

# Desenvolvimento de Metodologia para Definir Novos Parâmetros para Cálculos de Demanda com Aplicativo Computacional a ser Utilizado pelas Equipes de Projeto

R. G. Nogueira, UFG e C. D. N. Vinhal, UFG

**Resumo** - Este trabalho apresenta de forma sucinta os resultados obtidos no projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, o qual foi executado com o intuito de identificar fatores de demanda para atividades específicas, para serem utilizados em aplicativo computacional, também desenvolvido durante o trabalho, pelas equipes de projeto da Companhia Energética de Brasília. Como resultado, foi entregue à concessionária o aplicativo com fatores de demanda para projetos de condomínios horizontais e verticais, com ou sem unidades comerciais em seu interior.

**Palavras-chave**—Cálculo de demanda; fator de demanda; determinação de fator de demanda.

## I. INTRODUÇÃO

O presente projeto se iniciou e foi norteado pela pesquisa de métodos para o cálculo ou projeção da demanda de projetos elétricos com fornecimento em tensão de distribuição primária ou secundária. Como previsto no projeto original, a distribuidora indicou os perfis de consumo ou atividades merecedoras de maior atenção devido às suas peculiaridades e face às necessidades da própria distribuidora. A pesquisa ou 'survey' interno, dentro da distribuidora, foi facilitado pela equipe CEB que proporcionou o acesso a diversos dados de consumo, 'blue prints' e normas técnicas específicas.

No decorrer no projeto, após uma extensa revisão da literatura técnica, alguns relatórios e reuniões, a equipe UFG decidiu adotar uma abordagem clássica para o problema fundamentada em estudos quantitativos e estatísticos. Em termos estatísticos, as atividades foram então consideradas como 'estratos'. Para cada 'estrato' foi determinado um número significativo de amostras, sendo que, para cada amostra, diversos dados sobre hábitos de consumo e a carga instalada deveriam ser levantados por meio de entrevistas/formulários específicos ('surveys' externos) e medições 'in loco'. O levantamento ficou a cargo de uma equipe de

campo especializada.

O objetivo principal do trabalho foi o cálculo dos fatores de demanda para a elaboração de projetos elétricos de dois dos estratos originalmente previstos para estudo: condomínios horizontais residenciais e condomínios verticais de uso misto, ou seja, com a presença de unidades consumidoras residenciais e comerciais.

Os formulários de pesquisa foram preenchidos pelos consumidores pertencentes a grupos (conjuntos de amostras de um mesmo estrato) cujo consumo foi medido através de analisadores de energia SAGA 4500, instalados na entrada da edificação. As informações de hábitos de consumo foram úteis para que se pudesse ter conhecimento das cargas dos consumidores e os dados obtidos via analisador de energia possibilitaram o levantamento do pico de consumo para o período em questão. Finalmente, a razão entre o pico de energia e a carga total detectada via formulários permitiu o levantamento de um fator de demanda médio para o tipo de edificação.

## II. METODOLOGIA

A metodologia seguida para a determinação dos fatores de demanda pretendidos foi a seguinte:

### A. Determinação do tamanho das amostras para cada estrato

A idéia inicial do projeto era definir fatores de demanda para diversas atividades, com o intuito de suprir uma necessidade da concessionária em atualizar e munir as equipes de projeto de informações que pudessem melhorar a qualidade do atendimento aos consumidores. Neste sentido, a primeira tarefa foi fazer o levantamento do tamanho das populações envolvidas em cada uma destas atividades, o que foi possível através de consultas ao banco de dados de consumidores da concessionária.

Dois pontos ainda foram levados em consideração nesta etapa: a limitação no número de equipamentos a serem utilizados nas medições e o tempo disponível para isto.

Com estas limitações e os tamanhos das populações levados em consideração, foram definidas a mostras de sessenta e nove e doze, respectivamente, de condomínios verticais de uso misto e de condomínios horizontais residenciais.

