

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP

**Departamento de Engenharia de Energia e
Automação Elétricas**

ISSN 1413-2214

BT/PEA/9607

**Curvas de Carga de Consumidores
Industriais - Agregação com
Outras Cargas**

**Ronaldo Pedro Casolari
José Antonio Jardini**

São Paulo - 1996

O presente trabalho é um resumo da dissertação de mestrado apresentada por Ronaldo Pedro Casolari, sob orientação do Prof. Dr. José Antonio Jardini: "Curvas de Carga de Consumidores Industriais - Agregação com Outras Cargas", defendida em 08/02/96, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica da USP.

Casolari, Ronaldo Pedro

Curvas de carga de consumidores industriais : agregação com outras cargas / R.P. Casolari, J.A. Jardini. -- São Paulo : EPUSP, 1996.

18p. -- Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, BT/PEA/9607)

1. Distribuição (Energia elétrica) 2. Medidas elétricas 3. Transformadores elétricos I. Jardini, José Antonio II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas III. Título IV. Série

ISSN 1413-2214

CDD 621.319

621.37

621.314

CURVAS DE CARGA DE CONSUMIDORES INDUSTRIAIS - AGREGAÇÃO COM OUTRAS CARGAS

Ronaldo Pedro Casolari
Prof. Dr. José Antonio Jardini

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia para estabelecimento de curvas de carga de unidades consumidoras industriais, atendidas em tensão até 13,8 kV, inclusive.

Inicialmente, foram determinadas as curvas de carga representativas das atividades mais significativas, tendo sido efetuada uma pesquisa dos consumidores industriais, para escolha dessas atividades, a partir dos cadastros de consumidores e seus respectivos consumos mensais de energia elétrica.

O estabelecimento das curvas de carga foi realizado a partir de 1552 dias de medições, em 87 unidades consumidoras industriais ligadas em baixa tensão de 22 atividades diferentes. Para os consumidores industriais ligados em média tensão, foram utilizados 1313 dias de medições, em 50 unidades consumidoras de 33 atividades diferentes.

A análise de semelhança entre as curvas de várias atividades foi feita de forma visual, sem a utilização de software apropriado, de acordo com resultados do estudo do segmento comercial.

Na parte final do trabalho, com base numa metodologia de agregação de cargas, foi desenvolvido um programa computacional para a determinação do carregamento esperado em transformadores e alimentadores primários, a partir das curvas representativas e dos consumos mensais dos consumidores conectados a esses sistemas, abrangendo os segmentos residencial, comercial e industrial.

A aferição da metodologia proposta para a avaliação do carregamento de transformadores e alimentadores foi feita comparando as curvas obtidas com as medições efetuadas, pelas concessionárias de energia, em um transformador e um alimentador.

1. INTRODUÇÃO

As metodologias tradicionais de estudo e planejamento de sistemas de distribuição permitem ao planejador alguma liberdade na escolha dos fatores correlacionados ao sistema. No entanto, o planejador não tem nenhum tipo de influência sobre o fator que afeta mais acentuadamente o planejamento do sistema distribuidor, que vem a ser o perfil das diferentes cargas a serem supridas pelo sistema.

A possibilidade de conhecimento da carga a ser atendida, com um grau de precisão adequado, por intermédio de previsões bem feitas, fornece dois grandes benefícios imediatos, entre outros:

- a nível do sistema de distribuição, permite o completo conhecimento dos reais requisitos de cada parcela do mercado consumidor e a definição dos custos de fornecimento associados, através do estudo de tarifas;

- a nível dos sistemas de distribuição e transmissão, permite a otimização dos recursos destinados ao planeamento da expansão desses sistemas. Este benefício pode naturalmente ser estendido ao planeamento da geração e do sistema interligado brasileiro como um todo.

Desta forma, pode-se concluir pela necessidade de um maior aprofundamento nos estudos para conhecimento da carga atual e da correta previsão do comportamento futuro da carga do sistema, englobando os parâmetros e variáveis que interferem nesse comportamento, assim como aspectos de sazonalidade.

2. PROPOSTA DE TRABALHO

2.1 Metodologias Atuais

Para consumidores não residenciais ligados em baixa tensão, a determinação da potência absorvida da rede secundária pode ser feita através de levantamento da carga total instalada ou prevista para esses consumidores, aplicando-se fatores de carga e de demanda típicos por atividade e classe de consumo do estabelecimento e fator de coincidência para grupo de consumidores similares.

Uma outra metodologia discretiza o mercado consumidor e leva em consideração a curva de carga típica de cada segmento do mercado.

A metodologia empregada para transformadores baseia-se na determinação da função kVAs que efetua a conversão estatística do consumo de energia elétrica (kWh), de um grupo de consumidores ligados a uma mesma estação transformadora, em demanda máxima (kVA).

2.2 Escopo de Trabalho

O CED - Centro de Excelência em Distribuição de Energia Elétrica e a EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo vem pesquisando o comportamento da curva de carga de consumidores, obtendo as curvas de carga representativas das classes de consumo mais significativas através de medições apropriadas e definidas por técnicas estatísticas e de amostragem.

Atualmente, já foram efetuados os levantamentos das curvas de cargas dos segmentos residencial [1] e comercial [2], faltando ser pesquisado os consumidores industriais ligados em baixa e média tensão, aqui considerados até o nível de 13,8 kV, inclusive.

O escopo deste trabalho [3] engloba dois aspectos:

- o primeiro aspecto consiste na determinação das curvas de carga representativas das atividades mais significativas do segmento industrial, ligadas à rede secundária, até o nível de 380 V, e ligadas diretamente à rede primária, até o nível de 13,8 kV;
- o segundo aspecto consiste no desenvolvimento de uma metodologia para a determinação do carregamento esperado em transformadores e alimentadores primários (curvas média e desvio-padrão), com base na agregação das curvas representativas e dos consumos mensais dos consumidores ligados a esses elementos.

Para a consecução do primeiro objetivo, houve necessidade de uma pesquisa dos consumidores industriais, baseada em informações colhidas de medições no campo. Desta forma, são necessárias informações dos dados energéticos da área estudada, que consiste nos valores de energia consumida em cada ramo de atividade industrial ao longo do tempo. Obtidos os valores de mercado, destacam-se os ramos de atividades mais significativos e a importância de cada um na composição total do mercado.

A seguir, são colocadas medições apropriadas nos ramos de atividades em estudo que fornecerão os dados requeridos nesta etapa. Convém observar que a curva de carga representativa deverá ser a mais fiel possível do segmento de mercado analisado, eliminando-se períodos não representativos motivados por feriados, intempéries, desligamentos programados ou não, etc.

Para a consecução do segundo objetivo é necessário compilar todas as curvas de carga representativas (as industriais deste trabalho e as residenciais [1] e comerciais [2]) por ramo de atividade ou estrato de consumo de energia e desenvolver uma metodologia para elaboração de agregação de consumidores partindo-se de seus consumos mensais.

A aferição da estimativa das curvas (média e desvio-padrão) do carregamento de transformadores e alimentadores, obtidas pela metodologia proposta, é feita comparando-as com as medições efetuadas, pelas concessionárias de energia, nos referidos elementos.

3. ATIVIDADES INDUSTRIAIS

3.1 Seleção das Atividades a Serem Medidas

A partir dos arquivos de consumidores industriais de baixa tensão das concessionárias de energia ELETROPAULO (Eletricidade de São Paulo) e CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), contendo os consumos em kWh de cada unidade consumidora, nos períodos de janeiro a dezembro de 1990 para a ELETROPAULO (cinquenta mil consumidores), e de junho a agosto de 1993 para a CPFL (trinta e cinco mil consumidores), foi estabelecido um procedimento para seleção das atividades industriais onde deveriam ser medidas as curvas de carga.

