada carga.

Por exemplo, no caso da carga global da CEMIG, verificou-se a existência dos seguintes grupos:

Grupo 1 - segunda-feira (tarde e noite), terça, quarta, quinta e sexta-feira (manhã);

Grupo 2 - segunda-feira (manhã)

Grupo 3 - sexta-feira (tarde e noite)

Grupo 4 - sábado

Grupo 5 - domingo

Grupo 6 - feriados.

O Grupo 6, feriados, poderia ainda ser subdividido em feriados isolados, feriados após o final de semana, feriados antes do final de semana e carnaval.

No programa previsor foi implementada uma solução mista. Ao ser solicitada uma previsão, são exibidos os seis últimos dias de semana iguais ao dia a ser previsto. Posteriormente, o usuário pode excluir dias que não lhe pareçam satisfatórios, bem como incluir outros dias. No processo de inclusão de dias semelhantes, no caso de feriados ou previsão de dias atípicos, o programa auxilia o usuário exibindo dias pertencentes a um mesmo tipo.

4.5.3 Previsão em primeira aproximação do valor de carga

Após escolhidos os dias semelhantes, o programa realiza uma primeira aproximação para determinação do valor previsto. Para explicar o modelo proposto, os dias semelhantes serão denotados por: D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , D_5 e D_6 . O primeiro passo é calcular uma aproximação da carga prevista para um dado instante, através de uma regressão linear entre os valores de todos os dias semelhantes no mesmo instante. Tal regressão levará em consideração diferentes pesos para cada dia (método do centro de gravidade [58]). Estes pesos podem ser retirados de um conjunto difuso A que tenta determinar a participação dos dias semelhantes na previsão. É intuitivo que, quanto mais semelhante, maior deve ser sua participação na composição da previsão, ou seja, maior valor de pertinência e, com isto, maior peso.

A Figura 5 ilustra uma possível função de pertinência deste tipo, onde a linha contínua representa uma regressão linear ajustada a partir dos diversos dias semelhantes. Deve-se observar que os dias semelhantes devem ser dispostos no eixo X conforme sua distância real no tempo. Na figura, quanto mais distante for o dia, menor será seu valor de pertinência. Para T-3 (ou seja, três dias antes), o valor de pertinência na figura é de 80, sendo que então deve-se ponderar com este valor os dados medidos neste dia.

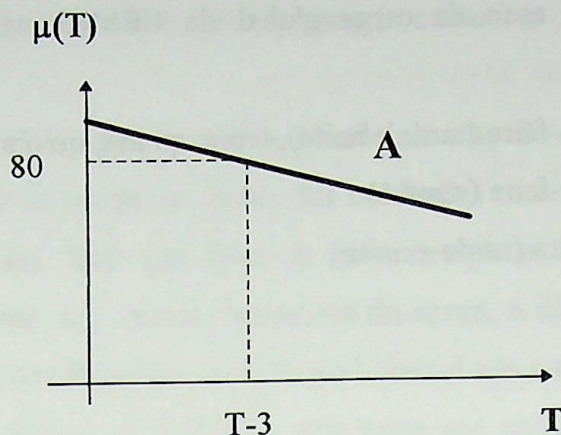


Figura 5: Conjunto difuso A.

É importante lembrar que para este cálculo só devem ser utilizados dias semelhantes, pois a inclusão de outros dias poderia não levar a um bom ajuste linear da curva.

Caso não seja possível realizar um ajuste linear com correlação dos valores maior que 0,5, deve-se julgar que a função de pertinência não apresenta uma forma linear e calcula-se a primeira aproximação do valor previsto através de uma regressão linear simples (ou ponderada) para cada instante que se deseja calcular. Por exemplo, para um dado instante t , observa-se os valores dos dias passados e calcula-se a primeira aproximação através da extrapolação da regressão linear. Isto é mostrado graficamente na Figura 6, onde $P(i)$ é a carga no instante t para o dia semelhante i .

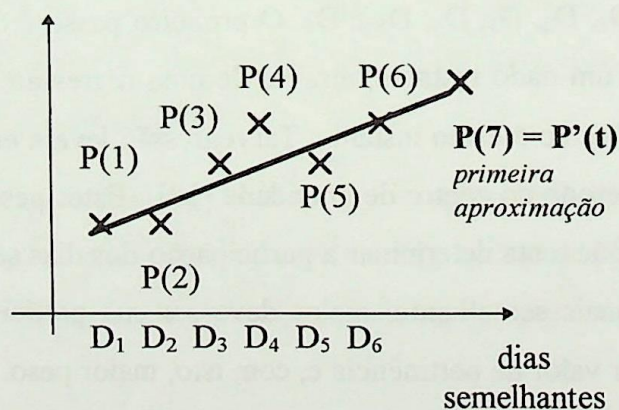


Figura 6: Regressão linear para primeira aproximação.

4.5.4 Previsão em segunda aproximação para o valor de carga

De posse da curva, obtida via primeira aproximação, calculada conforme a seção anterior, estabelece-se uma comparação entre os dias semelhantes e esta curva. Para cada instante, calcula-se qual é a diferença entre o valor da carga do dia semelhante, $P(t)$, e o valor correspondente na primeira aproximação, $P'(t)$. Deve-se então, verificar a pertinência desta diferença em um conjunto difuso **B**, que representa a participação que uma dada distância

deve ter do resultado final do processo. A Figura 7 apresenta a curva que deve ser ajustada com os dados históricos do sistema, onde a diferença é denotada por δ .

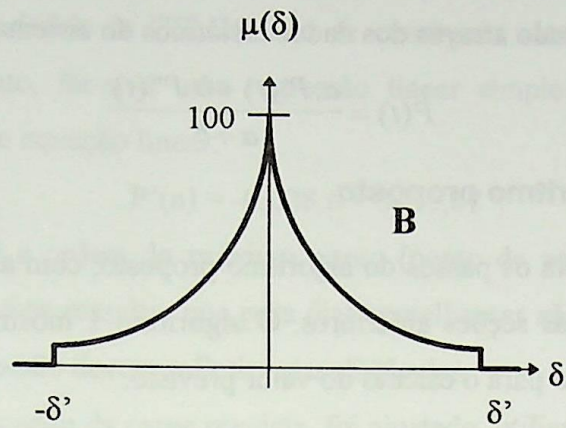


Figura 7: Conjunto difuso B

A curva acima representa a equação 4.1, onde o valor de K deve ser ajustado e δ' é um valor limitante, abaixo (ou acima, dependendo da situação) do qual a diferença assume um valor de pertinência igual a zero. O valor de pertinência calculado é expresso de 0 a 100 e passa a ser chamado de *peso*.

Nota: Este valor estará disponível para o usuário do programa, como mostrado no próximo capítulo.

$$peso = \mu(\delta) = \frac{100}{e^{\frac{|\delta|}{K}}} \quad (4.1)$$

De posse dos pesos dos pontos para vários dias semelhantes, deve-se calcular uma segunda aproximação do valor previsto da carga, $P''(t)$, através de uma média ponderada.

Portanto, quando o valor do peso for zero, isto significa praticamente que este ponto da curva, não influencia o valor previsto da segunda aproximação da carga.

Se existirem dados climáticos, como por exemplo temperatura, estes também poderão ser utilizados para introduzir certos ajustes no peso previamente calculado. Isto pode ser feito através das equações 4.2 e 4.3, onde os valores das constantes devem ser ajustadas pelos dados históricos.

$$L = e^{[a.(T_{MAX.P} - T_{MAX.DS}) + b.(T_{MIN.P} - T_{MIN.DS})]} \quad (4.2)$$

$$novopeso = \frac{peso}{2 - 5 \cdot |L - 1|} \quad (4.3)$$

4.5.5 Cálculo do valor final previsto

A carga prevista pelo sistema é composta através de uma terceira média ponderada entre a primeira e a segunda aproximação. A equação 4.4 apresenta esta média ponderada. Os valores de a e b são ajustado através dos dados históricos do sistema.

$$P(t) = \frac{a.P'(t) + b.P''(t)}{a + b} \quad (4.4)$$

4.5.6 Passos do algoritmo proposto

Esta seção apresenta os passos do algoritmo proposto, com a finalidade de sistematizar o que foi apresentado nas seções anteriores. O algoritmo 1 mostra o ajuste do modelo e o algoritmo 2 sua utilização para o cálculo do valor previsto.

Algoritmo 1

Passo 1: Determinar dias semelhantes.

Passo 2: Ajustar os parâmetros da regressão linear do conjunto difuso **A**.

Passo 3: Ajustar o parâmetro K do modelo do conjunto difuso **B** e o valor $\delta^?$.

Passo 4: Ajustar os valores a e b da equação 4.4.

Algoritmo 2

Passo 1: Determinar dias semelhantes que serão utilizados na previsão.

Passo 2: Calcular a primeira aproximação da carga prevista, $P'(t)$, utilizando, se possível, uma ponderação fornecida pelo conjunto difuso **A**.

Passo 3: Calcular os pesos para o cálculo da segunda aproximação da carga prevista, utilizando-se o conjunto difuso **B**.

Passo 4: Se existirem dados de temperatura, alterar os pesos dos dias semelhantes.

Passo 5: Calcular a segunda aproximação da carga prevista, $P''(t)$

Passo 6: Calcular o valor final da carga prevista, utilizando a equação 4.4.

4.5.7 Exemplo Ilustrativo

Neste exemplo abaixo serão utilizados dados para a previsão da carga no dia 13 de junho de 1993, às 0 horas e 15 minutos. Foram utilizados como dias semelhantes os últimos 6 mesmos dias da semana. Portanto, utiliza-se para esta previsão os dias abaixo relacionados e que são apresentados com suas respectivas cargas para este instante.

Tabela 4.1 - Dias semelhantes para a previsão do dia 13 de junho de 1993, 0:15 hs.

| Dias Semelhantes | Potência (MW) (0:15 hs) |
|--------------------|-------------------------|
| 2 de maio de 1993 | 3447 |
| 9 de maio de 1993 | 3366 |
| 16 de maio de 1993 | 3536 |

| | |
|--------------------|------|
| 23 de maio de 1993 | 3403 |
| 30 de maio de 1993 | 3403 |
| 6 de junho de 1993 | 3447 |

Com o conjunto de dados da CEMIG não se conseguiu estabelecer uma correlação maior do que 0,5; portanto, far-se-á uma regressão linear simples desses pontos. Como resultado, tem-se a seguinte equação linear:

$$P'(n) = -0,628.n + 3435,87$$

Onde n neste caso é a ordem do próximo ponto (ponto de previsão, $n=7$). Com isto, $P'(7) = 3431,47$ MW. Deve-se ressaltar que para dias semelhantes não igualmente separados, os valores de x para a regressão devem refletir estas distâncias.

Para segunda aproximação da carga prevista, foi ajustado, utilizando diversos valores de carga da CEMIG, um K igual a 60. Assim, a equação da Figura 7, sem limitadores δ , resulta em pesos dados pela equação:

$$peso = \mu(\delta) = \frac{100}{e^{\frac{|\delta|}{60}}} \quad (4.5)$$

Após computados as diferenças e os pesos para cada dia semelhante, obtém-se:

Tabela 4.2 - Valores para o cálculo da segunda aproximação da carga prevista.

| Dias Semelhantes | Diferença | Peso |
|--------------------|-----------|------|
| 2 de maio de 1993 | 15,53 | 77 |
| 9 de maio de 1993 | 65,47 | 34 |
| 16 de maio de 1993 | 104,53 | 17 |
| 23 de maio de 1993 | 28,47 | 63 |
| 30 de maio de 1993 | 28,47 | 63 |
| 6 de junho de 1993 | 15,53 | 77 |

Como não existem dados de temperatura disponíveis, os pesos não se alteram. Pelo cálculo da carga prevista pela segunda aproximação, segundo uma média ponderada pelos pesos, obtém-se $P''(t) = 3426,5$ MW.

Finalmente, utilizando-se os valores de a e b como 1 e 3, respectivamente (obtidos por estudos nos dados históricos da CEMIG, botem-se os valores finais de previsão:

$$P(t) = \frac{1 \times 3431,47 + 3 \times 3426,5}{4} = 3427,7$$

Capítulo 5.

Programa Previsor - Módulo “Off-Line”

5.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta todas as características do módulo “Off-Line”, bem como a forma pela qual o usuário pode interagir com o programa afim de consultar os históricos ou fazer uma previsão. Sua estrutura é a de um manual do usuário, estendido e comentado.

É importante salientar que embora todas as explicações deste capítulo estejam ligadas à CEMIG, este programa computacional tem uma aplicação geral, não se limitando somente a carga dessa concessionária. No próximo capítulo será mostrado como ele pode realizar a previsão da carga de outros sistemas.

Utilizando diversos elementos de GUI (“Graphical User Interface”) fornecido pelo Visual-Basic da Microsoft™, o programa é compatível com o ambiente Windows 3.11 e Windows 95. Para iniciar o programa, o usuário deve executar um duplo click no botão esquerdo do mouse sobre o ícone da Figura 8.



Figura 8: Ícone do Programa Previsor

Após ser carregado, o programa apresenta sua tela principal, mostrada na Figura 9, já com o menu Arquivo selecionado.

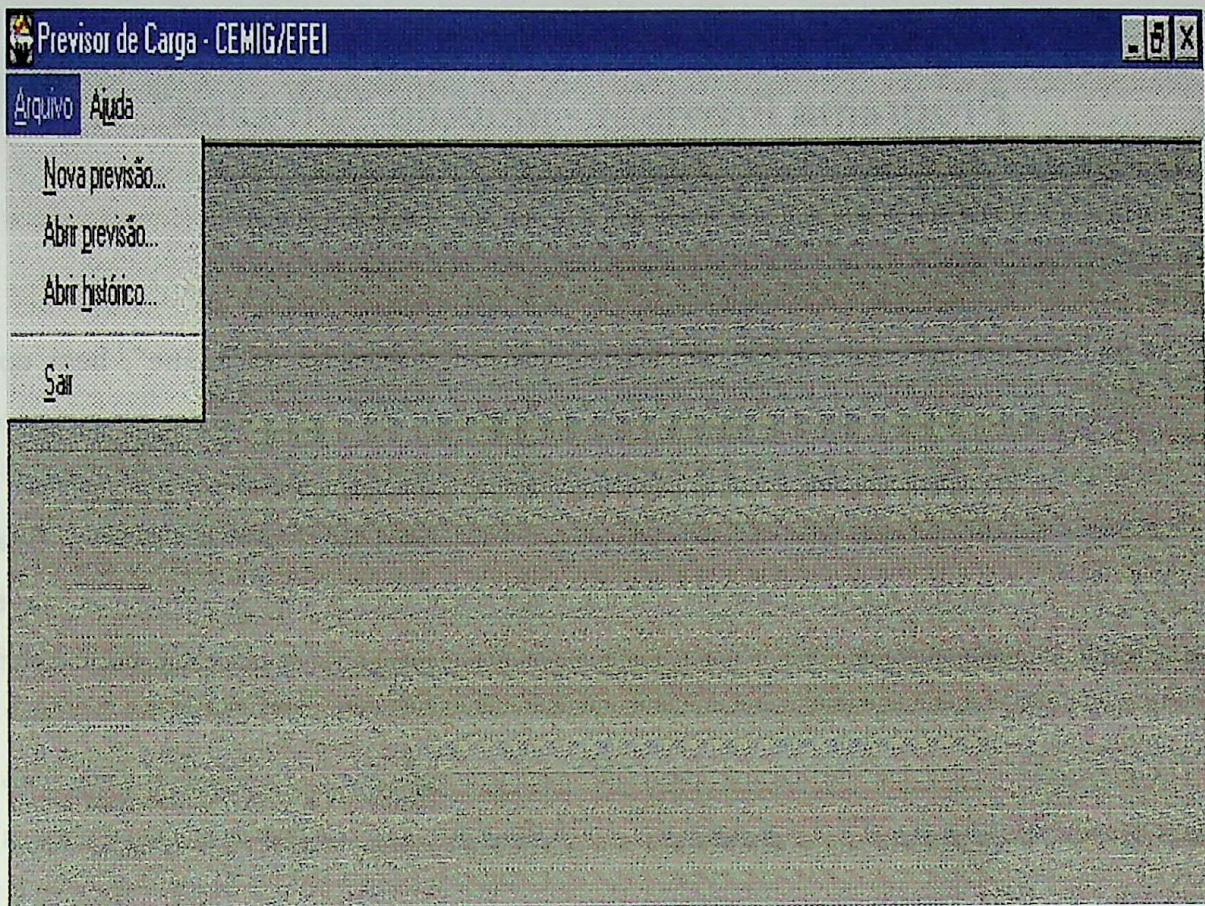


Figura 9: Tela Principal do Programa Previsor.

A tela principal do programa possui dois itens na barra de menu: Arquivo e Ajuda. O item Ajuda fornece um “help on-line” em diversas situações do programa. O item Arquivo abre as seguintes opções:

- ⇒ Nova Previsão - inicia uma previsão para o dia e região escolhidos;
- ⇒ Abrir Previsão - abre um arquivo de previsão previamente salvo;
- ⇒ Abrir Histórico - abre os diversos históricos disponíveis no banco de dados;
- ⇒ Sair - termina o programa.

5.2. CRIANDO E AJUSTANDO PREVISÕES

Através do menu Arquivo/Nova Previsão o usuário inicia seu trabalho de previsão. Através da janela da Figura 10, é solicitado ao usuário o dia a ser previsto e a região, se carga global ou de uma das 8 regiões da CEMIG. No exemplo da figura, foi escolhido a previsão para carga global do dia 14 de outubro de 1994.

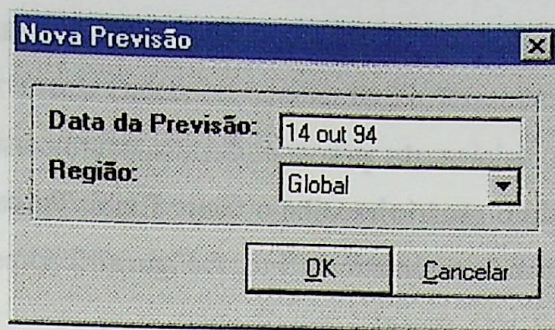


Figura 10: Janela de entrada do dia de previsão e região.

Ao pressionar o botão Ok, o programa realiza automaticamente a previsão, utilizando 6 dias semelhantes. No caso, foram utilizadas as últimas 6 sextas, como mostrado na tela da Figura 11.

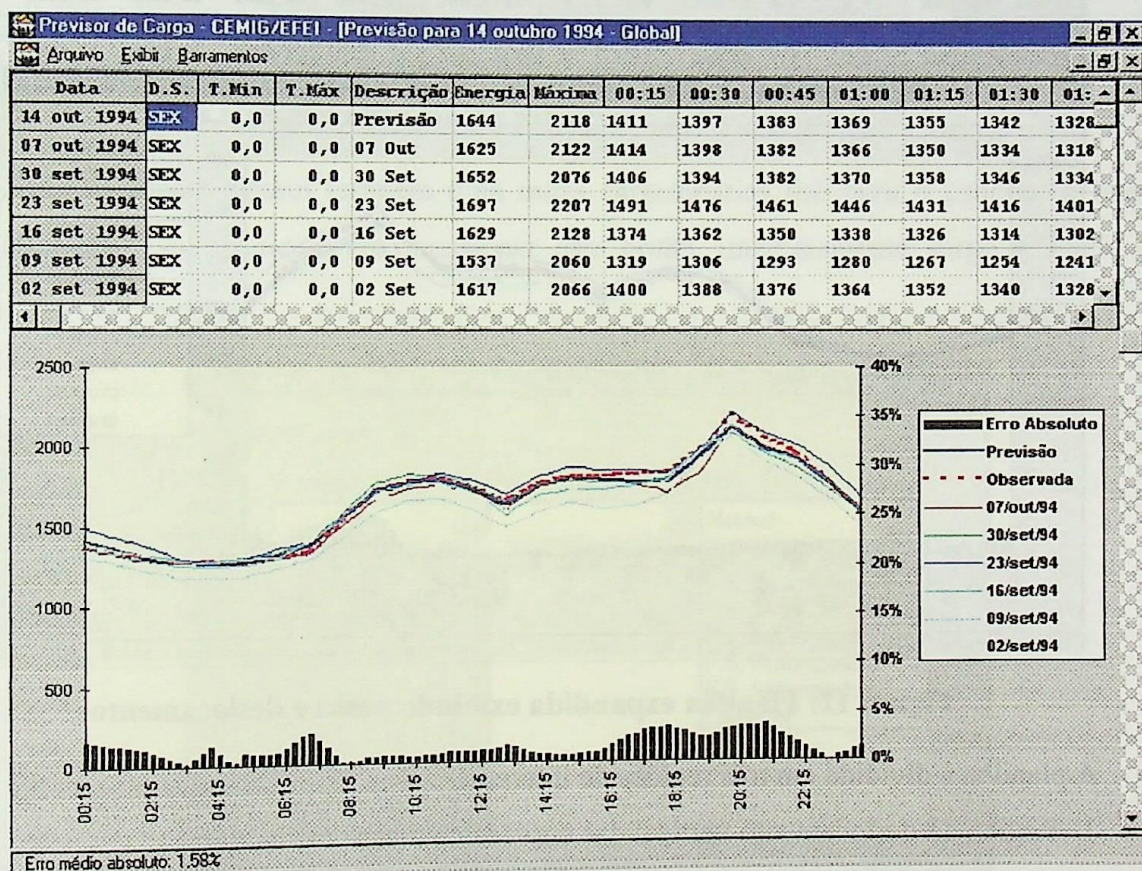


Figura 11: Ambiente de Previsão de Carga.

Nesta tela, dividida em duas partes, será executado todo o trabalho de previsão da carga. Na parte superior, em forma tabular, encontram-se os dias semelhantes e a previsão para o dia escolhido. Na parte inferior, estão os gráficos das cargas destes dias. A barra de rolagem lateral permite alterar o espaço de cada área (tabular e gráfico), conforme a necessidade do usuário.

O programa fornece automaticamente uma previsão baseada em 6 dias semelhantes. Neste ponto, o controle da previsão é entregue ao usuário. Diversas ações podem ser tomadas,

como alterar os dias semelhantes ou ajustar pesos e deslocamentos utilizados no cálculo da previsão.

Originalmente, os valores de pesos e deslocamentos estão ocultos na planilha e aparecem somente quando o usuário escolhe o menu Exibir/Pesos e Deslocamentos. Isto faz com que a planilha se expanda automaticamente. A Figura 12 apresenta esta expansão.

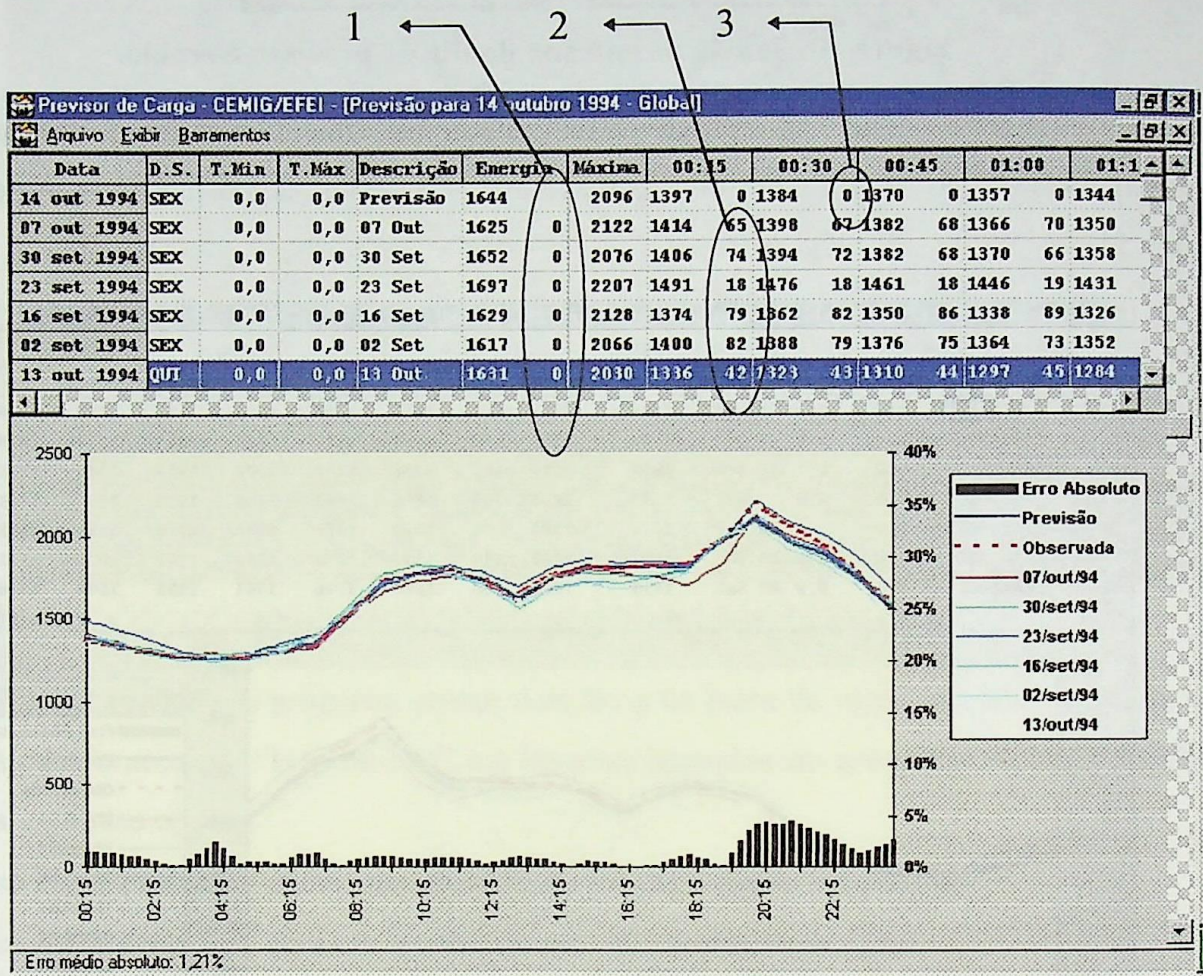


Figura 12: Planilha expandida exibindo pesos e deslocamentos

A planilha é dividida em três regiões de interesse:

1. Região do deslocamento vertical das curvas dos dias semelhantes;
1. Região com os pesos de cada instante para previsão
1. Região do deslocamento pontual da previsão.

O programa permite, ainda, a previsão por barramento, além de inúmeras opções de manipulação dos gráficos, importação e exportação de dados e impressão de relatórios.

5.2.1. Escolhendo Dias Semelhantes

Inserir ou remover dias semelhantes são as necessidades mais comuns do usuário. Por exemplo, a remoção de dias semelhantes acontece quando o usuário verifica que um dos dias selecionados pelo programa não tem as características típicas para o dia que está sendo previsto. Isto acontece, por exemplo, quando este dia é um feriado. O usuário desejará,

portanto, remover este dia. Para isso, basta selecioná-lo, através de um click do botão esquerdo do mouse e utilizar a tecla Delete ou o menu Exibir/Remover Dia Semelhante.

Outra possível ação é inserir dias semelhantes. Por exemplo, o comportamento da carga global da CEMIG de quinta-feira é semelhante ao de sexta. Estes dias podem, então, contribuir para melhorar a previsão da sexta. Para inserir um dia semelhante, o usuário pressiona a tecla Insert ou utiliza-se o menu Exibir / Inserir Dia Semelhante. A janela da Figura 13 solicita o dia a ser acrescentado na previsão.

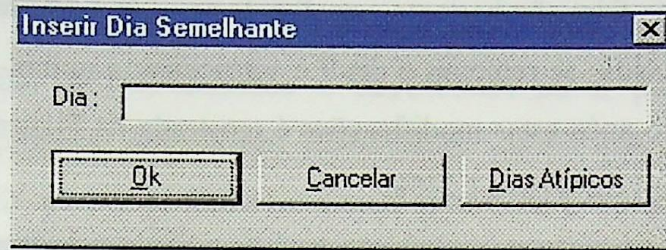


Figura 13: Janela para inserir dias semelhantes

A janela acima possui também uma outra característica útil para o usuário: a busca automática de Dias Atípicos. Ao pressionar este botão, imediatamente surge a janela da Figura 14.

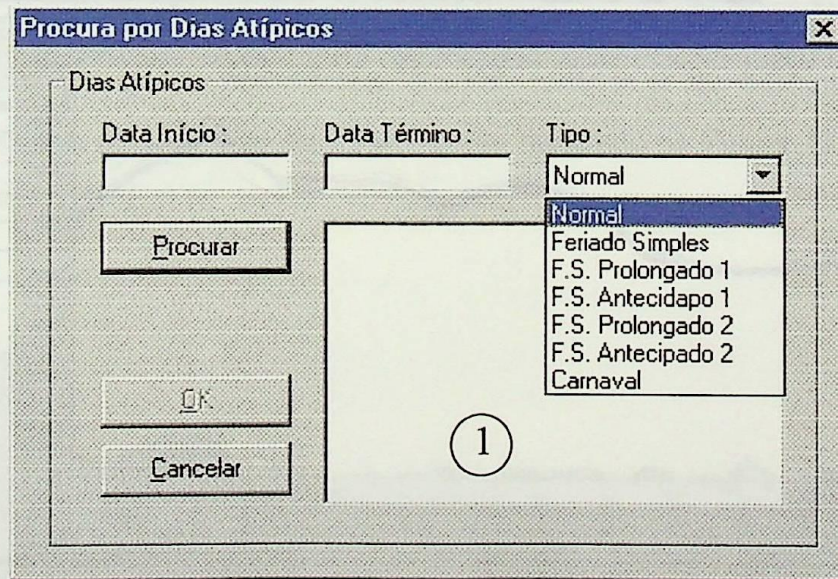


Figura 14: Janela de busca automática de dias atípicos

Esta janela solicita três tipos de informações: o período de procura dos dias atípicos, data de início e término, e o tipo de dia atípico: feriado simples, fim de semana prolongado, antecipado ou carnaval.

O período de procura é interessante pois limita a busca somente ao intervalo de interesse. Por exemplo, o usuário pode pesquisar dias atípicos semelhantes ao carnaval, mas somente dos últimos três anos, não interessando antigos perfis de carga.

Depois de fornecidas as informações, o programa busca os dias atípicos na base de dados, apresentando-os na região 1 da tela. O usuário deve selecionar os dias desejados e estes serão incluídos na previsão.

Sempre que um dia é inserido ou removido da lista de dias semelhantes, o programa refaz automaticamente a previsão, calculando os novos valores de carga previstos.

Um exemplo deste tipo de modificação foi feito na previsão do dia 14 de outubro de 1994. Foi verificado que a carga de 9 de setembro estava abaixo das outras cargas diárias e que as cargas de quinta-feira são bastante semelhante as de sexta-feira, para a carga global da CEMIG. Com isto, decidiu-se remover o dia 9 e acrescentar a quinta-feira anterior (dia 13 de outubro). O resultando após estas modificações é mostrada na Figura 15, onde o erro médio absoluto diminuído de 1,52% para 1,21%.

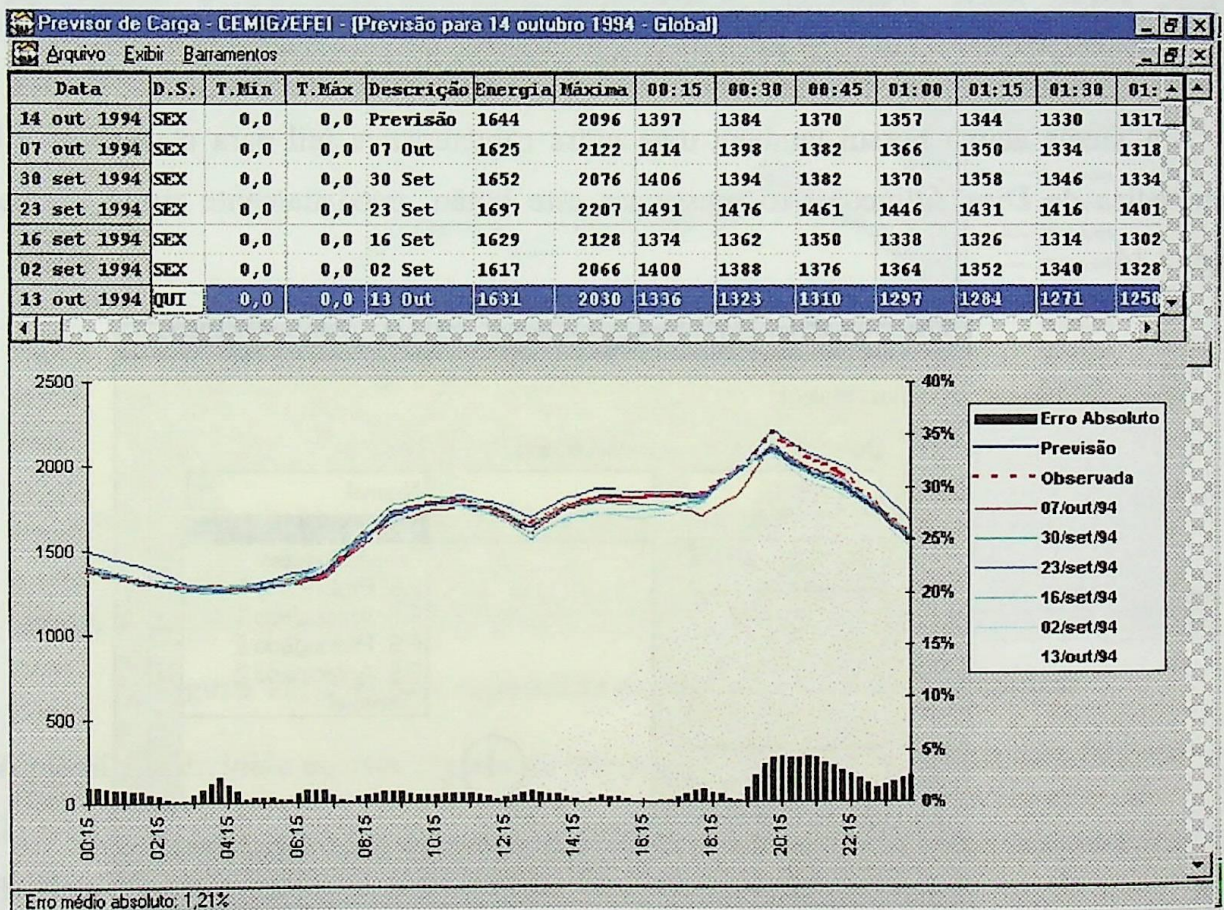


Figura 15: Resultado da Modificação dos Dias Semelhantes

5.2.2. Deslocando as Curva de Carga

O deslocamento das curvas de carga permite que, através do teclado numérico, o usuário desloque verticalmente toda a curva, adicionando ou subtraindo valores. Por exemplo, ao colocar o valor de 50 MW para o dia 7 de outubro, todos os valores da curva deste dia serão acrescidos de 50 MW. Isto fará com que a carga à 0 hora e 15 minutos passe de 1414 MW para 1464 MW e assim por adiante.

Este recurso possibilita incorporar dias que estão distantes no histórico. Por exemplo, para utilizar o carnaval de 3 anos atrás na previsão do próximo carnaval, deve-se compensar o aumento da carga ocorrida neste lapso de tempo. Para isso, o procedimento utilizado tem sido o seguinte:

- a) verifica-se a energia (potência média) do dia desejado
- a) verifica-se a evolução da carga média no intervalo entre hoje e o dia desejado
- a) acrescenta-se esta evolução à energia do dia desejado.

5.2.3. Alterando os Pesos para Previsão

O programa calcula automaticamente a importância ou o peso de cada medida individualmente para o processo de previsão. Estes são os valores que aparecem na região 2 da planilha da Figura 12, para a previsão realizada às 0 hora e 15 minutos e nos demais instantes de previsão.

O usuário, se desejar, pode modificar estes pesos, com a finalidade de dar maior ou menor ênfase a uma parte da curva. Na Figura 16, os pontos da curva do dia 7 de outubro situados entre 17 horas e 15 minutos e 19 horas estão apresentando um comportamento anormal, em relação aos outros dias. Para excluir somente a influência deste trecho da curva, basta reduzir seus pesos, através das teclas + ou -.

A Figura 16 mostra que os pesos fornecidos pelo método já são bastante reduzidos se comparados aos demais, mas levando-os a zero, como mostrado na Figura 17, o erro médio absoluto diminui para 1,19%.

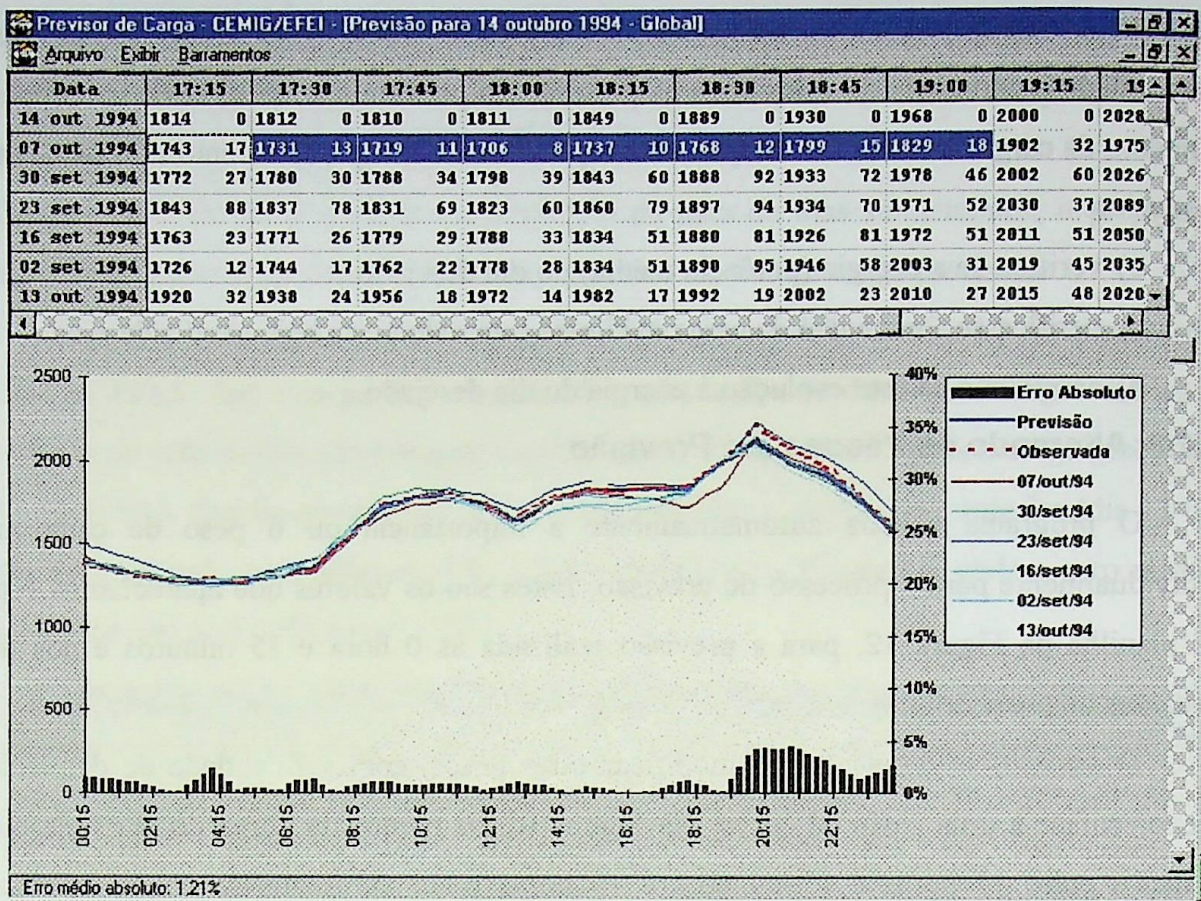


Figura 16: Verificação dos Pesos do Dia 7, entre 17:15 e 19:00 hs

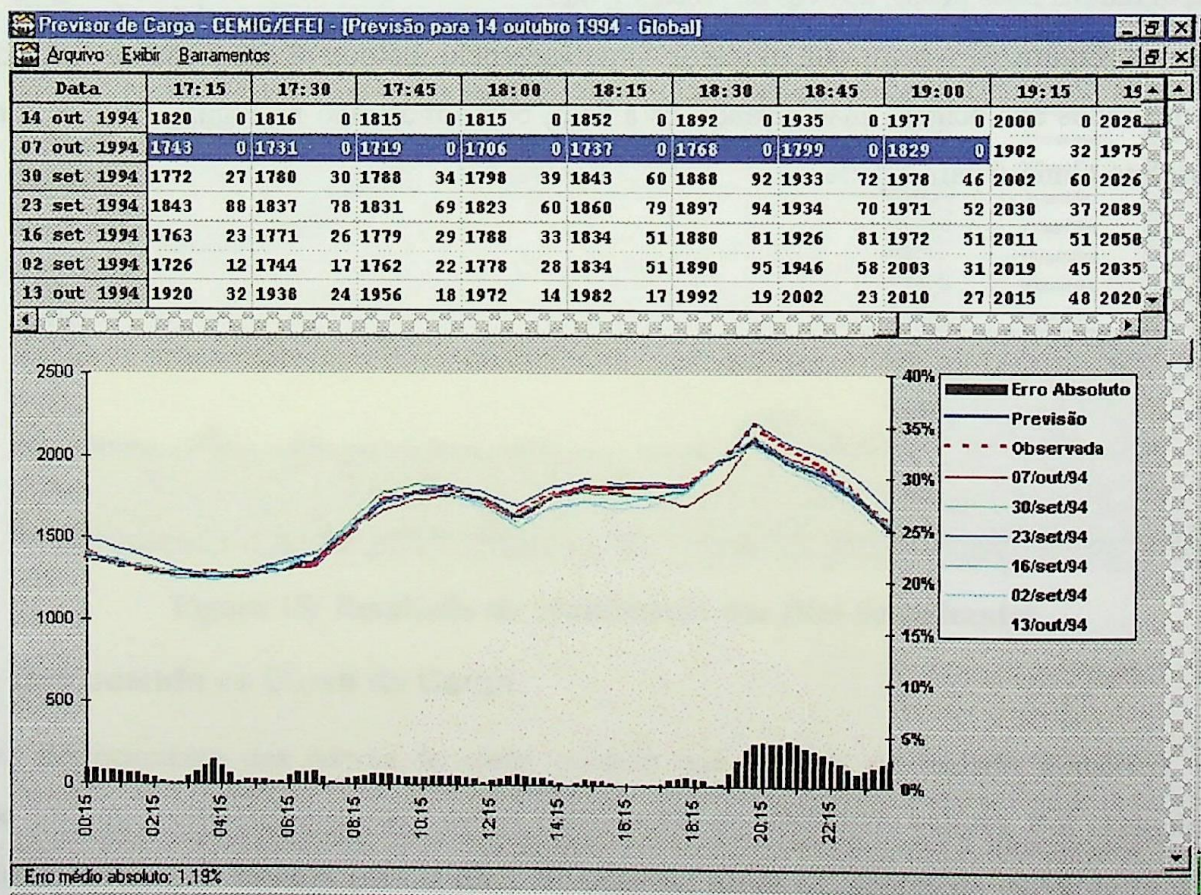


Figura 17: - Resultado da Variação dos Pesos

Esta característica permite que somente pedaços de dias possam ser utilizados para a previsão. Por exemplo, na carga global da CEMIG, a segunda-feira à tarde tem o mesmo comportamento da terça-feira à tarde. O mesmo não pode ser dito das manhãs, que apresentam influência do fim de semana. Com isto, para utilizar uma segunda-feira na previsão de uma terça, basta zerar os pesos no intervalo da manhã.