De posse dos cadastros dos consumidores industriais ligados em baixa tensão foram processados os seguintes passos:

- cálculo do consumo médio mensal de cada consumidor, eliminando-se os meses com consumo nulo;
- eliminação dos consumidores com consumo médio mensal nulo ou atividade industrial não especificada;
- totalização da energia média mensal, para cada atividade;
- classificação das atividades industriais em ordem decrescente, com relação à energia média calculada;
- totalização do número de consumidores por atividade;
- classificação das atividades industriais em ordem decrescente, com relação ao número de consumidores por atividade.

A Tabela 3.1-1 apresenta, para os consumidores ligados em baixa tensão da ELETROPAULO e CPFL respectivamente, as 20 principais atividades industriais

classificadas por energia média, as quais serviram como base no desenvolvimento do trabalho.

Para os consumidores ligados em média tensão, as Concessionárias mantêm medições permanentes, tendo sido aproveitadas essas medições existentes para caracterização dos mesmos.

**TABELA 3.1-1 - ATIVIDADES INDUSTRIAIS A SEREM MEDIDAS
CONSUMIDORES LIGADOS EM BAIXA TENSÃO**

| ATIVIDADES INDUSTRIAIS | CÓDIGO | ORDEM | |
|---|--------|-------|------|
| | | ELP | CPFL |
| Fabricação de Produtos de Padaria | 2670 | 1 | 1 |
| Confecção de Roupas e Agasalhos | 2510 | 2 | 5 |
| Construção Civil | 3210 | 3 | 2 |
| Serralheria, Fabricação de Tanques e Reservatórios | 1160 | 4 | 8 |
| Fabricação de Móveis de Madeira | 1610 | 5 | 7 |
| Fabricação de Peças de Estruturas de Cimento | 1060 | 6 | 11 |
| Fiação e Tecelagem | 2420 | 7 | 3 |
| Fabricação de Artigos Diversos de Madeira | 1550 | 8 | 16 |
| Fabricação de Artigos de Material Plástico | 2350 | 9 | 17 |
| Impressão de Material Escolar | 2920 | 10 | 15 |
| Fabricação de Material Eletrônico | 1370 | 11 | - |
| Fabricação Artigos Material Plástico Uso Industrial | 2320 | 12 | - |
| Têmpera e Cementação de Aço | 1180 | 13 | - |
| Produção de Formas e Peças Fundidas | 1115 | 14 | - |
| Fabricação Peças/Acessórios Veículos Automotores | 1433 | 15 | - |
| Fabricação Peças/Acessórios/Utensílios/Ferramentas | 1232 | 16 | 18 |
| Impressão de Jornais e Livros | 2910 | 17 | 19 |
| Malharia e Fabricação de Tecidos | 2430 | 18 | - |
| Fabricação em Madeira e Carpintaria | 1520 | 19 | 14 |
| Fabricação de Telhas e Tijolos | 1030 | 20 | 6 |
| Fabricação de Calçados | 2530 | - | 4 |
| Fabricação de Sorvetes | 2692 | - | 9 |
| Beneficiamento de Café e Cereais | 2601 | - | 10 |
| Desdobramento da Madeira | 1510 | - | 12 |
| Fabricação de Massas e Biscoitos | 2680 | - | 13 |
| Aparelhamento de Pedras, Mármore e Granito | 1010 | - | 20 |

3.2 Definição do Tamanho da Amostra

A metodologia apresentada para o estabelecimento das curvas de carga baseia-se em medições de campo, que não abrangerão toda a população, mas apenas uma amostra. Para que uma curva possa representar adequadamente uma atividade, um dos requisitos consiste na definição de um número mínimo de dias de medição dessa atividade.

O tamanho da amostra, na condição onde o tamanho da população é conhecido e o elemento sorteado não é repostado à população, pode ser determinado através da seguinte expressão:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot s^2 \cdot N}{(N - 1) \cdot L_0^2 + s^2 \cdot Z_{\alpha/2}^2}$$

onde:

n - tamanho da amostra;

L_0 - erro na média, entre a média da variável aleatória da população (μ) e a média da amostra (\bar{x});

s - desvio padrão da variável aleatória;

$Z_{\alpha/2}$ - valor associado ao nível de confiança;

N - tamanho da população.

O termo L_0 , erro na média, está relacionado com o valor da média da variável aleatória da população (μ) e o valor \bar{x} (média da amostra) da seguinte forma:

$$\mu - L_0 \leq \bar{x} \leq \mu + L_0$$

Para populações suficientemente grandes, a expressão anterior pode ser aproximada pela seguinte equação:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot s^2}{L_0^2}$$

Para um nível de confiança de 95%, tem-se: $\alpha/2 = 2,5\%$ e $Z_{\alpha/2} = 1,96$. Para um nível de confiança de 90%, tem-se: $\alpha/2 = 5\%$ e $Z_{\alpha/2} = 1,65$.

Na análise dos resultados, uma vez obtidos o tamanho da amostra e o desvio-padrão da variável aleatória, que no caso será o valor máximo da curva média, será determinado o erro esperado para o valor máximo obtido, em função do nível de confiança desejado.

4. EQUIPAMENTOS E SISTEMÁTICA DE MEDICÕES

Para efetuar as medições, foram utilizados 45 conjuntos compostos de caixa, chave de entrada, medidor convencional e equipamento eletrônico de armazenamento de dados.

O medidor é a disco e com possibilidade de conexão em sistema monofásico, bifásico ou trifásico. Modificação é feita de forma a se obter um pulso elétrico a cada rotação do disco. Estes pulsos são contados pelo equipamento eletrônico, do tipo REP, que os acumula em intervalos pré-programados pelo usuário (5, 15 min., etc). Assim a cada intervalo tem-se a energia acumulada, que dividida pelo passo de tempo fornece a potência média no intervalo.

O levantamento das curvas de cargas foi realizado por períodos de quinze a trinta dias, com intervalo de integração de 15 minutos, perfazendo um total de 96 pontos ao longo do dia.

5. METODOLOGIAS ADOTADAS

5.1 Determinação da Curva em p.u. com Base na Potência Média (Energia) Consumida no Período de Medição

Os dados acumulados nos registradores permitem a obtenção de 96 valores de potência a cada intervalo de 15 minutos, ao longo do dia, correspondendo a uma curva de carga diária.

Como cada equipamento de medição fica instalado alguns dias, em cada local, obtém-se várias curvas diárias de carga correspondente àquela instalação.

De posse desses dados, calcula-se a média e o desvio-padrão para cada um dos 96 pontos da curva de carga, considerando os dias medidos.

De modo a compatibilizar as curvas em potência para o seu tratamento como um todo e eventual agrupamento, torna-se necessário referi-las a um valor denominado "potência de base" obtido da seguinte expressão:

$$P_b = \frac{1}{24} \int_{24h} P_i dt = \frac{\text{ENERGIA_MENSAL(kWh)}}{24 \times 30}$$

onde P_i é o valor da potência em cada intervalo da curva média.

O resultado da divisão de cada ponto das curvas média e desvio-padrão pela respectiva potência de base fornece as curvas média e desvio-padrão em p.u., "por unidade".

5.2 Metodologia para Tratamento das Curvas Diárias

De posse das curvas média e desvio-padrão, em p.u., adotou-se o seguinte procedimento:

- obtenção das curvas de carga, em p.u. para todos os consumidores medidos;
- retirada, do conjunto das medições de cada consumidor, em p.u., de todas as medições diárias correspondentes aos domingos e feriados;
- obtenção das novas curvas de carga, em p.u. para cada consumidor medido, sem considerar os domingos e feriados;
- retirada, do conjunto das medições de cada consumidor, em p.u., de todas as medições diárias correspondentes aos sábados;
- obtenção das novas curvas de carga, em p.u. para cada consumidor medido, sem considerar os sábados, domingos e feriados.

Com base nesses três conjuntos de curvas pode-se adotar a curva mais recomendável para representar a atividade industrial em função do tipo de estudo realizado.

5.3 Metodologia para Análise das Curvas de Carga

De acordo com os resultados obtidos no estudo das curvas de carga de consumidores comerciais [2], a análise das curvas levou a resultados consistentes, quer pela análise visual, quer pela utilização de software específico para este fim (SAS - FAST CLUS).

O presente trabalho analisou as curvas, procurando enquadrá-las dentro de quatro tipos previamente estabelecidos, similarmente ao efetuado para os consumidores comerciais:

- curvas do tipo 1 (figura 5.3-1), correspondente à energia do consumidor distribuída uniformemente ao longo do período de funcionamento da atividade;

- curvas do tipo 2 (figura 5.3-2), similar às curvas do tipo 1, com diminuição da atividade durante o horário de almoço;
- curvas do tipo 3 (figura 5.3-3), similar às curvas do tipo 2, porém com um aumento da carga do consumidor no início do período noturno;
- curvas do tipo 4 (figura 5.3-4), correspondente à energia do consumidor distribuída uniformemente ao longo das 24 horas do dia.

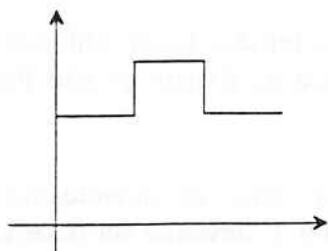


Figura 5.3-1 - Curva tipo 1

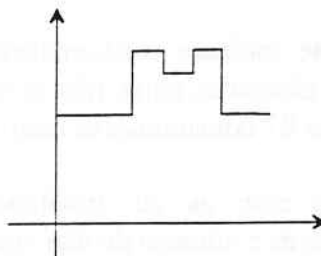


Figura 5.3-2 - Curva tipo 2

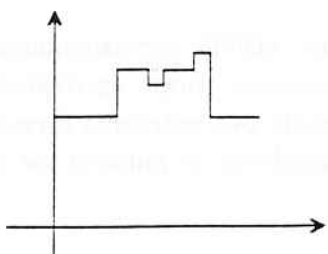


Figura 5.3-3 - Curva tipo 3

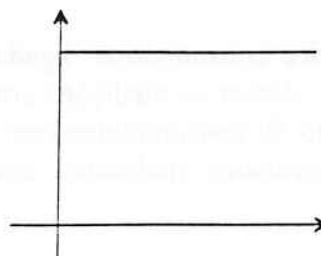


Figura 5.3-4 - Curva tipo 4

5.4 Determinação da Curva Agregada para Transformadores e Alimentadores

As curvas de carga (média e desvio-padrão) de transformadores ou alimentadores podem ser obtidas através de medições locais ou pela agregação das curvas média e desvio-padrão representativas dos consumidores ligados a eles [4].

Esta agregação das curvas dos consumidores ligados a transformadores ou alimentadores obedece à seguinte metodologia:

- cada consumidor tem sua potência de base P_i calculada através da sua energia mensal E_i

pela expressão
$$P_i = \frac{E_i}{24 \times 30};$$

- para cada consumidor são selecionadas as curvas em p.u. representativas do mesmo:

- . curva média - $m_i(t)$
- . curva desvio-padrão - $s_i(t)$;

- multiplicam-se as curvas em p.u. [$m_i(t)$ e $s_i(t)$] pelo valor da potência de base (P_i), obtendo-se a curva em potência do consumidor i

$$M_i(t) = P_i \cdot m_i(t)$$

$$S_i(t) = P_i \cdot s_i(t);$$

- repetem-se os passos anteriores para todos os consumidores ligados ao transformador ou alimentador;
- agregam-se os n consumidores, obtendo-se as curvas calculadas para o transformador ou alimentador, através das seguintes expressões:

$$M_{\text{agreg}}(t) = \sum_{i=1}^n M_i(t)$$

$$S_{\text{agreg}}^2(t) = \sum_{i=1}^n S_i^2(t)$$

6. MEDICÕES E SIMULAÇÕES EFETUADAS

No caso de unidades consumidoras industriais ligadas em baixa tensão, foram utilizadas as medições efetuadas pelas três concessionárias de energia elétrica do Estado de São Paulo, totalizando 87 consumidores com 1552 dias de medição.

A relação com as 22 atividades analisadas neste trabalho, com as quantidades de consumidores e número de dias medidos, encontra-se na Tabela 6-1, devendo ser observado que durante a preparação deste trabalho, ainda não tinham sido medidas as atividades 2320, 1180, 1115 e 2430, listadas na Tabela 3.1-1.

As unidades consumidoras ligadas em média tensão possuem RDTD permanentemente instalados. Assim as medições correspondentes a uma concessionária foram aproveitadas, englobando 50 consumidores com 1313 dias de medição. A Tabela 6-2 apresenta a relação das 33 atividades analisadas, com as quantidades de consumidores e número de dias medidos.

**TABELA 6-1 - CONSUMIDORES INDUSTRIAIS EM BAIXA TENSÃO
NÚMERO DE CONSUMIDORES E DIAS MEDIDOS**

| ATIVIDADES INDUSTRIAIS | Código | N.o cons. medidos | N.o dias medidos |
|---|--------|-------------------|------------------|
| 1. Aparelhamento de Pedras, Mármore e Granito | 1010 | 5 | 76 |
| 2. Fabricação de Telhas e Tijolos | 1030 | 3 | 58 |
| 3. Fabricação de Peças de Estruturas de Cimento | 1060 | 5 | 91 |
| 4. Serralheria, Fabricação de Tanques e Reservatórios | 1160 | 7 | 130 |
| 5. Fabricação Peças/Acessórios/Utens./Ferramentas | 1232 | 5 | 84 |
| 6. Fabricação de Material Eletrônico | 1370 | 1 | 27 |
| 7. Fabricação Peças/Acessórios Veículos Automotores | 1433 | 2 | 26 |
| 8. Desdobramento da Madeira | 1510 | 3 | 63 |
| 9. Fabricação em Madeira e Carpintaria | 1520 | 7 | 109 |
| 10. Fabricação de Artigos Diversos de Madeira | 1550 | 3 | 61 |
| 11. Fabricação de Móveis de Madeira | 1610 | 6 | 105 |
| 12. Fabricação de Artigos de Material Plástico | 2350 | 3 | 57 |
| 13. Fiação e Tecelagem | 2420 | 4 | 74 |
| 14. Confecção de Roupas e Agasalhos | 2510 | 5 | 85 |
| 15. Fabricação de Calçados | 2530 | 1 | 21 |
| 16. Beneficiamento de Café e Cereais | 2601 | 4 | 74 |
| 17. Fabricação de Produtos de Padaria | 2670 | 8 | 149 |
| 18. Fabricação de Massas e Biscoitos | 2680 | 1 | 30 |
| 19. Fabricação de Sorvetes | 2692 | 3 | 56 |
| 20. Impressão de Jornais e Livros | 2910 | 4 | 69 |
| 21. Impressão de Material Escolar | 2920 | 4 | 56 |
| 22. Construção Civil | 3210 | 3 | 51 |