5.2.4. Deslocando a Curva Prevista

O número que acompanha o valor de carga previsto é chamado de Deslocamento da Previsão. Ele permite ao usuário aumentar ou diminuir o valor de carga previsto, de acordo com sua experiência ou com fatos que saiba que irão ocorrer neste período. Isto pode ser feito em um instante de previsão ou em um intervalo de previsões.

Este valor é colocado ao lado, e não agregado diretamente a previsão, visando facilmente verificar e destacar as alterações feitas pelo usuário da previsão automática.

5.2.5. Desagregando os Valores por Barramentos

Este item foi solicitado pela CEMIG, para possibilitar a impressão de uma previsão para os diversos barramentos de uma região. Esta função é utilizada em previsões de carga regional. A decomposição por barramentos é realizada através de fatores de participação, ou seja, é feita a previsão da carga da região para, em seguida, decompo-la nas percentagens de cada barramento.

A Figura 18 apresenta a janela pela qual os barramentos são registrados com seus respectivos fatores de participação.

| Bar. | Nome | F.P. |
|------|------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Figura 18: Janela de Edição do Fator de Participação dos Barramentos

A desagregação da previsão por barramentos não é o método ideal de previsão, já que os fatores de participação se alteram ao longo do dia. Este método serve, portanto, apenas para dar uma previsão inicial da carga de um barramento. Para obter uma previsão mais precisa, seria necessário utilizar medidas diretas dos barramento e efetuar a previsão da mesma forma

que a global ou as regionais. Entretanto, a CEMIG não dispõe de registros em todas as suas barras de carga.

5.2.6. Exportando e Imprimindo Dados e Gráficos

O Programa Previsor permite exportar os valores de carga previstos, bem como os dias semelhantes utilizados, em formato texto para armazenamento ou utilização em outros programas. O Anexo I apresenta um exemplo de impressão deste arquivo.

Visando a integração com editores de texto como o Word for Windows da Microsoft, é possível recortar o gráfico e colar em outro documento, possibilitando a fácil elaboração de textos e relatórios personalizados.

A opção Imprimir gera um relatório que é arquivado na OP/OS-1 e entregue ao setor de operação do sistema, que o repassa ao operador.

5.2.7. Características da Área Gráfica

A área gráfica do ambiente de previsão possui três partes principais: as curvas de carga dos dias semelhantes, da previsão e, sempre que possível, os valores observados, o gráfico de barras com o erro de previsão e a legenda. A curva de carga de cada dia é apresentada com uma cor diferente, sendo que o valor previsto é representado sempre por uma curva com linha mais grossa.

Nos gráficos das figuras anteriores, foi apresentada também a curva observada. Isto foi possível pois, nos exemplos apresentados, foram utilizados dias já passados. Em sua operação normal, o usuário não terá esta curva pois ela ainda vai acontecer. A apresentação da curva observada é de grande utilidade quando o usuário está verificando se suas previsões vêm sendo, ao longo do tempo, corretas ou não.

O mesmo ocorre com o gráfico de barras que representa o erro de previsão, pois sem o valor observado é impossível conhecê-lo, ficando sua presença condicionada a curva do valor observado.

Deve ser enfatizando que a área gráfica é inteiramente compatível com as funções do Microsoft Excel, programa de planilha mais utilizado no mundo. Isto significa que além de contar com centenas de opções de configuração diferentes, o usuário aprende rapidamente a operá-lo, já que todo o conhecimento adquirido na utilização do Excel é aproveitado. O acesso a estas características é feito através de um click no botão direito do mouse, quando este está posicionado sobre o gráfico. Algumas funções mais utilizadas são: formatar eixos, colocar títulos no gráfico e nos eixos, formatar as seqüências de dados, alterar tipos de gráficos, entre outros. Algumas janelas disponíveis estão mostradas abaixo.

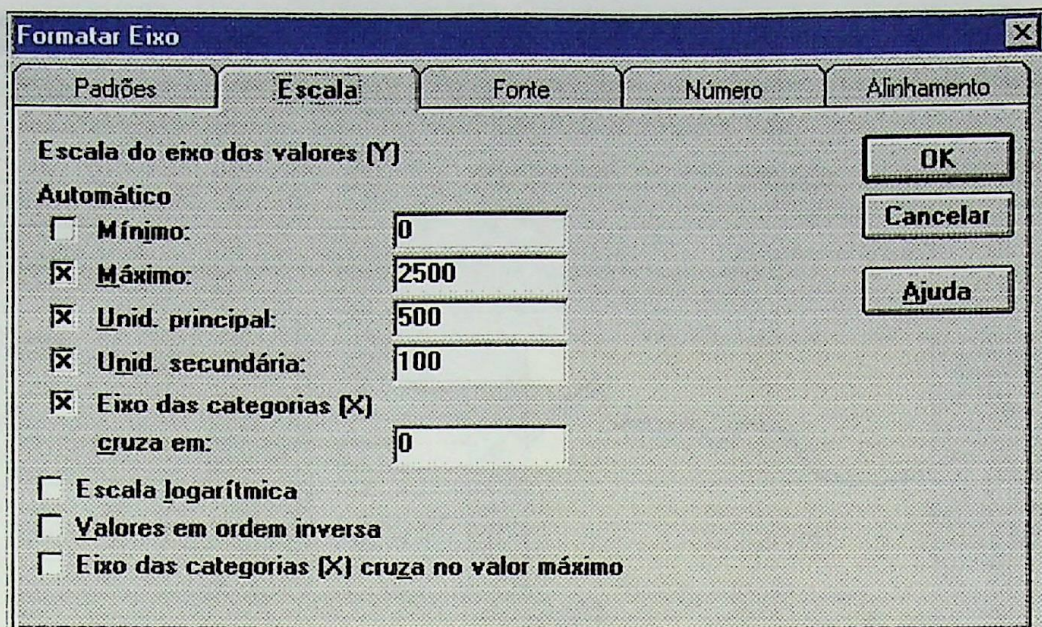


Figura 19: Janela de Formatação dos Eixos

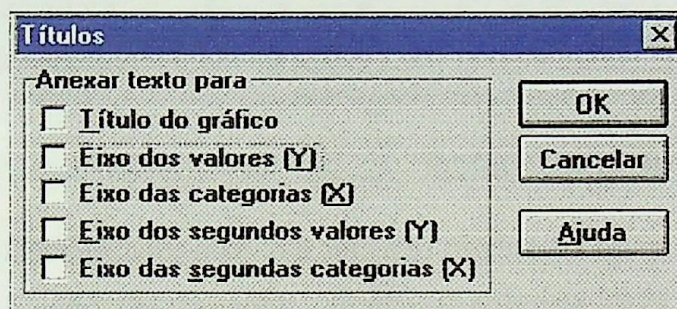


Figura 20: Janela para Exibição de Títulos

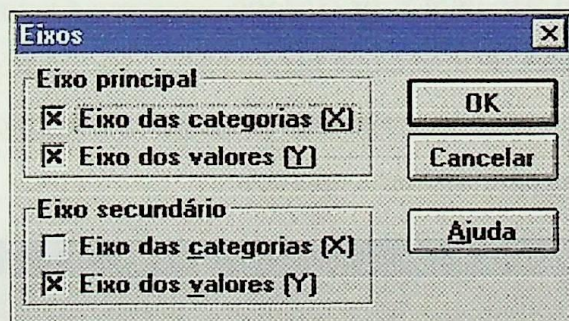


Figura 21: Janela para Exibição dos Eixos

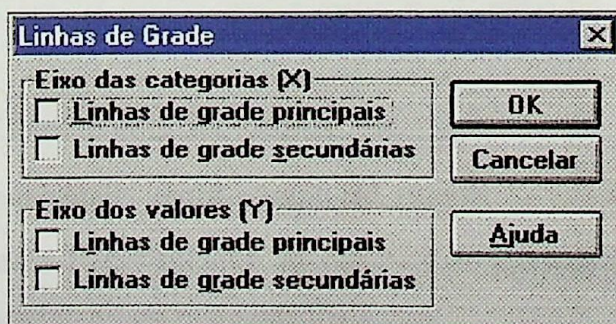


Figura 22: Janela para Exibição das Linhas de Grade

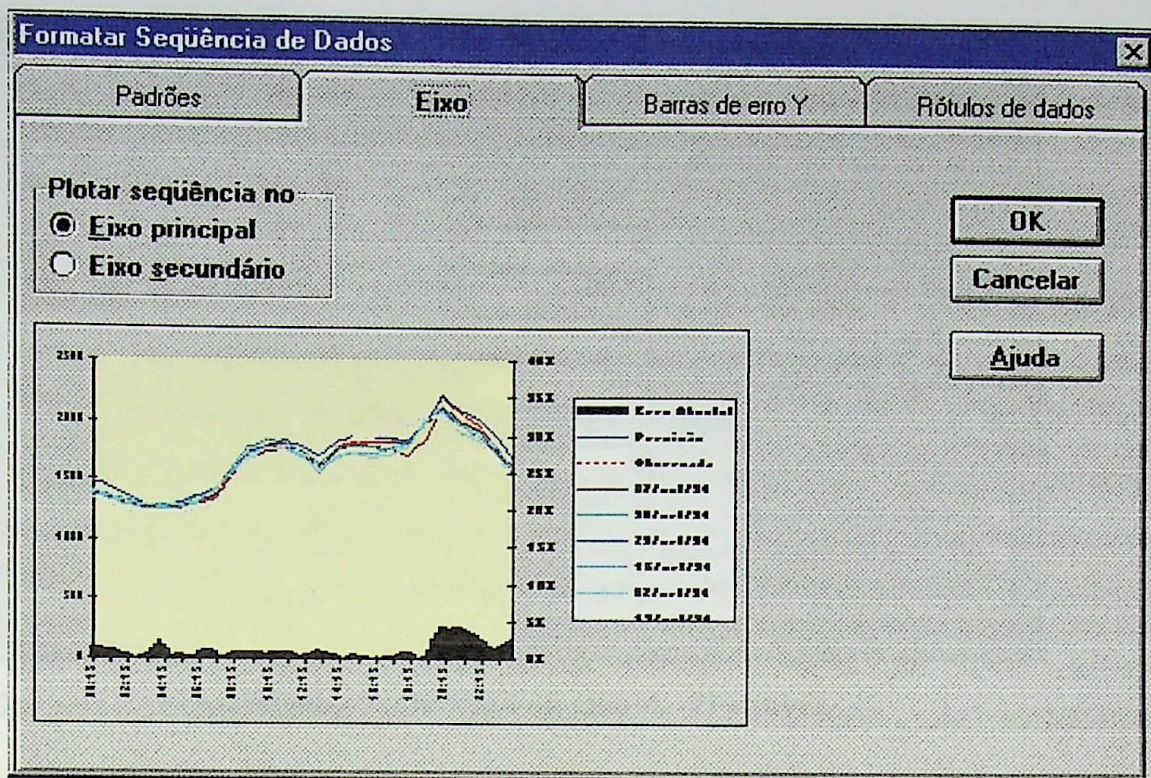


Figura 23: Janela para Formatação de Sequências de Dados

5.3. UTILIZANDO OS HISTÓRICOS

O programa permite ao usuário registrar e/ou consultar elementos nas diversas base de dados do programa. Estes históricos foram divididos em: Histórico de Eventos, Histórico de Medidas (carga e temperatura), e Histórico de Previsões.

Ao acionar o menu Arquivo/Abrir Histórico, aparece a janela da Figura 24 na tela. Ela contém um grupo de botões de opção que permite acesso aos históricos (região 1). A região 2 é alterada de acordo com a escolha realizada na região 1. A tela é completa com os botões Ok, para executar, e Cancelar, para abortar a operação.

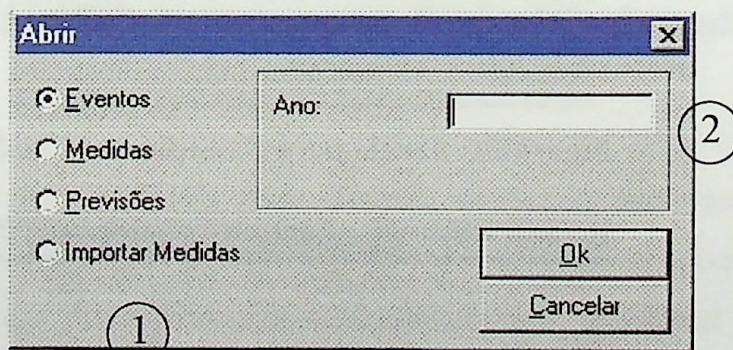


Figura 24: Janela Abrir Históricos

5.3.1. Histórico de Eventos

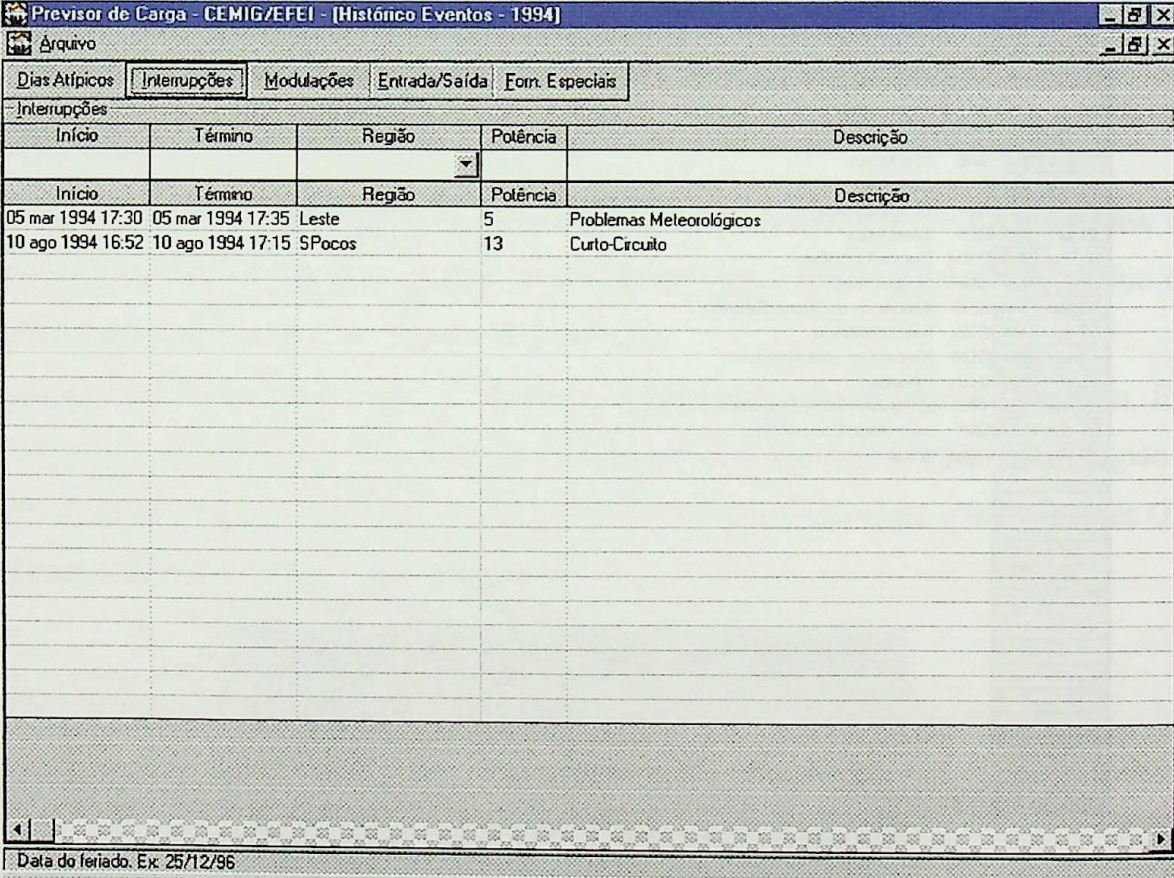
Ao escolher a opção Eventos, o programa solicita o ano que deve ser acessado no histórico, pois os elementos deste item são armazenados anualmente. Em seguida, é

Caso o usuário queira modificar uma das linhas da planilha, basta selecioná-la com o mouse. A linha escolhida aparecerá na área de edição, permitindo suas modificações. Após realizadas, basta apertar a tecla Enter (↵).

No histórico de dias atípicos, deve-se entrar o dia e uma descrição do acontecimento. Ao acionar a tecla Enter (↵), o programa automaticamente inclui o evento na planilha, em ordem cronológica, e associa o respectivo dia da semana.

5.3.1.2. Interrupções de Fornecimento

Esta divisão do Histórico de Eventos é composta por informações de interrupções, programadas ou não, que ocorreram no sistema. As informações básicas desta janela são: início e término da interrupção (dia, mês, ano e horário), região (podendo ser global) e comentário (em modo texto). A Figura 26 apresenta esta janela, com um exemplo de interrupção já registrado.



The screenshot shows a software window titled "Previsor de Carga - CEMIG/EFEI - [Histórico Eventos - 1994]". It has a menu bar with "Arquivo" and a toolbar with standard window controls. Below the menu bar are several tabs: "Dias Atípicos", "Interrupções" (which is selected), "Modulações", "Entrada/Saída", and "Forn. Especiais". The main area is a table with the following columns: "Início", "Término", "Região", "Potência", and "Descrição". The table contains two rows of data:

| Início | Término | Região | Potência | Descrição |
|-------------------|-------------------|--------|----------|--------------------------|
| 05 mar 1994 17:30 | 05 mar 1994 17:35 | Leste | 5 | Problemas Meteorológicos |
| 10 ago 1994 16:52 | 10 ago 1994 17:15 | SPocos | 13 | Curto-Circuito |

At the bottom of the window, there is a status bar that reads "Data do feriado. Ex: 25/12/96".

Figura 26: Janela de Interrupções de Fornecimento de Energia

5.3.1.3. Modulações Dinâmicas

O item modulações dinâmicas representa entradas e saídas de carga no sistema, de maneira repetitiva e regular, durante um certo período. Normalmente, isto ocorre devido a contratos especiais de fornecimento durante em certo período. Tarifas horo-sazonais e outras tarifas especiais contribuem para o aumento desta lista de fornecimento.

Os itens que devem ser preenchidos nesta janela são: início e término da modulação (dia, mês, ano), horário da modulação, região, nome do consumidor, potência a ser modulada e dias livres. Este último elemento é relativo aos dias da semana que a modulação não se aplica. Por exemplo, o contrato mostrado na janela da Figura 27 deixa como dias livres segunda (SEG) e quarta-feira (QUA).

| Início | De | Região | Consumidor |
|-------------|-------|----------|-------------|
| Término | Até | Potência | Dias Livres |
| 05 mar 1994 | 18:00 | Global | USIMINAS |
| 05 out 1994 | 21:00 | 10 | SEG - QUA |

Figura 27: Janela de Modulações Dinâmicas da Carga

5.3.1.4. Entradas e Saídas de Carga

Este item serve para registrar, no Histórico de Eventos, as entradas e saídas, programadas ou não, que aconteceram no sistema ao longo do ano. A grosso modo, pode-se dizer que a modulação dinâmica representam “gates” de carga; enquanto as entradas ou saídas são degraus de carga no sistema.

Neste item são registradas as seguintes grandezas: data da ocorrência (dia, mês, ano e hora), região afetada, degrau de potência (positiva ou negativa) e descrição do evento (em modo texto). No exemplo, mostrado na Figura 28, tem-se o registro de dois casos: (a) uma saída de carga para manutenção na região de Poços de Caldas (saída, logo valor negativo de potência) e (b) uma entrada de carga relativa a um novo consumidor, na região Leste (entrada, logo valor positivo).

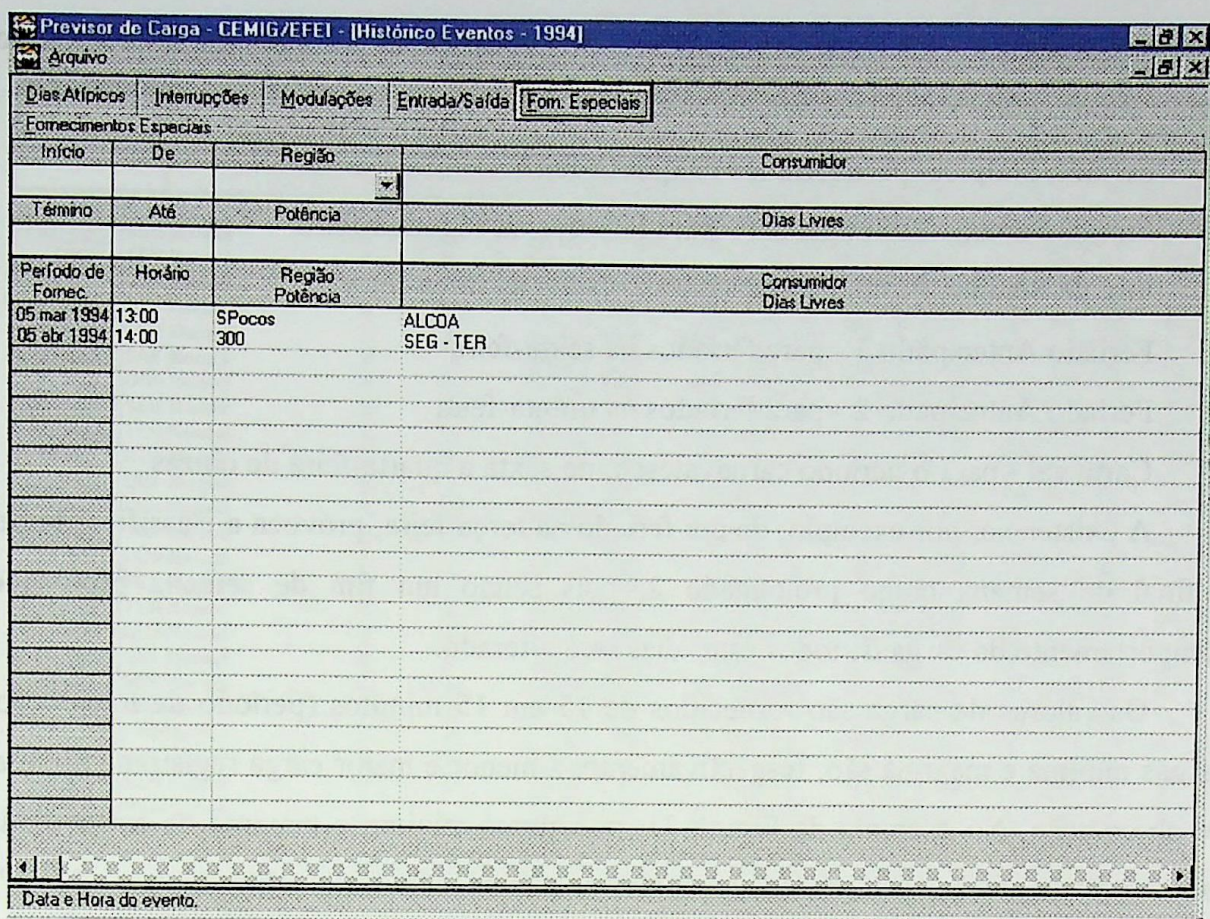


Figura 29: Janela para fornecimentos especiais de energia

5.3.2. Histórico de Medidas

Ao escolher o item Medidas, na janela Abrir Históricos, o programa automaticamente muda o painel ao lado, solicitando o mês e ano que se deseja abrir, bem como a região: Global ou uma das 8 regiões da CEMIG. O histórico de medidas é organizado mensalmente. A Figura 30 apresenta esta janela.

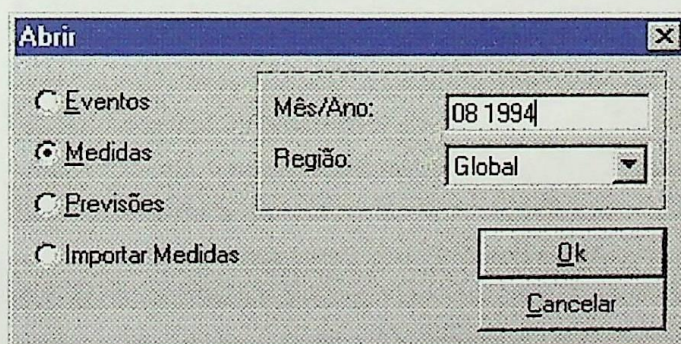


Figura 30: Janela de acesso a opção Medidas

Ao abrir o Histórico de Medidas, a janela da Figura 31 é apresentada ao usuário. Ela pode ser preenchida (ou alterada) pelo usuário. Entretanto, a entrada de dados no histórico pode ser feita automaticamente como será mostrado a seguir.

Os seguintes elementos se destacam nesta janela: dia do mês, tipo do dia, temperaturas mínima e máxima do dia, carga a cada 15 minutos, cargas mínima e máxima a cada 15

minutos e descrição (em modo texto). O tipo do dia define se ele é um dia atípico ou normal.

Sendo atípico pode assumir as seguintes classificações:

Feriado Simples- para feriados na quarta-feira

Fim de Semana Prolongado 1 - para feriados na segunda-feira

Fim de Semana Prolongado 2 - para feriados na terça-feira

Feriado Antecipado 1 - para feriados na sexta-feira

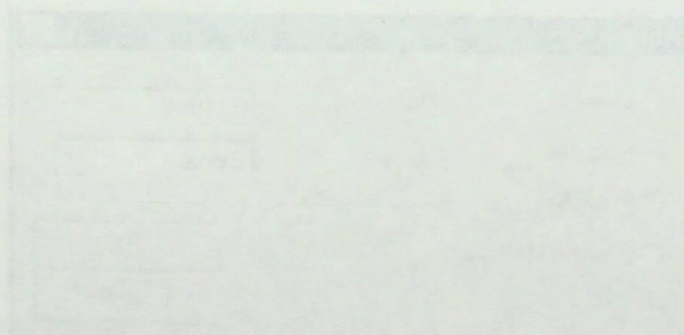
Feriado Antecipado 2 - para feriados na quinta-feira

Carnaval - para o período carnavalesco, de sexta a quarta-feira de cinzas.

A existência, por exemplo, de um feriado na terça-feira, provoca a classificação de todo o final de semana como prolongado 2, pois sendo um fim de semana prolongado, o comportamento da carga de todos estes dias será alterado.

Os valores de carga são fornecidos de 15 em 15 minutos (período de integração). As cargas mínima e máxima são, respectivamente, a menor e maior carga registrada no intervalo de observação. No exemplo da Figura 31, os valores mínimo e máximo da carga ainda não estavam disponíveis no histórico, logo eles aparecem com valor NA (“not available”). Da mesma forma, também as temperaturas mínimas e máximas registradas em cada 15 minutos não estavam disponíveis e o programa preenche com valor 0 (zero) estes campos.

Através das barras de rolagem, o usuário pode ter acesso a todos os dias do mês e seus intervalos.



Previsor de Carga - CEMIG/EFEI - [Medidas - agosto 1994]

Arquivo

| Dia | | Tipo | Temp. Min | Temp. Max | | | | |
|-------------|-------------|------------|-------------|-----------|-------------|------------|------------|------------|
| Carga 00:15 | | Carga Min. | Carga Máx. | Descriao | | | | |
| Data | D.S. | Tipo | T. Min | T. Max | Descriao | 00:15 | 00:30 | 00:45 |
| 01 ago | SEG Normal | | 0 | 0 | 01 Ago 1994 | NA 1136 NA | NA 1124 NA | NA 1112 NA |
| 02 ago | TER Normal | | 0 | 0 | 02 Ago 1994 | NA 1324 NA | NA 1306 NA | NA 1288 NA |
| 03 ago | QUA Normal | | 0 | 0 | 03 Ago 1994 | NA 1283 NA | NA 1267 NA | NA 1251 NA |
| 04 ago | QUI Normal | | 0 | 0 | 04 Ago 1994 | NA 1253 NA | NA 1239 NA | NA 1225 NA |
| 05 ago | SEX Normal | | 0 | 0 | 05 Ago 1994 | NA 1271 NA | NA 1261 NA | NA 1251 NA |
| 06 ago | SAB Normal | | 0 | 0 | 06 Ago 1994 | NA 1323 NA | NA 1307 NA | NA 1291 NA |
| 07 ago | DOM Normal | | 0 | 0 | 07 Ago 1994 | NA 1270 NA | NA 1251 NA | NA 1232 NA |
| 08 ago | SEG Normal | | 0 | 0 | 08 Ago 1994 | NA 1125 NA | NA 1118 NA | NA 1111 NA |
| 09 ago | TER Normal | | 0 | 0 | 09 Ago 1994 | NA 1314 NA | NA 1296 NA | NA 1278 NA |
| 10 ago | QUA Normal | | 0 | 0 | 10 Ago 1994 | NA 1285 NA | NA 1273 NA | NA 1261 NA |
| 11 ago | QUI Normal | | 0 | 0 | 11 Ago 1994 | NA 1271 NA | NA 1262 NA | NA 1253 NA |
| 12 ago | SEX Normal | | 0 | 0 | 12 Ago 1994 | NA 1317 NA | NA 1303 NA | NA 1289 NA |
| 13 ago | SAB Normal | | 0 | 0 | 13 Ago 1994 | NA 1337 NA | NA 1325 NA | NA 1313 NA |
| 14 ago | DOM Normal | | 0 | 0 | 14 Ago 1994 | NA 1284 NA | NA 1264 NA | NA 1244 NA |
| 15 ago | SEG Normal | | 0 | 0 | 15 Ago 1994 | NA 1158 NA | NA 1146 NA | NA 1134 NA |
| 16 ago | TER Normal | | 0 | 0 | 16 Ago 1994 | NA 1362 NA | NA 1342 NA | NA 1322 NA |
| 17 ago | QUA Normal | | 0 | 0 | 17 Ago 1994 | NA 1301 NA | NA 1289 NA | NA 1277 NA |
| 18 ago | QUI Normal | | 0 | 0 | 18 Ago 1994 | NA 1377 NA | NA 1355 NA | NA 1333 NA |
| 19 ago | SEX Normal | | 0 | 0 | 19 Ago 1994 | NA 1375 NA | NA 1357 NA | NA 1339 NA |
| 20 ago | SAB Normal | | 0 | 0 | 20 Ago 1994 | NA 1403 NA | NA 1383 NA | NA 1363 NA |
| 21 ago | DOM Normal | | 0 | 0 | 21 Ago 1994 | NA 1311 NA | NA 1287 NA | NA 1263 NA |
| 22 ago | SEG Normal | | 0 | 0 | 22 Ago 1994 | NA 1166 NA | NA 1157 NA | NA 1148 NA |
| 23 ago | TER Normal | | 0 | 0 | 23 Ago 1994 | NA 1397 NA | NA 1379 NA | NA 1361 NA |
| 24 ago | QUA Normal | | 0 | 0 | 24 Ago 1994 | NA 1384 NA | NA 1366 NA | NA 1348 NA |
| 25 ago | QUI Normal | | 0 | 0 | 25 Ago 1994 | NA 1411 NA | NA 1388 NA | NA 1365 NA |

Data do feriado, Ex: 25/12/96

Figura 31: Janela do historio de medidas

5.3.3. Historio de Previsões

Semelhante ao Historio de Medidas, o Historio de Previsões também  armazenado mensalmente e por região. Para tal, o programa solicita ao usuário a entrada do mês, do ano e da região desejada. A Figura 32 apresenta esta janela de escolha.

Abrir

Eventos
 Medidas
 Previsões
 Importar Medidas

Mês/Ano: 07/94
 Região: Global

Figura 32: Janela Abrir Historio de Previsões

A Figura 33 apresenta a janela que  fornecida ao usuário quando ele acessa o Historio de Previsões. No exemplo, foi feita uma previsão para os dias 1o e 14 de julho de 1994, os valores que são registrados no historio são os seguintes:

- a) cargas prevista, observada e erro, para a energia (carga média), carga máxima e a cada 15 minutos
- a) carga mínima prevista, observada e erro

a) carga máxima prevista, observada e erro

Neste exemplo, os valores observados da carga mínima e máxima não estavam disponíveis (NA).

| Data | Descrição | Energia | Máxima | 00:15 | 00:30 | 00:45 | 01:00 | 01:15 | 01:30 | 01:45 | 02:00 | 02:15 | |
|-------------|--------------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | Previsto | 1552 | 2126 | 1316 | 1298 | 1281 | 1264 | 1247 | 1229 | 1212 | 1195 | 1191 | 111 |
| | Observado | 1572 | 2112 | 1380 | 1356 | 1332 | 1308 | 1284 | 1260 | 1236 | 1213 | 1205 | 111 |
| | Erro | 1,27% | 0,66% | 4,64% | 4,28% | 3,83% | 3,36% | 2,88% | 2,46% | 1,94% | 1,48% | 1,16% | 0,0 |
| 01 jul 1994 | Mín.Prev. | | | 1250 | 1233 | 1217 | 1201 | 1185 | 1168 | 1151 | 1135 | 1131 | 111 |
| SEX | Mín.Obs. | | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| | Erro/Mínimos | | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| | Máx.Prev. | | | 1382 | 1363 | 1345 | 1327 | 1309 | 1290 | 1273 | 1255 | 1251 | 121 |
| | Max.Obs. | | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| | Erro/Máximos | | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| | Previsto | 1554 | 2118 | 1327 | 1312 | 1297 | 1282 | 1266 | 1250 | 1234 | 1218 | 1212 | 121 |
| | Observado | 1530 | 2125 | 1343 | 1323 | 1303 | 1283 | 1263 | 1243 | 1223 | 1203 | 1196 | 111 |
| | Erro | 1,57% | 0,33% | 1,19% | 0,83% | 0,46% | 0,08% | 0,24% | 0,56% | 0,90% | 1,25% | 1,34% | 1,4 |
| 14 jul 1994 | Mín.Prev. | | | 1261 | 1246 | 1232 | 1218 | 1203 | 1187 | 1172 | 1157 | 1151 | 111 |
| QUI | Mín.Obs. | | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| | Erro/Mínimos | | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| | Máx.Prev. | | | 1393 | 1378 | 1362 | 1346 | 1329 | 1313 | 1296 | 1279 | 1273 | 121 |
| | Max.Obs. | | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| | Erro/Máximos | | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |

Figura 33: Janela do histórico de previsão de carga

5.3.4. Importando Dados

Este item foi desenvolvido especialmente para a CEMIG, com o intuito de importar as medidas provenientes de seu sistema, integrando-as ao Histórico de Medidas. Este processo é feito diariamente. Assim, o sistema solicita dia, mês e ano a ser importado. Este arquivo deve ser estruturado para ter as cargas mínima, média e máxima e as temperaturas mínima e máxima a cada 15 minutos. A Figura 34 apresenta esta janela.

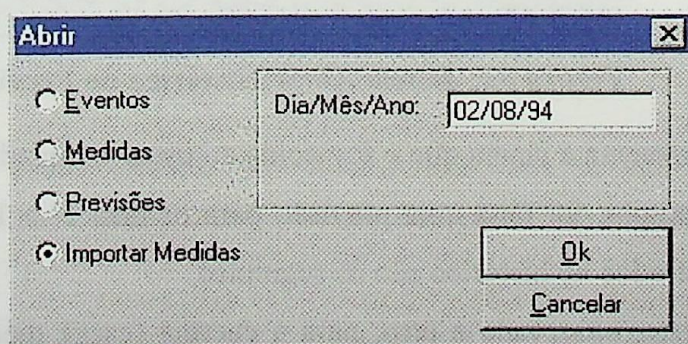


Figura 34: Janela para Importar Arquivo de Medidas

Capítulo 6.

Testes do Programa Previsor

6.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo mostra alguns testes realizados para cargas do sistema CEMIG. São descritos testes para carga global e para cada regional. Visando demonstrar que o Programa Previsor pode ser utilizado por outras concessionárias, foram realizados testes com cargas da CHESF, Copel e Light.

6.2. A PREVISÃO E O HISTÓRICO DE EVENTOS

O módulo “Off-Line” do Programa Previsor é baseado na aritmética difusa. Esta técnica deve ser aplicada em curvas de dias semelhantes “limpas”, ou seja, sem deformações causadas por entradas/saídas de carga, fornecimentos especiais ou variações do gênero. Se a metodologia for aplicada antes da eliminação destas influências, o erro de previsão aumentará, pois existirão características na curva de carga que não são randômicas, mas sim produzidas por elementos externos e determinísticos. Por outro lado, após realizados os cálculos do valor previsto, as influências externas, ou eventos, programados para o dia em estudo, devem ser adicionados à carga prevista, tornando a curva de carga o mais próximo possível do valor a ser observado.

Os valores da curva de carga dos dias semelhantes são “limpos” dessas “imperfeições” através da utilização do Histórico de Eventos. Este funciona como um filtro. Por exemplo, se houve o registro de uma entrada de carga de 20 MW, em um certo instante, na região Sul, a curva apresentada no ambiente de previsão será mostrada com 20 MW a menos, neste período. Na previsão da carga global, os eventos regionais devem ser considerados.

Após realizada a previsão, o valor de carga é composto com os eventos ou “imperfeições” constantes no Histórico de Eventos para aquele dia. A Figura 35 apresenta uma representação deste processo.

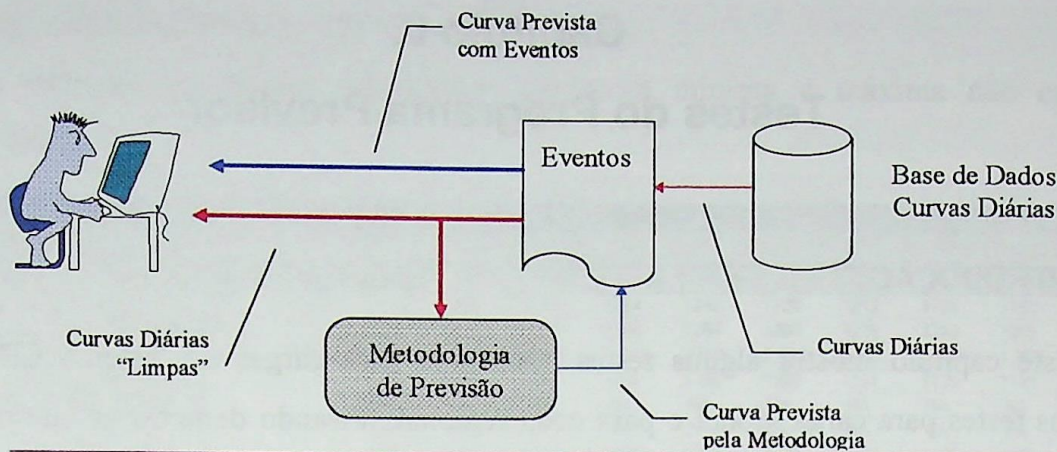


Figura 35: Processo de Composição da Previsão

6.3. TESTES NO SISTEMA CEMIG

O Sistema CEMIG é composto por 9 áreas, definidas segundo aspectos regionais e de carga. A Tabela 1 apresenta estas áreas com suas respectivas contribuições médias para a carga total do sistema.

Tabela 1: Participação das Regiões do Sistema CEMIG na Carga Global

| Região | % da Carga Global |
|---------------|-------------------|
| Norte | 14 % |
| Triângulo | 8 % |
| Leste | 17 % |
| Sul Poços | 10 % |
| Sul Lavras | 5 % |
| Metropolitana | 17 % |
| Oeste | 7 % |
| Oeste Passos | 2 % |
| Sudeste | 20 % |

Visando demonstrar os resultados obtidos com o programa Previsor, foram realizados três baterias de testes para o Sistema CEMIG. Na primeira, foi realizada a previsão da carga global e das regionais para dias típicos, uma quarta e um domingo. Na segunda bateria, realizada com a carga global, foram feitas previsões para dias em vários períodos do ano. Finalmente, na terceira, foram realizadas previsões de carga para dias atípicos.