**TABELA 6.2 - CONSUMIDORES INDUSTRIAIS EM MÉDIA TENSÃO
NÚMERO DE CONSUMIDORES E DIAS MEDIDOS**

| ATIVIDADES INDUSTRIAIS | Código | N.o cons. medidos | N.o dias medidos |
|---|--------|-------------------|------------------|
| 1. Aparelhamento de Pedras, Mármore e Granito | 1010 | 1 | 32 |
| 2. Fabricação de Material Cerâmico | 1040 | 1 | 27 |
| 3. Fabricação de Vidro e Cristal | 1070 | 3 | 87 |
| 4. Produção de Fundidos de Ferro e Aço | 1106 | 2 | 33 |
| 5. Produção de Forjados de Aço | 1107 | 1 | 29 |
| 6. Produção de Ligas de Metais não Ferrosos | 1112 | 1 | 27 |
| 7. Produção de Soldas e Anodos | 1118 | 1 | 27 |
| 8. Fabricação de Artefatos de Trefilados de Ferro/Aço | 1140 | 1 | 28 |
| 9. Estamparia, Funilaria e Latoaria | 1150 | 2 | 57 |
| 10. Fabricação Artigos Cutelaria/Armas/Ferramentas | 1170 | 1 | 27 |
| 11. Têmpera e Cementação de Aço | 1180 | 1 | 27 |
| 12. Fabricação Outros Artigos Metal não Classificados | 1199 | 3 | 59 |
| 13. Fabricação Máquinas e Aparelhos Industriais | 1231 | 2 | 58 |
| 14. Fabricação de Cronômetros e Relógios | 1261 | 1 | 29 |
| 15. Fabricação de Lâmpadas | 1320 | 1 | 27 |
| 16. Fabricação de Material de Comunicação | 1380 | 3 | 87 |
| 17. Fabricação de Veículos Automotores | 1432 | 4 | 114 |
| 18. Fabricação Peças/Acess. p/ Veículos Automotores | 1433 | 3 | 72 |
| 19. Fabricação de Móveis não Classificados | 1699 | 1 | 27 |
| 20. Fabricação de Artefatos de Papel | 1733 | 1 | 29 |
| 21. Fabricação de Pneumáticos e Câmaras de Ar | 1821 | 1 | 27 |
| 22. Recondicionamento de Pneumáticos | 1822 | 1 | 27 |
| 23. Fabricação Outros Artefatos de Borracha | 1899 | 1 | 6 |
| 24. Fabricação de Concentrados Aromáticos | 2051 | 1 | 20 |
| 25. Fabricação de Tintas, Esmaltes e Vernizes | 2070 | 3 | 81 |
| 26. Fabricação Outros Produtos Químicos não Classif. | 2099 | 1 | 27 |
| 27. Fabricação Produtos Farmacêuticos/Veterinários | 2110 | 1 | 27 |
| 28. Fabricação de Artigos de Material Plástico | 2320 | 2 | 58 |
| 29. Fabricação de Manilhas/Conexões Material Plástico | 2360 | 1 | 29 |
| 30. Refeições Conservadas | 2610 | 1 | 27 |
| 31. Preparação Conservas Carne/Produtos Salsicharia | 2622 | 1 | 27 |
| 32. Fabricação Outros Produtos Alimentares não Class. | 2699 | 1 | 27 |
| 33. Fabricação Material para Medicina/Odontologia | 3012 | 1 | 27 |

As simulações obedeceram o seguinte procedimento:

- inicialmente foram obtidas as curvas de carga dos consumidores medidos, com base na metodologia apresentada nos itens 5.1 e 5.2;
- de posse das curvas individuais dos consumidores, passou-se à fase de agrupamento dos consumidores, por atividade;
- para cada atividade com mais de um consumidor medido, procurou-se agrupar os consumidores que apresentavam a mesma tendência de comportamento, obtendo-se as curvas média e desvio-padrão, considerando-se todas as medições diárias, visando tipificar, quando realizável, as curvas representativas dessas atividades (média e desvio-padrão) com base no maior número possível de medições.
- em seguida, procurou-se realizar o agrupamento de atividades similares com características de carga semelhantes visando representar um determinado grupo;
- finalmente, para as demais atividades, procurou-se realizar o agrupamento por semelhança de curvas, independente da atividade, visando trabalhar-se com menor número de curvas representativas do segmento industrial de baixa tensão.

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

7.1 Consumidores Industriais Ligados em Baixa Tensão

A partir das medições disponíveis e simulações efetuadas, foi possível analisar as curvas de cargas obtidas, sob três diferentes enfoques:

- curvas de consumidores individualmente considerados;
- curvas agrupadas por atividade;
- curvas agrupadas, de mais de uma atividade, por semelhança de curvas.

Um comentário importante deve ser feito a respeito dos valores encontrados de desvio-padrão das medições. A maioria das atividades industriais de pequeno porte possui motores elétricos cujo funcionamento, via de regra, é intermitente ao longo do dia. Como são cargas elevadas comparativamente ao porte das indústrias analisadas, tal comportamento pode provocar uma dispersão relativamente alta dos valores medidos de consumo.

a) Curvas de consumidores individualmente considerados

Neste enfoque, a análise de todas as curvas diárias de um mesmo consumidor serve para o conhecimento do comportamento de um consumidor típico ao longo dos dias.

Neste ponto do estudo tornou-se necessário escolher com qual conjunto de curvas seria prosseguido o trabalho.

A partir da análise das curvas foi possível recomendar a utilização daquelas obtidas sem os sábados, domingos e feriados pois, mostraram comportamento homogêneo, com desvio-padrão pequeno, na maioria abaixo de 15% da média, e apresentaram valores máximos em p.u. mais elevados, conservativo para efeito de dimensionamento de equipamentos.

Passando-se à análise dos consumidores individuais, verificou-se que aproximadamente 70% das curvas dos consumidores medidos puderam ser enquadrados nos 4 tipos estabelecidos, predominando a característica tipo 2 (70% desse total).

b) Curvas agrupadas por atividade

O segundo enfoque, com as curvas agrupadas por atividade, permitiu obter resultados mais consistentes quanto maior o número de medições com comportamento de carga homogêneo.

Foi definida uma curva de carga para representar cada atividade selecionada. Quando vários consumidores de uma mesma atividade apresentaram características semelhantes, a curva representativa desta atividade foi resultado da composição de todas as curvas diárias. Quando os consumidores não mostraram comportamentos homogêneos, representou-se a atividade pelo consumidor com menor dispersão das medições diárias.

A composição da curva de carregamento de um transformador ou alimentador pela agregação das curvas dos consumidores ligados a eles, deverá reproduzir a curva medida desse transformador ou alimentador, viabilizando os resultados obtidos para os valores da média e desvio-padrão da atividade.

c) Curvas agrupadas, de mais de uma atividade, por semelhança de curvas

Este terceiro enfoque de análise teve dois objetivos:

- verificar se atividades semelhantes apresentam curvas representativas de carga também semelhantes, de modo a recomendar essa curva para atividades similares, sem medições;
- agrupar consumidores com curvas representativas semelhantes, independente do tipo de atividade, visando diminuir o número de curvas representativas do segmento industrial.

Analisando-se as atividades sob o enfoque do primeiro objetivo, tem-se:

- das treze medições das atividades iniciadas com o código 15 (indústria de madeira), representadas no trabalho pelas atividades 1510, 1520 e 1550, nove apresentaram curva característica tipo 2, com patamares em torno de 3,5 p.u., sendo recomendada a curva resultante do agrupamento dos nove consumidores para todas as atividades de código 15;
- as atividades iniciadas com o código 25 (indústria de vestuário, calçados e artefatos de tecido), representadas no trabalho pelas atividades 2510 e 2530, apresentaram o mesmo comportamento, tipo 2, com patamares entre 3,0 e 4,0 p.u., recomendando-se a curva resultante da composição de todos os consumidores para as atividades de código 25;
- as atividades iniciadas com o código 29 (indústria de editorial e gráfica), representadas no trabalho pelas atividades 2910 e 2920, apresentaram o mesmo comportamento, tipo 2, com patamares entre 2,5 e 3,0 p.u., recomendando-se a curva resultante da composição de todos os consumidores medidos para representar as atividades de código 29.

Na análise das atividades sob o enfoque do segundo objetivo, não foram consideradas aquelas atividades que foram agrupadas anteriormente, sendo assim, tem-se:

- as atividades 1030 e 2692 de características semelhantes (tipo 1) e patamares na faixa 2,0 - 2,5 p.u., foram agrupadas, recomendando-se a curva resultante da composição de todos os consumidores medidos para representar essas atividades;
- as atividades 1610, 2350 e 2420 com características tipo 2, com valores máximos entre 2,5 e 3,0 p.u., foram agrupadas, recomendando-se a curva resultante da composição de todos os consumidores medidos para representar essas atividades;
- as atividades 1010, 1160, 1370 e 1433, também foram agrupadas, recomendando-se a curva resultante dessa composição para representar essas atividades.

As atividades 1060, 1232, 2601, 2670, 2680 e 3210 apresentaram comportamentos específicos, não havendo possibilidade, em princípio, de agrupá-las com outras atividades, ficando cada uma representada pela sua própria curva individual.

Para as atividades não medidas, pode-se utilizar a curva representativa de atividade similar ou, na ausência desta, sugere-se a adoção da curva de carga mais frequente no ramo industrial, curva tipo 2, recomendando-se aquela com patamar máximo da curva média de 4,0 p.u., condição conservativa no dimensionamento de equipamentos elétricos.

A Tabela 7.1-1 apresenta para as atividades selecionadas, a margem de erro esperada para o valor máximo da curva média em função do número de dias medidos e da relação entre o desvio-padrão e a média no instante de demanda máxima, para um nível de confiança de 95%, de acordo com o apresentado no item 3.2.

**TABELA 7.1-1 - CONSUMIDORES INDUSTRIAIS EM BAIXA TENSÃO
ERRO ESPERADO NO VALOR DA DEMANDA MÁXIMA**

| CÓDIGOS DE ATIVIDADES | DIAS MEDIDOS | s (%) (1) | L ₀ (%) (2) |
|---|--------------|-----------|------------------------|
| 1060 | 11 | 16,7 | 9,8 |
| 1232 | 54 | 47,0 | 12,6 |
| 2601 | 18 | 33,3 | 15,4 |
| 2670 | 65 | 33,3 | 8,1 |
| 2680 | 15 | 17,6 | 8,9 |
| 3210 | 22 | 54,5 | 22,8 |
| 1510 - 1520 - 1550 (código inicial 15) | 112 | 65,7 | 12,2 |
| 2510 - 2530 (código inicial 25) | 75 | 42,9 | 9,7 |
| 2910 - 2920 (código inicial 29) | 81 | 46,4 | 10,1 |
| 1030 - 2692 | 43 | 43,5 | 13,0 |
| 1610 - 2350 - 2420 | 150 | 37,0 | 5,9 |
| 1010 - 1160 - 1370 - 1433 (e atividades não medidas) | 122 | 51,3 | 9,1 |

- (1) - relação entre os valores do desvio-padrão e da média no instante de demanda máxima;
(2) - erro esperado no valor da média no instante de demanda máxima.

Exemplificando, as Figuras 7.1-1 e 7.1-2 ilustram as considerações apresentadas, com as curvas de carga representativas das atividades de código inicial 25 e da atividade 3210, respectivamente. Com os valores da Tabela 7.1-1 pode-se verificar que a curva da Figura 7.1-1 apresenta um erro de 9,7% no valor da média no horário de ponta, enquanto que na curva da Tabela 7.1-2, o erro esperado é de 22,8%.

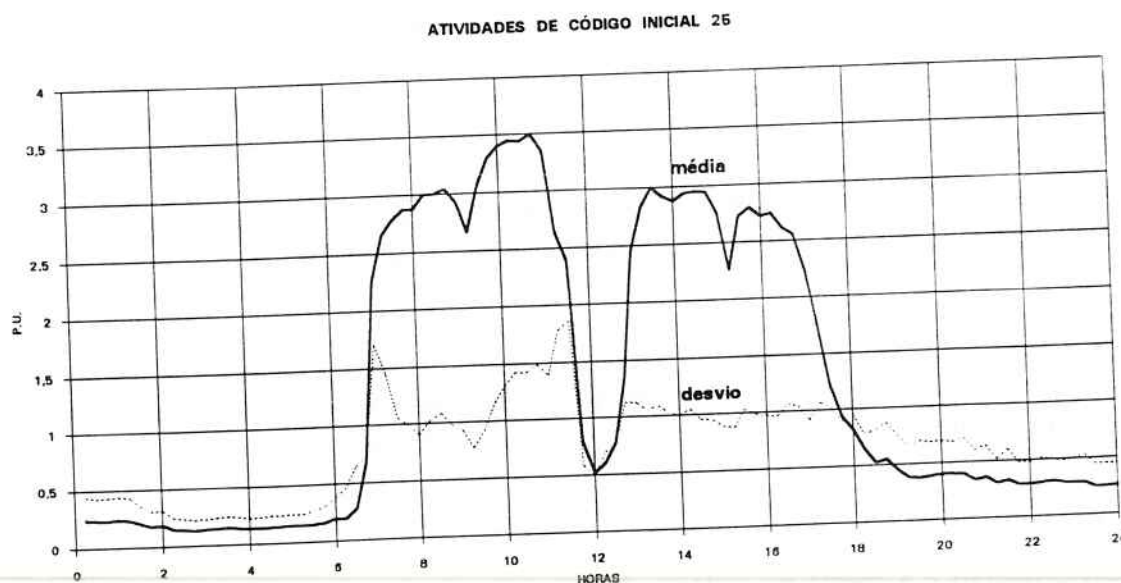


Figura 7.1-1 - Atividades de código inicial 25

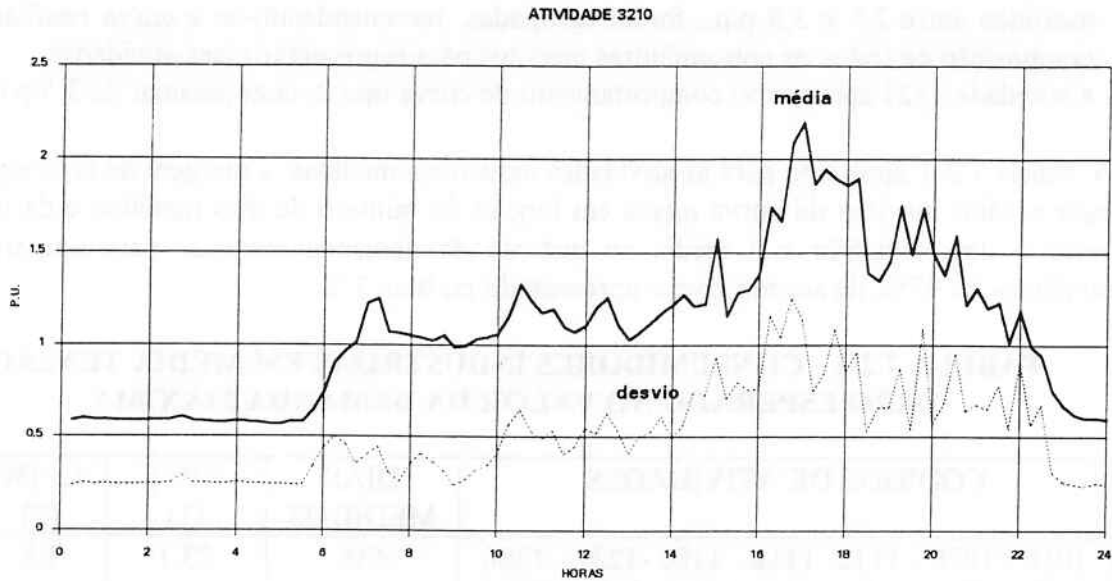


Figura 7.1-2 - Atividade 3210 - Construção civil

7.2 Consumidores Industriais Ligados em Média Tensão

A partir das medições disponíveis e simulações efetuadas analisou-se as curvas com base em dois enfoques distintos:

- curvas de consumidores individualmente considerados;
- curvas agrupadas por semelhança de curvas, independente da atividade.