Exceção feita a esta última bateria de testes, os resultados exibidos são os valores sem os ajustes realizados pelo operador, utilizando as características do programa relatadas no Capítulo 5. Isto foi feito para mostrar o desempenho da metodologia no processo de previsão

e para não mascarar os resultados, já que as curvas observadas já eram conhecidas e, dificilmente, os testes seriam isentos.

O horizonte de previsão foi de 1 semana a frente, já que originariamente o programa utiliza os 6 últimos mesmos dias da semana.

6.3.1. Previsão de Dias Típicos

Foram escolhidos os dias 13 de junho e 15 de setembro de 1993, respectivamente, domingo e quarta-feira. Foi utilizada a opção do menu Exibir/Gráfico para que a tela do programa apresentasse somente a área gráfica. Foi ajustada também a escala do eixo vertical, para facilitar a visualização das diversas curvas.

6.3.1.1. Previsão do Dia 13 de Junho de 1993

A Figura 36 apresenta a tela de previsão com os dias semelhantes, a curva prevista e a curva observada.

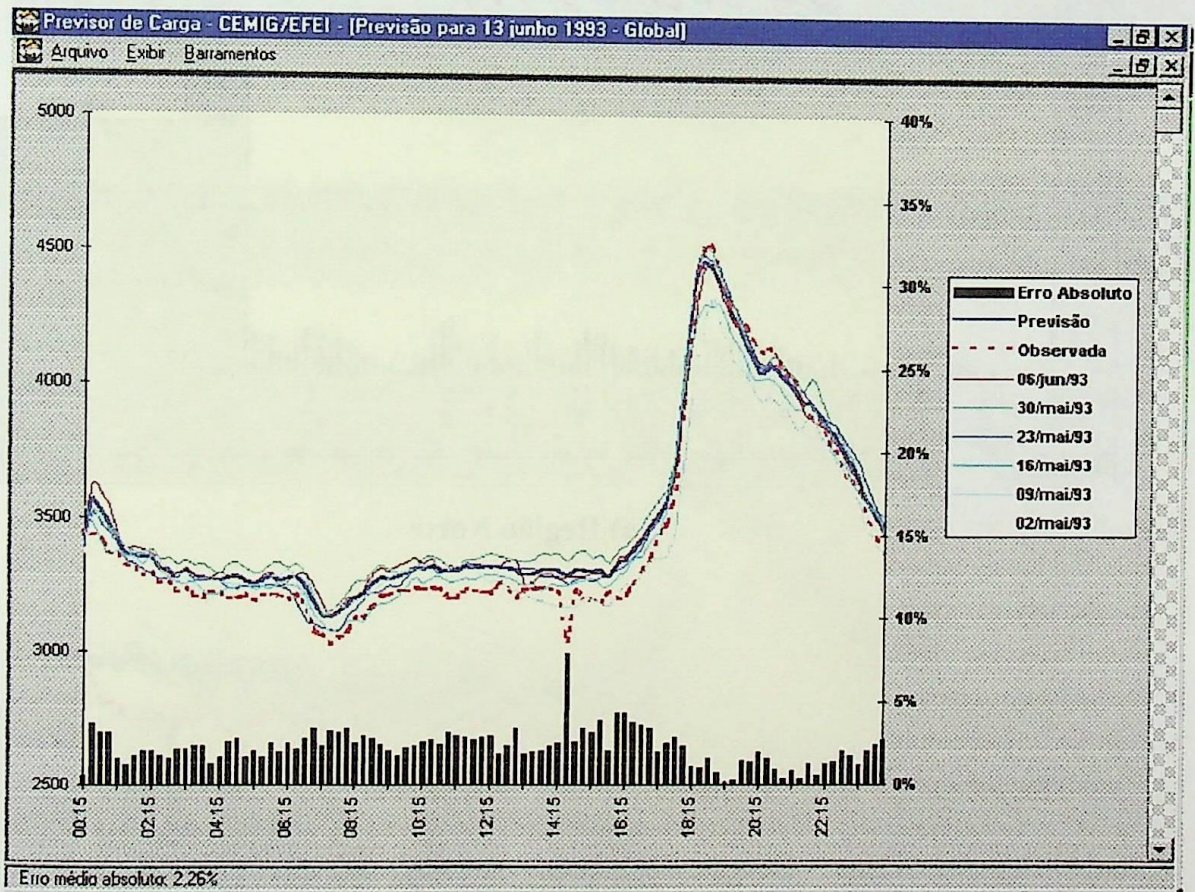
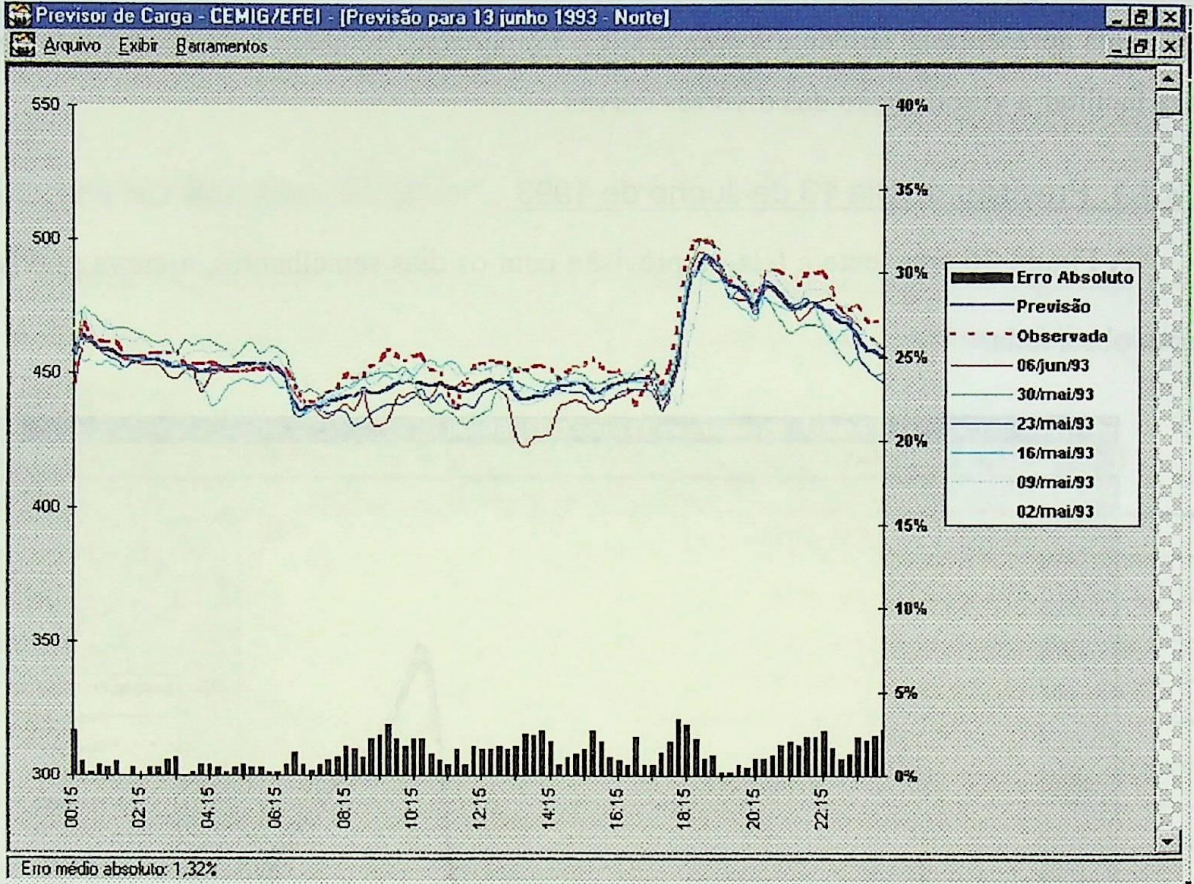


Figura 36: Previsão da Carga Global. Domingo, 13 de Junho de 1993

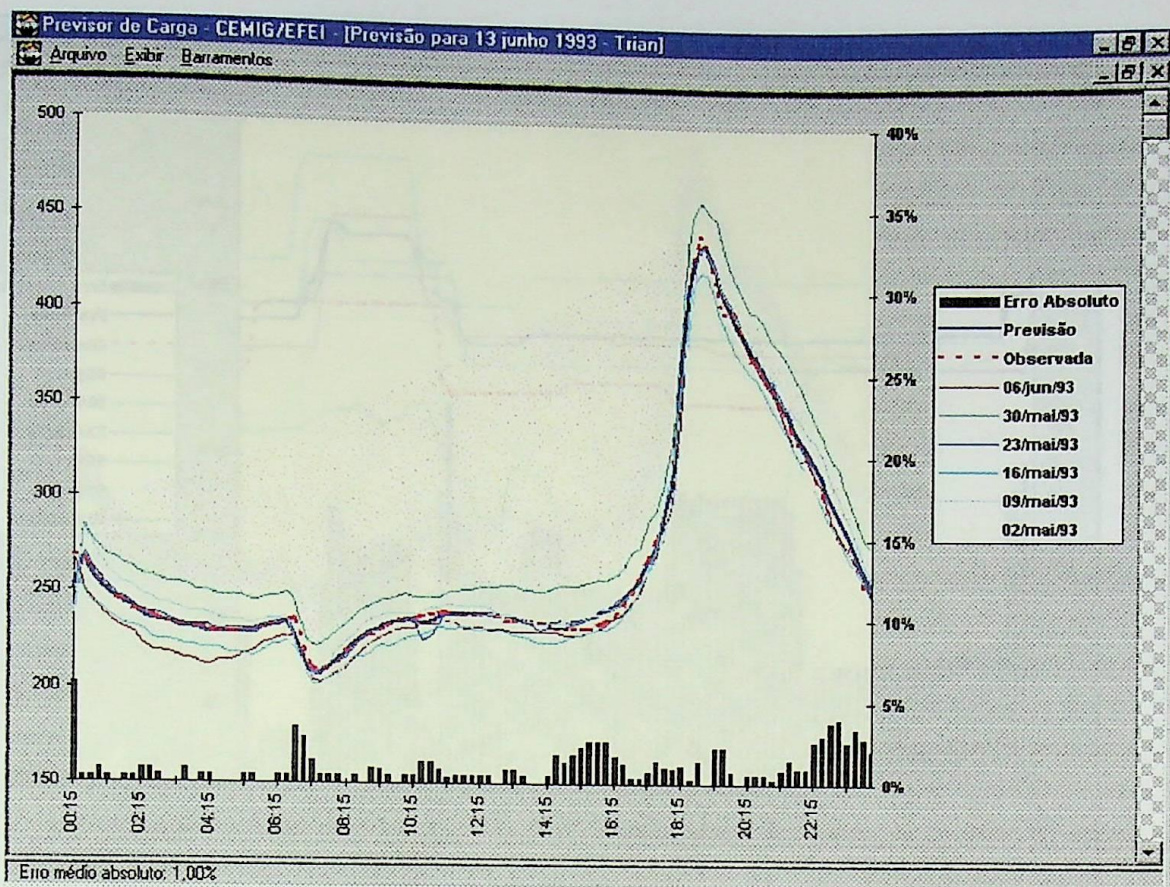
Uma análise qualitativa da previsão indica uma boa previsão, em termos de erro médio absoluto: 2,26%. Porém, a previsão foi tendenciosa pois, até às 18:00 horas, o valor observado foi sempre menor do que o previsto. Houve somente um desvio na carga observada, às 14:30,

com uma queda no valor registrado. Como, logo em seguida, o sistema voltou ao mesmo patamar de consumo, acredita-se que isto ocorreu devido a algum desligamento momentâneo ou a um erro de medição.

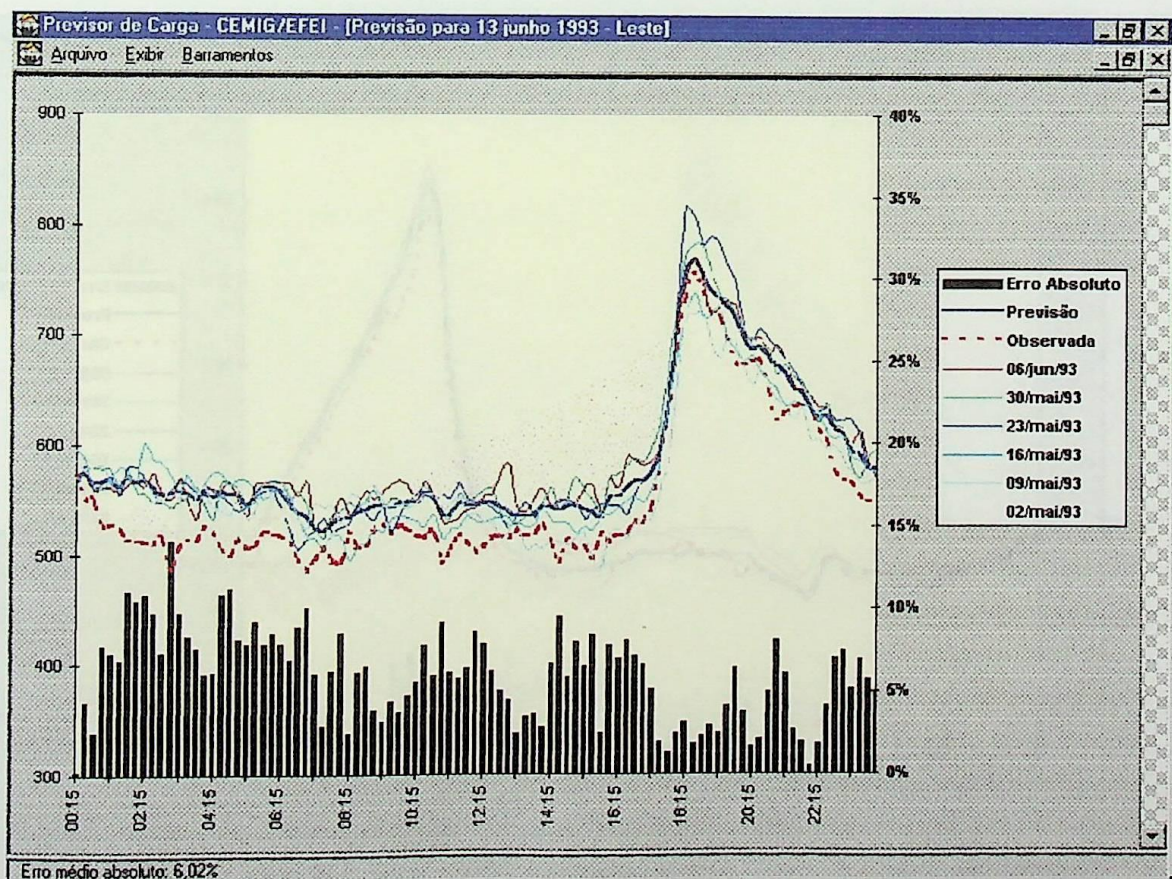
A Figura 37 de (a) até (i) apresenta as telas de previsão com os dias semelhantes, a curva prevista e a curva observada para cada região de carga da CEMIG.



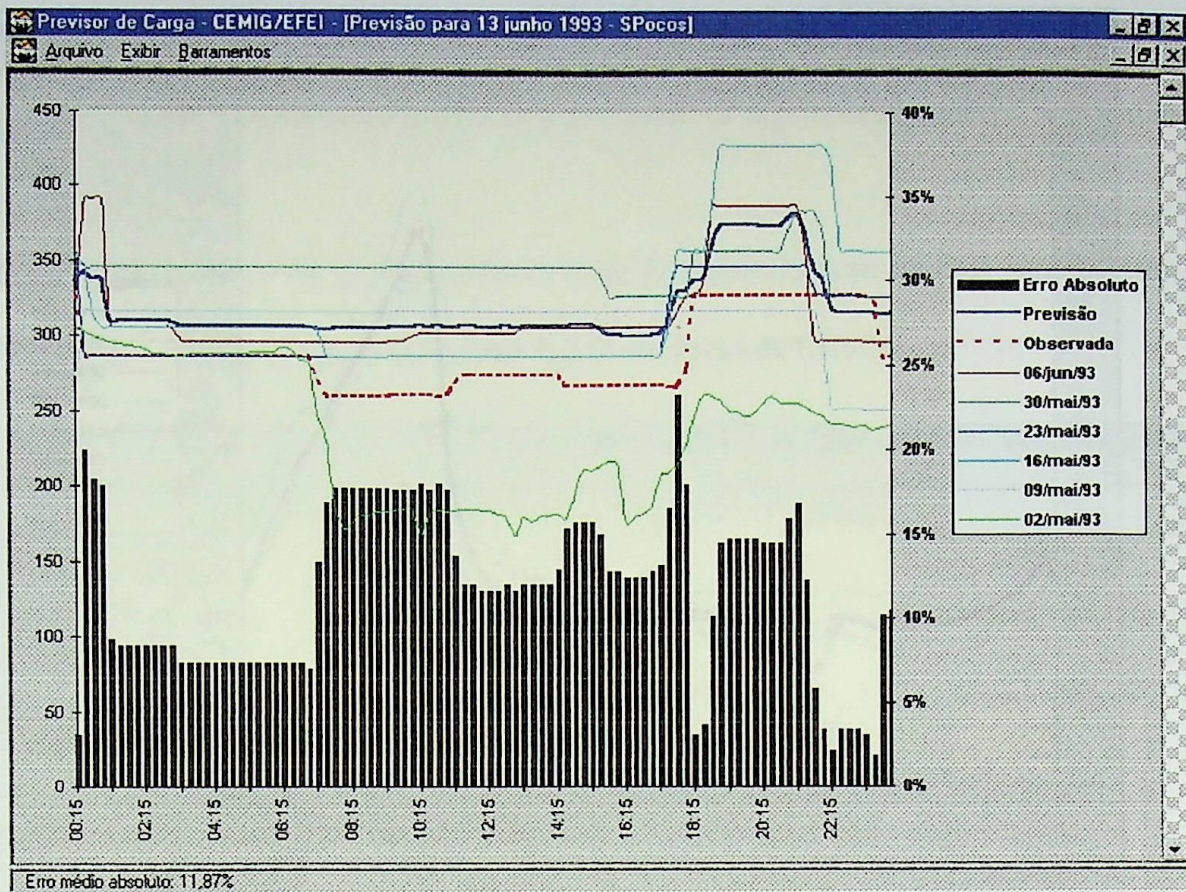
(a) Região Norte



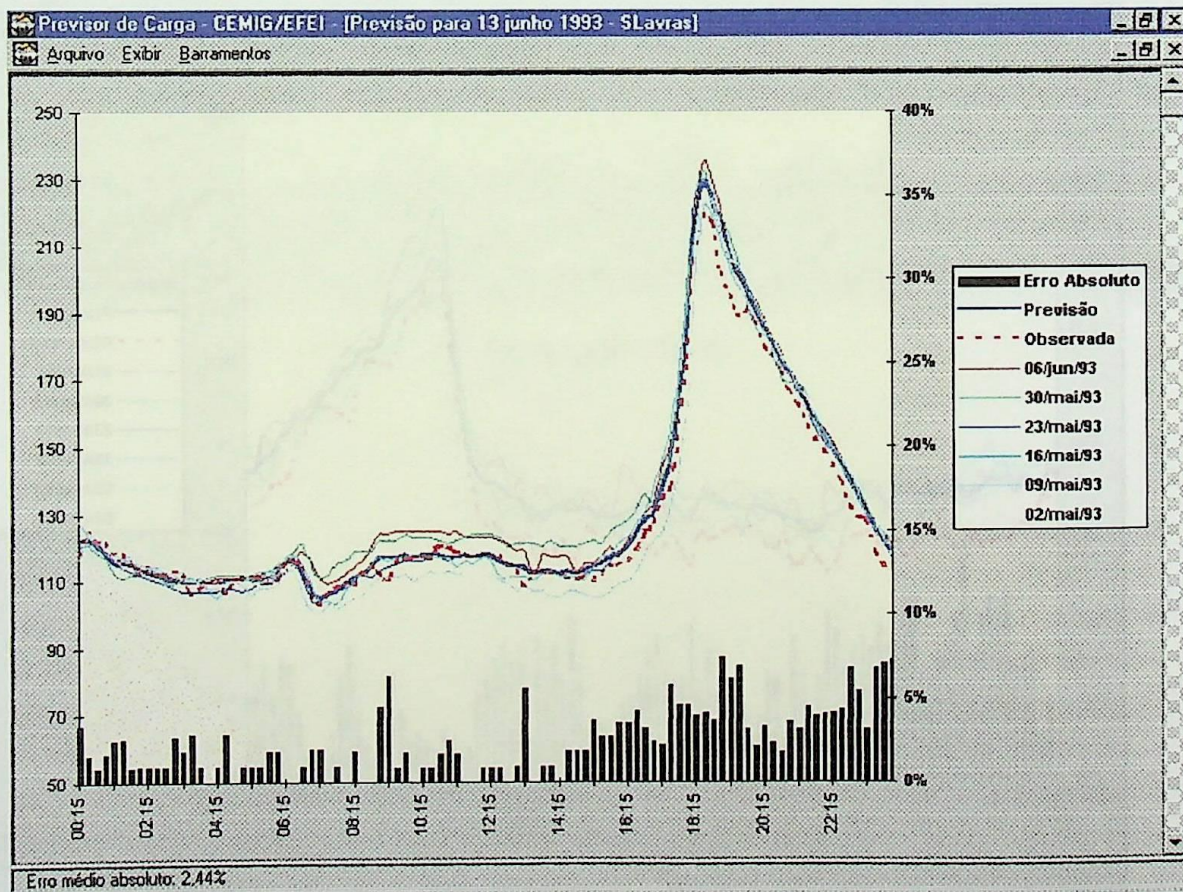
(b) Região Triângulo



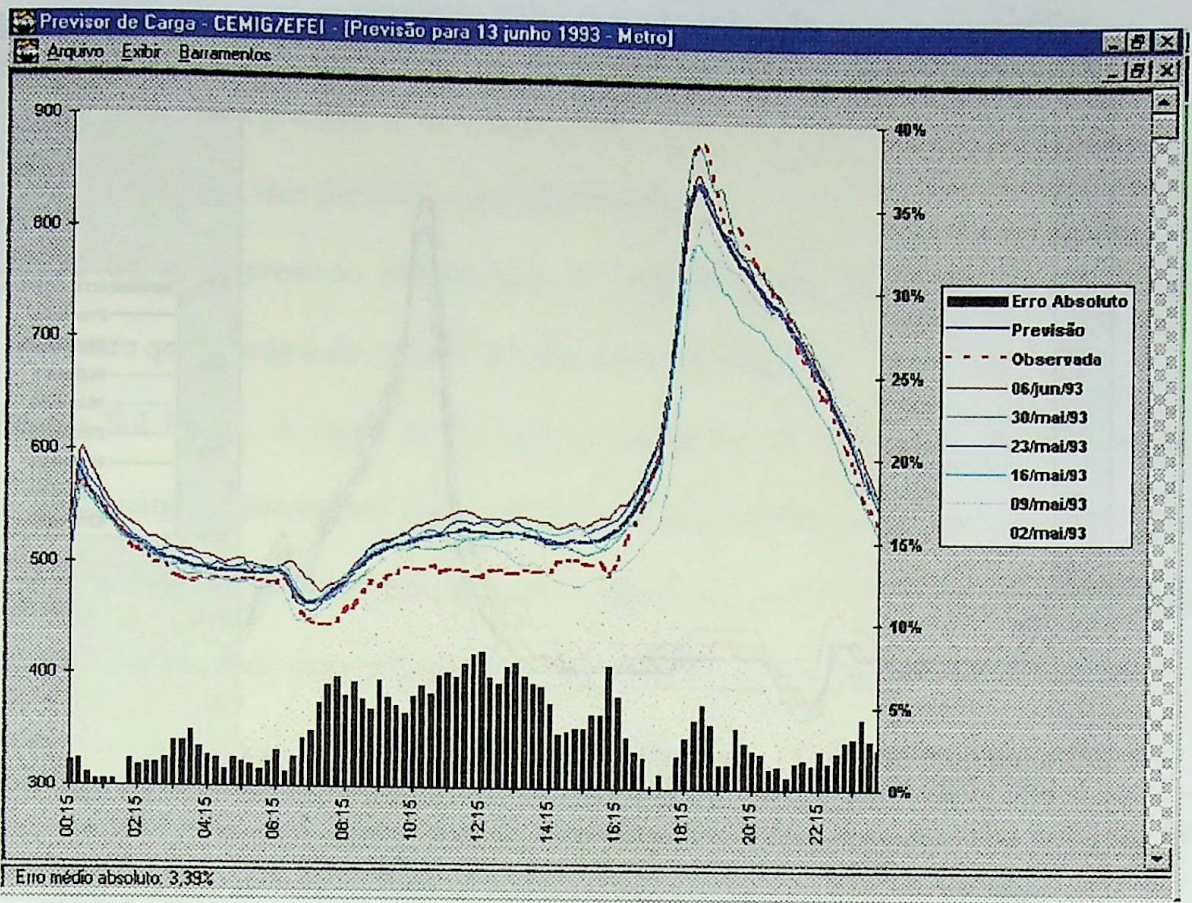
(c) Região Leste



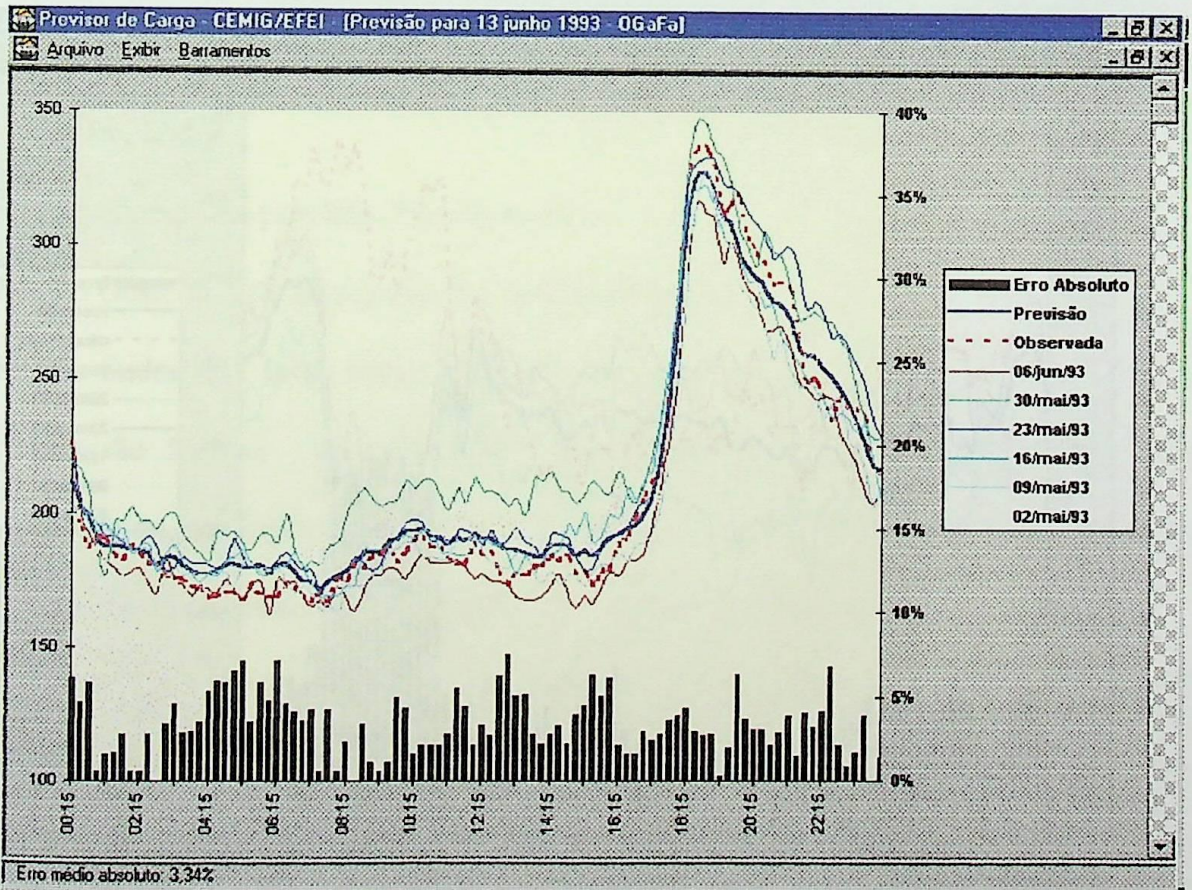
(d) Região Sul Poços



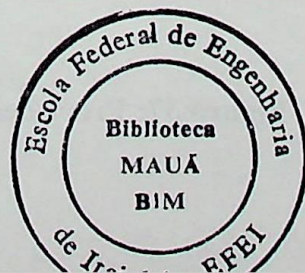
(e) Região Sul Lavras

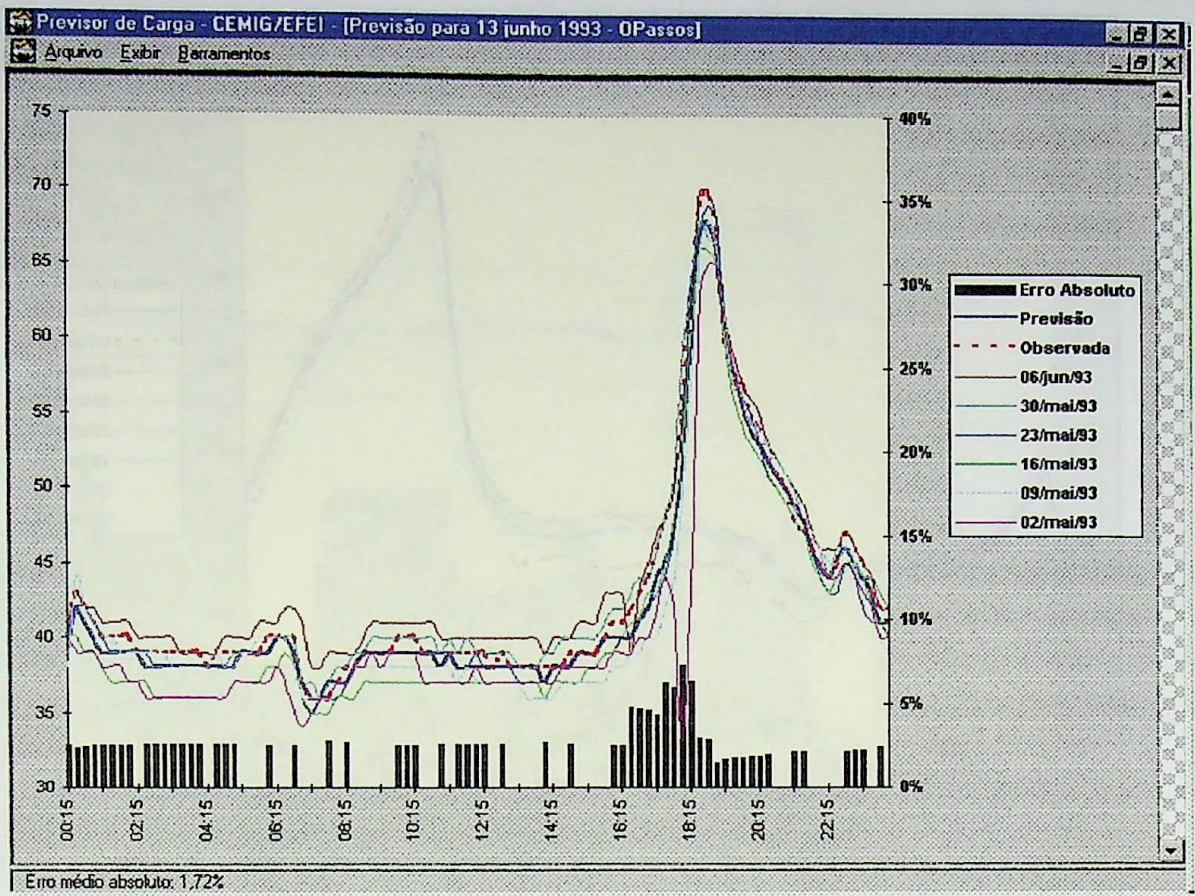


(f) Região Metropolitana

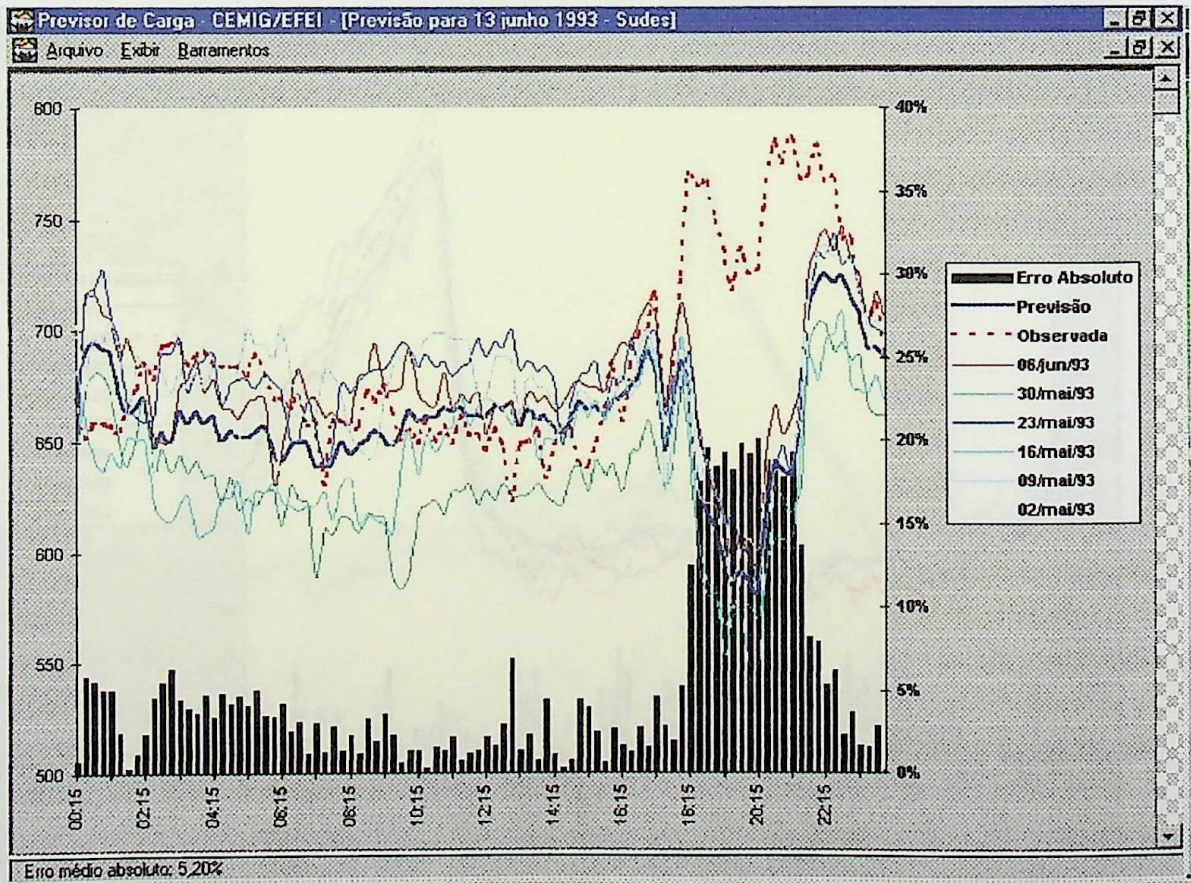


(g) Região Oeste





(h) Região Oeste Passos



(i) Região Sudeste

Figura 37: Previsões da Carga Regional. Domingo, 13 de Junho de 1993

A análise qualitativa das previsões para as regiões foi a seguinte:

Região Norte: Boa previsão. Não tendenciosa.

Região Triângulo: Boa previsão. Não tendenciosa.

Região Leste: A previsão não foi boa. A carga observada esteve abaixo da prevista durante quase todo o dia, porém acompanhou sua forma.

Região Sul Poços: A carga desta região é eminentemente industrial eletro-intensiva, funcionando basicamente por meio de contratos especiais de fornecimento. Como diversos desses registros não existem no Histórico de Eventos, o programa não pode realizar a previsão com resultados satisfatórios.

Região Sul Lavras: Boa previsão. Não tendenciosa.

Região Metropolitana: A previsão acompanhou a carga observada. A correção do patamar de carga, entre 7:00 e 16:00 horas, somente pode ser feita através de um ajuste em tempo-real, pois deve ter ocorrido devido a condições climáticas (temperatura). A carga desta região (Belo Horizonte) é bastante sensível às condições de temperatura.

Região Oeste: Boa previsão. Não tendenciosa.

Região Oeste Passos: Boa previsão. Não tendenciosa.

Região Sudeste: A carga nesta região tem um comportamento bastante irregular, mas a previsão foi boa. Mesmo a partir das 18:00 horas, quando a carga observada aumentou, em lugar de diminuir, a forma se manteve. Este é um caso claro de não registro de contrato de fornecimento especial no item de Eventos.

A Tabela 2 apresenta um resumo dos resultados das previsões realizadas neste item. O

Anexo II apresenta o resultado completo das previsões.

Tabela 2: Resumo das Previsões do dia 13 de junho de 1993

| Área | Erro Médio | Energia | | | Ponta | | |
|--------|------------|----------|--------|--------|----------|---------|--------|
| | | Prevista | Observ | Erro % | Prevista | Observ. | Erro % |
| Global | 2,26 % | 3489 | 3426 | 1,84 | 4456 | 4511 | 1,22 |
| Norte | 1,32 % | 455 | 460 | 1,09 | 494 | 499 | 1,00 |

| | | | | | | | |
|-----------|---------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|
| Triângulo | 1,00 % | 267 | 266 | 0,38 | 436 | 442 | 1,36 |
| Leste | 6,02 % | 581 | 550 | 5,64 | 768 | 754 | 1,86 |
| S. Poços | 11,87 % | 319 | 287 | 11,15 | 382 | 327 | 16,82 |
| S. Lavras | 2,44 % | 130 | 128 | 1,56 | 228 | 219 | 4,11 |
| Metrop.. | 3,39 % | 570 | 558 | 2,15 | 844 | 880 | 4,09 |
| Oeste | 3,34 % | 210 | 207 | 1,45 | 327 | 336 | 2,86 |
| O. Passos | 1,72 % | 42 | 43 | 2,33 | 68 | 70 | 2,86 |
| Sudeste | 5,20 % | 660 | 687 | 3,93 | 725 | 787 | 7,88 |

6.3.1.2. Previsão do Dia 15 de Setembro de 1993

A Figura 38 apresenta o comportamento da carga global; enquanto, a Figura 39 apresenta as cargas regionais, todas para o dia 15 de setembro de 1993.