Os valores de desvio-padrão dos consumidores de média tensão apresentam valores baixos, diferente do observado na baixa tensão, devido provavelmente à indústria ligada em média tensão ter normalmente os seus equipamentos funcionando de forma contínua.

Verifica-se que praticamente todas as curvas obtidas puderam ser enquadradas dentro dos tipos estabelecidos, com a particularidade de que a maioria apresenta pequena diferença entre os patamares de carga durante e fora do horário de funcionamento da atividade.

Em função do exposto acima, passou-se ao agrupamento das atividades com base no tipo de comportamento apresentado (semelhança de curvas) e no valor máximo das curvas médias, tendo-se obtido os seguintes resultados:

- as atividades 1010, 1070, 1112, 1118, 1231, 1380, 1733, 2051, 2070, 2099, 2320, 2360 e 2610 de características semelhantes e patamares na faixa 1,0 - 1,5 p.u., foram agrupadas, recomendando-se a curva resultante da composição de todos os consumidores medidos para representar essas atividades;
- as atividades 1040, 1107, 1150, 1199, 1432, 1433, 1822, 1899, 2622 e 3012 de características semelhantes, com valores máximos entre 1,5 e 2,0 p.u., foram agrupadas, recomendando-se a curva resultante da composição de todos os consumidores medidos para representar essas atividades;
- as atividades 1106, 1140, 1170 e 1320 com características tipo 2, com valores máximos entre 2,0 e 2,5 p.u., foram agrupadas, recomendando-se a curva resultante da composição de todos os consumidores medidos para representar essas atividades;

- as atividades 1261, 1699, 2110 e 2699 também com características tipo 2, com valores máximos entre 2,5 e 3,0 p.u., foram agrupadas, recomendando-se a curva resultante da composição de todos os consumidores medidos para representar essas atividades;
- a atividade 1821 apresentou comportamento de curva tipo 2, com patamar de 3,5 p.u..

A Tabela 7.2-1 apresenta para as atividades industriais medidas, a margem de erro esperada para o valor máximo da curva média em função do número de dias medidos e da relação entre o desvio-padrão e a média no instante de demanda máxima, para um nível de confiança de 95%, de acordo com o apresentado no item 3.2.

**TABELA 7.2-1 - CONSUMIDORES INDUSTRIAIS EM MÉDIA TENSÃO
ERRO ESPERADO NO VALOR DA DEMANDA MÁXIMA**

| CÓDIGOS DE ATIVIDADES | DIAS MEDIDOS | s (%) (1) | L ₀ (%) (2) |
|--|--------------|-----------|------------------------|
| 1010 - 1070 - 1112- 1118 - 1180 -1231 - 1380 1733 - 2051 - 2070 2099 - 2320 - 2360 - 1610 | 616 | 23,1 | 1,8 |
| 1040 - 1107 - 1150 - 1199- 1432 1433 - 1822 - 1899 - 2622 - 3012 | 445 | 23,5 | 2,2 |
| 1106 - 1140 - 1170 - 1320 | 115 | 20,8 | 3,8 |
| 1261 - 1699 - 2110 - 2699 | 110 | 25,0 | 4,7 |
| 1821 | 27 | 17,1 | 6,5 |

- (1) - relação entre os valores do desvio-padrão e da média no instante de demanda máxima;
(2) - erro esperado no valor da média no instante de demanda máxima.

Exemplificando, a Figura 7.2-1 apresenta a curva de carga representativa das atividades 1106, 1140, 1170 e 1320, com um erro esperado no valor máximo da curva média de 3,8%.

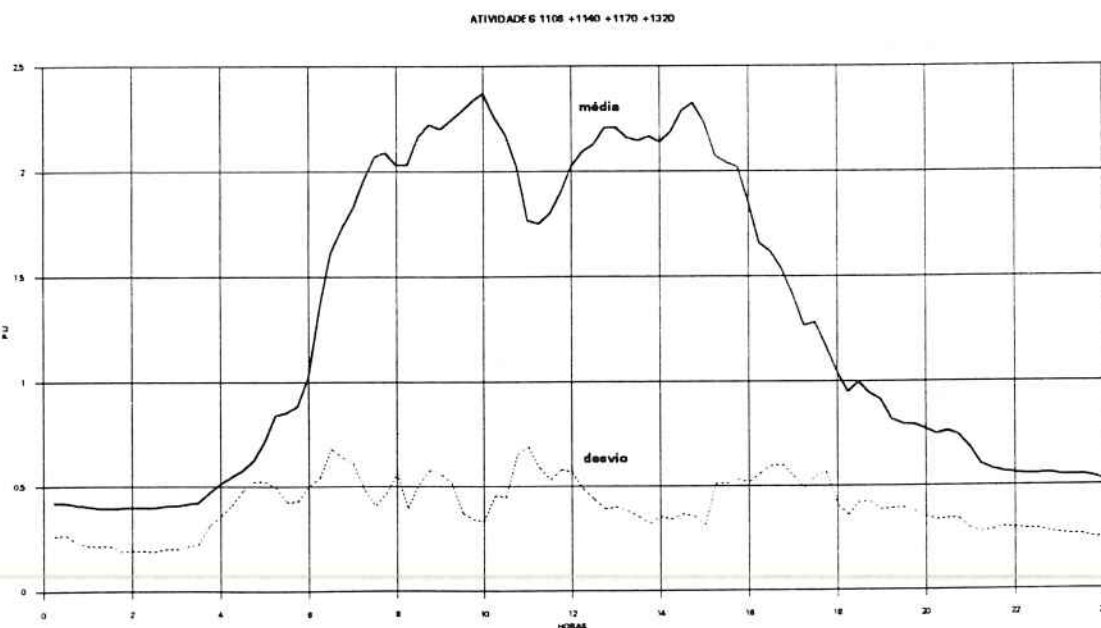


Figura 7.2-1 - Curva Representativa das Atividades 1106 - 1140 - 1170 - 1320

8. DETERMINAÇÃO DO CARREGAMENTO DE TRANSFORMADORES E ALIMENTADORES

A determinação do carregamento esperado em transformadores e alimentadores foi feita com base na metodologia do item 5.4, conhecendo-se as características dos consumidores a eles ligados (curvas representativas, atividades e consumos mensais).

Para tal, é necessária a montagem de um banco de dados com as curvas média e desvio-padrão, em p.u., representativas dos consumidores dos três segmentos de mercado analisados, ou seja, residencial, comercial e industrial, fornecidas por 96 pontos, caracterizando intervalo de integração de 15 minutos.