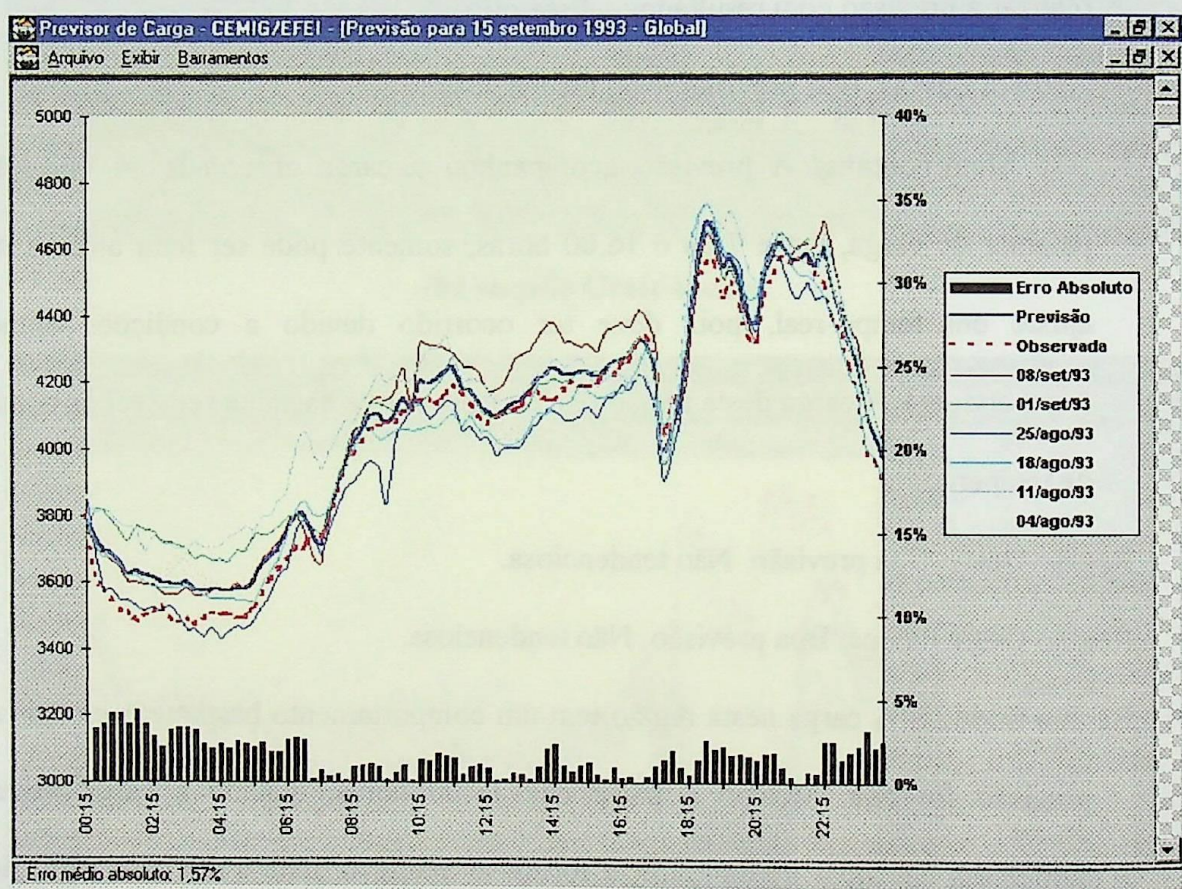
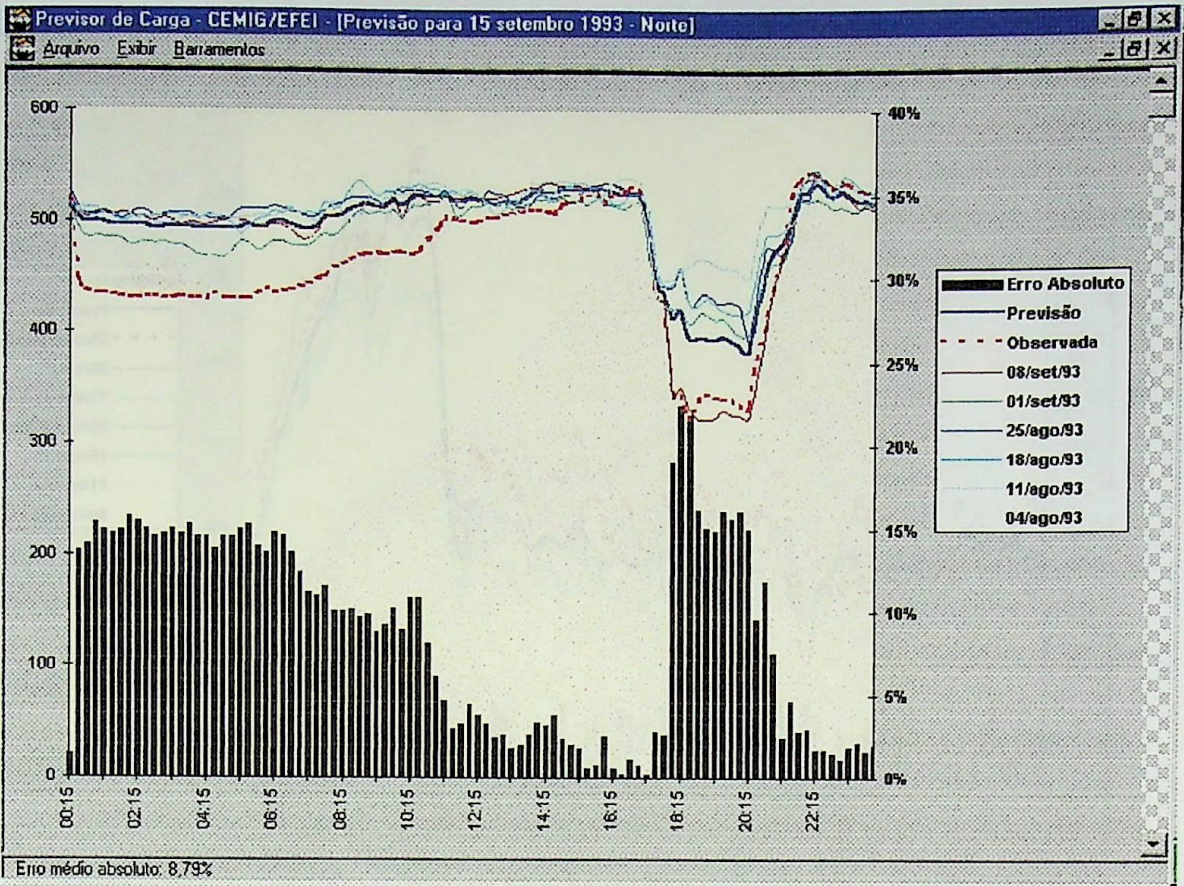
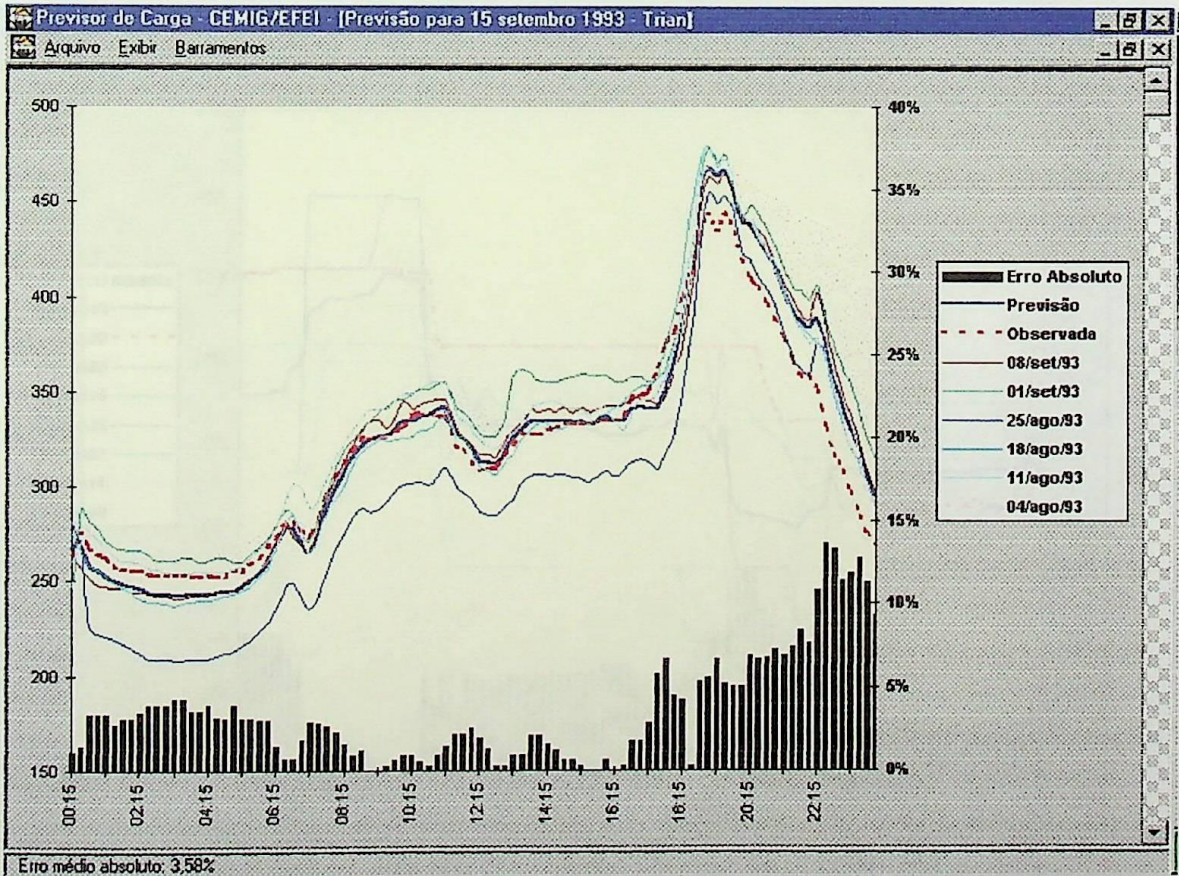


Figura 38: Previsão da Carga global. Quarta-feira, 15 de outubro de 1993

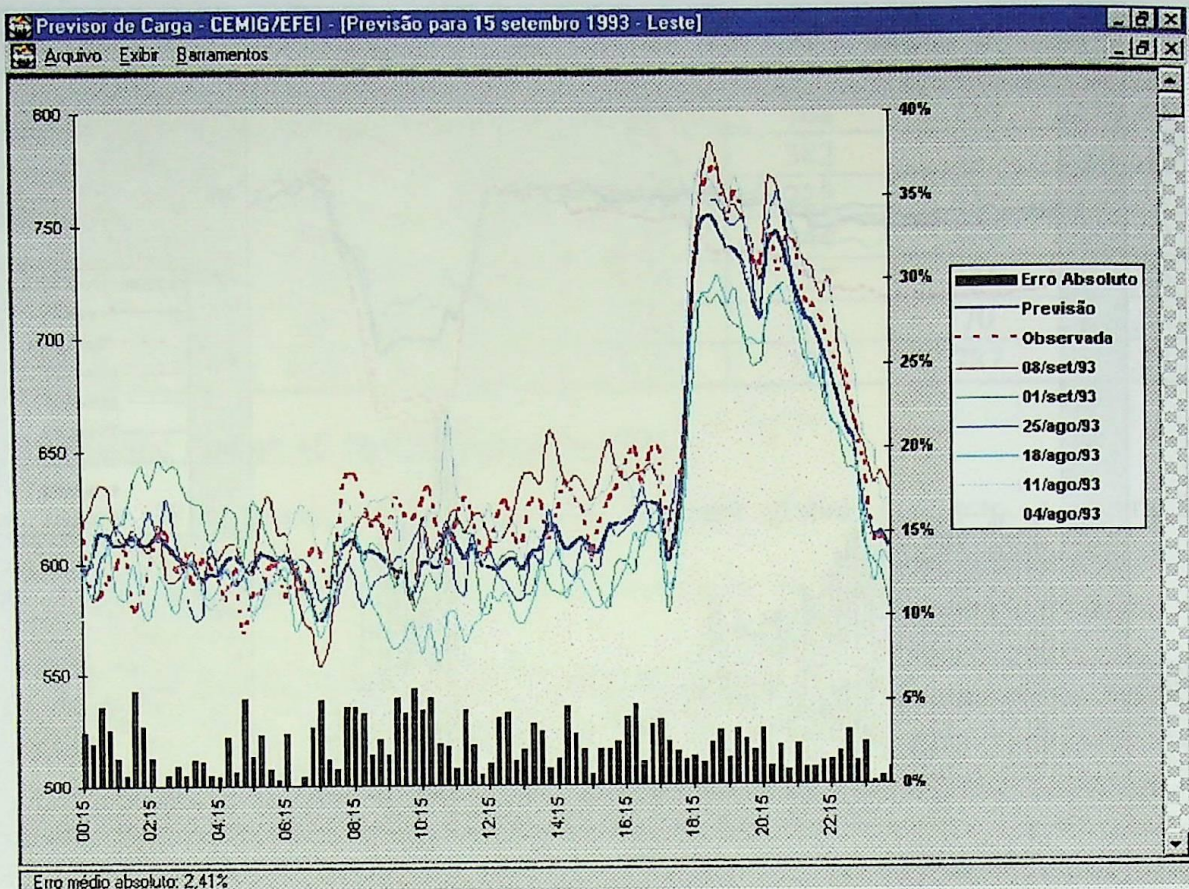
Uma análise qualitativa da previsão revela um bom erro médio, 1,57%, e uma previsão não tendenciosa. A diferença entre o valor previsto e o observado, desde o início do dia até às 6:45 horas, pode ser devido à condições climáticas (normalmente, temperatura), que deve ser ajustada em tempo-real.



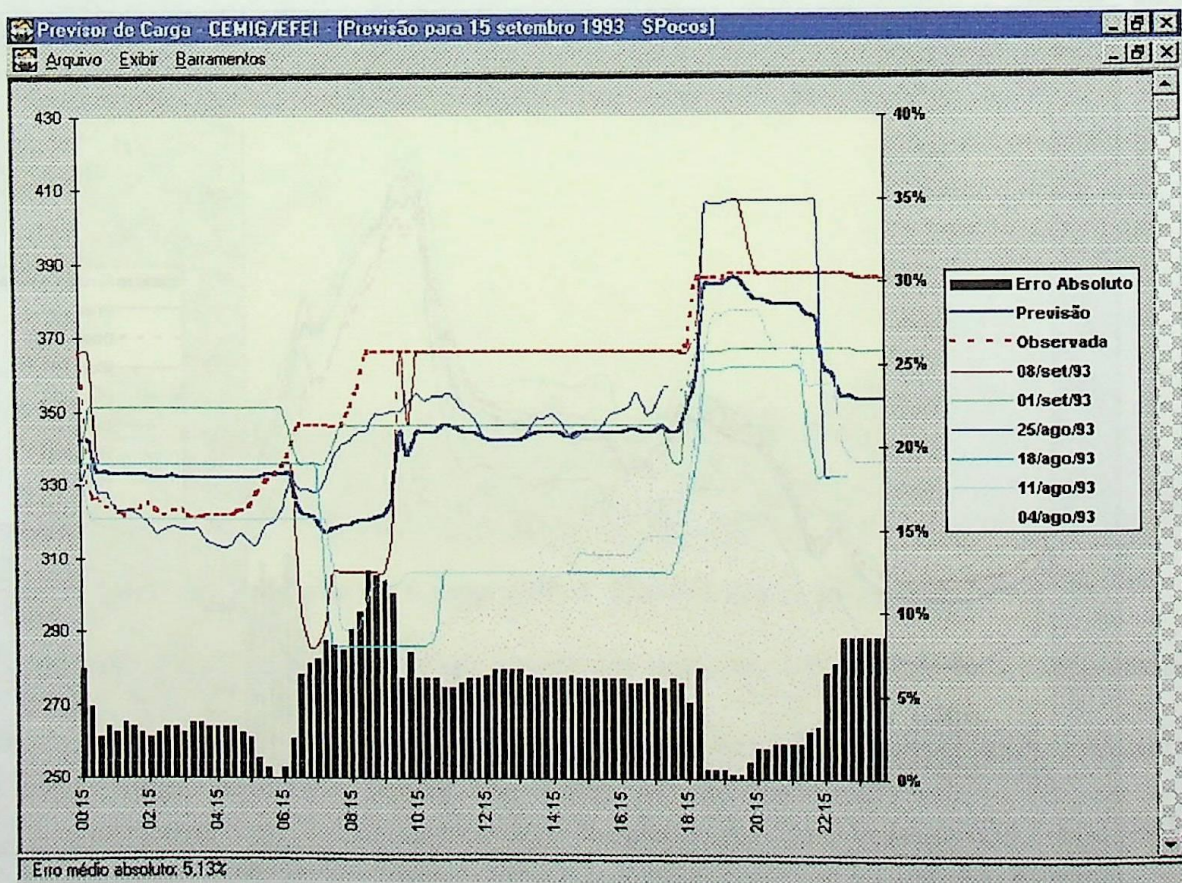
(a) Região Norte



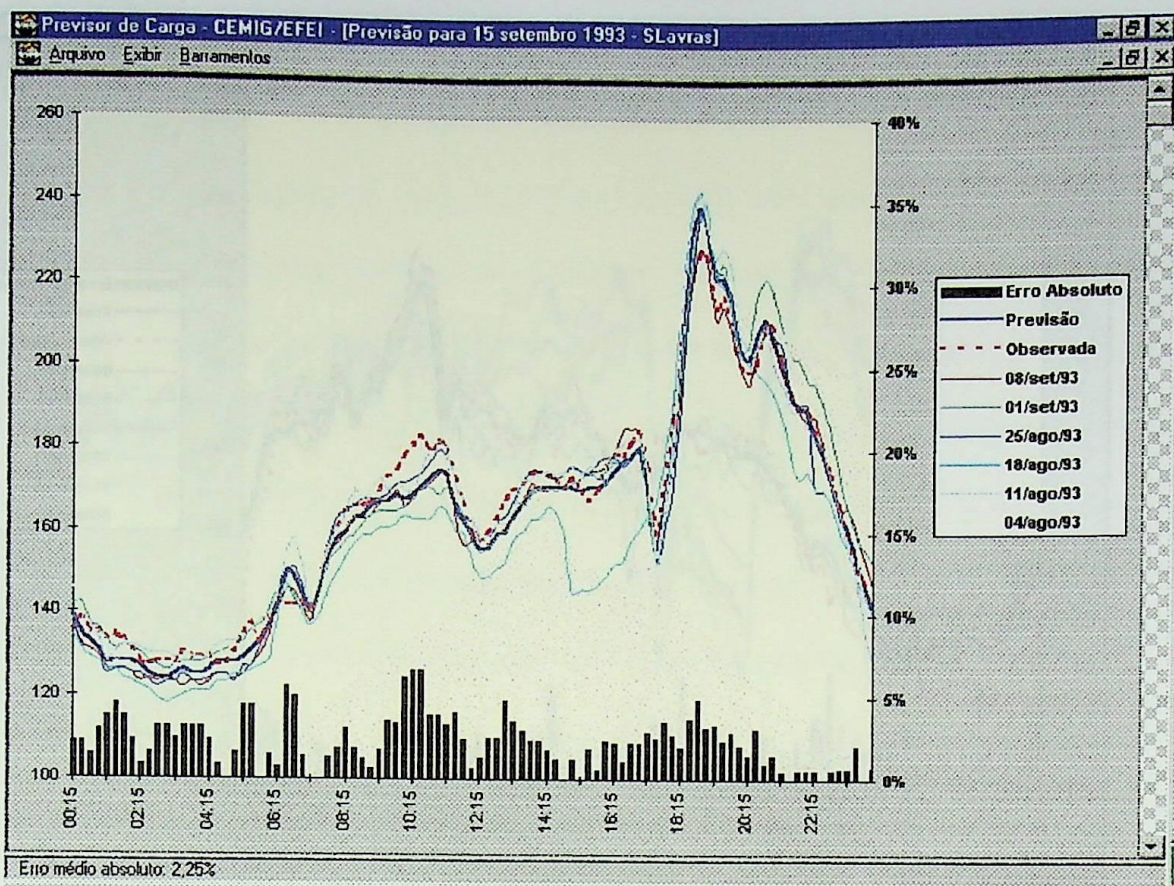
(b) Região Triângulo



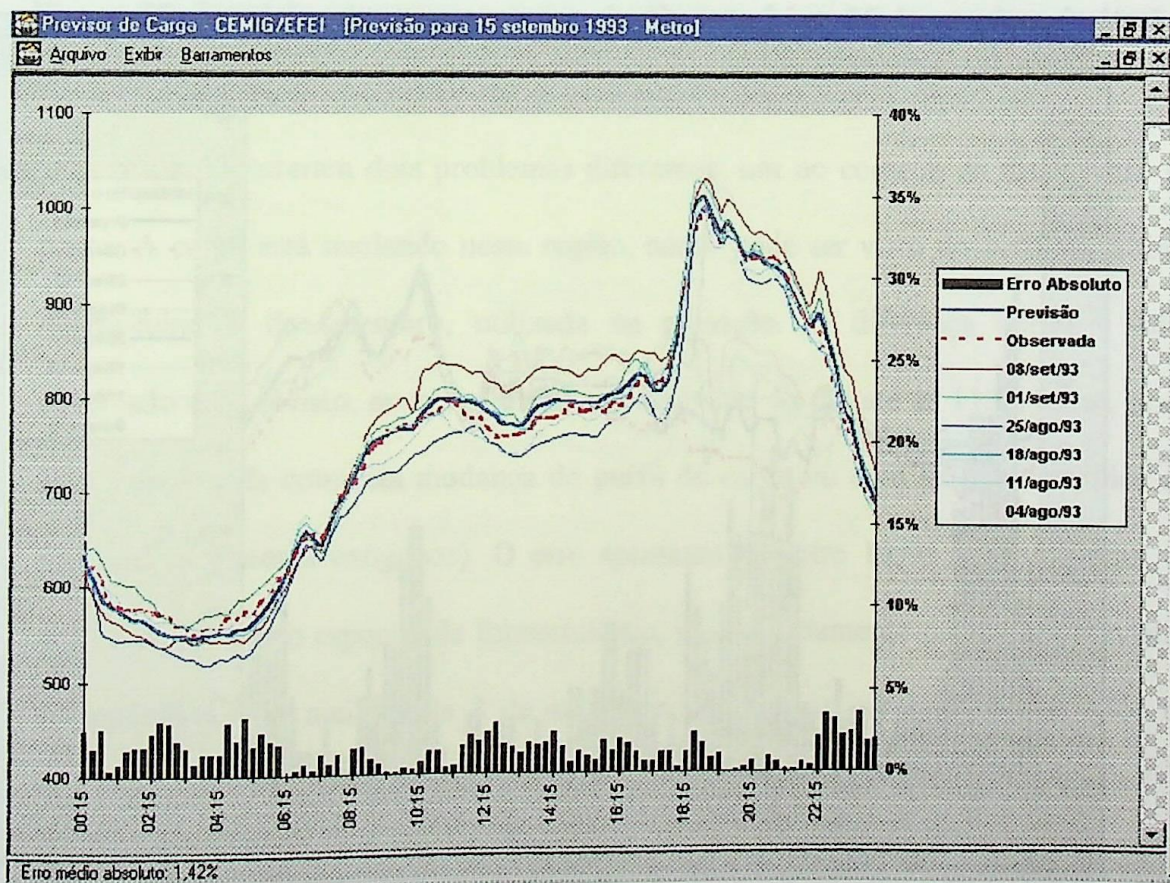
(c) Região Leste



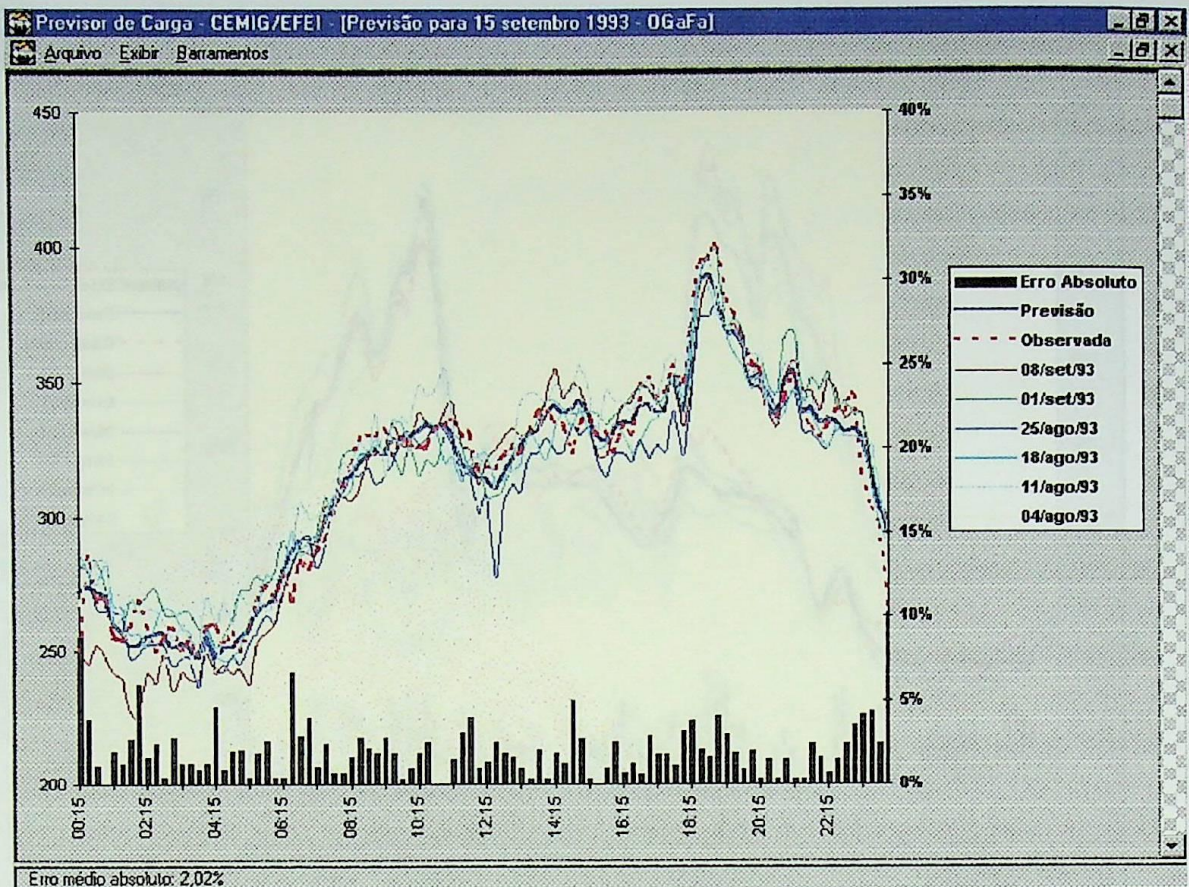
(d) Região Sul Poços



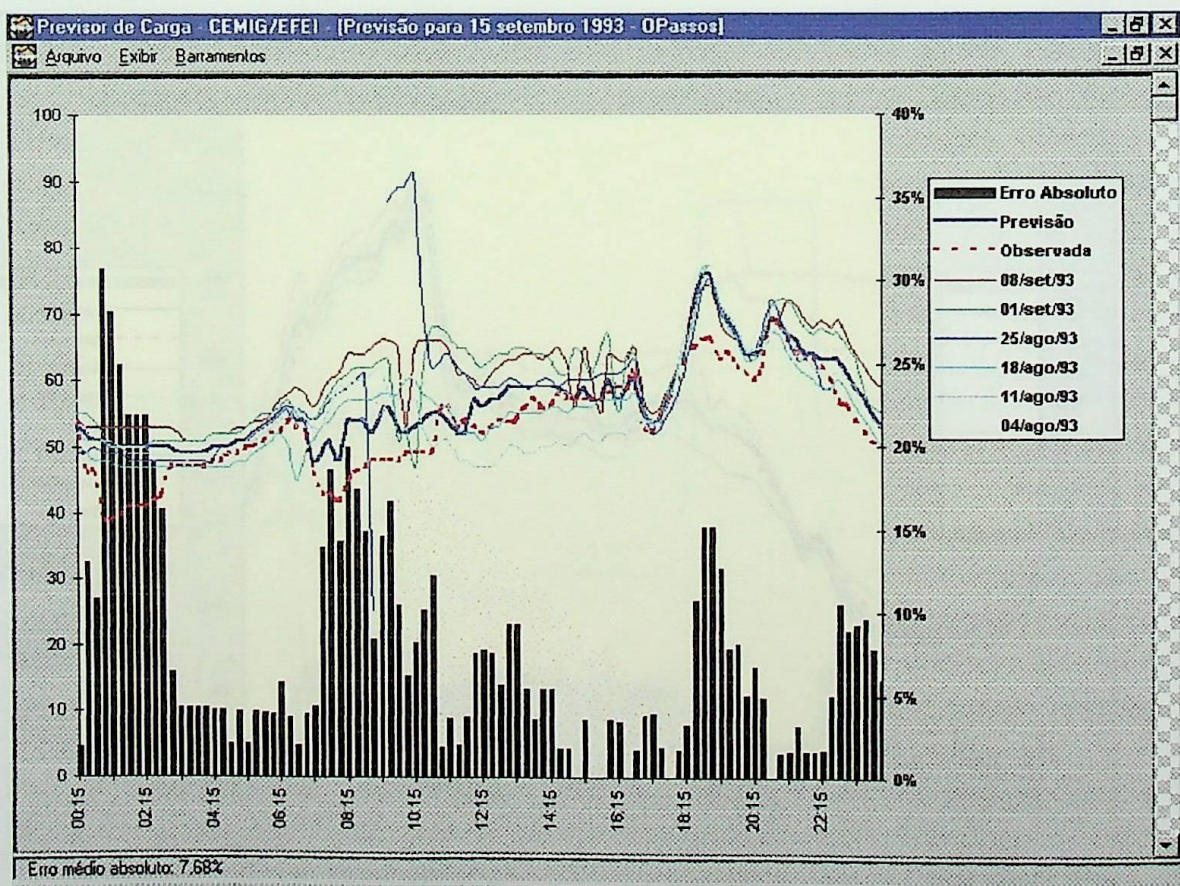
(e) Região Sul Lavras



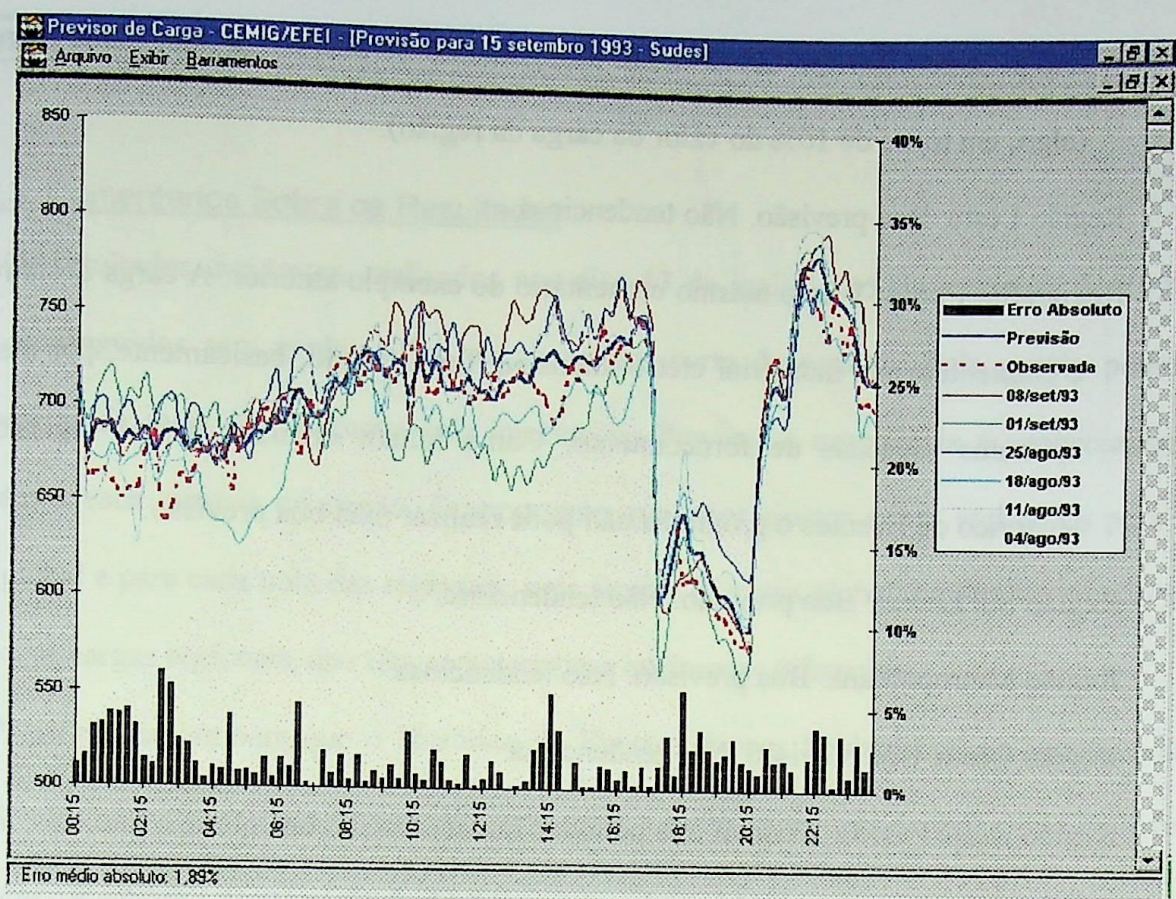
(f) Região Metropolitana



(g) Região Oeste



(h) Região Oeste Passos



(i) Região Sudeste

Figura 39: Previsões das cargas regionais. Quarta-feira, 15 de outubro de 1993

A análise qualitativa das previsões regionais é a seguinte:

Região Norte: Ocorreram dois problemas diferentes: um no começo do dia e outro na ponta. A carga está mudando nesta região, como pode ser visto no perfil da última quarta-feira, 8 de setembro, utilizada na previsão. A diferença entre o valor observado e o previsto, no período que vai do início do dia até às 11:00 horas, pode estar relacionada com esta mudança do perfil da carga ou com fatores ocorridos no dia anterior (fatores exógenos). O erro apresentado, entre 18:00 e 21:00 horas, se deve a um contrato especial de fornecimento, pois notadamente os valores previstos acompanham bem mais o dia 8 de setembro, do que os outros dias utilizados na previsão.

Região Triângulo: Boa previsão e não tendenciosa até o início do período de carga pesada, quando houve uma diferença constante entre o valor observado e previsto.

Isto pode ter ocorrido devido a um desligamento de uma carga importante na região (algo, em torno de 10% do valor da carga da região).

Região Leste: Boa previsão. Não tendenciosa.

Região Sul Poços: Vale o mesmo comentário do exemplo anterior. A carga desta região é eminentemente industrial eletro-intensiva, funcionando, basicamente, por meio de contratos especiais de fornecimento. Como faltam diversos desses registros no Histórico de Eventos o programa não pode realizar uma boa previsão.

Região Sul Lavras: Boa previsão. Não tendenciosa.

Região Metropolitana: Boa previsão. Não tendenciosa.

Região Oeste: Boa previsão. Não tendenciosa.

Região Oeste Passos: Existem três períodos que merecem comentários. São eles: a parte inicial do dia (até às 2:45 horas), pela manhã (de 7:30 às 10:45 horas) e no início da noite (de 18:30 às 20:30 horas). Nestes períodos ocorreram pequenas quedas nos valores da carga observada. É difícil saber a razão. Porém, como a carga média é pequena (algo em torno de 55 MW), a entrada ou saída de uma carga pode causar grandes variações.

Região Sudeste: Boa previsão. Não tendenciosa.

A Tabela 3 apresenta um resumo dos resultados das previsões realizadas neste item. O Anexo III apresenta o resultado completo das previsões.

Tabela 3: Resumo das Previsões do dia 15 de outubro de 1993

| Área | Erro Médio | Energia | | | Ponta | | |
|-----------|------------|----------|---------|--------|----------|---------|--------|
| | | Previsto | Observ. | Erro % | Prevista | Observ. | Erro % |
| Global | 1,57 % | 4079 | 4024 | 1,37 | 4678 | 4576 | 2,23 |
| Norte | 8,79 % | 496 | 462 | 7,36 | 536 | 545 | 1,65 |
| Triângulo | 3,58 % | 323 | 319 | 1,25 | 468 | 443 | 5,64 |
| Leste | 2,41 % | 628 | 637 | 1,41 | 754 | 775 | 2,71 |
| S. Poços | 5,13 % | 345 | 359 | 3,90 | 386 | 387 | 0,26 |
| S. Lavras | 2,25 % | 163 | 165 | 1,21 | 239 | 228 | 4,82 |
| Metrop. | 1,42 % | 748 | 745 | 0,40 | 1012 | 995 | 1,71 |
| Oeste | 2,02 % | 313 | 314 | 0,32 | 389 | 399 | 2,51 |
| O. Passos | 7,68 % | 57 | 53 | 7,55 | 76 | 69 | 10,14 |

| | | | | | | | |
|---------|--------|-----|-----|------|-----|-----|------|
| Sudeste | 1,89 % | 701 | 694 | 1,01 | 786 | 780 | 0,77 |
|---------|--------|-----|-----|------|-----|-----|------|

6.3.1.3. Comentários Sobre os Resultados

Os resultados dos testes, realizados nos dias 13 de junho e 15 de setembro de 1993, foram conseguidos sem nenhum tipo de ajuste por parte do usuário. Tais ajustes podem melhorar ainda mais os resultados pois inserem no Previsor a experiência e conhecimento inerentes a cada sistema ou região. É importante que estes ajustes sejam realizados para a carga global e para cada uma das regionais, pois ajustes da carga global, muitas vezes, não se aplicam às cargas regionais, que têm características intrínsecas diferentes.

Verificou-se também que o Histórico de Eventos é peça fundamental no processo de previsão, principalmente para cargas regionais, onde a saída ou entrada de uma carga pode ter um peso expressivo.

6.3.2. Previsão ao Longo do Ano

Esta seção apresenta um conjunto de 4 testes realizados ao longo do ano com a carga global da CEMIG. Seu objetivo é verificar o comportamento do método de previsão frente às diversas variações que ocorrem durante o ano. Foram escolhidas algumas segundas-feiras, pois sua carga é algo diferente dos outros dias da semana. Os testes foram feitos nos dias: 9 de janeiro, 24 de abril, 17 de julho, 9 de outubro e 4 de dezembro de 1995. Estas curvas estão mostradas a seguir:

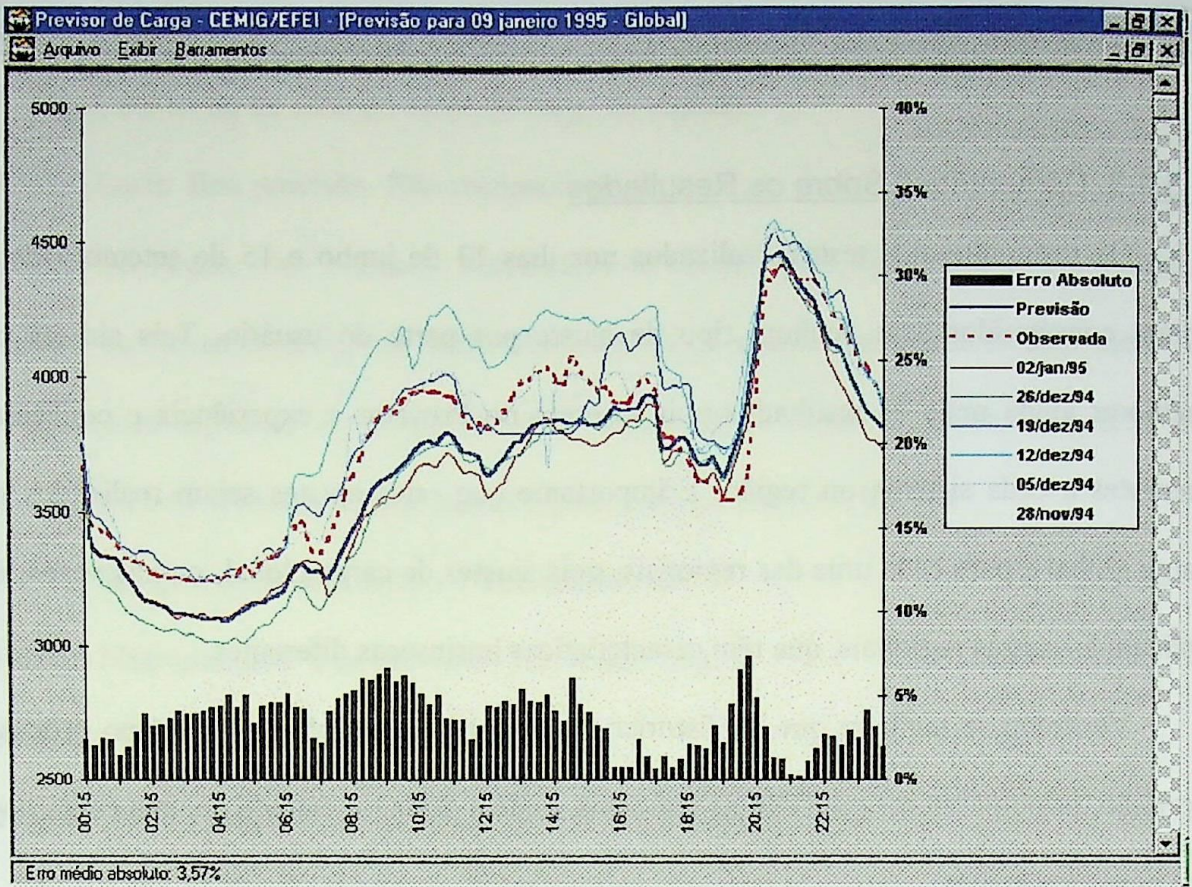


Figura 40: Previsão para o dia 9 de janeiro de 1995

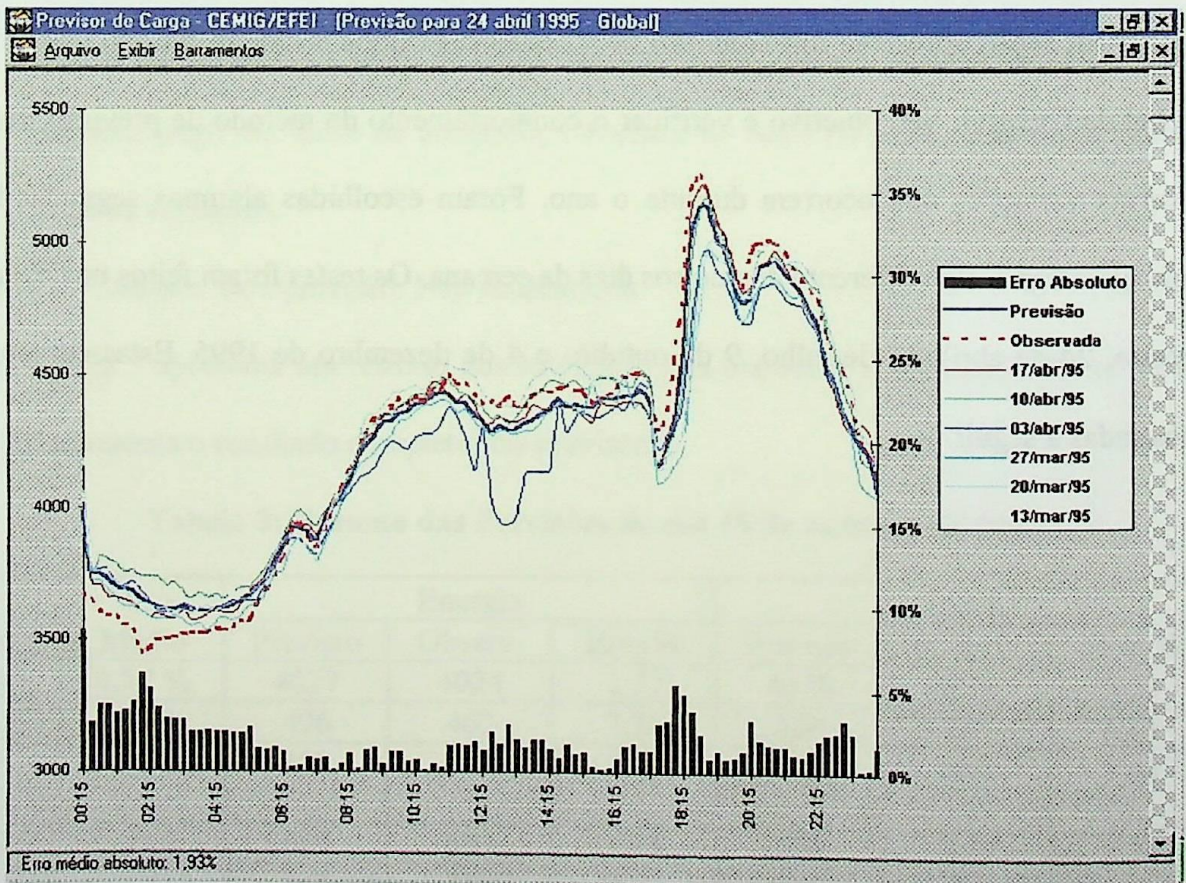


Figura 41: Previsão para o dia 24 de abril de 1995

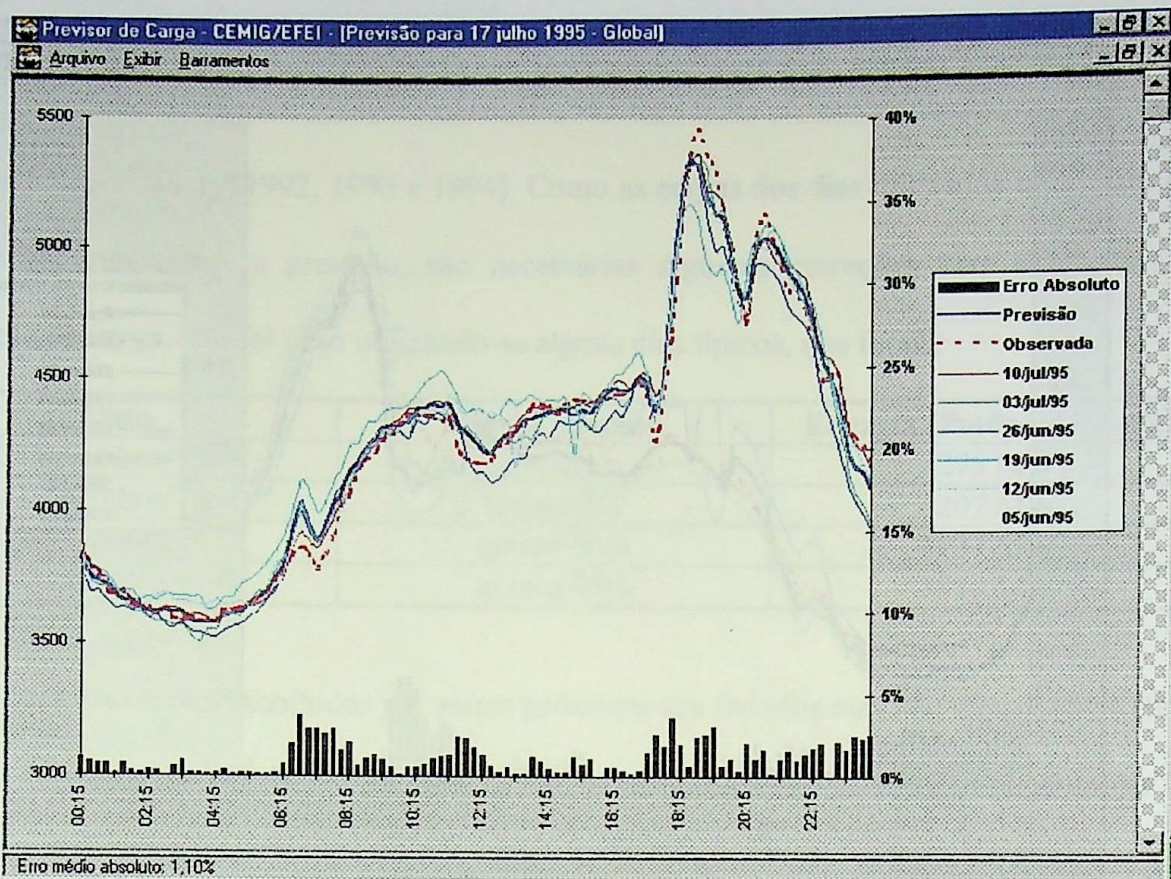


Figura 42: Previsão para o dia 17 de julho de 1995

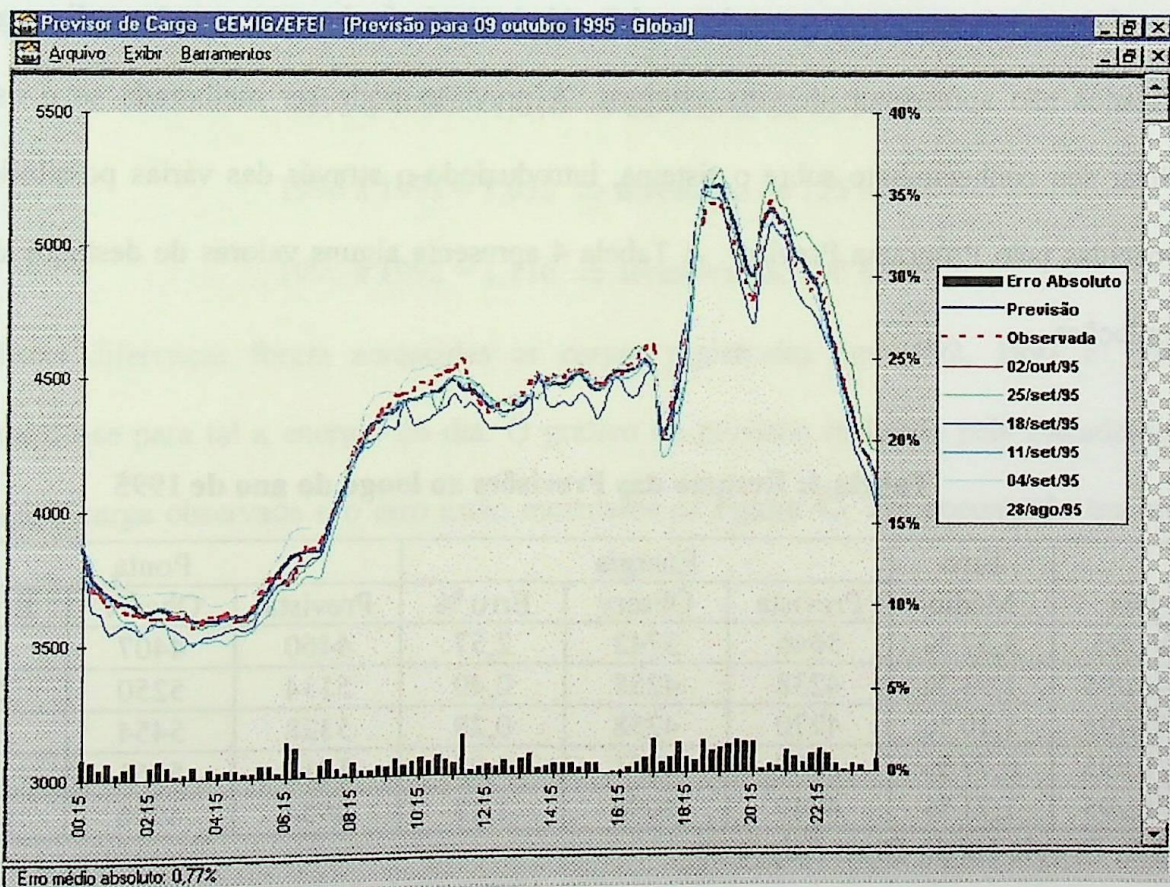


Figura 43: Previsão para o dia 9 de outubro de 1995

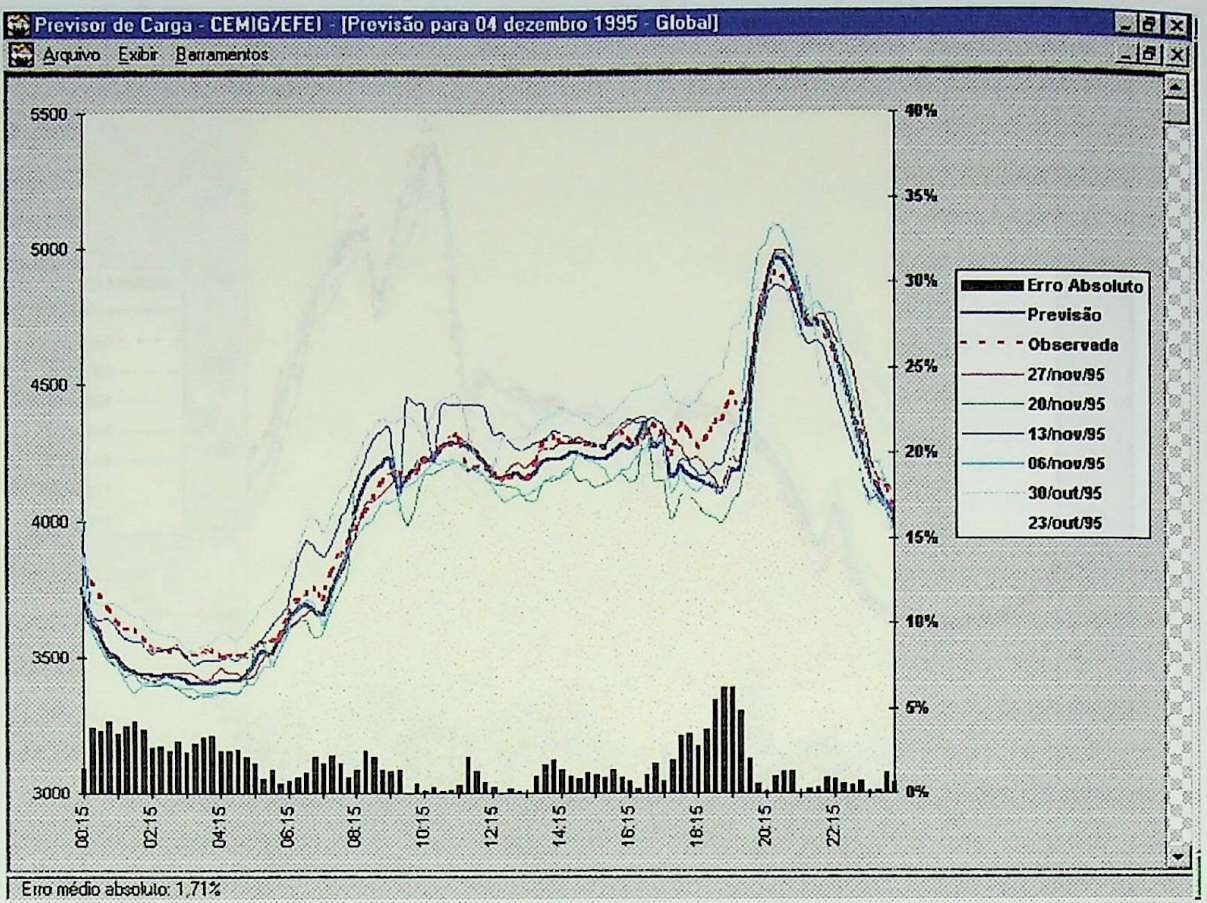


Figura 44: Previsão para o dia 4 de dezembro de 1995

Como pode ser visto, o erro de previsão é baixo, principalmente, quando os dias que são utilizados não apresentam desvios externos. A previsão pode ser melhorada se o usuário utilizar seu conhecimento sobre o sistema, introduzindo-o através das várias possibilidades fornecidas pelo Programa Previsor. A Tabela 4 apresenta alguns valores de destaque dessas simulações.

Tabela 4: Resumo das Previsões ao longo do ano de 1995

| Dia | Erro Médio | Energia | | | Ponta | | |
|---------|------------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | | Prevista | Observ | Erro % | Prevista | Observ | Erro % |
| 9/1/95 | 3,57 % | 3646 | 3742 | 2,57 | 4460 | 4407 | 1,20 |
| 24/4/95 | 1,93 % | 4238 | 4255 | 0,40 | 5134 | 5250 | 2,21 |
| 17/7/95 | 1,10 % | 4270 | 4258 | 0,28 | 5328 | 5454 | 2,31 |
| 9/10/95 | 0,77 % | 4289 | 4291 | 0,05 | 5218 | 5161 | 1,10 |
| 4/12/95 | 1,71 % | 4049 | 4096 | 1,15 | 4954 | 4906 | 0,98 |

6.3.3. Previsão de Dias Atípicos

Aqui foram escolhidos alguns dias atípicos para testar o processo de previsão. Serão explicados quais ajustes foram realizados e demonstradas as previsões finais.

6.3.3.1. Dia 7 de Setembro de 1995

A previsão para o dia 7 de setembro de 1995 foi realizada utilizando-se os três últimos dias da Independência (1992, 1993 e 1994). Como as cargas dos dias utilizados remontam de 1 a 3 anos anteriores a previsão, são necessárias algumas correções para compensar a evolução da carga. Isto foi feito utilizando-se alguns dias típicos, que foram:

| Data | Dia da Semana | Energia (Potência Média) |
|------------------|----------------------|---------------------------------|
| 05/setembro/1995 | terça-feira | 4275 MW |
| 13/setembro/1994 | terça-feira | 4207 MW |
| 09/setembro/1993 | quinta-feira | 4137 MW |
| 10/setembro/1992 | quinta-feira | 3830 MW |

Estes dias foram escolhidos por serem próximos aos feriados mas não afetados por eles. O dia 13 de setembro de 1994 foi escolhido em lugar de outros, na mesma semana do dia 7, pois como o feriado foi em uma quarta-feira, toda a semana poderia ter tido suas cargas afetadas por ele.

Com isto, verificou-se que a evolução “média” da carga no período seria:

$$1996 \text{ à } 1994 = 1,016 \Rightarrow \text{acrécimo de } 62 \text{ MW}$$

$$1996 \text{ à } 1993 = 1,033 \Rightarrow \text{acrécimo de } 125 \text{ MW}$$

$$1996 \text{ à } 1992 = 1,116 \Rightarrow \text{acrécimo de } 390 \text{ MW}$$

Estas diferenças foram acrescentadas as cargas registradas em 1992, 1993 e 1994, aumentando-se para tal a energia do dia. O gráfico da previsão realizada pela metodologia proposta, a carga observada e o erro estão mostrados na Figura 45. Foi encontrado em erro médio de 2,88%.

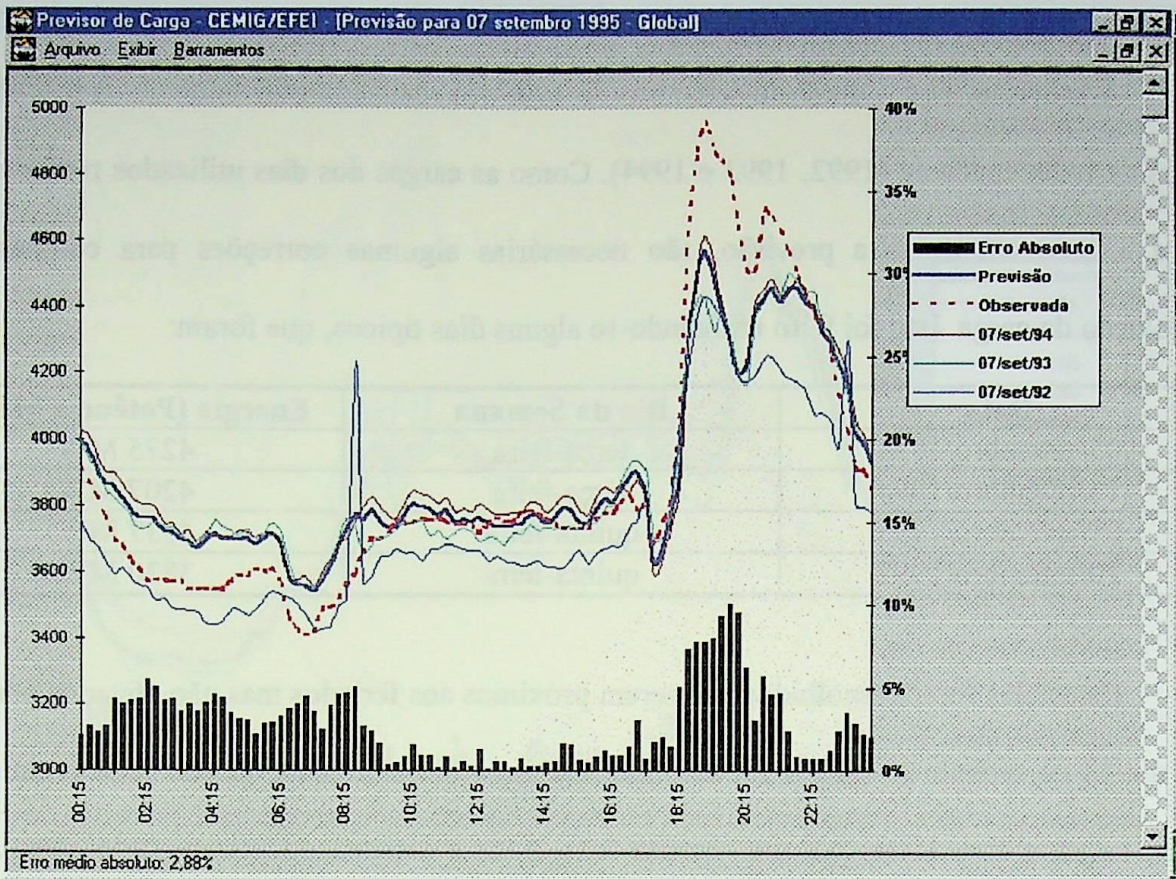


Figura 45: Previsão do Dia 7 de Setembro de 1995

6.3.3.2. Dia 25 de Dezembro de 1995

Neste exemplo, semelhante ao anterior, o mesmo procedimento de ajuste foi feito. As carga dos Natais de 1992 a 1994 foram acrescidas das mesmas diferenças calculadas no exemplo anterior, 390, 125 e 62 MW, respectivamente. A Figura 46 apresenta a previsão para o dia 25 de dezembro de 1995, que teve erro médio de 4,01%.

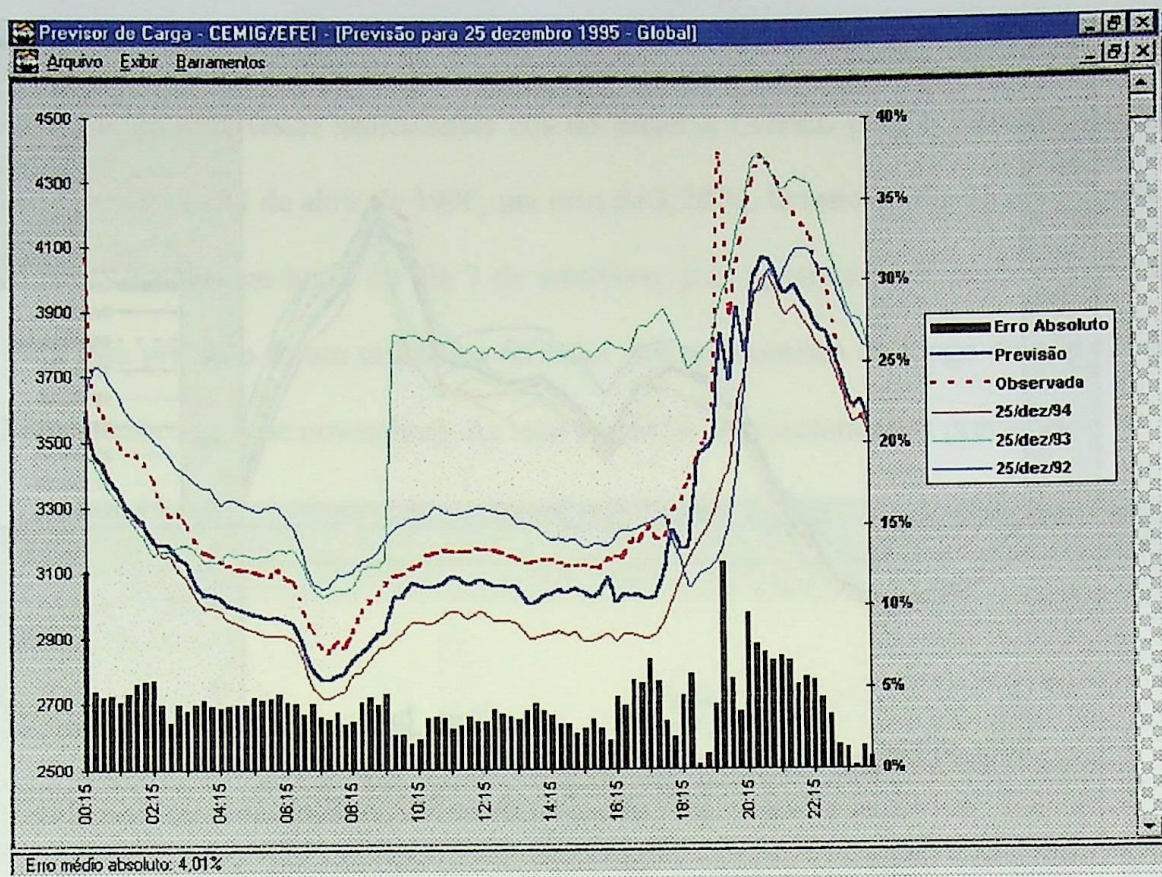


Figura 46: Previsão do Dia 25 de Dezembro de 1995

6.4. TESTE NO SISTEMA COPEL

Esta seção apresenta algumas previsões para o Sistema da COPEL, para os dias 24 de abril (típico) e 7 de setembro (atípico) de 1996. Foi utilizada uma base de dados com os anos de 1994 a 1996, sem nenhuma descrição de Eventos, fato que dificulta a previsão. Entretanto, a previsão continua boa, tendo erros, para estes dias, de 1,85 % e 2,80 %, respectivamente. A Figura 47 e a Figura 48 apresentam o gráfico dessas previsões. Como foi utilizado o programa desenvolvido para a CEMIG, este nome aparece no alto da tela.

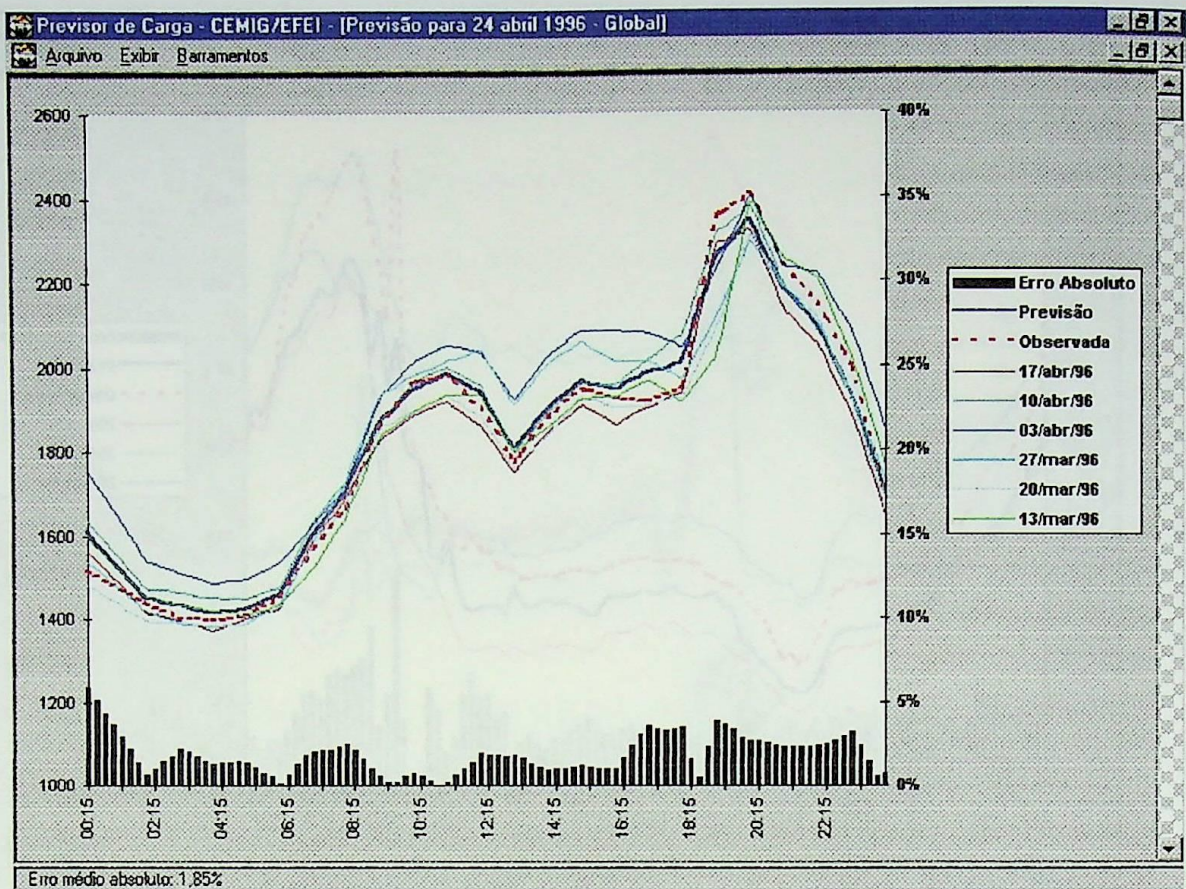


Figura 47: Previsão do Dia 24 de Abril de 1996. Sistema COPEL.

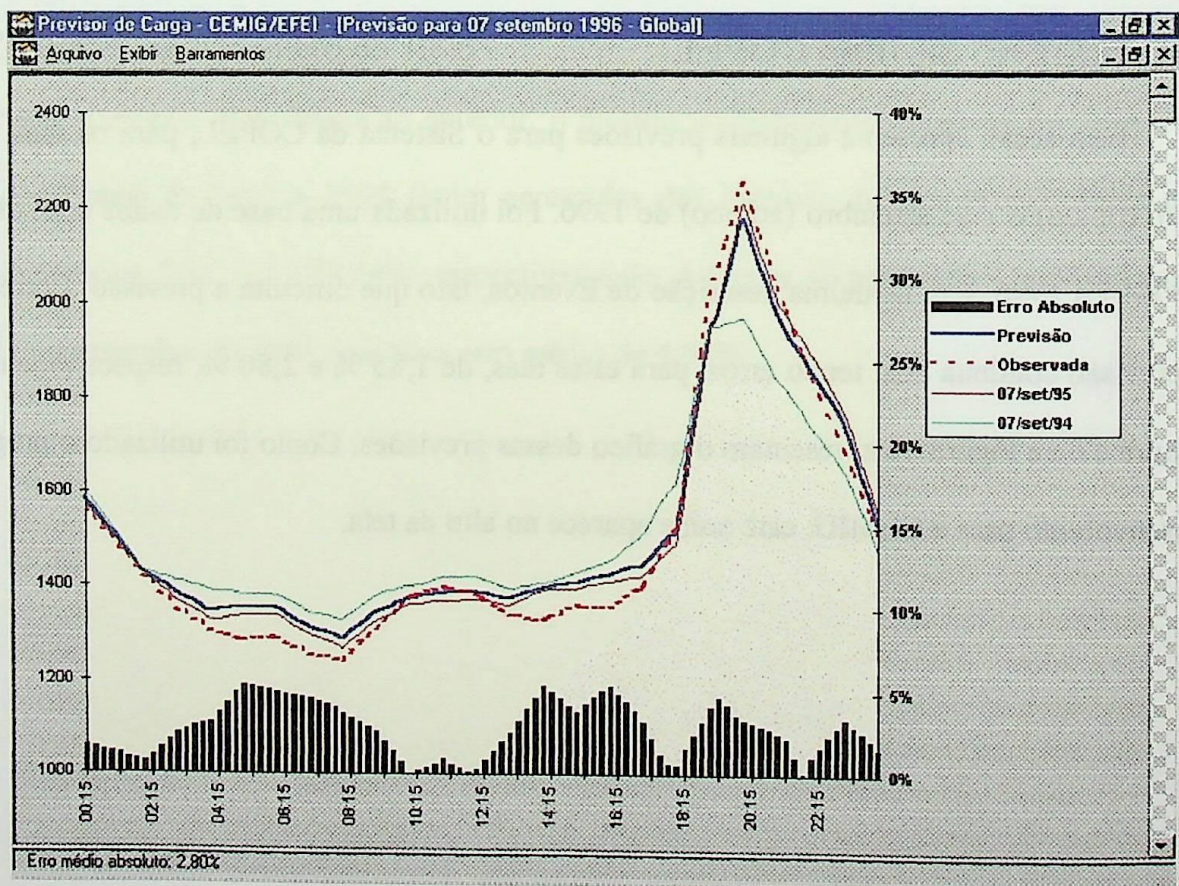


Figura 48: Previsão do Dia 7 de Setembro de 1996. Sistema COPEL.

6.5. TESTE DO SISTEMA CHESF

Foram realizados testes semelhantes aos do Sistema COPEL para o Sistema CHESF, obtendo-se para o dia 24 de abril de 1996, um erro de 2,28 %. O teste do dia 25 de dezembro de 1996 foi realizado, em lugar do dia 7 de setembro, pois somente se dispunha do ano de 1996. Para esta previsão foram utilizados feriados que aconteceram ao longo do ano (21 de abril, 7 de setembro e 15 de novembro). As telas seguintes apresentam estas previsões.

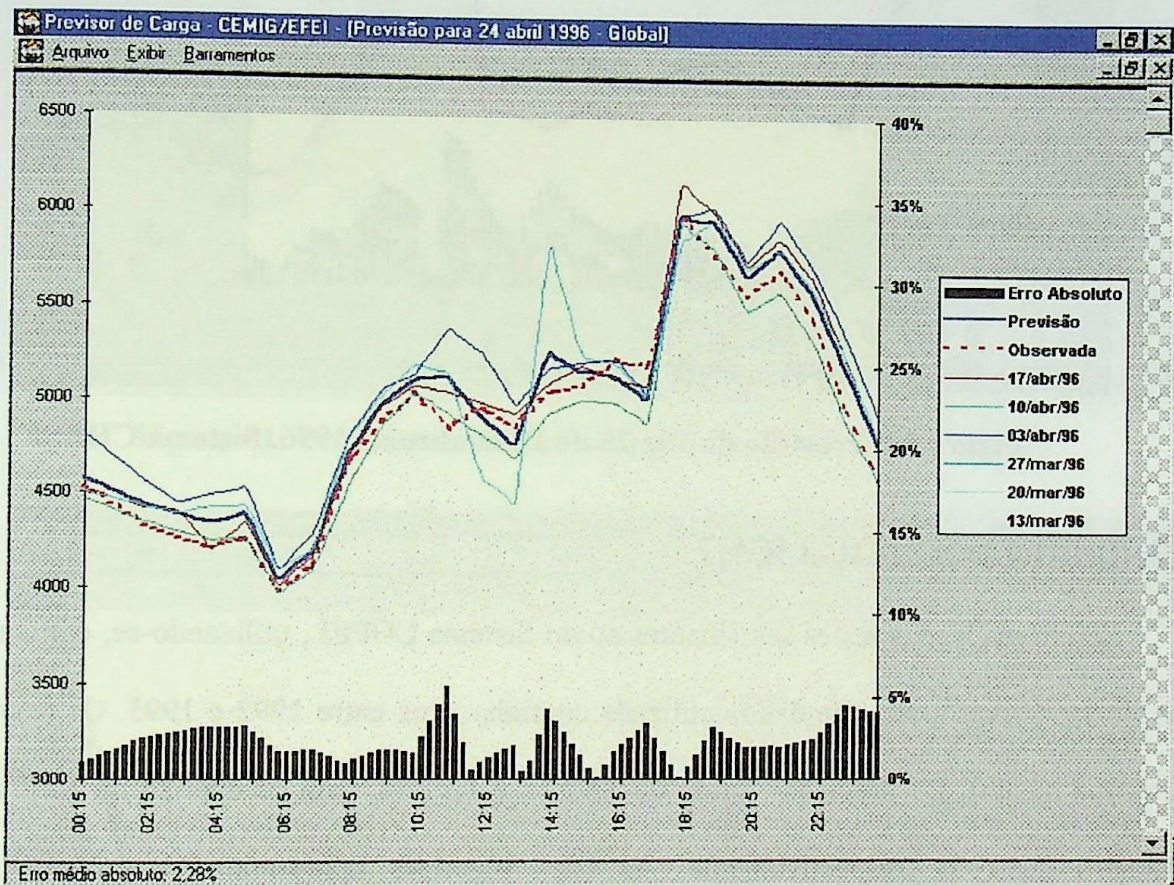


Figura 49: Previsão da Dia 24 de abril de 1996. Sistema CHESF



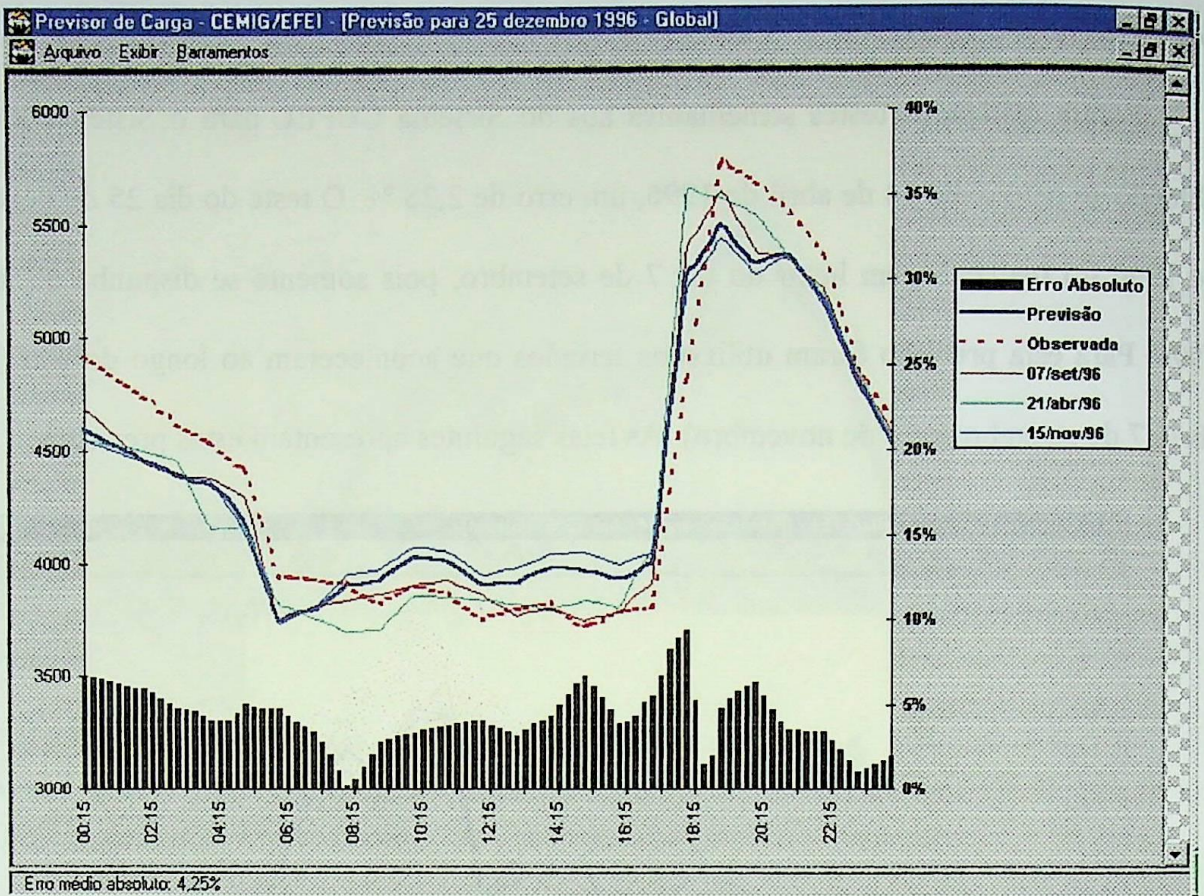


Figura 50: Previsão do Dia 25 de Dezembro de 1996. Sistema CHESF

6.6. TESTE DO SISTEMA LIGHT

Foram realizados testes semelhantes ao do Sistema COPEL, utilizando-se, entretanto, o ano de 1995, pois a base de dados utilizada continha anos entre 1992 e 1995. Os resultados dos erros médios das previsões foram de 1,92 % e 1,91 %, para os dias 24 de abril e 7 de setembro de 1995, respectivamente. As telas seguintes apresentam os gráficos destas previsões.

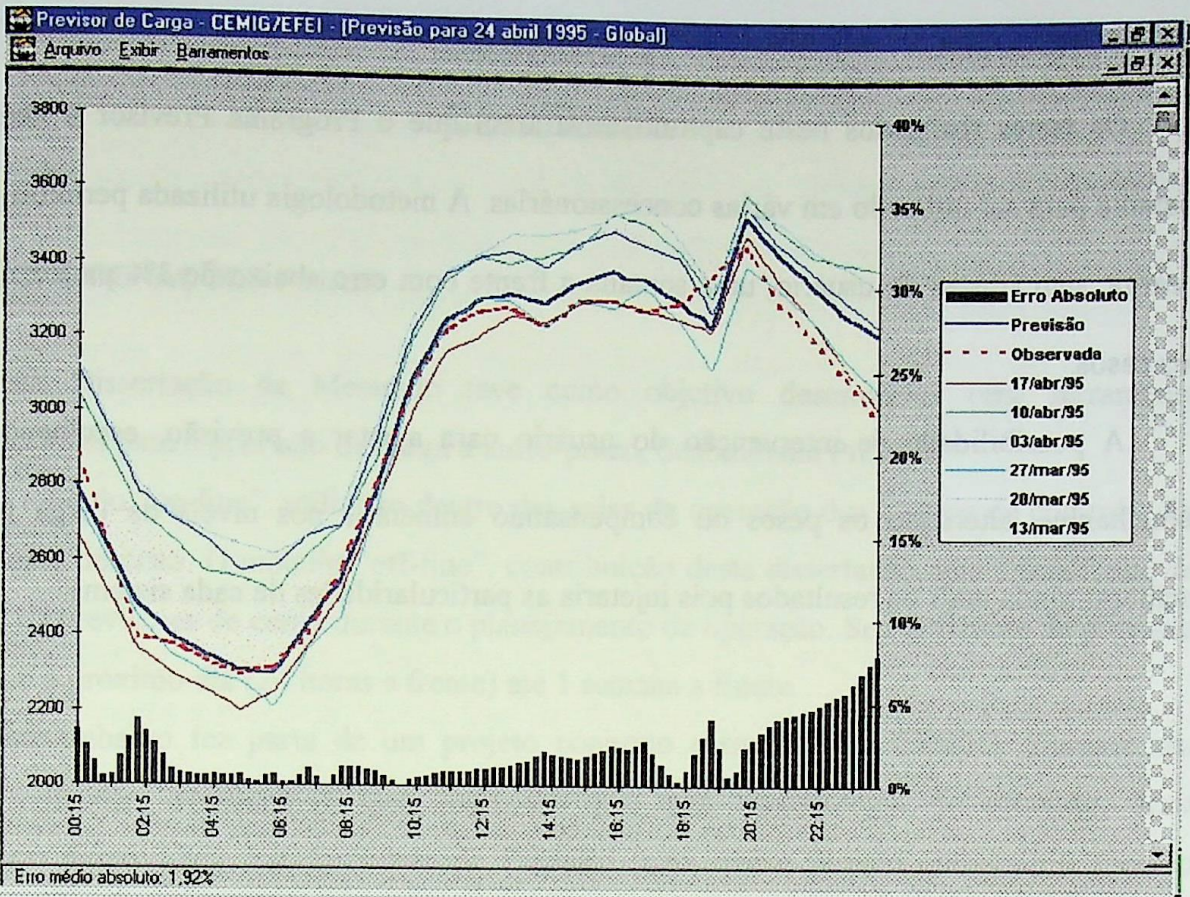


Figura 51: Previsão do Dia 24 de Abril de 1995. Sistema LIGHT

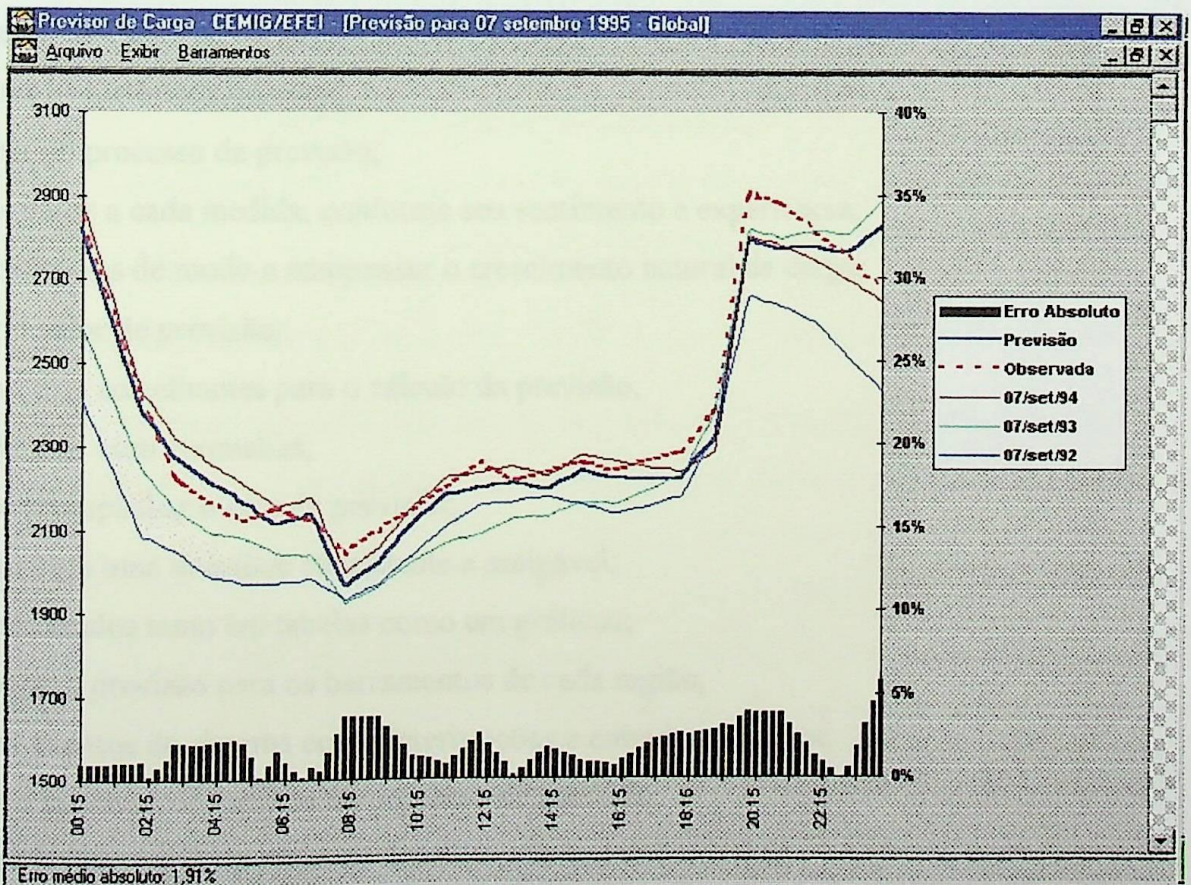


Figura 52: Previsão do Dia 7 de Setembro de 1995. Sistema LIGHT

6.7. CONCLUSÕES

Os testes realizados neste capítulo mostraram que o Programa Previsor é versátil o bastante para ser utilizado em várias concessionárias. A metodologia utilizada permitiu prever a carga, sem ajustes do usuário, uma semana a frente com erro abaixo de 3% para a maioria dos casos.