A validação da metodologia de obtenção do carregamento de um equipamento da rede foi efetuada para:

- um transformador que alimenta 33 unidades consumidoras residenciais e 17 unidades consumidoras comerciais, com uma energia mensal da ordem de 11.500 kWh;
- um alimentador, eminentemente residencial, que alimenta 1345 unidades residenciais, 50 unidades comerciais e 6 unidades industriais, com uma energia mensal de 412 MWh.

Uma vez validada a metodologia de agregação dos consumidores, estariam também validadas as curvas representativas dos três segmentos de mercado analisados.

As Figuras 8-1 e 8-2 apresentam os resultados obtidos para as curvas média e desvio-padrão medidas e calculadas, respectivamente para o transformador e o alimentador.

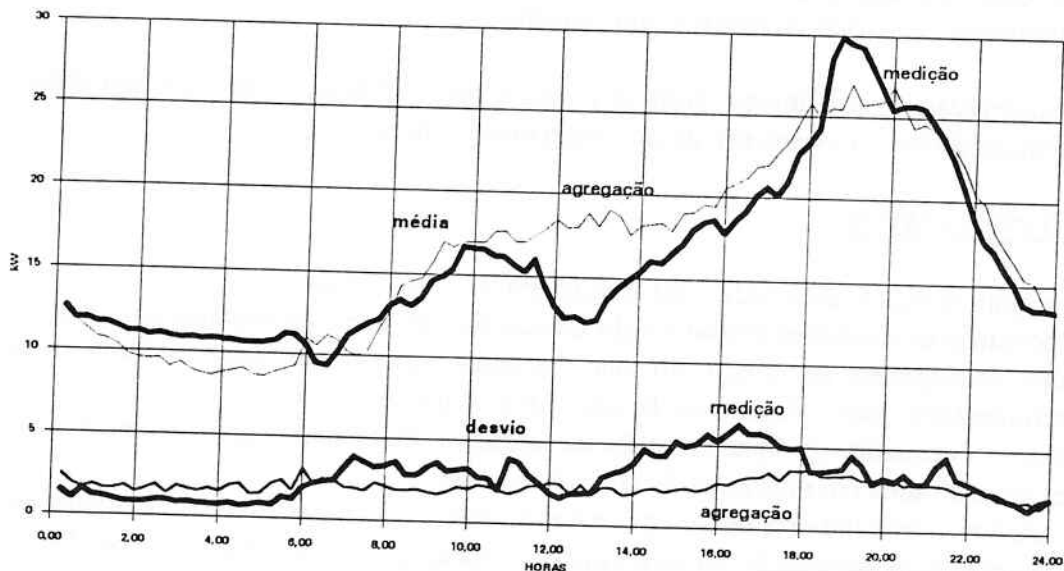


Figura 8-1 - Comparação entre Medição e Agregação dos Consumidores de um Transformador

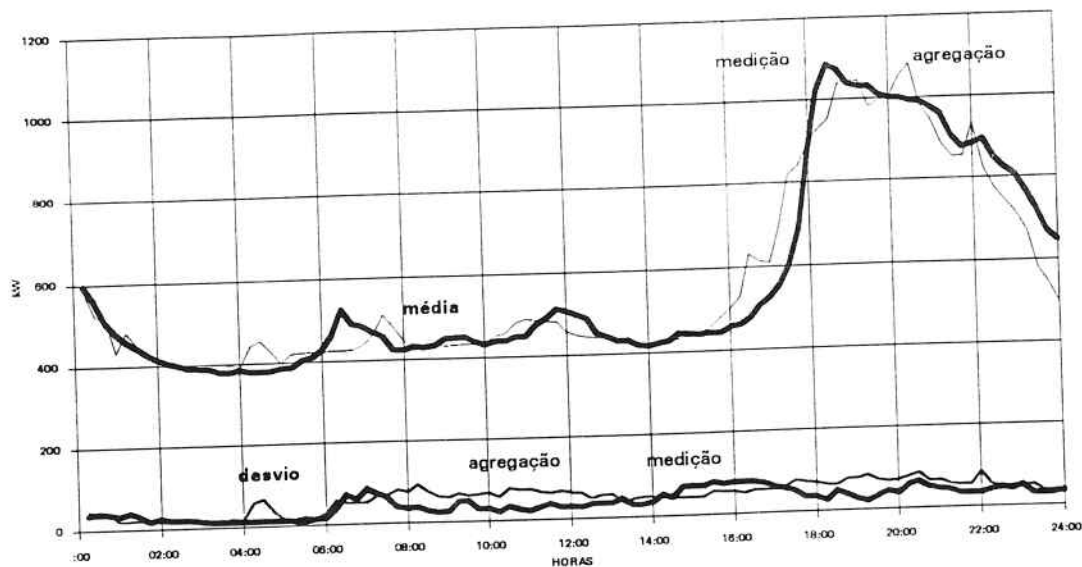


Figura 8-2 - Comparação entre Medição e Agregação dos Consumidores de um Alimentador

Analisando-se as curvas, verifica-se que a medida e a calculada mantêm a mesma forma, sendo que:

- no caso do transformador (Figura 8-1), ocorreu uma diferença no valor da ponta da curva média, com a curva medida apresentando um pico de carga que a curva agregada não reproduziu, com uma diferença da ordem de 10%;
- no caso do alimentador (Figura 8-2), devido ao grande número de consumidores envolvidos, as curvas se tornam bem semelhantes.

Da observação dessas figuras, pode-se concluir pela validade da metodologia utilizada para determinação do carregamento de um equipamento da rede.

9. CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser obtidas do trabalho realizado:

- o conjunto de medições considerando apenas os dias úteis, apresentou um comportamento mais homogêneo ao longo do dia, menores valores de desvio-padrão, tendo sido recomendado para a determinação das curvas representativas;
- para os consumidores ligados em baixa tensão, a maior parte dos consumidores puderam ser enquadrados em dois tipos de curvas de carga:
 - . curvas com comportamento constante durante o funcionamento da atividade (tipo 1);
 - . curvas com diminuição da atividade no horário de almoço (tipo 2), com frequência de aproximadamente 70% do total das curvas enquadradas nos tipos pré-estabelecidos;
- para os consumidores ligados em média tensão, também foram encontrados consumidores com comportamento praticamente constante durante as 24 horas do dia (tipo 4);
- nos consumidores ligados em baixa tensão, o patamar de carga fora do horário normal de funcionamento tem, normalmente, valor inferior a 10% ao verificado durante o horário normal da atividade;
- nos consumidores ligados em média tensão, é de 50 a 60% a relação entre os patamares de carga fora e dentro do horário normal de funcionamento;

- nos consumidores industriais ligados em baixa tensão, algumas atividades semelhantes apresentaram características também semelhantes, permitindo a adoção de uma única curva de carga para representar um segmento específico de mercado. Tal fato ocorreu para as atividades iniciadas pelos códigos 15 (indústria de madeira), 25 (indústria de vestuário, calçados e artefatos de tecido) e 29 (indústria de editorial e gráfica);
- tendo em vista a predominância de curva de carga tipo 2, para as atividades não medidas, na ausência de curva representativa de atividade similar, recomenda-se a adoção desse tipo de curva com o patamar máximo da curva média encontrado (4,0 p.u.), condição conservativa no dimensionamento elétrico;
- as curvas de carga representativas das atividades são caracterizadas por uma curva média e uma curva de desvio-padrão, que mostra a dispersão dos valores diários em relação ao valor médio, os quais apresentam uma distribuição próxima da normal;
- em função do exposto acima, no dimensionamento de um ramal de ligação para um novo consumidor, recomenda-se a utilização da curva média representativa desse consumidor acrescida de 1,3 vezes o desvio-padrão, correspondendo a se ter 90% das curvas diárias situadas até esse limite;
- nas medições efetuadas em transformadores, conforme [1] e [2], verificou-se uma distribuição normal dos valores das curvas diárias. Sendo assim, na análise do carregamento de um elemento da rede elétrica com base na agregação das curvas dos consumidores a ele ligado, pode-se recomendar como critério de carregamento, o valor da curva média agregada acrescida de 1,3 vezes o desvio-padrão agregado (margem de segurança de 90%).