A possibilidade de intervenção do usuário para ajustar a previsão, escolhendo dias semelhantes, alterando os pesos ou compensando aumentos nos níveis de carga poderia melhorar ainda mais os resultados pois injetaria as particularidades de cada sistema.

Capítulo 7.

Conclusão

7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta Dissertação de Mestrado teve como objetivo desenvolver uma ferramenta computacional para a previsão de carga a curto-prazo, denominada Previsor.

O módulo “on-line”, utilizado dentro das salas de operação dos centros de controle, foi brevemente descrito. O módulo “off-line”, contribuição desta dissertação, tem a finalidade de auxiliar os previsores de carga durante o planejamento da operação. Seu horizonte de previsão vai desde o próximo dia (24 horas a frente) até 1 semana a frente.

Este trabalho fez parte de um projeto conjunto entre EFEI e CEMIG. Durante seu desenvolvimento, verificou-se que, mais do que uma metodologia de previsão, seria necessário desenvolver um Ambiente de Previsão, para que o projeto obtivesse o sucesso esperado. Este ambiente deveria, de maneira rápida e fácil, possibilitar ao usuário:

obter uma previsão para o dia desejado, sem a necessidade de intervenção;

armazenar os dados de carga global e por região;

consultar os históricos de carga;

interferir no processo de previsão;

atribuir pesos a cada medida, conforme seu sentimento e experiência;

deslocar curvas de modo a compensar o crescimento natural da carga;

ajustar o valor de previsão;

escolher dias semelhantes para o cálculo da previsão;

eliminar dias com anomalias;

medir e acompanhar o erro de previsão;

interagir com uma interface consistente e amigável;

exibir resultados tanto em tabelas como em gráficos;

desagregar a previsão para os barramentos de cada região;

registrar eventos do sistema como interrupções e entradas de carga;

utilizar o histórico de eventos no processo de previsão;

elaborar várias previsões antes de escolher uma como definitiva;

gerar relatórios para serem analisados e enviados; entre outras.

7.2 REAÇÕES DOS USUÁRIOS DO PROGRAMA PREVISOR

O desenvolvimento do Programa Previsor teve apoio da CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), que forneceu dados reais e informações valiosas sobre o seu processo de previsão de carga. Este programa está agora em funcionamento nesta companhia.

A interface amigável do módulo “off-line” foi construída com o auxílio dos engenheiros e técnicos da CEMIG, responsáveis pela previsão de carga, durante o planejamento da operação do sistema.

Após o estudo da estrutura e da forma com que eles realizavam a previsão, foram construídas diversas interfaces que evoluíram ao longo do tempo com as sugestões dos previsores. A forma final do pacote computacional foi descrita neste trabalho.

É interessante notar que, diversos anseios dos chefes do departamento responsável pela previsão de carga, bem como dos usuários do sistema, foram atendidos e algumas formas de trabalho foram modificadas para melhor. Isto aconteceu devido as longas discussões sobre a melhor forma de executar o processo de previsão.

Atualmente, a CEMIG utiliza este programa extensivamente, tendo abandonado seu antigo processo de previsão. Como pontos de interesse que marcaram os usuários do sistema, pode-se citar:

a flexibilidade da interface

a possibilidade de inclusão do conhecimento no processo de previsão;

a simplificação dos procedimentos de previsão de carga; e

os baixos erros de previsão apresentados pelo programa.

7.3 TRABALHOS FUTUROS

Não obstante o Programa Previsor estar sendo utilizado com sucesso pela CEMIG, algumas novas funções podem ser desenvolvidos e incorporados ao programa. Como exemplos destes novos módulos, pode-se citar:

a busca inteligente de dias semelhantes;

a fusão do módulo “on-line” no pacote computacional do módulo “off-line”, visando permitir

a realização de estudos conjuntos entre previsor e operador; e,

a utilização de mais fatores climáticos, tais como: umidade e grau pluviométrico.

Capítulo 8.

Referências Bibliográficas

1. IEEE Committee Report - "Load Forecast Bibliography - Phase I", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-99, No. 1, pp. 53-58, Jan./ Feb. 1980.
2. IEEE Committee Report - "Load Forecast Bibliography - Phase II", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No. 7, pp. 3217-3220, July 1981.
3. M.S. Sachedev, R. Billinton e C.A. Peterson - "Representative Bibliography on Load Forecasting", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-96, No. 2, pp. 697-700, Mar./ Apr. 1977.
4. G. Gross e F.D. Galiana - "Short Term Load Forecasting", Proceedings of IEEE, Vol. 75, No. 12, pp. 1558-1573, Dec. 1987.
5. D.W. Bunn e E.D. Farmer - "Comparative Models for Electrical Load Forecasting", *John Wiley & Sons*, 1985.
6. M.A. Abu-El-Magd e N.K. Sinha - "Short Term Load Demand Modeling and Forecasting: A Review", IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, Vol. SMC-12, No. 3, pp. 370-382, May/June 1982.
7. R. Fildes - "Quantitative Forecasting-the State of the Art: Explorative Models", Journal of Operational Research Society, Vol. 30, No. 8, pp. 691-710, 1979.
8. CIGRÉ Working Group 39.03 - "Present Practices on Load Forecasting and Load Management: A Survey", Electra, No. 145, Dec. 1992.
9. M.B. do Coutto Filho, A. Soares e M.Th. Schilling - "Análise Comparativa de Métodos de Previsão de Carga a Curto-Prazo", XI SNPTEE, Grupo X, RJ/GOP/15, Rio de Janeiro, 1991.
10. S. Rahman e I. Drezga - "Identification of a Standard for Comparing Short-Term Load Forecasting Techniques", Electric Power Systems Research, Vol. 25, pp. 149-158, 1992.
11. Informe Técnico da CEMIG - Relatório de Atividades de 1995.

12. S.V. Bajay - "Long-Term Electricity Demand Forecasting Models: A Review of Methodologies", Electric Power Systems Research, Vol.6, pp. 243-257, 1983.
13. R.S. Matos, A.F. Cardoso, M.E.V. Fleury e G.M. Filho - "Análise das Curvas de Carga sob Enfoques Operativos e Econômicos", IX SNPTEE, Grupo X, BH/GOP/06, Belo Horizonte, Outubro 1987.
14. T.N. Goh, H.L. Ong e Y.O. Lee - "A New Approach to Statistical Forecasting of Daily Peak Power Demand", Electrical Power Systems Research, Vol. 10, No. 2, pp. 145-148, Mar 1986.
15. S.L. Corpening, N. D. Reppen e R. J. Ringlee - "Experience with Weather Sensitive Load Models for Short and Long-Term Forecasting", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-92, No. 6, pp.1966-1972, Nov./Dec. 1973.
16. P.C. Gupta - "A Stochastic Approach to Peak Power Demand Forecasting in Electric Utility Systems", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-90, Mar./Apr. 1971.
17. P.D. Mathewman e H. Nicholson - "Techniques for Load Prediction in the Electricity-Supply", Proceedings of IEE, Vol. 115, No. 10, pp. 1451-1457, 1968.
18. G.T. Heinemann, D. A. Nordman e E. C. Plant - "The Relationship between Summer Weather and Summer Loads - A Regression Analysis", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-85, pp. 1144-1154, Nov. 1966.
19. H. Muller - "Classification of Daily Load Curves by Cluster Analysis", Proc. 8th Power Systems Computation Conference (PSCC), Helsinki, Finland, pp. 381-388, Aug. 1984.
20. A.S. Dehdashti, J.R. Tudor e M. C. Smith - "Forecasting of Hourly Load by Pattern Recognition - A Deterministic Approach", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-101, No. 9, pp. 3290-3294, Sept. 1982.
21. H. Muller - "Short-Term Load Prediction in Electric Power Systems", In: Operations Research in Progress, *D. Reidel*, 1982, pp. 459-477.
22. T.S. Dillon, K. Morsztyn e K. Phula - "Short Term Load Forecasting Using Adaptive Pattern Recognition and Self Organizing Techniques", Proc. 5 th Power Systems Computation Conference (PSCC), Cambridge, Vol. 1, Paper 2.4/3, Sept. 1975.

23. K. Jabbour, J.F.V. Riveros, D. Landsbergen e W. Mayer - "ALFA: Automated Load Forecasting Assistant", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 3, pp. 908-914, 1988.
24. Y.H. Pao - "Adaptive Pattern Recognition and Neural Networks", *Addison Wesley*, 1989.
25. H.R. Fankhauser - "A Novel Approach to On-line Short and Intermediate-term Load Forecasting", Proc. 8th Power Systems Computation Conference (PSCC), Helsinki, Finland, pp. 376-380, Aug 1984.
26. A. Quintana, J. Gomez e N.D. Reppen - "Intergration of an Adaptive Short-Term Load Forecast Procedure into a New Energy Control Center", Proc. 6th Power Systems Computation Conference (PSCC), Darmstadt, FRG, pp. 426-431, Aug. 1978.
27. S.R. Brubacher e G. Turnicliffe-Wilson - "Interpolating Time Series With Applications to the Estimation of Holiday Effects on Eletricity Demand", Applied Statistics, Vol. 25, pp. 107-116, 1976.
28. R.P. Thompson - "Weather Sensitive Eletric Demand and Energy Analysis on a Large Geographically Diverse Power System-Application to Short Term Hourly Eletric Demand Forecasting", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Power App. Syst., Vol. PAS-95 No. 1, pp. 385-393, Jan./ Feb. 1976.
29. K.L.S. Sharma e A.K. Mahalanabis - "Recursive Short-term Load Forecasting Algorithm", Proc. of IEE, Vol. 121, pp. 59-62, Jan. 1974.
30. W.R. Christiaanse - "Short-term Load Forecasting Using General Exponential Smoothing", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-90, No. 2, pp. 900-911, Mar./Apr. 1971.
31. D.P. Lijesen e J. Rosing - "Adaptive Forecasting of Hourly Load Based on Load Measurements and Weather Information", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-90, No. 4, pp. 1757-1767, July/Aug. 1971.
32. S. Rahman e R. Bhatnagar - "An Expert Systems Based Algorithm for Short Term Load Forecast", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 3, No. 2, pp. 392-398, May 1988.

33. G. Lambert Torres, A.P. Alves da Silva, J. Haddad e L.O. Mattos dos Reis - "Um Sistema Híbrido para a Previsão de Carga a Curto-Prazo", 1º Congresso Brasileiro de Redes Neurais, Itajubá, Outubro 1994.
34. G. Lambert-Torres, B. Valiquette e D. Mukhedkar - "Short Term Feeder Load Forecasting: An Expert Systems Using Fuzzy Logic", International Symposium on Power Systems, Aug. 1989.
35. Y. I. Park e J.K. Park - "An Expert System for Short Time Load Forecasting by Fuzzy Decision", Proc. 2nd. Symposium on Expert Systems Application to Power Systems (ESAPS), Seattle, USA, 1989, pp. 244-250.
36. S. Rahman e G. Shrestha - "A Generalized Knowledge-Based Short-Term Load Forecasting Techniques", IEEE PES Winter Meeting, New York, USA, Paper No. 92 WM 124-8 PWRs, 1992.
37. H. Saitoh, T. Shoji, H. Yamamoto e J. Toyoda - "Ruled-Based Short-Term Load Forecast Emphasizing Temperature Effects", Third Symposium on Expert Systems Application to Power Systems, Tokyo-Kobe, Japan, pp. 44-50, April 1991.
38. S. Rahman e M. Lauby - "Expert Systems and their Role in Power System Planning", Expert Systems Applications for the Electric Power Industry Conference, Boston, USA, 1991.
39. A.P. Alves da Silva, A.M. Leite da Silva, J.C.S. de Souza e M.B. do Coutto Filho - "State Forecasting Based on Artificial Neural Networks", Proc. 11th Power Systems Computation Conference (PSCC), Avignon, France, 1993.
40. T.M. Peng, N.F. Hubele e G.G. Karady - "An Adaptive Neural Network Approach to One-Week Ahead Load Forecasting ", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8, No. 3, Aug. 1993.
41. D.D.Highley e T.J. Hilmes - "Load Forecasting by Artificial Neural Networks", IEEE Computer Applications in Power, Vol. 6, No. 3, pp. 10-15, July 1993.
42. C.N. Lu, H.T. Wu e S. Vemuri - "Neural Network Based Short Term Load Forecasting", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8, No. 1, pp. 336-343, Feb. 1993.

43. S.T. Chen, D.C. Yu e A.R. Moghaddamjo - "Weather Sensitive Short-term Load Forecasting using Non-fully Connected Artificial Neural Network", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 7, pp. 1098-1105, 1992.
44. T.M. Peng, N.F. Hubele e G.G. Karady - "Advancement in the Application of Neural Networks for Short-Term Load Forecasting", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 3, pp. 250-257, 1992.
45. K.Y. Lee, Y.T. Cha e J.H. Park - "Short-Term Load Forecasting Using an Artificial Neural Network", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 1, pp. 124-132, February 1992.
46. G. Lambert-Torres, C.O. Traore, F.G. Mandolesi e D. Mukhedkar - "Short-term Load Forecasting Using a Fuzzy Engineering Tool", Proc. 1st International Forum on Applications of Neural Networks to Power Systems, Seattle, USA, 1991.
47. G.E.P. Box e G.M. Jenkins - "Time Series Analysis: Forecasting and Control", *Holden Day*, 1970.
48. R.L. Kashyap e A.R. Rao - "Dynamic Stochastic Models from Empirical Data", New York, *Academic Press*, 1976.
49. B. Abraham e J. Ledolter - "Statistical Methods for Forecasting", *John Wiley & Sons*, 1983.
50. M.A. Abul-El-Magd e N.K. Sinha - "Two New Algorithms for On-line Modeling and Forecasting of the Load Demand of Multi-mode Power Systems", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No. 7, pp. 3246-3252, July 1981.
51. I. Moghram e S. Rahman - "Analysis and Evaluation of Five Short Term Load Forecasting Techniques", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 4, pp. 1484-1491, 1989.
52. R. Campo e P. Ruiz - "Adaptive Weather Sensitive Short Term Load Forecast", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 2, pp. 592-600, 1987.
53. G.D. Irisarri, S.E. Widergren e P.D. Yehsakul - "On-line Load Forecasting for Energy Control Center Application", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS -101, No. 1, pp. 71-78, Jan. 1982.

54. L.A. Zadeh - "Fuzzy Sets", Information and Control, Vol. 8, pp.338-353, 1965.
55. M. F. Tenorio and W. -T. Lee : "Self-Organizing Network for Optimum Supervised Learning", IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 1, No. 1, March 1990.
56. S. J. Farlow : Self-Organizing Methods in Modeling, Marcel Dekker, New York, 1984.
57. S.-T. Bow - "Pattern Recognition - Applications to Large Data-Set Problems", Marcel Dekker, New York, 1984.
58. D. Dubois e H. Prade - "Fuzzy Sets and Systems - Theory and Applications", Academic Press, New York , 1980.

ARTIGOS DO AUTOR NESTA E EM OUTRAS ÁREAS

Revistas Técnicas e Capítulos em Livros

1. G. LAMBERT-TORRES, J. HADDAD, C.I.A. COSTA, V.H. QUINTANA & G.M. JANUZZI - "A Fuzzy-Logic Tool to Support Medium and Long-Term Decision-Making Planning", to appear *International Journal of Power & Energy Systems*, 1997.
2. G. LAMBERT-TORRES, G.M. RIBEIRO, C.I.A. COSTA, A.P. ALVES DA SILVA & V.H. QUINTANA - "Knowledge Engineering Tool for Training Power-Substation Operators", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 12, No. 2, pp. 694-699, April 1997.

Congressos Internacionais

1. G. LAMBERT-TORRES, A.P. ALVES DA SILVA, C.I.A. COSTA, A.F. CARDOSO & W. MARRA - "Short-Term Load Forecasting: CEMIG Power Industry's Approach", IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, IEEE-SMC'97, Orlando, USA, Oct. 12-15, 1997.
2. G. LAMBERT-TORRES, G.M. RIBEIRO, C.I.A. COSTA, A.P. ALVES DA SILVA & V.H. QUINTANA - "Knowledge Engineering Tool for Training Power-Substation Operators", 1996 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, pp. 72-77, Los Angeles, USA, Sept. 15-20, 1996.
3. J. HADDAD, G. LAMBERT-TORRES, C.I.A. COSTA & G. JANUZZI - "Long-Term Power System Planning using a Fuzzy Treatment", Proceedings of VI International Fuzzy Systems Association World Congress, VI IFSA, pp. 449-452, São Paulo, Brazil, July 22-28, 1995.
4. G.M. RIBEIRO, G. LAMBERT-TORRES, C.I.A. COSTA & X.D. DO - "Automatic Substation Configuration System - An Approach using Knowledge Based System", Proceedings of 4th International Symposium on Expert Systems Application to Power Systems, pp. 697-702, Melbourne, Australia, Jan. 4-8, 1993.

Congressos Nacionais

1. G. LAMBERT-TORRES, J. HADDAD, C.I.A. COSTA, V.H.QUINTANA & M. ARIAS - "A Fuzzy Logic Tool to Support Long-Term Decision-Making Planning: An Approach for Power Distribution Systems", II Latin American Seminar on Electric Energy Distribution, Valparaiso, Chile, Sept. 30-Oct. 4, 1996.
2. G.M. RIBEIRO, C.I.A. COSTA & G. LAMBERT-TORRES - "Utilização de Sistema Especialista no Restabelecimento Inteligente de Subestações", IV Encontro Regional Latino-Americano, VI ERLAC, CIGRÉ, Foz do Iguaçu, Brasil, May 28 - Jun 01, Brasil, 1995.
3. F.P. BRAGA, C.E. SANTINI, G. LAMBERT-TORRES & C.I.A. COSTA - "Pacote Computacional para Ligação de Consumidores de Distribuição", XII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, XII SENDI, Recife, Brazil, Oct. 16-21, 1994.
4. G.M. RIBEIRO, G. LAMBERT-TORRES & C.I.A. COSTA - "Controle Inteligente de Subestações de Potência", 10º Congresso Brasileiro de Automática, 10º CBA, pp. 397-402, Rio de Janeiro, Brazil, Sept. 19-23, 1994.
5. G.M. RIBEIRO, C.I.A. COSTA & G. LAMBERT-TORRES - "Restabelecimento Inteligente de Subestações: Inferência do Plano de Manobras utilizando Sistemas Especialistas", Anais do XII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE), Eletrobrás-CIGRÉ, RE/GOP/16, Recife, Brazil, Oct.03-07, 1993.
6. G.M. RIBEIRO, C.I.A. COSTA, G. LAMBERT-TORRES & A.P. ALVES DA SILVA - "ESRASE - Sistema Especialista para Restabelecimento Automático de Subestações", Anais do I Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, I SBAI, pp. 115-124, Rio Claro, Brazil, Sept. 8-10, 1993.
7. G.M. RIBEIRO, C.I.A. COSTA & G. LAMBERT-TORRES - "Sistema Especialista para Análise de Sinais e Intertravamento de Subestações de Médio Porte", Anais do 5º Encontro Regional Latinoamericano da CIGRÉ (ERLAC), Grupo 39, Ciudad del Este, Paraguai, May 23-27, 1993.

Anexo I

Log-File criado pelo item Exportar

Este anexo apresenta parte do log-file criado pelo comando Exportar.

PREVISÃO DE CARGA PARA O DIA 14/OUT/1994 - SEX

| | |
|------------------------|------------------------|
| Temperatura Mínima : 0 | Temperatura Máxima : 0 |
| Energia : 1644 | Máxima : 2096 |

| Hora | Prev. | Desl. | Final | Hora | Prev. | Desl. | Final |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 00:15 | 1397 | 0 | 1397 | 00:30 | 1384 | 0 | 1384 |
| 00:45 | 1370 | 0 | 1370 | 01:00 | 1357 | 0 | 1357 |
| 01:15 | 1344 | 0 | 1344 | 01:30 | 1330 | 0 | 1330 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 22:45 | 1783 | 0 | 1783 | 23:00 | 1745 | 0 | 1745 |
| 23:15 | 1699 | 0 | 1699 | 23:30 | 1652 | 0 | 1652 |
| 23:45 | 1606 | 0 | 1606 | 00:00 | 1560 | 0 | 1560 |

CARGA OBSERVADA - DIA 14/OUT/1994 - SEX

| Hora | Carga | Hora | Carga | Hora | Carga |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 00:15 | 1376 | 00:30 | 1364 | 00:45 | 1352 |
| 01:00 | 1340 | 01:15 | 1328 | 01:30 | 1316 |
| 01:45 | 1304 | 02:00 | 1294 | 02:15 | 1288 |
| | | | | | |
| 22:00 | 1954 | 22:15 | 1908 | 22:30 | 1862 |
| 22:45 | 1816 | 23:00 | 1769 | 23:15 | 1727 |
| 23:30 | 1685 | 23:45 | 1643 | 00:00 | 1602 |

Valores de carga mínimos previstos para o dia 14/out/1994 - SEX

| | |
|------------------------|------------------------|
| Temperatura Mínima : 0 | Temperatura Máxima : 0 |
|------------------------|------------------------|

| Hora | Prev. | Desl. | Final | Hora | Prev. | Desl. | Final |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 00:15 | 1327 | 0 | 1327 | 00:30 | 1315 | 0 | 1315 |
| 00:45 | 1301 | 0 | 1301 | 01:00 | 1289 | 0 | 1289 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 23:15 | 1614 | 0 | 1614 | 23:30 | 1569 | 0 | 1569 |
| 23:45 | 1526 | 0 | 1526 | 00:00 | 1482 | 0 | 1482 |

Valores de carga máximos previstos para o dia 14/out/1994 - SEX

| | |
|------------------------|------------------------|
| Temperatura Mínima : 0 | Temperatura Máxima : 0 |
|------------------------|------------------------|

| Hora | Prev. | Desl. | Final | Hora | Prev. | Desl. | Final |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 00:15 | 1467 | 0 | 1467 | 00:30 | 1453 | 0 | 1453 |
| 00:45 | 1439 | 0 | 1439 | 01:00 | 1425 | 0 | 1425 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 23:15 | 1784 | 0 | 1784 | 23:30 | 1735 | 0 | 1735 |
| 23:45 | 1686 | 0 | 1686 | 00:00 | 1638 | 0 | 1638 |

DIA SEMELHANTE : 07/OUT/1994 - SEX

Deslocamento Geral para o Dia : 0

| | |
|------------------------|------------------------|
| Temperatura Mínima : 0 | Temperatura Máxima : 0 |
| Energia : 1625 | Máxima : 2122 |

| Hora | Carga | Final | Peso | Hora | Carga | Final | Peso |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 00:15 | 1414 | 1414 | 65 | 00:30 | 1398 | 1398 | 67 |
| 00:45 | 1382 | 1382 | 68 | 01:00 | 1366 | 1366 | 70 |

DIA SEMELHANTE : 30/SET/1994 - SEX

Deslocamento Geral para o Dia : 0

| | |
|------------------------|------------------------|
| Temperatura Mínima : 0 | Temperatura Máxima : 0 |
| Energia : 1652 | Máxima : 2076 |

| Hora | Carga | Final | Peso | Hora | Carga | Final | Peso |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 00:15 | 1406 | 1406 | 74 | 00:30 | 1394 | 1394 | 72 |
| 00:45 | 1382 | 1382 | 68 | 01:00 | 1370 | 1370 | 66 |

DIA SEMELHANTE : 23/SET/1994 - SEX

Deslocamento Geral para o Dia : 0

| | |
|------------------------|------------------------|
| Temperatura Mínima : 0 | Temperatura Máxima : 0 |
| Energia : 1697 | Máxima : 2207 |

| Hora | Carga | Final | Peso | Hora | Carga | Final | Peso |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 00:15 | 1491 | 1491 | 18 | 00:30 | 1476 | 1476 | 18 |
| 00:45 | 1461 | 1461 | 18 | 01:00 | 1446 | 1446 | 19 |

DIA SEMELHANTE : 16/SET/1994 - SEX

Deslocamento Geral para o Dia : 0

| | |
|------------------------|------------------------|
| Temperatura Mínima : 0 | Temperatura Máxima : 0 |
| Energia : 1629 | Máxima : 2128 |

| Hora | Carga | Final | Peso | Hora | Carga | Final | Peso |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 00:15 | 1374 | 1374 | 79 | 00:30 | 1362 | 1362 | 82 |
| 00:45 | 1350 | 1350 | 86 | 01:00 | 1338 | 1338 | 89 |

DIA SEMELHANTE : 02/SET/1994 - SEX

Deslocamento Geral para o Dia : 0

| | |
|------------------------|------------------------|
| Temperatura Mínima : 0 | Temperatura Máxima : 0 |
| Energia : 1617 | Máxima : 2066 |

| Hora | Carga | Final | Peso | Hora | Carga | Final | Peso |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 00:15 | 1400 | 1400 | 82 | 00:30 | 1388 | 1388 | 79 |
| 00:45 | 1376 | 1376 | 75 | 01:00 | 1364 | 1364 | 73 |

DIA SEMELHANTE : 13/OUT/1994 - QUI

Deslocamento Geral para o Dia : 0

| | |
|------------------------|------------------------|
| Temperatura Mínima : 0 | Temperatura Máxima : 0 |
| Energia : 1631 | Máxima : 2030 |

| Hora | Carga | Final | Peso | Hora | Carga | Final | Peso |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 00:15 | 1336 | 1336 | 42 | 00:30 | 1323 | 1323 | 43 |
| 00:45 | 1310 | 1310 | 44 | 01:00 | 1297 | 1297 | 45 |

Anexo II

Resultados para o Dia 13/06/93



CARGA GLOBAL

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 3489 | 3426 | 1,84% |
| Máxima | 4456 | 4511 | 1,22% |

| Hora | Previsto | Obser.. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|---------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 3429 | 3447 | 0,52% | 00:30 | 3563 | 3437 | 3,67% |
| 00:45 | 3522 | 3415 | 3,13% | 01:00 | 3478 | 3374 | 3,08% |
| 01:15 | 3406 | 3355 | 1,52% | 01:30 | 3364 | 3324 | 1,20% |
| 01:45 | 3356 | 3300 | 1,70% | 02:00 | 3346 | 3279 | 2,04% |
| 02:15 | 3349 | 3284 | 1,98% | 02:30 | 3311 | 3253 | 1,78% |
| 02:45 | 3301 | 3251 | 1,54% | 03:00 | 3286 | 3218 | 2,11% |
| 03:15 | 3296 | 3228 | 2,11% | 03:30 | 3280 | 3207 | 2,28% |
| 03:45 | 3274 | 3202 | 2,25% | 04:00 | 3264 | 3221 | 1,33% |
| 04:15 | 3263 | 3210 | 1,65% | 04:30 | 3274 | 3191 | 2,60% |
| 04:45 | 3279 | 3192 | 2,73% | 05:00 | 3260 | 3206 | 1,68% |
| 05:15 | 3252 | 3188 | 2,01% | 05:30 | 3260 | 3208 | 1,62% |
| 05:45 | 3281 | 3203 | 2,44% | 06:00 | 3264 | 3203 | 1,90% |
| 06:15 | 3273 | 3195 | 2,44% | 06:30 | 3272 | 3203 | 2,15% |
| 06:45 | 3242 | 3156 | 2,72% | 07:00 | 3189 | 3085 | 3,37% |
| 07:15 | 3128 | 3058 | 2,29% | 07:30 | 3124 | 3026 | 3,24% |
| 07:45 | 3146 | 3052 | 3,08% | 08:00 | 3172 | 3068 | 3,39% |
| 08:15 | 3198 | 3120 | 2,50% | 08:30 | 3218 | 3126 | 2,94% |
| 08:45 | 3254 | 3167 | 2,75% | 09:00 | 3275 | 3199 | 2,38% |
| 09:15 | 3269 | 3205 | 2,00% | 09:30 | 3278 | 3221 | 1,77% |
| 09:45 | 3292 | 3222 | 2,17% | 10:00 | 3306 | 3233 | 2,26% |
| 10:15 | 3310 | 3228 | 2,54% | 10:30 | 3322 | 3235 | 2,69% |
| 10:45 | 3303 | 3226 | 2,39% | 11:00 | 3297 | 3198 | 3,10% |
| 11:15 | 3297 | 3202 | 2,97% | 11:30 | 3318 | 3226 | 2,85% |
| 11:45 | 3310 | 3224 | 2,67% | 12:00 | 3312 | 3221 | 2,83% |
| 12:15 | 3314 | 3219 | 2,95% | 12:30 | 3312 | 3252 | 1,85% |
| 12:45 | 3308 | 3234 | 2,29% | 13:00 | 3304 | 3197 | 3,35% |
| 13:15 | 3287 | 3227 | 1,86% | 13:30 | 3291 | 3230 | 1,89% |
| 13:45 | 3304 | 3240 | 1,98% | 14:00 | 3302 | 3229 | 2,26% |
| 14:15 | 3304 | 3225 | 2,45% | 14:30 | 3280 | 3041 | 7,86% |
| 14:45 | 3302 | 3220 | 2,55% | 15:00 | 3304 | 3197 | 3,35% |
| 15:15 | 3296 | 3196 | 3,13% | 15:30 | 3302 | 3180 | 3,84% |
| 15:45 | 3282 | 3216 | 2,05% | 16:00 | 3331 | 3194 | 4,29% |
| 16:15 | 3344 | 3206 | 4,30% | 16:30 | 3377 | 3256 | 3,72% |
| 16:45 | 3422 | 3304 | 3,57% | 17:00 | 3468 | 3355 | 3,37% |
| 17:15 | 3514 | 3448 | 1,91% | 17:30 | 3564 | 3478 | 2,47% |
| 17:45 | 3757 | 3652 | 2,88% | 18:00 | 4061 | 3971 | 2,27% |

| | | | | | | | |
|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|
| 18:15 | 4367 | 4319 | 1,11% | 18:30 | 4456 | 4502 | 1,02% |
| 18:45 | 4439 | 4511 | 1,60% | 19:00 | 4388 | 4421 | 0,75% |
| 19:15 | 4298 | 4300 | 0,05% | 19:30 | 4235 | 4223 | 0,28% |
| 19:45 | 4162 | 4224 | 1,47% | 20:00 | 4099 | 4157 | 1,40% |
| 20:15 | 4041 | 4120 | 1,92% | 20:30 | 4066 | 4132 | 1,60% |
| 20:45 | 4052 | 4088 | 0,88% | 21:00 | 4022 | 4038 | 0,40% |
| 21:15 | 3980 | 4015 | 0,87% | 21:30 | 3942 | 3926 | 0,41% |
| 21:45 | 3930 | 3882 | 1,24% | 22:00 | 3891 | 3871 | 0,52% |
| 22:15 | 3839 | 3792 | 1,24% | 22:30 | 3806 | 3754 | 1,39% |
| 22:45 | 3745 | 3670 | 2,04% | 23:00 | 3696 | 3633 | 1,73% |
| 23:15 | 3626 | 3584 | 1,17% | 23:30 | 3558 | 3487 | 2,04% |
| 23:45 | 3498 | 3416 | 2,40% | 00:00 | 3455 | 3366 | 2,64% |

CARGA REGIÃO NORTE

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 455 | 460 | 1,09% |
| Máxima | 494 | 499 | 1,00% |

| Hora | Previsto | Obser.. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|---------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 458 | 446 | 2,69% | 00:30 | 464 | 468 | 0,85% |
| 00:45 | 462 | 463 | 0,22% | 01:00 | 459 | 462 | 0,65% |
| 01:15 | 459 | 461 | 0,43% | 01:30 | 457 | 461 | 0,87% |
| 01:45 | 456 | 456 | 0,00% | 02:00 | 456 | 454 | 0,44% |
| 02:15 | 456 | 456 | 0,00% | 02:30 | 455 | 457 | 0,44% |
| 02:45 | 455 | 457 | 0,44% | 03:00 | 453 | 457 | 0,88% |
| 03:15 | 452 | 457 | 1,09% | 03:30 | 453 | 453 | 0,00% |
| 03:45 | 452 | 453 | 0,22% | 04:00 | 450 | 453 | 0,66% |
| 04:15 | 451 | 454 | 0,66% | 04:30 | 451 | 453 | 0,44% |
| 04:45 | 452 | 451 | 0,22% | 05:00 | 452 | 450 | 0,44% |
| 05:15 | 453 | 450 | 0,67% | 05:30 | 453 | 451 | 0,44% |
| 05:45 | 453 | 451 | 0,44% | 06:00 | 453 | 452 | 0,22% |
| 06:15 | 452 | 451 | 0,22% | 06:30 | 448 | 451 | 0,67% |
| 06:45 | 439 | 445 | 1,35% | 07:00 | 436 | 439 | 0,68% |
| 07:15 | 438 | 439 | 0,23% | 07:30 | 437 | 440 | 0,68% |
| 07:45 | 438 | 442 | 0,90% | 08:00 | 440 | 445 | 1,12% |
| 08:15 | 441 | 449 | 1,78% | 08:30 | 441 | 448 | 1,56% |
| 08:45 | 444 | 449 | 1,11% | 09:00 | 442 | 452 | 2,21% |
| 09:15 | 443 | 454 | 2,42% | 09:30 | 444 | 458 | 3,06% |
| 09:45 | 446 | 456 | 2,19% | 10:00 | 446 | 454 | 1,76% |
| 10:15 | 446 | 456 | 2,19% | 10:30 | 446 | 456 | 2,19% |
| 10:45 | 445 | 451 | 1,33% | 11:00 | 446 | 450 | 0,89% |
| 11:15 | 445 | 442 | 0,68% | 11:30 | 444 | 437 | 1,60% |
| 11:45 | 443 | 446 | 0,67% | 12:00 | 444 | 452 | 1,77% |
| 12:15 | 446 | 453 | 1,55% | 12:30 | 447 | 454 | 1,54% |
| 12:45 | 446 | 454 | 1,76% | 13:00 | 446 | 453 | 1,55% |
| 13:15 | 442 | 450 | 1,78% | 13:30 | 440 | 451 | 2,44% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| 13:45 | 441 | 452 | 2,43% | 14:00 | 441 | 453 | 2,65% |
| 14:15 | 442 | 451 | 2,00% | 14:30 | 445 | 448 | 0,67% |
| 14:45 | 445 | 450 | 1,11% | 15:00 | 446 | 452 | 1,33% |
| 15:15 | 446 | 453 | 1,55% | 15:30 | 443 | 455 | 2,64% |
| 15:45 | 443 | 452 | 1,99% | 16:00 | 445 | 450 | 1,11% |
| 16:15 | 446 | 450 | 0,89% | 16:30 | 447 | 444 | 0,68% |
| 16:45 | 448 | 438 | 2,28% | 17:00 | 448 | 445 | 0,67% |
| 17:15 | 448 | 451 | 0,67% | 17:30 | 440 | 446 | 1,35% |
| 17:45 | 444 | 453 | 1,99% | 18:00 | 455 | 471 | 3,40% |
| 18:15 | 477 | 492 | 3,05% | 18:30 | 488 | 499 | 2,20% |
| 18:45 | 494 | 499 | 1,00% | 19:00 | 492 | 498 | 1,20% |
| 19:15 | 489 | 488 | 0,20% | 19:30 | 483 | 484 | 0,21% |
| 19:45 | 482 | 485 | 0,62% | 20:00 | 479 | 481 | 0,42% |
| 20:15 | 475 | 480 | 1,04% | 20:30 | 482 | 487 | 1,03% |
| 20:45 | 482 | 488 | 1,23% | 21:00 | 479 | 488 | 1,84% |
| 21:15 | 475 | 485 | 2,06% | 21:30 | 474 | 483 | 1,86% |
| 21:45 | 476 | 487 | 2,26% | 22:00 | 476 | 487 | 2,26% |
| 22:15 | 474 | 487 | 2,67% | 22:30 | 472 | 480 | 1,67% |
| 22:45 | 469 | 474 | 1,05% | 23:00 | 468 | 474 | 1,27% |
| 23:15 | 464 | 475 | 2,32% | 23:30 | 459 | 469 | 2,13% |
| 23:45 | 458 | 469 | 2,35% | 00:00 | 456 | 469 | 2,77% |

CARGA REGIÃO TRIÂNGULO

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 267 | 266 | 0,38% |
| Máxima | 436 | 442 | 1,36% |

| Hora | Previsto | Obser.. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|---------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 252 | 268 | 5,97% | 00:30 | 266 | 267 | 0,37% |
| 00:45 | 260 | 261 | 0,38% | 01:00 | 254 | 256 | 0,78% |
| 01:15 | 250 | 251 | 0,40% | 01:30 | 246 | 246 | 0,00% |
| 01:45 | 244 | 245 | 0,41% | 02:00 | 242 | 241 | 0,41% |
| 02:15 | 238 | 240 | 0,83% | 02:30 | 236 | 238 | 0,84% |
| 02:45 | 235 | 236 | 0,42% | 03:00 | 234 | 234 | 0,00% |
| 03:15 | 233 | 233 | 0,00% | 03:30 | 231 | 233 | 0,86% |
| 03:45 | 231 | 231 | 0,00% | 04:00 | 230 | 231 | 0,43% |
| 04:15 | 229 | 230 | 0,43% | 04:30 | 229 | 229 | 0,00% |
| 04:45 | 229 | 229 | 0,00% | 05:00 | 229 | 229 | 0,00% |
| 05:15 | 229 | 230 | 0,43% | 05:30 | 229 | 230 | 0,43% |
| 05:45 | 231 | 231 | 0,00% | 06:00 | 233 | 233 | 0,00% |
| 06:15 | 233 | 234 | 0,43% | 06:30 | 234 | 235 | 0,43% |
| 06:45 | 227 | 235 | 3,40% | 07:00 | 215 | 221 | 2,71% |
| 07:15 | 208 | 211 | 1,42% | 07:30 | 208 | 209 | 0,48% |
| 07:45 | 211 | 210 | 0,48% | 08:00 | 215 | 214 | 0,47% |
| 08:15 | 219 | 219 | 0,00% | 08:30 | 224 | 223 | 0,45% |
| 08:45 | 227 | 227 | 0,00% | 09:00 | 230 | 228 | 0,88% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| 09:15 | 232 | 230 | 0,87% | 09:30 | 234 | 233 | 0,43% |
| 09:45 | 235 | 235 | 0,00% | 10:00 | 236 | 237 | 0,42% |
| 10:15 | 236 | 237 | 0,42% | 10:30 | 235 | 238 | 1,26% |
| 10:45 | 236 | 239 | 1,26% | 11:00 | 238 | 240 | 0,83% |
| 11:15 | 240 | 241 | 0,41% | 11:30 | 240 | 239 | 0,42% |
| 11:45 | 240 | 239 | 0,42% | 12:00 | 240 | 239 | 0,42% |
| 12:15 | 240 | 239 | 0,42% | 12:30 | 240 | 239 | 0,42% |
| 12:45 | 239 | 239 | 0,00% | 13:00 | 239 | 237 | 0,84% |
| 13:15 | 238 | 236 | 0,85% | 13:30 | 237 | 236 | 0,42% |
| 13:45 | 236 | 236 | 0,00% | 14:00 | 235 | 235 | 0,00% |
| 14:15 | 235 | 234 | 0,43% | 14:30 | 236 | 232 | 1,72% |
| 14:45 | 235 | 232 | 1,29% | 15:00 | 236 | 232 | 1,72% |
| 15:15 | 237 | 232 | 2,16% | 15:30 | 238 | 232 | 2,59% |
| 15:45 | 240 | 234 | 2,56% | 16:00 | 242 | 236 | 2,54% |
| 16:15 | 244 | 240 | 1,67% | 16:30 | 248 | 245 | 1,22% |
| 16:45 | 253 | 252 | 0,40% | 17:00 | 258 | 259 | 0,39% |
| 17:15 | 268 | 270 | 0,74% | 17:30 | 277 | 281 | 1,42% |
| 17:45 | 292 | 295 | 1,02% | 18:00 | 318 | 321 | 0,93% |
| 18:15 | 369 | 365 | 1,10% | 18:30 | 420 | 421 | 0,24% |
| 18:45 | 436 | 442 | 1,36% | 19:00 | 434 | 434 | 0,00% |
| 19:15 | 422 | 413 | 2,18% | 19:30 | 410 | 401 | 2,24% |
| 19:45 | 400 | 403 | 0,74% | 20:00 | 392 | 392 | 0,00% |
| 20:15 | 382 | 380 | 0,53% | 20:30 | 377 | 375 | 0,53% |
| 20:45 | 368 | 366 | 0,55% | 21:00 | 362 | 361 | 0,28% |
| 21:15 | 353 | 350 | 0,86% | 21:30 | 345 | 340 | 1,47% |
| 21:45 | 336 | 333 | 0,90% | 22:00 | 329 | 326 | 0,92% |
| 22:15 | 322 | 314 | 2,55% | 22:30 | 313 | 304 | 2,96% |
| 22:45 | 302 | 291 | 3,78% | 23:00 | 293 | 282 | 3,90% |
| 23:15 | 284 | 277 | 2,53% | 23:30 | 274 | 265 | 3,40% |
| 23:45 | 264 | 257 | 2,72% | 00:00 | 256 | 251 | 1,99% |

CARGA REGIÃO LESTE

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 581 | 550 | 5,64% |
| Máxima | 768 | 754 | 1,86% |

| Hora | Previsto | Obser.. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|---------|--------|-------|----------|--------|--------|
| 00:15 | 573 | 574 | 0,17% | 00:30 | 574 | 550 | 4,36% |
| 00:45 | 565 | 551 | 2,54% | 01:00 | 567 | 526 | 7,79% |
| 01:15 | 568 | 529 | 7,37% | 01:30 | 561 | 525 | 6,86% |
| 01:45 | 571 | 514 | 11,09% | 02:00 | 566 | 512 | 10,55% |
| 02:15 | 568 | 512 | 10,94% | 02:30 | 561 | 511 | 9,78% |
| 02:45 | 555 | 517 | 7,35% | 03:00 | 556 | 487 | 14,17% |
| 03:15 | 558 | 508 | 9,84% | 03:30 | 556 | 513 | 8,38% |
| 03:45 | 551 | 512 | 7,62% | 04:00 | 558 | 526 | 6,08% |
| 04:15 | 552 | 520 | 6,15% | 04:30 | 558 | 503 | 10,93% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|--------|-------|-----|-----|--------|
| 04:45 | 554 | 498 | 11,24% | 05:00 | 555 | 513 | 8,19% |
| 05:15 | 545 | 505 | 7,92% | 05:30 | 555 | 508 | 9,25% |
| 05:45 | 561 | 520 | 7,88% | 06:00 | 561 | 517 | 8,51% |
| 06:15 | 558 | 517 | 7,93% | 06:30 | 546 | 511 | 6,85% |
| 06:45 | 538 | 494 | 8,91% | 07:00 | 534 | 485 | 10,10% |
| 07:15 | 524 | 494 | 6,07% | 07:30 | 520 | 505 | 2,97% |
| 07:45 | 527 | 496 | 6,25% | 08:00 | 533 | 491 | 8,55% |
| 08:15 | 532 | 519 | 2,50% | 08:30 | 538 | 507 | 6,11% |
| 08:45 | 540 | 507 | 6,51% | 09:00 | 543 | 523 | 3,82% |
| 09:15 | 543 | 526 | 3,23% | 09:30 | 542 | 519 | 4,43% |
| 09:45 | 546 | 526 | 3,80% | 10:00 | 548 | 523 | 4,78% |
| 10:15 | 547 | 518 | 5,60% | 10:30 | 554 | 514 | 7,78% |
| 10:45 | 550 | 519 | 5,97% | 11:00 | 536 | 491 | 9,16% |
| 11:15 | 535 | 504 | 6,15% | 11:30 | 546 | 516 | 5,81% |
| 11:45 | 544 | 511 | 6,46% | 12:00 | 544 | 501 | 8,58% |
| 12:15 | 547 | 507 | 7,89% | 12:30 | 547 | 515 | 6,21% |
| 12:45 | 542 | 516 | 5,04% | 13:00 | 538 | 515 | 4,47% |
| 13:15 | 534 | 521 | 2,50% | 13:30 | 534 | 516 | 3,49% |
| 13:45 | 536 | 517 | 3,68% | 14:00 | 542 | 527 | 2,85% |
| 14:15 | 542 | 508 | 6,69% | 14:30 | 540 | 493 | 9,53% |
| 14:45 | 543 | 513 | 5,85% | 15:00 | 543 | 503 | 7,95% |
| 15:15 | 540 | 507 | 6,51% | 15:30 | 538 | 496 | 8,47% |
| 15:45 | 532 | 519 | 2,50% | 16:00 | 551 | 511 | 7,83% |
| 16:15 | 552 | 516 | 6,98% | 16:30 | 560 | 518 | 8,11% |
| 16:45 | 566 | 528 | 7,20% | 17:00 | 565 | 530 | 6,60% |
| 17:15 | 572 | 544 | 5,15% | 17:30 | 594 | 583 | 1,89% |
| 17:45 | 634 | 626 | 1,28% | 18:00 | 704 | 687 | 2,47% |
| 18:15 | 755 | 732 | 3,14% | 18:30 | 768 | 754 | 1,86% |
| 18:45 | 754 | 737 | 2,31% | 19:00 | 740 | 719 | 2,92% |
| 19:15 | 732 | 714 | 2,52% | 19:30 | 725 | 696 | 4,17% |
| 19:45 | 714 | 671 | 6,41% | 20:00 | 696 | 671 | 3,73% |
| 20:15 | 686 | 675 | 1,63% | 20:30 | 688 | 674 | 2,08% |
| 20:45 | 678 | 646 | 4,95% | 21:00 | 671 | 621 | 8,05% |
| 21:15 | 665 | 627 | 6,06% | 21:30 | 650 | 633 | 2,69% |
| 21:45 | 647 | 635 | 1,89% | 22:00 | 632 | 635 | 0,47% |
| 22:15 | 624 | 613 | 1,79% | 22:30 | 625 | 600 | 4,17% |
| 22:45 | 614 | 574 | 6,97% | 23:00 | 608 | 566 | 7,42% |
| 23:15 | 593 | 564 | 5,14% | 23:30 | 589 | 551 | 6,90% |
| 23:45 | 578 | 547 | 5,67% | 00:00 | 577 | 550 | 4,91% |

CARGA REGIÃO SUL POÇOS

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|--------|
| Energia | 319 | 287 | 11,15% |
| Máxima | 382 | 327 | 16,82% |

| Hora | Previsto | Obser.. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|------|----------|---------|------|------|----------|--------|------|
|------|----------|---------|------|------|----------|--------|------|

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|--------|-------|-----|-----|--------|
| 00:15 | 336 | 326 | 3,07% | 00:30 | 343 | 286 | 19,93% |
| 00:45 | 338 | 286 | 18,18% | 01:00 | 337 | 286 | 17,83% |
| 01:15 | 311 | 286 | 8,74% | 01:30 | 310 | 286 | 8,39% |
| 01:45 | 310 | 286 | 8,39% | 02:00 | 310 | 286 | 8,39% |
| 02:15 | 310 | 286 | 8,39% | 02:30 | 310 | 286 | 8,39% |
| 02:45 | 310 | 286 | 8,39% | 03:00 | 310 | 286 | 8,39% |
| 03:15 | 307 | 286 | 7,34% | 03:30 | 307 | 286 | 7,34% |
| 03:45 | 307 | 286 | 7,34% | 04:00 | 307 | 286 | 7,34% |
| 04:15 | 307 | 286 | 7,34% | 04:30 | 307 | 286 | 7,34% |
| 04:45 | 307 | 286 | 7,34% | 05:00 | 307 | 286 | 7,34% |
| 05:15 | 307 | 286 | 7,34% | 05:30 | 307 | 286 | 7,34% |
| 05:45 | 307 | 286 | 7,34% | 06:00 | 307 | 286 | 7,34% |
| 06:15 | 307 | 286 | 7,34% | 06:30 | 307 | 286 | 7,34% |
| 06:45 | 307 | 286 | 7,34% | 07:00 | 306 | 286 | 6,99% |
| 07:15 | 306 | 270 | 13,33% | 07:30 | 304 | 260 | 16,92% |
| 07:45 | 306 | 260 | 17,69% | 08:00 | 306 | 260 | 17,69% |
| 08:15 | 306 | 260 | 17,69% | 08:30 | 306 | 260 | 17,69% |
| 08:45 | 306 | 260 | 17,69% | 09:00 | 306 | 260 | 17,69% |
| 09:15 | 306 | 260 | 17,69% | 09:30 | 307 | 261 | 17,62% |
| 09:45 | 307 | 261 | 17,62% | 10:00 | 307 | 261 | 17,62% |
| 10:15 | 308 | 261 | 18,01% | 10:30 | 307 | 261 | 17,62% |
| 10:45 | 308 | 261 | 18,01% | 11:00 | 307 | 261 | 17,62% |
| 11:15 | 307 | 270 | 13,70% | 11:30 | 308 | 275 | 12,00% |
| 11:45 | 308 | 275 | 12,00% | 12:00 | 307 | 275 | 11,64% |
| 12:15 | 307 | 275 | 11,64% | 12:30 | 307 | 275 | 11,64% |
| 12:45 | 308 | 275 | 12,00% | 13:00 | 307 | 275 | 11,64% |
| 13:15 | 308 | 275 | 12,00% | 13:30 | 308 | 275 | 12,00% |
| 13:45 | 308 | 275 | 12,00% | 14:00 | 308 | 275 | 12,00% |
| 14:15 | 308 | 273 | 12,82% | 14:30 | 308 | 267 | 15,36% |
| 14:45 | 309 | 267 | 15,73% | 15:00 | 309 | 267 | 15,73% |
| 15:15 | 309 | 267 | 15,73% | 15:30 | 307 | 267 | 14,98% |
| 15:45 | 301 | 267 | 12,73% | 16:00 | 301 | 267 | 12,73% |
| 16:15 | 300 | 267 | 12,36% | 16:30 | 300 | 267 | 12,36% |
| 16:45 | 300 | 267 | 12,36% | 17:00 | 301 | 267 | 12,73% |
| 17:15 | 302 | 267 | 13,11% | 17:30 | 311 | 267 | 16,48% |
| 17:45 | 329 | 267 | 23,22% | 18:00 | 330 | 280 | 17,86% |
| 18:15 | 337 | 327 | 3,06% | 18:30 | 339 | 327 | 3,67% |
| 18:45 | 360 | 327 | 10,09% | 19:00 | 374 | 327 | 14,37% |
| 19:15 | 375 | 327 | 14,68% | 19:30 | 375 | 327 | 14,68% |
| 19:45 | 375 | 327 | 14,68% | 20:00 | 375 | 327 | 14,68% |
| 20:15 | 374 | 327 | 14,37% | 20:30 | 374 | 327 | 14,37% |
| 20:45 | 374 | 327 | 14,37% | 21:00 | 379 | 327 | 15,90% |
| 21:15 | 382 | 327 | 16,82% | 21:30 | 367 | 327 | 12,23% |
| 21:45 | 346 | 327 | 5,81% | 22:00 | 338 | 327 | 3,36% |
| 22:15 | 320 | 327 | 2,14% | 22:30 | 316 | 327 | 3,36% |
| 22:45 | 316 | 327 | 3,36% | 23:00 | 316 | 327 | 3,36% |
| 23:15 | 316 | 326 | 3,07% | 23:30 | 316 | 322 | 1,86% |
| 23:45 | 315 | 286 | 10,14% | 00:00 | 316 | 286 | 10,49% |

CARGA REGIÃO SUL LAVRAS

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 130 | 128 | 1,56% |
| Máxima | 228 | 219 | 4,11% |

| Hora | Previsto | Obser.. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|---------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 122 | 118 | 3,39% | 00:30 | 123 | 125 | 1,60% |
| 00:45 | 121 | 122 | 0,82% | 01:00 | 119 | 121 | 1,65% |
| 01:15 | 116 | 119 | 2,52% | 01:30 | 115 | 118 | 2,54% |
| 01:45 | 115 | 116 | 0,86% | 02:00 | 113 | 112 | 0,89% |
| 02:15 | 113 | 114 | 0,88% | 02:30 | 112 | 113 | 0,88% |
| 02:45 | 111 | 112 | 0,89% | 03:00 | 110 | 113 | 2,65% |
| 03:15 | 110 | 112 | 1,79% | 03:30 | 109 | 106 | 2,83% |
| 03:45 | 109 | 108 | 0,93% | 04:00 | 109 | 109 | 0,00% |
| 04:15 | 109 | 110 | 0,91% | 04:30 | 110 | 107 | 2,80% |
| 04:45 | 110 | 110 | 0,00% | 05:00 | 110 | 111 | 0,90% |
| 05:15 | 110 | 111 | 0,90% | 05:30 | 110 | 111 | 0,90% |
| 05:45 | 111 | 109 | 1,83% | 06:00 | 112 | 110 | 1,82% |
| 06:15 | 115 | 115 | 0,00% | 06:30 | 116 | 116 | 0,00% |
| 06:45 | 113 | 114 | 0,88% | 07:00 | 108 | 106 | 1,89% |
| 07:15 | 105 | 103 | 1,94% | 07:30 | 106 | 106 | 0,00% |
| 07:45 | 107 | 108 | 0,93% | 08:00 | 109 | 109 | 0,00% |
| 08:15 | 111 | 109 | 1,83% | 08:30 | 112 | 112 | 0,00% |
| 08:45 | 114 | 114 | 0,00% | 09:00 | 117 | 112 | 4,46% |
| 09:15 | 117 | 110 | 6,36% | 09:30 | 117 | 116 | 0,86% |
| 09:45 | 118 | 116 | 1,72% | 10:00 | 117 | 117 | 0,00% |
| 10:15 | 118 | 117 | 0,85% | 10:30 | 118 | 117 | 0,85% |
| 10:45 | 118 | 120 | 1,67% | 11:00 | 117 | 120 | 2,50% |
| 11:15 | 117 | 119 | 1,68% | 11:30 | 118 | 118 | 0,00% |
| 11:45 | 117 | 117 | 0,00% | 12:00 | 118 | 117 | 0,85% |
| 12:15 | 118 | 117 | 0,85% | 12:30 | 116 | 117 | 0,85% |
| 12:45 | 115 | 115 | 0,00% | 13:00 | 114 | 113 | 0,88% |
| 13:15 | 114 | 108 | 5,56% | 13:30 | 112 | 112 | 0,00% |
| 13:45 | 113 | 112 | 0,89% | 14:00 | 113 | 112 | 0,89% |
| 14:15 | 112 | 112 | 0,00% | 14:30 | 113 | 111 | 1,80% |
| 14:45 | 112 | 110 | 1,82% | 15:00 | 113 | 111 | 1,80% |
| 15:15 | 114 | 110 | 3,64% | 15:30 | 115 | 112 | 2,68% |
| 15:45 | 117 | 114 | 2,63% | 16:00 | 118 | 114 | 3,51% |
| 16:15 | 120 | 116 | 3,45% | 16:30 | 124 | 119 | 4,20% |
| 16:45 | 128 | 124 | 3,23% | 17:00 | 130 | 127 | 2,36% |
| 17:15 | 137 | 134 | 2,24% | 17:30 | 146 | 138 | 5,80% |
| 17:45 | 159 | 152 | 4,61% | 18:00 | 184 | 176 | 4,55% |
| 18:15 | 213 | 205 | 3,90% | 18:30 | 228 | 219 | 4,11% |
| 18:45 | 224 | 216 | 3,70% | 19:00 | 217 | 202 | 7,43% |
| 19:15 | 207 | 195 | 6,15% | 19:30 | 202 | 189 | 6,88% |
| 19:45 | 197 | 191 | 3,14% | 20:00 | 191 | 187 | 2,14% |
| 20:15 | 186 | 180 | 3,33% | 20:30 | 181 | 177 | 2,26% |
| 20:45 | 175 | 172 | 1,74% | 21:00 | 172 | 166 | 3,61% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| 21:15 | 167 | 162 | 3,09% | 21:30 | 163 | 156 | 4,49% |
| 21:45 | 158 | 152 | 3,95% | 22:00 | 154 | 148 | 4,05% |
| 22:15 | 150 | 144 | 4,17% | 22:30 | 145 | 139 | 4,32% |
| 22:45 | 141 | 132 | 6,82% | 23:00 | 136 | 129 | 5,43% |
| 23:15 | 131 | 127 | 3,15% | 23:30 | 126 | 118 | 6,78% |
| 23:45 | 122 | 114 | 7,02% | 00:00 | 119 | 111 | 7,21% |

CARGA REGIÃO METROPOLITANA

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 570 | 558 | 2,15% |
| Máxima | 844 | 880 | 4,09% |

| Hora | Previsto | Obser.. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|---------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 536 | 544 | 1,47% | 00:30 | 579 | 570 | 1,58% |
| 00:45 | 566 | 562 | 0,71% | 01:00 | 555 | 553 | 0,36% |
| 01:15 | 543 | 545 | 0,37% | 01:30 | 534 | 532 | 0,38% |
| 01:45 | 526 | 526 | 0,00% | 02:00 | 520 | 512 | 1,56% |
| 02:15 | 516 | 510 | 1,18% | 02:30 | 510 | 503 | 1,39% |
| 02:45 | 507 | 500 | 1,40% | 03:00 | 503 | 495 | 1,62% |
| 03:15 | 502 | 489 | 2,66% | 03:30 | 499 | 486 | 2,67% |
| 03:45 | 497 | 481 | 3,33% | 04:00 | 495 | 484 | 2,27% |
| 04:15 | 494 | 485 | 1,86% | 04:30 | 493 | 485 | 1,65% |
| 04:45 | 491 | 486 | 1,03% | 05:00 | 491 | 483 | 1,66% |
| 05:15 | 491 | 484 | 1,45% | 05:30 | 490 | 484 | 1,24% |
| 05:45 | 490 | 485 | 1,03% | 06:00 | 490 | 483 | 1,45% |
| 06:15 | 491 | 481 | 2,08% | 06:30 | 488 | 484 | 0,83% |
| 06:45 | 476 | 468 | 1,71% | 07:00 | 466 | 453 | 2,87% |
| 07:15 | 464 | 449 | 3,34% | 07:30 | 467 | 445 | 4,94% |
| 07:45 | 472 | 445 | 6,07% | 08:00 | 477 | 448 | 6,47% |
| 08:15 | 485 | 460 | 5,43% | 08:30 | 492 | 463 | 6,26% |
| 08:45 | 499 | 474 | 5,27% | 09:00 | 506 | 484 | 4,55% |
| 09:15 | 511 | 480 | 6,46% | 09:30 | 514 | 488 | 5,33% |
| 09:45 | 517 | 493 | 4,87% | 10:00 | 519 | 497 | 4,43% |
| 10:15 | 522 | 495 | 5,45% | 10:30 | 525 | 495 | 6,06% |
| 10:45 | 526 | 498 | 5,62% | 11:00 | 527 | 494 | 6,68% |
| 11:15 | 529 | 495 | 6,87% | 11:30 | 530 | 497 | 6,64% |
| 11:45 | 532 | 495 | 7,47% | 12:00 | 530 | 491 | 7,94% |
| 12:15 | 530 | 490 | 8,16% | 12:30 | 529 | 496 | 6,65% |
| 12:45 | 528 | 497 | 6,24% | 13:00 | 530 | 494 | 7,29% |
| 13:15 | 529 | 492 | 7,52% | 13:30 | 528 | 495 | 6,67% |
| 13:45 | 526 | 495 | 6,26% | 14:00 | 524 | 494 | 6,07% |
| 14:15 | 520 | 495 | 5,05% | 14:30 | 520 | 504 | 3,17% |
| 14:45 | 522 | 505 | 3,37% | 15:00 | 523 | 505 | 3,56% |
| 15:15 | 522 | 504 | 3,57% | 15:30 | 523 | 501 | 4,39% |
| 15:45 | 525 | 503 | 4,37% | 16:00 | 528 | 492 | 7,32% |
| 16:15 | 534 | 506 | 5,53% | 16:30 | 542 | 526 | 3,04% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| 16:45 | 552 | 540 | 2,22% | 17:00 | 566 | 556 | 1,80% |
| 17:15 | 582 | 582 | 0,00% | 17:30 | 605 | 610 | 0,82% |
| 17:45 | 652 | 652 | 0,00% | 18:00 | 727 | 741 | 1,89% |
| 18:15 | 808 | 833 | 3,00% | 18:30 | 844 | 880 | 4,09% |
| 18:45 | 835 | 879 | 5,01% | 19:00 | 820 | 853 | 3,87% |
| 19:15 | 804 | 816 | 1,47% | 19:30 | 793 | 805 | 1,49% |
| 19:45 | 778 | 808 | 3,71% | 20:00 | 770 | 792 | 2,78% |
| 20:15 | 758 | 776 | 2,32% | 20:30 | 752 | 768 | 2,08% |
| 20:45 | 739 | 748 | 1,20% | 21:00 | 735 | 745 | 1,34% |
| 21:15 | 721 | 726 | 0,69% | 21:30 | 710 | 699 | 1,57% |
| 21:45 | 700 | 688 | 1,74% | 22:00 | 684 | 674 | 1,48% |
| 22:15 | 673 | 658 | 2,28% | 22:30 | 658 | 648 | 1,54% |
| 22:45 | 640 | 626 | 2,24% | 23:00 | 625 | 608 | 2,80% |
| 23:15 | 610 | 592 | 3,04% | 23:30 | 588 | 564 | 4,26% |
| 23:45 | 569 | 553 | 2,89% | 00:00 | 552 | 539 | 2,41% |

CARGA REGIÃO OESTE

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 210 | 207 | 1,45% |
| Máxima | 327 | 336 | 2,68% |

| Hora | Previsto | Obser.. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|---------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 212 | 226 | 6,19% | 00:30 | 203 | 194 | 4,64% |
| 00:45 | 198 | 187 | 5,88% | 01:00 | 190 | 191 | 0,52% |
| 01:15 | 187 | 190 | 1,58% | 01:30 | 187 | 184 | 1,63% |
| 01:45 | 187 | 182 | 2,75% | 02:00 | 186 | 187 | 0,53% |
| 02:15 | 186 | 185 | 0,54% | 02:30 | 185 | 180 | 2,78% |
| 02:45 | 180 | 180 | 0,00% | 03:00 | 183 | 177 | 3,39% |
| 03:15 | 183 | 175 | 4,57% | 03:30 | 180 | 175 | 2,86% |
| 03:45 | 178 | 173 | 2,89% | 04:00 | 177 | 171 | 3,51% |
| 04:15 | 177 | 168 | 5,36% | 04:30 | 178 | 168 | 5,95% |
| 04:45 | 180 | 170 | 5,88% | 05:00 | 181 | 170 | 6,47% |
| 05:15 | 179 | 167 | 7,19% | 05:30 | 179 | 173 | 3,47% |
| 05:45 | 180 | 170 | 5,88% | 06:00 | 177 | 169 | 4,73% |
| 06:15 | 180 | 168 | 7,14% | 06:30 | 181 | 173 | 4,62% |
| 06:45 | 178 | 171 | 4,09% | 07:00 | 174 | 168 | 3,57% |
| 07:15 | 174 | 167 | 4,19% | 07:30 | 171 | 170 | 0,59% |
| 07:45 | 174 | 167 | 4,19% | 08:00 | 176 | 175 | 0,57% |
| 08:15 | 178 | 174 | 2,30% | 08:30 | 180 | 180 | 0,00% |
| 08:45 | 185 | 179 | 3,35% | 09:00 | 185 | 183 | 1,09% |
| 09:15 | 185 | 184 | 0,54% | 09:30 | 189 | 187 | 1,07% |
| 09:45 | 190 | 181 | 4,97% | 10:00 | 193 | 185 | 4,32% |
| 10:15 | 193 | 190 | 1,58% | 10:30 | 194 | 190 | 2,11% |
| 10:45 | 191 | 187 | 2,14% | 11:00 | 190 | 186 | 2,15% |
| 11:15 | 188 | 183 | 2,73% | 11:30 | 191 | 181 | 5,52% |
| 11:45 | 189 | 181 | 4,42% | 12:00 | 192 | 188 | 2,13% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| 12:15 | 190 | 184 | 3,26% | 12:30 | 190 | 185 | 2,70% |
| 12:45 | 188 | 177 | 6,21% | 13:00 | 186 | 173 | 7,51% |
| 13:15 | 186 | 177 | 5,08% | 13:30 | 185 | 176 | 5,11% |
| 13:45 | 184 | 179 | 2,79% | 14:00 | 184 | 180 | 2,22% |
| 14:15 | 188 | 183 | 2,73% | 14:30 | 188 | 182 | 3,30% |
| 14:45 | 188 | 184 | 2,17% | 15:00 | 184 | 177 | 3,95% |
| 15:15 | 186 | 178 | 4,49% | 15:30 | 184 | 173 | 6,36% |
| 15:45 | 187 | 178 | 5,06% | 16:00 | 190 | 179 | 6,15% |
| 16:15 | 192 | 188 | 2,13% | 16:30 | 194 | 191 | 1,57% |
| 16:45 | 195 | 198 | 1,52% | 17:00 | 200 | 206 | 2,91% |
| 17:15 | 206 | 211 | 2,37% | 17:30 | 223 | 217 | 2,76% |
| 17:45 | 241 | 250 | 3,60% | 18:00 | 275 | 286 | 3,85% |
| 18:15 | 309 | 323 | 4,33% | 18:30 | 326 | 336 | 2,98% |
| 18:45 | 327 | 336 | 2,68% | 19:00 | 321 | 330 | 2,73% |
| 19:15 | 311 | 312 | 0,32% | 19:30 | 309 | 315 | 1,90% |
| 19:45 | 298 | 318 | 6,29% | 20:00 | 292 | 303 | 3,63% |
| 20:15 | 288 | 297 | 3,03% | 20:30 | 285 | 294 | 3,06% |
| 20:45 | 279 | 285 | 2,11% | 21:00 | 278 | 286 | 2,80% |
| 21:15 | 273 | 284 | 3,87% | 21:30 | 263 | 267 | 1,50% |
| 21:45 | 259 | 249 | 4,02% | 22:00 | 258 | 250 | 3,20% |
| 22:15 | 254 | 244 | 4,10% | 22:30 | 251 | 235 | 6,81% |
| 22:45 | 247 | 242 | 2,07% | 23:00 | 241 | 239 | 0,84% |
| 23:15 | 234 | 238 | 1,68% | 23:30 | 226 | 235 | 3,83% |
| 23:45 | 218 | 218 | 0,00% | 00:00 | 216 | 213 | 1,41% |

CARGA REGIÃO OESTE PASSOS

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 42 | 43 | 2,33% |
| Máxima | 68 | 70 | 2,86% |

| Hora | Previsto | Obser.. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|---------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 40 | 41 | 2,44% | 00:30 | 42 | 43 | 2,33% |
| 00:45 | 41 | 42 | 2,38% | 01:00 | 40 | 41 | 2,44% |
| 01:15 | 39 | 40 | 2,50% | 01:30 | 39 | 40 | 2,50% |
| 01:45 | 39 | 40 | 2,50% | 02:00 | 39 | 40 | 2,50% |
| 02:15 | 39 | 39 | 0,00% | 02:30 | 38 | 39 | 2,56% |
| 02:45 | 38 | 39 | 2,56% | 03:00 | 38 | 39 | 2,56% |
| 03:15 | 38 | 39 | 2,56% | 03:30 | 38 | 39 | 2,56% |
| 03:45 | 38 | 39 | 2,56% | 04:00 | 38 | 39 | 2,56% |
| 04:15 | 38 | 38 | 0,00% | 04:30 | 38 | 39 | 2,56% |
| 04:45 | 38 | 39 | 2,56% | 05:00 | 38 | 39 | 2,56% |
| 05:15 | 39 | 39 | 0,00% | 05:30 | 39 | 39 | 0,00% |
| 05:45 | 39 | 39 | 0,00% | 06:00 | 39 | 40 | 2,50% |
| 06:15 | 40 | 40 | 0,00% | 06:30 | 40 | 40 | 0,00% |
| 06:45 | 39 | 40 | 2,50% | 07:00 | 37 | 37 | 0,00% |
| 07:15 | 36 | 36 | 0,00% | 07:30 | 36 | 36 | 0,00% |

| | | | | | | | |
|-------|----|----|-------|-------|----|----|-------|
| 07:45 | 37 | 36 | 2,78% | 08:00 | 37 | 37 | 0,00% |
| 08:15 | 37 | 38 | 2,63% | 08:30 | 38 | 38 | 0,00% |
| 08:45 | 39 | 39 | 0,00% | 09:00 | 39 | 39 | 0,00% |
| 09:15 | 39 | 39 | 0,00% | 09:30 | 39 | 39 | 0,00% |
| 09:45 | 39 | 40 | 2,50% | 10:00 | 39 | 40 | 2,50% |
| 10:15 | 39 | 40 | 2,50% | 10:30 | 39 | 39 | 0,00% |
| 10:45 | 39 | 39 | 0,00% | 11:00 | 38 | 39 | 2,56% |
| 11:15 | 39 | 39 | 0,00% | 11:30 | 38 | 39 | 2,56% |
| 11:45 | 38 | 39 | 2,56% | 12:00 | 38 | 39 | 2,56% |
| 12:15 | 38 | 39 | 2,56% | 12:30 | 38 | 38 | 0,00% |
| 12:45 | 38 | 39 | 2,56% | 13:00 | 38 | 38 | 0,00% |
| 13:15 | 38 | 38 | 0,00% | 13:30 | 38 | 38 | 0,00% |
| 13:45 | 38 | 38 | 0,00% | 14:00 | 37 | 38 | 2,63% |
| 14:15 | 38 | 38 | 0,00% | 14:30 | 38 | 38 | 0,00% |
| 14:45 | 38 | 39 | 2,56% | 15:00 | 39 | 39 | 0,00% |
| 15:15 | 39 | 39 | 0,00% | 15:30 | 39 | 39 | 0,00% |
| 15:45 | 40 | 40 | 0,00% | 16:00 | 40 | 41 | 2,44% |
| 16:15 | 40 | 41 | 2,44% | 16:30 | 40 | 42 | 4,76% |
| 16:45 | 41 | 43 | 4,65% | 17:00 | 42 | 44 | 4,55% |
| 17:15 | 44 | 46 | 4,35% | 17:30 | 45 | 48 | 6,25% |
| 17:45 | 47 | 50 | 6,00% | 18:00 | 51 | 55 | 7,27% |
| 18:15 | 59 | 63 | 6,35% | 18:30 | 67 | 69 | 2,90% |
| 18:45 | 68 | 70 | 2,86% | 19:00 | 66 | 67 | 1,49% |
| 19:15 | 61 | 60 | 1,67% | 19:30 | 58 | 57 | 1,75% |
| 19:45 | 56 | 57 | 1,75% | 20:00 | 54 | 55 | 1,82% |
| 20:15 | 53 | 54 | 1,85% | 20:30 | 52 | 53 | 1,89% |
| 20:45 | 51 | 51 | 0,00% | 21:00 | 50 | 50 | 0,00% |
| 21:15 | 49 | 48 | 2,08% | 21:30 | 48 | 47 | 2,13% |
| 21:45 | 46 | 46 | 0,00% | 22:00 | 45 | 45 | 0,00% |
| 22:15 | 44 | 44 | 0,00% | 22:30 | 45 | 45 | 0,00% |
| 22:45 | 46 | 47 | 2,13% | 23:00 | 45 | 46 | 2,17% |
| 23:15 | 44 | 45 | 2,22% | 23:30 | 43 | 43 | 0,00% |
| 23:45 | 41 | 42 | 2,38% | 00:00 | 41 | 41 | 0,00% |

Anexo III

Resultados para o Dia 15/07/93

Sistema CEMIG

CARGA GLOBAL

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 4079 | 4024 | 1,37% |
| Máxima | 4678 | 4576 | 2,23% |

| Hora | Previsão | Observ. | Erro | Hora | Previsão | Observ. | Erro |
|-------|----------|---------|-------|-------|----------|---------|-------|
| 00:15 | 3800 | 3799 | 0,03% | 00:30 | 3741 | 3624 | 3,23% |
| 00:45 | 3699 | 3575 | 3,47% | 01:00 | 3690 | 3545 | 4,09% |
| 01:15 | 3659 | 3515 | 4,10% | 01:30 | 3626 | 3503 | 3,51% |
| 01:45 | 3631 | 3480 | 4,34% | 02:00 | 3618 | 3497 | 3,46% |
| 02:15 | 3614 | 3516 | 2,79% | 02:30 | 3600 | 3527 | 2,07% |
| 02:45 | 3596 | 3487 | 3,13% | 03:00 | 3594 | 3478 | 3,34% |
| 03:15 | 3600 | 3486 | 3,27% | 03:30 | 3580 | 3472 | 3,11% |
| 03:45 | 3574 | 3493 | 2,32% | 04:00 | 3576 | 3505 | 2,03% |
| 04:15 | 3578 | 3499 | 2,26% | 04:30 | 3575 | 3503 | 2,06% |
| 04:45 | 3584 | 3497 | 2,49% | 05:00 | 3576 | 3497 | 2,26% |
| 05:15 | 3605 | 3529 | 2,15% | 05:30 | 3651 | 3566 | 2,38% |
| 05:45 | 3679 | 3612 | 1,85% | 06:00 | 3704 | 3637 | 1,84% |
| 06:15 | 3758 | 3664 | 2,57% | 06:30 | 3798 | 3700 | 2,65% |
| 06:45 | 3802 | 3707 | 2,56% | 07:00 | 3751 | 3745 | 0,16% |
| 07:15 | 3710 | 3736 | 0,70% | 07:30 | 3799 | 3785 | 0,37% |
| 07:45 | 3890 | 3871 | 0,49% | 08:00 | 3948 | 3951 | 0,08% |
| 08:15 | 4020 | 3984 | 0,90% | 08:30 | 4057 | 4017 | 1,00% |
| 08:45 | 4103 | 4057 | 1,13% | 09:00 | 4105 | 4069 | 0,88% |
| 09:15 | 4077 | 4079 | 0,05% | 09:30 | 4105 | 4083 | 0,54% |
| 09:45 | 4150 | 4110 | 0,97% | 10:00 | 4122 | 4117 | 0,12% |
| 10:15 | 4204 | 4145 | 1,42% | 10:30 | 4199 | 4145 | 1,30% |
| 10:45 | 4210 | 4137 | 1,76% | 11:00 | 4234 | 4169 | 1,56% |
| 11:15 | 4249 | 4188 | 1,46% | 11:30 | 4185 | 4166 | 0,46% |
| 11:45 | 4177 | 4138 | 0,94% | 12:00 | 4139 | 4094 | 1,10% |
| 12:15 | 4114 | 4079 | 0,86% | 12:30 | 4102 | 4098 | 0,10% |
| 12:45 | 4116 | 4107 | 0,22% | 13:00 | 4139 | 4115 | 0,58% |
| 13:15 | 4148 | 4129 | 0,46% | 13:30 | 4174 | 4168 | 0,14% |
| 13:45 | 4210 | 4171 | 0,94% | 14:00 | 4230 | 4147 | 2,00% |
| 14:15 | 4246 | 4152 | 2,26% | 14:30 | 4224 | 4181 | 1,03% |
| 14:45 | 4227 | 4200 | 0,64% | 15:00 | 4236 | 4194 | 1,00% |
| 15:15 | 4236 | 4188 | 1,15% | 15:30 | 4220 | 4199 | 0,50% |
| 15:45 | 4238 | 4231 | 0,17% | 16:00 | 4263 | 4223 | 0,95% |
| 16:15 | 4272 | 4262 | 0,23% | 16:30 | 4285 | 4270 | 0,35% |
| 16:45 | 4329 | 4330 | 0,02% | 17:00 | 4322 | 4340 | 0,41% |

| | | | | | | | |
|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|
| 17:15 | 4226 | 4270 | 1,03% | 17:30 | 3997 | 4053 | 1,38% |
| 17:45 | 4058 | 4139 | 1,96% | 18:00 | 4140 | 4177 | 0,89% |
| 18:15 | 4348 | 4328 | 0,46% | 18:30 | 4548 | 4485 | 1,40% |
| 18:45 | 4678 | 4559 | 2,61% | 19:00 | 4658 | 4566 | 2,01% |
| 19:15 | 4551 | 4454 | 2,18% | 19:30 | 4574 | 4500 | 1,64% |
| 19:45 | 4498 | 4422 | 1,72% | 20:00 | 4408 | 4339 | 1,59% |
| 20:15 | 4381 | 4320 | 1,41% | 20:30 | 4539 | 4460 | 1,77% |
| 20:45 | 4608 | 4526 | 1,81% | 21:00 | 4620 | 4576 | 0,96% |
| 21:15 | 4576 | 4561 | 0,33% | 21:30 | 4570 | 4570 | 0,00% |
| 21:45 | 4589 | 4558 | 0,68% | 22:00 | 4552 | 4528 | 0,53% |
| 22:15 | 4602 | 4491 | 2,47% | 22:30 | 4502 | 4394 | 2,46% |
| 22:45 | 4402 | 4343 | 1,36% | 23:00 | 4320 | 4241 | 1,86% |
| 23:15 | 4244 | 4154 | 2,17% | 23:30 | 4114 | 3990 | 3,11% |
| 23:45 | 4042 | 3960 | 2,07% | 00:00 | 3979 | 3882 | 2,50% |

CARGA REGIÃO NORTE

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 496 | 462 | 7,36% |
| Máxima | 536 | 545 | 1,65% |

| Hora | Previsto | Obser. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|--------|--------|-------|----------|--------|--------|
| 00:15 | 512 | 519 | 1,35% | 00:30 | 502 | 442 | 13,57% |
| 00:45 | 498 | 437 | 13,96% | 01:00 | 499 | 433 | 15,24% |
| 01:15 | 498 | 434 | 14,75% | 01:30 | 496 | 433 | 14,55% |
| 01:45 | 496 | 432 | 14,81% | 02:00 | 496 | 429 | 15,62% |
| 02:15 | 496 | 430 | 15,35% | 02:30 | 495 | 431 | 14,85% |
| 02:45 | 493 | 431 | 14,39% | 03:00 | 494 | 431 | 14,62% |
| 03:15 | 494 | 430 | 14,88% | 03:30 | 494 | 431 | 14,62% |
| 03:45 | 494 | 429 | 15,15% | 04:00 | 492 | 430 | 14,42% |
| 04:15 | 492 | 430 | 14,42% | 04:30 | 492 | 433 | 13,63% |
| 04:45 | 492 | 430 | 14,42% | 05:00 | 492 | 430 | 14,42% |
| 05:15 | 494 | 430 | 14,88% | 05:30 | 495 | 430 | 15,12% |
| 05:45 | 494 | 434 | 13,82% | 06:00 | 496 | 437 | 13,50% |
| 06:15 | 499 | 435 | 14,71% | 06:30 | 499 | 436 | 14,45% |
| 06:45 | 497 | 438 | 13,47% | 07:00 | 494 | 440 | 12,27% |
| 07:15 | 492 | 443 | 11,06% | 07:30 | 496 | 447 | 10,96% |
| 07:45 | 504 | 452 | 11,50% | 08:00 | 504 | 458 | 10,04% |
| 08:15 | 507 | 461 | 9,98% | 08:30 | 512 | 465 | 10,11% |
| 08:45 | 514 | 469 | 9,59% | 09:00 | 516 | 470 | 9,79% |
| 09:15 | 513 | 472 | 8,69% | 09:30 | 514 | 471 | 9,13% |
| 09:45 | 520 | 472 | 10,17% | 10:00 | 515 | 473 | 8,88% |
| 10:15 | 522 | 471 | 10,83% | 10:30 | 524 | 473 | 10,78% |
| 10:45 | 523 | 484 | 8,06% | 11:00 | 523 | 493 | 6,09% |
| 11:15 | 526 | 503 | 4,57% | 11:30 | 519 | 504 | 2,98% |
| 11:45 | 518 | 502 | 3,19% | 12:00 | 522 | 500 | 4,40% |
| 12:15 | 520 | 501 | 3,79% | 12:30 | 519 | 503 | 3,18% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|--------|-------|-----|-----|--------|
| 12:45 | 516 | 504 | 2,38% | 13:00 | 519 | 506 | 2,57% |
| 13:15 | 517 | 508 | 1,77% | 13:30 | 519 | 509 | 1,96% |
| 13:45 | 524 | 511 | 2,54% | 14:00 | 528 | 511 | 3,33% |
| 14:15 | 527 | 511 | 3,13% | 14:30 | 527 | 508 | 3,74% |
| 14:45 | 528 | 516 | 2,33% | 15:00 | 528 | 518 | 1,93% |
| 15:15 | 529 | 520 | 1,73% | 15:30 | 528 | 525 | 0,57% |
| 15:45 | 528 | 524 | 0,76% | 16:00 | 530 | 517 | 2,51% |
| 16:15 | 527 | 524 | 0,57% | 16:30 | 525 | 526 | 0,19% |
| 16:45 | 525 | 531 | 1,13% | 17:00 | 524 | 528 | 0,76% |
| 17:15 | 497 | 496 | 0,20% | 17:30 | 446 | 434 | 2,76% |
| 17:45 | 437 | 426 | 2,58% | 18:00 | 414 | 348 | 18,97% |
| 18:15 | 421 | 344 | 22,38% | 18:30 | 396 | 325 | 21,85% |
| 18:45 | 396 | 341 | 16,13% | 19:00 | 397 | 345 | 15,07% |
| 19:15 | 395 | 344 | 14,83% | 19:30 | 398 | 343 | 16,03% |
| 19:45 | 393 | 340 | 15,59% | 20:00 | 390 | 336 | 16,07% |
| 20:15 | 384 | 334 | 14,97% | 20:30 | 415 | 379 | 9,50% |
| 20:45 | 452 | 404 | 11,88% | 21:00 | 473 | 440 | 7,50% |
| 21:15 | 481 | 470 | 2,34% | 21:30 | 500 | 524 | 4,58% |
| 21:45 | 525 | 540 | 2,78% | 22:00 | 529 | 545 | 2,94% |
| 22:15 | 536 | 545 | 1,65% | 22:30 | 530 | 539 | 1,67% |
| 22:45 | 523 | 531 | 1,51% | 23:00 | 529 | 535 | 1,12% |
| 23:15 | 525 | 535 | 1,87% | 23:30 | 519 | 530 | 2,08% |
| 23:45 | 520 | 528 | 1,52% | 00:00 | 516 | 526 | 1,90% |