10. ANÁLISE CRÍTICA

A metodologia apresentada fornece a possibilidade de uma avaliação dinâmica do comportamento da carga do consumidor, através de medições permanentes, permitindo um monitoramento praticamente "on line" do carregamento dos equipamentos da rede.

Sendo assim, é importante abordar as simplificações adotadas na elaboração deste trabalho e os possíveis impactos causados pela sua adoção, os quais estão apresentados a seguir:

- os registradores utilizados armazenam as informações na forma de pulsos que podem ser integrados em períodos de 5, 15, 30 e 60 minutos. A opção foi feita pelo período de integração de 15 minutos, em função de proporcionar um tratamento estatístico razoável sem talvez perder muitas das características das cargas aleatórias de curta duração;
- as curvas representativas envolvem uma margem de erro no valor do patamar máximo da curva média, função do nível de confiança definido, do desvio-padrão dos valores do patamar máximo e do número de dias medidos. Sendo assim, os valores de erros aceitáveis, reportados nas tabelas 7.1-1 e 7.1-2, devem estar de acordo com os objetivos aos quais se propõe o estudo a ser desenvolvido, utilizado como ferramenta para o planejamento e dimensionamento elétricos;
- as medições incluíram somente a parte ativa da potência em kW, porém o consumo industrial de energia elétrica se caracteriza por uma parcela não desprezível de reativo, que deve merecer especial atenção na utilização dos resultados deste trabalho;
- não foram analisados aspectos relacionados à sazonalidade;
- o fato de se trabalhar com curvas de carga em p.u. coloca no mesmo nível consumidores com grande e pequeno consumo. Grandes consumidores devem apresentar comportamentos mais homogêneos, com baixos valores de desvio-padrão pelo maior número de equipamentos elétricos apresentados, que devem proporcionar um menor fator

- de diversidade quando de suas utilizações. Esta característica pode ser traduzida numa maior proximidade do valor obtido da curva média frente ao esperado na prática;
- na prática, um modelo é feito para ser usado num estudo específico, que no caso foi direcionado para o desempenho dos equipamentos em termos de carregamento;
 - no caso da utilização destas curvas para outros objetivos, por exemplo, queda de tensão em um alimentador, lembrar que a curva de carga está definida por média de 15 minutos, não cobrindo portanto o efeito instantâneo de cargas intermitentes de grande valor;
 - a curva de carga representativa não detalha a posse e o uso dos equipamentos que consomem energia, podendo-se inferir alguma informação, como, por exemplo, o efeito de iluminação. Para este tipo de análise é melhor determinar a curva de carga a partir de questionários sobre a posse e tempo de funcionamento das cargas, cujas curvas medidas servirão para aferir estas curvas calculadas.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] VIEIRA, Carlos Augusto Halila. "Estabelecimento de Curva Diária de Carga de Consumidores Residenciais" Dissertação de Mestrado, EPUSP, 1993.
- [2] FIGUEIREDO, Fernando Monteiro de. "Estudo Sobre Curvas de Carga de Consumidores Comerciais" Dissertação de Mestrado, EPUSP, 1994.
- [3] CASOLARI, Ronaldo Pedro. "Curvas de Carga de Consumidores Industriais - Agregação com Outras Cargas" Dissertação de Mestrado, EPUSP, 1996.
- [4] JARDINI, José A.; AHN Se Un. "Caracterização da Curva de Carga de Consumidores Para Dimensionamento de Transformadores" Revista Eletricidade Moderna, abril de 1993.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PEA/9301 - Alguns Aspectos do Problema de Planejamento de Sistemas de Transmissão sob Incertezas - CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN, ERNESTO JOÃO ROBBA
- BT/PEA/9302 - Vibrações em Motores Elétricos Provocadas por Forças Magnéticas - ORLANDO SILVIO LOBOSCO, HENRIQUE PRADO ALVAREZ
- BT/PEA/9303 - Corrente Contínua em Alta Tensão: Aplicação de Equipamentos Elétricos e Modelos para Análises de Confiabilidade - LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9504 - Automação e Informatização Aplicadas a Controle e Supervisão de Processos de Pesagem - EVALDO ARAGÃO FARQUI, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/9505 - Modernização e Reabilitação de Usinas Hidrelétricas - DJALMA CASELATO, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9506 - Estudo do Campo Elétrico Provocado por Linhas de Transmissão em Corrente Alternada - CELSO PEREIRA BRAZ, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9507 - Aspectos Sobre Processos Automatizados de Pesagem Rodoferroviária: Uma Proposta de Modernização de Postos em Operação - SERGIO LUIZ PEREIRA, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9508 - Usinas Hidrelétricas em Rotação Ajustável: Novas Premissas para o Planejamento Energético - MARCO ANTONIO SAIDEL, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9509 - Desenvolvimento de um Sistema de Automação de Subestações pela integração de Módulos de Software e Hardware Existentes no Mercado Brasileiro - L. C. MAGRINI, J. A. JARDINI, S. COPELIOVITCH, N. KABA FILHO
- BT/PEA/9510 - Proposta de um Modelo para Estudos de Aplicação de Compensadores Estáticos em Sistemas de Potência - JOSÉ TOSHIIYUKI HONDA, LUIS CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/9511 - Metodologia e Testes para Redução das Distâncias Elétricas entre Fases de Barramentos de Subestações de 138kV Abrigadas, ANDRÉ NUNES SOUZA, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9512 - Avaliação da Severidade da Poluição para o Dimensionamento da Isolação das Redes Elétricas - ARNALDO G. KANASHIRO, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/9513 - Processos Auto-Adaptativos para Cálculo de Campos Eletromagnéticos pelo Método dos Elementos Finitos - LUIZ LEBENSZTAJN, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9514 - Investigação Experimental sobre os Arcos Sustentados em Sistemas Elétricos de Baixa Tensão - FRANCISCO H. KAMEYAMA, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/9515 - Fast Voltage Compensation: A Mean to Improve the Quality of Energy Supply - H. ARANGO, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9516 - Modelo Avançado para Planejamento de Sistemas Energéticos Integrados Usando Recursos Renováveis - LUIZ ANTONIO ROSSI, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9601 - Metodologias para Planejamento de Sistemas de Distribuição: Estado-da-Arte e Aplicações - PAULO ROBERTO NJAIM, CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/9602 - Integração de Relés Digitais em Sistemas de Automação de Subestação - JERÔNIMO CAMILO SOARES JR., JOSÉ A. JARDINI, LUIZ C. MAGRINI
- BT/PEA/9603 - Paradigma de Planejamento sob Incertezas - Aplicação ao Planejamento dos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica - ALBERTO BIANCHI JUNIOR, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9604 - Um Sistema de Controle de Velocidade para Motor de Indução Trifásico - CELSO KAZUMI NAKAHARADA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9605 - Controle Vetorial de Motores de Indução, Independente das Alterações de Parâmetros da Máquina - NERY DE OLIVEIRA JÚNIOR, WALDIR PÓ
- BT/PEA/9606 - Compactação de Subestações de 145 kV Através da Redução das Distâncias entre Fases - GERVASIO LUIZ DE CASTRO NETO, ORLANDO SILVIO LOBOSCO