CARGA REGIÃO TRIÂNGULO

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 323 | 319 | 1,25% |
| Máxima | 468 | 443 | 5,64% |

| Hora | Previsto | Obser. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|--------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 267 | 264 | 1,14% | 00:30 | 271 | 275 | 1,45% |
| 00:45 | 259 | 268 | 3,36% | 01:00 | 256 | 265 | 3,40% |
| 01:15 | 253 | 262 | 3,44% | 01:30 | 250 | 257 | 2,72% |
| 01:45 | 249 | 257 | 3,11% | 02:00 | 247 | 255 | 3,14% |
| 02:15 | 246 | 255 | 3,53% | 02:30 | 244 | 254 | 3,94% |
| 02:45 | 243 | 253 | 3,95% | 03:00 | 243 | 253 | 3,95% |
| 03:15 | 242 | 253 | 4,35% | 03:30 | 242 | 253 | 4,35% |
| 03:45 | 243 | 252 | 3,57% | 04:00 | 243 | 252 | 3,57% |
| 04:15 | 243 | 253 | 3,95% | 04:30 | 244 | 252 | 3,17% |
| 04:45 | 245 | 253 | 3,16% | 05:00 | 245 | 255 | 3,92% |
| 05:15 | 247 | 255 | 3,14% | 05:30 | 250 | 258 | 3,10% |
| 05:45 | 254 | 262 | 3,05% | 06:00 | 260 | 268 | 2,99% |
| 06:15 | 268 | 272 | 1,47% | 06:30 | 278 | 280 | 0,71% |
| 06:45 | 278 | 280 | 0,71% | 07:00 | 270 | 275 | 1,82% |
| 07:15 | 265 | 273 | 2,93% | 07:30 | 276 | 284 | 2,82% |
| 07:45 | 288 | 296 | 2,70% | 08:00 | 299 | 306 | 2,29% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|--------|-------|-----|-----|--------|
| 08:15 | 307 | 312 | 1,60% | 08:30 | 315 | 318 | 0,94% |
| 08:45 | 321 | 325 | 1,23% | 09:00 | 324 | 324 | 0,00% |
| 09:15 | 326 | 326 | 0,00% | 09:30 | 326 | 325 | 0,31% |
| 09:45 | 330 | 328 | 0,61% | 10:00 | 334 | 331 | 0,91% |
| 10:15 | 334 | 337 | 0,89% | 10:30 | 336 | 338 | 0,59% |
| 10:45 | 337 | 336 | 0,30% | 11:00 | 340 | 337 | 0,89% |
| 11:15 | 340 | 335 | 1,49% | 11:30 | 328 | 321 | 2,18% |
| 11:45 | 325 | 318 | 2,20% | 12:00 | 319 | 311 | 2,57% |
| 12:15 | 313 | 307 | 1,95% | 12:30 | 312 | 308 | 1,30% |
| 12:45 | 311 | 310 | 0,32% | 13:00 | 318 | 317 | 0,32% |
| 13:15 | 325 | 322 | 0,93% | 13:30 | 330 | 327 | 0,92% |
| 13:45 | 334 | 327 | 2,14% | 14:00 | 334 | 327 | 2,14% |
| 14:15 | 334 | 329 | 1,52% | 14:30 | 334 | 330 | 1,21% |
| 14:45 | 334 | 332 | 0,60% | 15:00 | 334 | 332 | 0,60% |
| 15:15 | 334 | 333 | 0,30% | 15:30 | 332 | 332 | 0,00% |
| 15:45 | 334 | 334 | 0,00% | 16:00 | 336 | 334 | 0,60% |
| 16:15 | 334 | 334 | 0,00% | 16:30 | 335 | 336 | 0,30% |
| 16:45 | 340 | 346 | 1,73% | 17:00 | 341 | 347 | 1,73% |
| 17:15 | 340 | 350 | 2,86% | 17:30 | 341 | 362 | 5,80% |
| 17:45 | 350 | 375 | 6,67% | 18:00 | 365 | 382 | 4,45% |
| 18:15 | 382 | 399 | 4,26% | 18:30 | 413 | 412 | 0,24% |
| 18:45 | 455 | 432 | 5,32% | 19:00 | 468 | 443 | 5,64% |
| 19:15 | 463 | 434 | 6,68% | 19:30 | 466 | 443 | 5,19% |
| 19:45 | 455 | 433 | 5,08% | 20:00 | 440 | 419 | 5,01% |
| 20:15 | 437 | 409 | 6,85% | 20:30 | 431 | 404 | 6,68% |
| 20:45 | 423 | 396 | 6,82% | 21:00 | 416 | 388 | 7,22% |
| 21:15 | 403 | 377 | 6,90% | 21:30 | 392 | 365 | 7,40% |
| 21:45 | 387 | 357 | 8,40% | 22:00 | 383 | 356 | 7,58% |
| 22:15 | 388 | 350 | 10,86% | 22:30 | 375 | 330 | 13,64% |
| 22:45 | 358 | 316 | 13,29% | 23:00 | 342 | 307 | 11,40% |
| 23:15 | 331 | 296 | 11,82% | 23:30 | 319 | 283 | 12,72% |
| 23:45 | 305 | 274 | 11,31% | 00:00 | 294 | 269 | 9,29% |

CARGA REGIÃO LESTE

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 628 | 637 | 1,41% |
| Máxima | 754 | 775 | 2,71% |

| Hora | Previsto | Obser. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|--------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 598 | 618 | 3,24% | 00:30 | 599 | 584 | 2,57% |
| 00:45 | 613 | 585 | 4,79% | 01:00 | 613 | 593 | 3,37% |
| 01:15 | 608 | 598 | 1,67% | 01:30 | 609 | 605 | 0,66% |
| 01:45 | 612 | 579 | 5,70% | 02:00 | 608 | 587 | 3,58% |
| 02:15 | 609 | 599 | 1,67% | 02:30 | 613 | 613 | 0,00% |
| 02:45 | 609 | 613 | 0,65% | 03:00 | 604 | 597 | 1,17% |
| 03:15 | 600 | 604 | 0,66% | 03:30 | 600 | 591 | 1,52% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| 03:45 | 592 | 601 | 1,50% | 04:00 | 595 | 599 | 0,67% |
| 04:15 | 595 | 592 | 0,51% | 04:30 | 601 | 584 | 2,91% |
| 04:45 | 603 | 598 | 0,84% | 05:00 | 599 | 569 | 5,27% |
| 05:15 | 596 | 586 | 1,71% | 05:30 | 604 | 586 | 3,07% |
| 05:45 | 603 | 597 | 1,01% | 06:00 | 601 | 599 | 0,33% |
| 06:15 | 603 | 585 | 3,08% | 06:30 | 597 | 597 | 0,00% |
| 06:45 | 591 | 588 | 0,51% | 07:00 | 585 | 606 | 3,47% |
| 07:15 | 574 | 605 | 5,12% | 07:30 | 580 | 589 | 1,53% |
| 07:45 | 597 | 603 | 1,00% | 08:00 | 608 | 638 | 4,70% |
| 08:15 | 610 | 640 | 4,69% | 08:30 | 604 | 631 | 4,28% |
| 08:45 | 605 | 616 | 1,79% | 09:00 | 604 | 621 | 2,74% |
| 09:15 | 600 | 611 | 1,80% | 09:30 | 596 | 629 | 5,25% |
| 09:45 | 594 | 621 | 4,35% | 10:00 | 583 | 619 | 5,82% |
| 10:15 | 599 | 627 | 4,47% | 10:30 | 600 | 633 | 5,21% |
| 10:45 | 598 | 613 | 2,45% | 11:00 | 614 | 600 | 2,33% |
| 11:15 | 610 | 616 | 0,97% | 11:30 | 601 | 629 | 4,45% |
| 11:45 | 607 | 622 | 2,41% | 12:00 | 599 | 603 | 0,66% |
| 12:15 | 598 | 606 | 1,32% | 12:30 | 596 | 621 | 4,03% |
| 12:45 | 600 | 627 | 4,31% | 13:00 | 601 | 610 | 1,48% |
| 13:15 | 596 | 609 | 2,13% | 13:30 | 604 | 627 | 3,67% |
| 13:45 | 606 | 626 | 3,19% | 14:00 | 616 | 610 | 0,98% |
| 14:15 | 614 | 624 | 1,60% | 14:30 | 605 | 635 | 4,72% |
| 14:45 | 608 | 627 | 3,03% | 15:00 | 610 | 623 | 2,09% |
| 15:15 | 606 | 602 | 0,66% | 15:30 | 604 | 617 | 2,11% |
| 15:45 | 614 | 627 | 2,07% | 16:00 | 616 | 632 | 2,53% |
| 16:15 | 617 | 643 | 4,04% | 16:30 | 620 | 651 | 4,76% |
| 16:45 | 626 | 635 | 1,42% | 17:00 | 626 | 649 | 3,54% |
| 17:15 | 624 | 649 | 3,85% | 17:30 | 600 | 616 | 2,60% |
| 17:45 | 614 | 626 | 1,92% | 18:00 | 656 | 666 | 1,50% |
| 18:15 | 713 | 725 | 1,66% | 18:30 | 750 | 760 | 1,32% |
| 18:45 | 754 | 773 | 2,46% | 19:00 | 750 | 775 | 3,23% |
| 19:15 | 740 | 752 | 1,60% | 19:30 | 739 | 764 | 3,27% |
| 19:45 | 732 | 752 | 2,66% | 20:00 | 720 | 735 | 2,04% |
| 20:15 | 709 | 733 | 3,27% | 20:30 | 741 | 749 | 1,07% |
| 20:45 | 746 | 729 | 2,33% | 21:00 | 737 | 743 | 0,81% |
| 21:15 | 723 | 741 | 2,43% | 21:30 | 710 | 717 | 0,98% |
| 21:45 | 706 | 713 | 0,98% | 22:00 | 697 | 707 | 1,41% |
| 22:15 | 686 | 696 | 1,44% | 22:30 | 672 | 685 | 1,90% |
| 22:45 | 660 | 682 | 3,23% | 23:00 | 650 | 659 | 1,37% |
| 23:15 | 627 | 643 | 2,49% | 23:30 | 610 | 609 | 0,16% |
| 23:45 | 612 | 609 | 0,49% | 00:00 | 605 | 611 | 0,98% |

CARGA REGIÃO SUL POÇOS

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 345 | 359 | 3,90% |
| Máxima | 386 | 387 | 0,26% |

| Hora | Previsto | Obser. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|--------|--------|-------|----------|--------|--------|
| 00:15 | 342 | 366 | 6,56% | 00:30 | 342 | 328 | 4,27% |
| 00:45 | 334 | 326 | 2,45% | 01:00 | 334 | 324 | 3,09% |
| 01:15 | 333 | 324 | 2,78% | 01:30 | 333 | 322 | 3,42% |
| 01:45 | 333 | 323 | 3,10% | 02:00 | 333 | 324 | 2,78% |
| 02:15 | 333 | 325 | 2,46% | 02:30 | 332 | 323 | 2,79% |
| 02:45 | 332 | 322 | 3,11% | 03:00 | 333 | 323 | 3,10% |
| 03:15 | 332 | 323 | 2,79% | 03:30 | 332 | 321 | 3,43% |
| 03:45 | 332 | 321 | 3,43% | 04:00 | 332 | 322 | 3,11% |
| 04:15 | 332 | 322 | 3,11% | 04:30 | 332 | 322 | 3,11% |
| 04:45 | 332 | 322 | 3,11% | 05:00 | 332 | 323 | 2,79% |
| 05:15 | 332 | 324 | 2,47% | 05:30 | 332 | 328 | 1,22% |
| 05:45 | 333 | 331 | 0,60% | 06:00 | 333 | 333 | 0,00% |
| 06:15 | 333 | 335 | 0,60% | 06:30 | 333 | 341 | 2,35% |
| 06:45 | 324 | 346 | 6,36% | 07:00 | 322 | 346 | 6,94% |
| 07:15 | 321 | 346 | 7,23% | 07:30 | 317 | 346 | 8,38% |
| 07:45 | 318 | 346 | 8,09% | 08:00 | 319 | 346 | 7,80% |
| 08:15 | 319 | 351 | 9,12% | 08:30 | 320 | 356 | 10,11% |
| 08:45 | 320 | 366 | 12,57% | 09:00 | 321 | 366 | 12,30% |
| 09:15 | 322 | 366 | 12,02% | 09:30 | 325 | 366 | 11,20% |
| 09:45 | 344 | 366 | 6,01% | 10:00 | 338 | 366 | 7,65% |
| 10:15 | 344 | 366 | 6,01% | 10:30 | 344 | 366 | 6,01% |
| 10:45 | 344 | 366 | 6,01% | 11:00 | 346 | 366 | 5,46% |
| 11:15 | 346 | 366 | 5,46% | 11:30 | 345 | 366 | 5,74% |
| 11:45 | 344 | 366 | 6,01% | 12:00 | 344 | 366 | 6,01% |
| 12:15 | 343 | 366 | 6,28% | 12:30 | 342 | 366 | 6,56% |
| 12:45 | 342 | 366 | 6,56% | 13:00 | 342 | 366 | 6,56% |
| 13:15 | 342 | 366 | 6,56% | 13:30 | 343 | 366 | 6,28% |
| 13:45 | 344 | 366 | 6,01% | 14:00 | 344 | 366 | 6,01% |
| 14:15 | 344 | 366 | 6,01% | 14:30 | 344 | 366 | 6,01% |
| 14:45 | 343 | 366 | 6,28% | 15:00 | 344 | 366 | 6,01% |
| 15:15 | 344 | 366 | 6,01% | 15:30 | 344 | 366 | 6,01% |
| 15:45 | 344 | 366 | 6,01% | 16:00 | 344 | 366 | 6,01% |
| 16:15 | 344 | 366 | 6,01% | 16:30 | 345 | 366 | 5,74% |
| 16:45 | 345 | 366 | 5,74% | 17:00 | 344 | 366 | 6,01% |
| 17:15 | 344 | 366 | 6,01% | 17:30 | 346 | 366 | 5,46% |
| 17:45 | 344 | 366 | 6,01% | 18:00 | 345 | 366 | 5,74% |
| 18:15 | 351 | 368 | 4,62% | 18:30 | 360 | 386 | 6,74% |
| 18:45 | 384 | 386 | 0,52% | 19:00 | 384 | 386 | 0,52% |
| 19:15 | 384 | 386 | 0,52% | 19:30 | 386 | 387 | 0,26% |
| 19:45 | 386 | 387 | 0,26% | 20:00 | 383 | 387 | 1,03% |
| 20:15 | 380 | 387 | 1,81% | 20:30 | 380 | 387 | 1,81% |
| 20:45 | 379 | 387 | 2,07% | 21:00 | 379 | 387 | 2,07% |
| 21:15 | 379 | 387 | 2,07% | 21:30 | 379 | 387 | 2,07% |
| 21:45 | 376 | 387 | 2,84% | 22:00 | 375 | 387 | 3,10% |
| 22:15 | 362 | 387 | 6,46% | 22:30 | 360 | 387 | 6,98% |
| 22:45 | 354 | 387 | 8,53% | 23:00 | 354 | 387 | 8,53% |
| 23:15 | 353 | 386 | 8,55% | 23:30 | 353 | 386 | 8,55% |
| 23:45 | 353 | 386 | 8,55% | 00:00 | 353 | 386 | 8,55% |

CARGA REGIÃO SUL LAVRAS

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 163 | 165 | 1,21% |
| Máxima | 239 | 228 | 4,82% |

| Hora | Previsto | Obser. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|--------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 139 | 136 | 2,21% | 00:30 | 135 | 138 | 2,17% |
| 00:45 | 133 | 135 | 1,48% | 01:00 | 131 | 135 | 2,96% |
| 01:15 | 128 | 133 | 3,76% | 01:30 | 128 | 134 | 4,48% |
| 01:45 | 128 | 133 | 3,76% | 02:00 | 128 | 131 | 2,29% |
| 02:15 | 127 | 128 | 0,78% | 02:30 | 125 | 127 | 1,57% |
| 02:45 | 124 | 128 | 3,13% | 03:00 | 124 | 128 | 3,13% |
| 03:15 | 125 | 128 | 2,34% | 03:30 | 126 | 130 | 3,08% |
| 03:45 | 125 | 129 | 3,10% | 04:00 | 125 | 129 | 3,10% |
| 04:15 | 126 | 129 | 2,33% | 04:30 | 128 | 127 | 0,79% |
| 04:45 | 128 | 128 | 0,00% | 05:00 | 128 | 130 | 1,54% |
| 05:15 | 129 | 135 | 4,44% | 05:30 | 131 | 137 | 4,38% |
| 05:45 | 133 | 133 | 0,00% | 06:00 | 137 | 139 | 1,44% |
| 06:15 | 143 | 142 | 0,70% | 06:30 | 150 | 142 | 5,63% |
| 06:45 | 149 | 142 | 4,93% | 07:00 | 144 | 142 | 1,41% |
| 07:15 | 141 | 141 | 0,00% | 07:30 | 147 | 147 | 0,00% |
| 07:45 | 154 | 156 | 1,28% | 08:00 | 158 | 161 | 1,86% |
| 08:15 | 160 | 165 | 3,03% | 08:30 | 163 | 166 | 1,81% |
| 08:45 | 164 | 166 | 1,20% | 09:00 | 166 | 167 | 0,60% |
| 09:15 | 167 | 170 | 1,76% | 09:30 | 167 | 173 | 3,47% |
| 09:45 | 169 | 175 | 3,43% | 10:00 | 168 | 179 | 6,15% |
| 10:15 | 169 | 181 | 6,63% | 10:30 | 171 | 183 | 6,56% |
| 10:45 | 173 | 180 | 3,89% | 11:00 | 175 | 182 | 3,85% |
| 11:15 | 174 | 180 | 3,33% | 11:30 | 166 | 173 | 4,05% |
| 11:45 | 163 | 167 | 2,40% | 12:00 | 159 | 160 | 0,63% |
| 12:15 | 156 | 158 | 1,27% | 12:30 | 156 | 160 | 2,50% |
| 12:45 | 159 | 163 | 2,45% | 13:00 | 160 | 168 | 4,76% |
| 13:15 | 164 | 170 | 3,53% | 13:30 | 167 | 172 | 2,91% |
| 13:45 | 170 | 174 | 2,30% | 14:00 | 171 | 175 | 2,29% |
| 14:15 | 171 | 174 | 1,72% | 14:30 | 171 | 173 | 1,16% |
| 14:45 | 171 | 171 | 0,00% | 15:00 | 171 | 173 | 1,16% |
| 15:15 | 170 | 170 | 0,00% | 15:30 | 171 | 168 | 1,79% |
| 15:45 | 171 | 170 | 0,59% | 16:00 | 172 | 176 | 2,27% |
| 16:15 | 175 | 179 | 2,23% | 16:30 | 177 | 179 | 1,12% |
| 16:45 | 178 | 182 | 2,20% | 17:00 | 180 | 184 | 2,17% |
| 17:15 | 171 | 176 | 2,84% | 17:30 | 156 | 160 | 2,50% |
| 17:45 | 166 | 172 | 3,49% | 18:00 | 182 | 187 | 2,67% |
| 18:15 | 203 | 207 | 1,93% | 18:30 | 228 | 220 | 3,64% |
| 18:45 | 239 | 228 | 4,82% | 19:00 | 234 | 227 | 3,08% |
| 19:15 | 222 | 215 | 3,26% | 19:30 | 222 | 217 | 2,30% |
| 19:45 | 215 | 209 | 2,87% | 20:00 | 205 | 201 | 1,99% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| 20:15 | 202 | 199 | 1,51% | 20:30 | 207 | 201 | 2,99% |
| 20:45 | 212 | 210 | 0,95% | 21:00 | 207 | 210 | 1,43% |
| 21:15 | 201 | 202 | 0,50% | 21:30 | 194 | 194 | 0,00% |
| 21:45 | 191 | 190 | 0,53% | 22:00 | 189 | 190 | 0,53% |
| 22:15 | 184 | 185 | 0,54% | 22:30 | 179 | 179 | 0,00% |
| 22:45 | 173 | 174 | 0,57% | 23:00 | 165 | 166 | 0,60% |
| 23:15 | 161 | 160 | 0,63% | 23:30 | 154 | 151 | 1,99% |
| 23:45 | 148 | 148 | 0,00% | 00:00 | 142 | 141 | 0,71% |

CARGA REGIÃO METROPOLITANA

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 748 | 745 | 0,40% |
| Máxima | 1012 | 995 | 1,71% |

| Hora | Previsto | Obser. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|--------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 632 | 615 | 2,76% | 00:30 | 612 | 622 | 1,61% |
| 00:45 | 590 | 607 | 2,80% | 01:00 | 581 | 583 | 0,34% |
| 01:15 | 576 | 580 | 0,69% | 01:30 | 570 | 579 | 1,55% |
| 01:45 | 566 | 576 | 1,74% | 02:00 | 566 | 576 | 1,74% |
| 02:15 | 559 | 574 | 2,61% | 02:30 | 552 | 571 | 3,33% |
| 02:45 | 549 | 567 | 3,17% | 03:00 | 548 | 560 | 2,14% |
| 03:15 | 547 | 556 | 1,62% | 03:30 | 545 | 549 | 0,73% |
| 03:45 | 547 | 554 | 1,26% | 04:00 | 548 | 555 | 1,26% |
| 04:15 | 551 | 558 | 1,25% | 04:30 | 549 | 567 | 3,17% |
| 04:45 | 554 | 566 | 2,12% | 05:00 | 554 | 574 | 3,48% |
| 05:15 | 562 | 572 | 1,75% | 05:30 | 570 | 585 | 2,56% |
| 05:45 | 583 | 595 | 2,02% | 06:00 | 596 | 607 | 1,81% |
| 06:15 | 615 | 615 | 0,00% | 06:30 | 638 | 636 | 0,31% |
| 06:45 | 655 | 651 | 0,61% | 07:00 | 652 | 654 | 0,31% |
| 07:15 | 643 | 651 | 1,23% | 07:30 | 663 | 667 | 0,60% |
| 07:45 | 685 | 693 | 1,15% | 08:00 | 701 | 701 | 0,00% |
| 08:15 | 717 | 706 | 1,56% | 08:30 | 736 | 724 | 1,66% |
| 08:45 | 750 | 743 | 0,94% | 09:00 | 756 | 751 | 0,67% |
| 09:15 | 760 | 761 | 0,13% | 09:30 | 764 | 765 | 0,13% |
| 09:45 | 766 | 769 | 0,39% | 10:00 | 766 | 768 | 0,26% |
| 10:15 | 781 | 775 | 0,77% | 10:30 | 790 | 779 | 1,41% |
| 10:45 | 796 | 785 | 1,40% | 11:00 | 797 | 794 | 0,38% |
| 11:15 | 797 | 793 | 0,50% | 11:30 | 794 | 781 | 1,66% |
| 11:45 | 793 | 775 | 2,32% | 12:00 | 790 | 775 | 1,94% |
| 12:15 | 784 | 765 | 2,48% | 12:30 | 778 | 755 | 3,05% |
| 12:45 | 770 | 757 | 1,72% | 13:00 | 770 | 758 | 1,58% |
| 13:15 | 768 | 759 | 1,19% | 13:30 | 779 | 765 | 1,83% |
| 13:45 | 788 | 775 | 1,68% | 14:00 | 792 | 778 | 1,80% |
| 14:15 | 795 | 776 | 2,45% | 14:30 | 794 | 782 | 1,53% |
| 14:45 | 794 | 789 | 0,63% | 15:00 | 792 | 782 | 1,28% |
| 15:15 | 792 | 784 | 1,02% | 15:30 | 791 | 785 | 0,76% |

| | | | | | | | |
|-------|------|-----|-------|-------|------|-----|-------|
| 15:45 | 797 | 782 | 1,92% | 16:00 | 802 | 792 | 1,26% |
| 16:15 | 805 | 789 | 2,03% | 16:30 | 811 | 797 | 1,76% |
| 16:45 | 822 | 812 | 1,23% | 17:00 | 821 | 816 | 0,61% |
| 17:15 | 806 | 811 | 0,62% | 17:30 | 806 | 816 | 1,23% |
| 17:45 | 826 | 836 | 1,20% | 18:00 | 871 | 873 | 0,23% |
| 18:15 | 932 | 921 | 1,19% | 18:30 | 1000 | 977 | 2,35% |
| 18:45 | 1012 | 995 | 1,71% | 19:00 | 996 | 988 | 0,81% |
| 19:15 | 973 | 962 | 1,14% | 19:30 | 984 | 984 | 0,00% |
| 19:45 | 968 | 969 | 0,10% | 20:00 | 948 | 945 | 0,32% |
| 20:15 | 950 | 944 | 0,64% | 20:30 | 946 | 946 | 0,00% |
| 20:45 | 938 | 947 | 0,95% | 21:00 | 936 | 941 | 0,53% |
| 21:15 | 924 | 925 | 0,11% | 21:30 | 905 | 904 | 0,11% |
| 21:45 | 888 | 883 | 0,57% | 22:00 | 873 | 876 | 0,34% |
| 22:15 | 886 | 868 | 2,07% | 22:30 | 863 | 834 | 3,48% |
| 22:45 | 827 | 801 | 3,25% | 23:00 | 789 | 772 | 2,20% |
| 23:15 | 768 | 750 | 2,40% | 23:30 | 732 | 707 | 3,54% |
| 23:45 | 704 | 691 | 1,88% | 00:00 | 684 | 671 | 1,94% |

CARGA REGIÃO OESTE

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 313 | 314 | 0,32% |
| Máxima | 389 | 399 | 2,51% |

| Hora | Previsto | Obser. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|--------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 272 | 250 | 8,80% | 00:30 | 274 | 285 | 3,86% |
| 00:45 | 272 | 269 | 1,12% | 01:00 | 270 | 270 | 0,00% |
| 01:15 | 261 | 256 | 1,95% | 01:30 | 257 | 254 | 1,18% |
| 01:45 | 252 | 259 | 2,70% | 02:00 | 252 | 268 | 5,97% |
| 02:15 | 255 | 259 | 1,54% | 02:30 | 256 | 250 | 2,40% |
| 02:45 | 256 | 255 | 0,39% | 03:00 | 251 | 258 | 2,71% |
| 03:15 | 253 | 250 | 1,20% | 03:30 | 251 | 254 | 1,18% |
| 03:45 | 247 | 249 | 0,80% | 04:00 | 255 | 258 | 1,16% |
| 04:15 | 247 | 259 | 4,63% | 04:30 | 251 | 253 | 0,79% |
| 04:45 | 251 | 256 | 1,95% | 05:00 | 255 | 250 | 2,00% |
| 05:15 | 258 | 259 | 0,39% | 05:30 | 264 | 269 | 1,86% |
| 05:45 | 267 | 274 | 2,55% | 06:00 | 270 | 269 | 0,37% |
| 06:15 | 279 | 278 | 0,36% | 06:30 | 287 | 269 | 6,69% |
| 06:45 | 291 | 283 | 2,83% | 07:00 | 291 | 280 | 3,93% |
| 07:15 | 290 | 287 | 1,05% | 07:30 | 299 | 292 | 2,40% |
| 07:45 | 303 | 301 | 0,66% | 08:00 | 313 | 311 | 0,64% |
| 08:15 | 315 | 320 | 1,56% | 08:30 | 320 | 329 | 2,74% |
| 08:45 | 323 | 330 | 2,12% | 09:00 | 325 | 331 | 1,81% |
| 09:15 | 323 | 332 | 2,71% | 09:30 | 329 | 323 | 1,86% |
| 09:45 | 328 | 329 | 0,30% | 10:00 | 330 | 327 | 0,92% |
| 10:15 | 332 | 326 | 1,84% | 10:30 | 334 | 326 | 2,45% |
| 10:45 | 333 | 333 | 0,00% | 11:00 | 334 | 334 | 0,00% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|--------|
| 11:15 | 331 | 336 | 1,49% | 11:30 | 320 | 330 | 3,03% |
| 11:45 | 318 | 331 | 3,93% | 12:00 | 314 | 317 | 0,95% |
| 12:15 | 314 | 318 | 1,26% | 12:30 | 310 | 318 | 2,52% |
| 12:45 | 316 | 322 | 1,86% | 13:00 | 321 | 326 | 1,53% |
| 13:15 | 326 | 323 | 0,93% | 13:30 | 331 | 332 | 0,30% |
| 13:45 | 332 | 339 | 2,06% | 14:00 | 338 | 339 | 0,29% |
| 14:15 | 341 | 335 | 1,79% | 14:30 | 338 | 334 | 1,20% |
| 14:45 | 340 | 324 | 4,94% | 15:00 | 343 | 334 | 2,69% |
| 15:15 | 338 | 337 | 0,30% | 15:30 | 330 | 330 | 0,00% |
| 15:45 | 328 | 331 | 0,91% | 16:00 | 332 | 324 | 2,47% |
| 16:15 | 335 | 333 | 0,60% | 16:30 | 334 | 330 | 1,21% |
| 16:45 | 340 | 342 | 0,58% | 17:00 | 341 | 351 | 2,85% |
| 17:15 | 338 | 344 | 1,74% | 17:30 | 340 | 346 | 1,73% |
| 17:45 | 351 | 355 | 1,13% | 18:00 | 338 | 349 | 3,15% |
| 18:15 | 356 | 370 | 3,78% | 18:30 | 385 | 393 | 2,04% |
| 18:45 | 389 | 395 | 1,52% | 19:00 | 383 | 399 | 4,01% |
| 19:15 | 369 | 380 | 2,89% | 19:30 | 368 | 375 | 1,87% |
| 19:45 | 363 | 366 | 0,82% | 20:00 | 350 | 357 | 1,96% |
| 20:15 | 352 | 353 | 0,28% | 20:30 | 343 | 338 | 1,48% |
| 20:45 | 337 | 336 | 0,30% | 21:00 | 349 | 344 | 1,45% |
| 21:15 | 353 | 352 | 0,28% | 21:30 | 338 | 339 | 0,29% |
| 21:45 | 340 | 332 | 2,41% | 22:00 | 334 | 329 | 1,52% |
| 22:15 | 336 | 334 | 0,60% | 22:30 | 334 | 339 | 1,47% |
| 22:45 | 331 | 339 | 2,36% | 23:00 | 332 | 344 | 3,49% |
| 23:15 | 329 | 316 | 4,11% | 23:30 | 315 | 302 | 4,30% |
| 23:45 | 303 | 296 | 2,36% | 00:00 | 293 | 266 | 10,15% |

CARGA REGIÃO OESTE PASSOS

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|--------|
| Energia | 57 | 53 | 7,55% |
| Máxima | 76 | 69 | 10,14% |

| Hora | Previsto | Obser. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|--------|--------|-------|----------|--------|--------|
| 00:15 | 53 | 54 | 1,85% | 00:30 | 52 | 46 | 13,04% |
| 00:45 | 51 | 46 | 10,87% | 01:00 | 51 | 39 | 30,77% |
| 01:15 | 50 | 39 | 28,21% | 01:30 | 50 | 40 | 25,00% |
| 01:45 | 50 | 41 | 21,95% | 02:00 | 50 | 41 | 21,95% |
| 02:15 | 50 | 41 | 21,95% | 02:30 | 50 | 42 | 19,05% |
| 02:45 | 50 | 43 | 16,28% | 03:00 | 50 | 47 | 6,38% |
| 03:15 | 49 | 47 | 4,26% | 03:30 | 49 | 47 | 4,26% |
| 03:45 | 49 | 47 | 4,26% | 04:00 | 49 | 47 | 4,26% |
| 04:15 | 50 | 48 | 4,17% | 04:30 | 50 | 48 | 4,17% |
| 04:45 | 50 | 49 | 2,04% | 05:00 | 51 | 49 | 4,08% |
| 05:15 | 51 | 50 | 2,00% | 05:30 | 52 | 50 | 4,00% |
| 05:45 | 53 | 51 | 3,92% | 06:00 | 54 | 52 | 3,85% |
| 06:15 | 55 | 52 | 5,77% | 06:30 | 56 | 54 | 3,70% |

| | | | | | | | |
|-------|----|----|--------|-------|----|----|--------|
| 06:45 | 54 | 53 | 1,89% | 07:00 | 54 | 52 | 3,85% |
| 07:15 | 48 | 46 | 17,39% | 07:30 | 49 | 43 | 27,91% |
| 07:45 | 51 | 43 | 32,56% | 08:00 | 48 | 42 | 40,48% |
| 08:15 | 54 | 45 | 33,33% | 08:30 | 54 | 46 | 30,43% |
| 08:45 | 54 | 47 | 27,66% | 09:00 | 52 | 48 | 20,83% |
| 09:15 | 55 | 48 | 27,08% | 09:30 | 56 | 48 | 29,17% |
| 09:45 | 53 | 48 | 22,92% | 10:00 | 52 | 49 | 18,37% |
| 10:15 | 53 | 49 | 20,41% | 10:30 | 54 | 49 | 22,45% |
| 10:45 | 55 | 49 | 24,49% | 11:00 | 55 | 56 | 8,93% |
| 11:15 | 54 | 56 | 7,14% | 11:30 | 52 | 53 | 9,43% |
| 11:45 | 52 | 54 | 7,41% | 12:00 | 57 | 53 | 7,55% |
| 12:15 | 56 | 52 | 7,69% | 12:30 | 57 | 53 | 7,55% |
| 12:45 | 57 | 54 | 5,56% | 13:00 | 59 | 54 | 9,26% |
| 13:15 | 59 | 54 | 9,26% | 13:30 | 59 | 56 | 5,36% |
| 13:45 | 59 | 57 | 3,51% | 14:00 | 59 | 56 | 5,36% |
| 14:15 | 59 | 56 | 5,36% | 14:30 | 59 | 58 | 1,72% |
| 14:45 | 58 | 57 | 1,75% | 15:00 | 57 | 57 | 0,00% |
| 15:15 | 59 | 57 | 3,51% | 15:30 | 57 | 57 | 0,00% |
| 15:45 | 57 | 57 | 0,00% | 16:00 | 60 | 58 | 3,45% |
| 16:15 | 57 | 59 | 3,39% | 16:30 | 59 | 59 | 0,00% |
| 16:45 | 60 | 61 | 1,64% | 17:00 | 55 | 53 | 3,77% |
| 17:15 | 54 | 52 | 3,85% | 17:30 | 54 | 55 | 1,82% |
| 17:45 | 57 | 57 | 0,00% | 18:00 | 61 | 60 | 1,67% |
| 18:15 | 65 | 63 | 3,17% | 18:30 | 72 | 65 | 10,77% |
| 18:45 | 76 | 66 | 15,15% | 19:00 | 76 | 66 | 15,15% |
| 19:15 | 71 | 63 | 12,70% | 19:30 | 69 | 64 | 7,81% |
| 19:45 | 67 | 62 | 8,06% | 20:00 | 64 | 61 | 4,92% |
| 20:15 | 64 | 60 | 6,67% | 20:30 | 65 | 62 | 4,84% |
| 20:45 | 69 | 69 | 0,00% | 21:00 | 69 | 68 | 1,47% |
| 21:15 | 67 | 66 | 1,52% | 21:30 | 66 | 64 | 3,13% |
| 21:45 | 64 | 63 | 1,59% | 22:00 | 64 | 63 | 1,59% |
| 22:15 | 63 | 62 | 1,61% | 22:30 | 63 | 60 | 5,00% |
| 22:45 | 63 | 57 | 10,53% | 23:00 | 61 | 56 | 8,93% |
| 23:15 | 59 | 54 | 9,26% | 23:30 | 57 | 52 | 9,62% |
| 23:45 | 55 | 51 | 7,84% | 00:00 | 53 | 50 | 6,00% |

CARGA REGIÃO SUDESTE

| | Previsto | Observado | Erro |
|---------|----------|-----------|-------|
| Energia | 701 | 694 | 1,01% |
| Máxima | 786 | 780 | 0,77% |

| Hora | Previsto | Obser. | Erro | Hora | Previsto | Obser. | Erro |
|-------|----------|--------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 00:15 | 708 | 717 | 1,26% | 00:30 | 674 | 662 | 1,81% |
| 00:45 | 687 | 663 | 3,62% | 01:00 | 689 | 664 | 3,77% |
| 01:15 | 688 | 659 | 4,40% | 01:30 | 678 | 650 | 4,31% |
| 01:45 | 685 | 655 | 4,58% | 02:00 | 680 | 656 | 3,66% |

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| 02:15 | 687 | 676 | 1,63% | 02:30 | 675 | 684 | 1,32% |
| 02:45 | 684 | 640 | 6,88% | 03:00 | 686 | 647 | 6,03% |
| 03:15 | 682 | 663 | 2,87% | 03:30 | 676 | 659 | 2,58% |
| 03:45 | 682 | 673 | 1,34% | 04:00 | 674 | 677 | 0,44% |
| 04:15 | 678 | 670 | 1,19% | 04:30 | 671 | 678 | 1,03% |
| 04:45 | 684 | 656 | 4,27% | 05:00 | 677 | 683 | 0,88% |
| 05:15 | 682 | 689 | 1,02% | 05:30 | 686 | 691 | 0,72% |
| 05:45 | 686 | 698 | 1,72% | 06:00 | 695 | 691 | 0,58% |
| 06:15 | 691 | 703 | 1,71% | 06:30 | 703 | 695 | 1,15% |
| 06:45 | 709 | 675 | 5,04% | 07:00 | 700 | 702 | 0,28% |
| 07:15 | 694 | 694 | 0,00% | 07:30 | 700 | 716 | 2,23% |
| 07:45 | 714 | 720 | 0,83% | 08:00 | 712 | 726 | 1,93% |
| 08:15 | 722 | 719 | 0,42% | 08:30 | 727 | 713 | 1,96% |
| 08:45 | 730 | 727 | 0,41% | 09:00 | 727 | 720 | 0,97% |
| 09:15 | 717 | 721 | 0,55% | 09:30 | 725 | 715 | 1,40% |
| 09:45 | 724 | 728 | 0,55% | 10:00 | 708 | 733 | 3,41% |
| 10:15 | 728 | 734 | 0,82% | 10:30 | 715 | 712 | 0,42% |
| 10:45 | 726 | 710 | 2,25% | 11:00 | 712 | 723 | 1,52% |
| 11:15 | 711 | 714 | 0,42% | 11:30 | 713 | 715 | 0,28% |
| 11:45 | 718 | 704 | 1,99% | 12:00 | 710 | 711 | 0,14% |
| 12:15 | 711 | 707 | 0,57% | 12:30 | 706 | 718 | 1,67% |
| 12:45 | 716 | 709 | 0,99% | 13:00 | 716 | 716 | 0,00% |
| 13:15 | 720 | 721 | 0,14% | 13:30 | 716 | 719 | 0,42% |
| 13:45 | 728 | 711 | 2,39% | 14:00 | 728 | 708 | 2,82% |
| 14:15 | 734 | 694 | 5,76% | 14:30 | 726 | 701 | 3,57% |
| 14:45 | 725 | 725 | 0,00% | 15:00 | 730 | 718 | 1,67% |
| 15:15 | 729 | 728 | 0,14% | 15:30 | 726 | 727 | 0,14% |
| 15:45 | 733 | 744 | 1,48% | 16:00 | 736 | 727 | 1,24% |
| 16:15 | 742 | 737 | 0,68% | 16:30 | 738 | 729 | 1,23% |
| 16:45 | 750 | 752 | 0,27% | 17:00 | 750 | 739 | 1,49% |
| 17:15 | 721 | 719 | 0,28% | 17:30 | 600 | 609 | 1,48% |
| 17:45 | 609 | 630 | 3,33% | 18:00 | 634 | 640 | 0,94% |
| 18:15 | 648 | 611 | 6,06% | 18:30 | 628 | 613 | 2,45% |
| 18:45 | 628 | 606 | 3,63% | 19:00 | 616 | 601 | 2,50% |
| 19:15 | 604 | 593 | 1,85% | 19:30 | 604 | 591 | 2,20% |
| 19:45 | 598 | 580 | 3,10% | 20:00 | 587 | 577 | 1,73% |
| 20:15 | 586 | 578 | 1,38% | 20:30 | 666 | 673 | 1,04% |
| 20:45 | 706 | 725 | 2,62% | 21:00 | 717 | 730 | 1,78% |
| 21:15 | 711 | 724 | 1,80% | 21:30 | 756 | 766 | 1,31% |
| 21:45 | 780 | 780 | 0,00% | 22:00 | 780 | 765 | 1,96% |
| 22:15 | 786 | 757 | 3,83% | 22:30 | 768 | 742 | 3,50% |
| 22:45 | 764 | 766 | 0,26% | 23:00 | 760 | 735 | 3,40% |
| 23:15 | 754 | 748 | 0,80% | 23:30 | 728 | 707 | 2,97% |
| 23:45 | 718 | 708 | 1,41% | 00:00 | 720 | 702 | 2,56% |