---

Este trabalho foi resultado de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da Companhia Energética de Brasília, tendo sido totalmente financiado por esta empresa..

R. G. Nogueira é professor adjunto da Escola de Engenharia Elétrica e de Computação (EEEC) da Universidade Federal de Goiás (UFG) (e-mail: reinaldo@eee.ufg.br).

C. D. N. Vinhal é professor adjunto da Escola de Engenharia Elétrica e de Computação (EEEC) da Universidade Federal de Goiás (UFG) (e-mail: cassio@eee.ufg.br).

### B. Determinação das unidades consumidoras a serem utilizadas na pesquisa

Para o caso de condomínios verticais de uso misto, tomou-se o cuidado de escolher unidades consumidoras pertencentes a três faixas distintas de consumo: baixo, médio e alto. Isto foi feito com o objetivo de obter um fator de demanda que pudesse ser utilizado para qualquer edificação de uso misto, independentemente da classe social a que se destine.

Para o caso dos condomínios horizontais, a escolha foi feita em função do grau de segurança dos equipamentos quando instalados.

### C. Coleta de dados de campo

As informações relativas aos consumos das unidades escolhidas foram obtidas de duas formas:

#### 1) Medidores

Foram instalados de analisadores de energia SAGA 4500, para armazenamento, em memória de massa, de valores referentes ao consumo de energia por um período mínimo de uma semana, com intervalo de cinco minutos entre cada registro. Os arquivos obtidos contêm informações de trinta e três medidas diretas e outras tantas indiretas (ver Quadro I)

QUADRO I  
CONFIGURAÇÃO DOS CANAIS DOS ANALISADORES DE ENERGIA SAGA 4500 UTILIZADOS NAS MEDIÇÕES

Canal	Medida	Canal	Medida
1	Frequencia	18	Potência Reativa Sem Harmônica Qsh1
2	Tensao Mínima V1	29	Potência Reativa Sem Harmônica Qsh2
3	Tensao V1	20	Potência Reativa Sem Harmônica Qsh3
4	Tensao Máxima V1	21	Potência Reativa Sem Harmônica Trifásica Qsht
5	Tensao Mínima V2	22	Potência Reativa Com Harmônica Qch1
6	Tensao V2	23	Potência Reativa Com Harmônica Qch2
7	Tensao Máxima V2	24	Potência Reativa Com Harmônica Qch3
8	Tensao Mínima V3	25	Potência Reativa Com Harmônica Trifásica Qcht
9	Tensao V3	26	Fator de Potência FP1
10	Tensao Máxima V3	27	Fator de Potência FP2
11	Corrente I1	28	Fator de Potência FP3
12	Corrente I2	29	Fator de Potência FPt
13	Corrente I3	30	Potência Aparente S1
14	Potência Ativa P1	31	Potência Aparente S2
15	Potência Ativa P2	32	Potência Aparente S3
16	Potência Ativa P3	33	Potência Aparente St
17	Potência Ativa Trifásica Pt		

As informações utilizadas para o objetivo deste trabalho foram tiradas do canal 17.

#### 2) Formulários

Para obtenção dos fatores de demanda propostos, fez-se necessário o conhecimento da carga instalada nas unidades consumidoras nas quais os analisadores de energia foram

instalados. Para isto, foram criados formulários ('surveys' externos), os quais foram preenchidos pela equipe responsável pela instalação dos equipamentos, através de entrevistas individuais.

O Quadro II mostra o formulário de pesquisa apresentado para os consumidores do tipo comercial. Foi solicitado à equipe responsável pela pesquisa que complementasse a lista com os equipamentos não listados, e para isto foram deixadas linhas em branco no formulário. Da mesma forma foi solicitado o fornecimento de detalhes do equipamento, caso a potência do mesmo não pudesse facilmente ser identificada.

QUADRO II  
FORMULÁRIO DE PESQUISA UTILIZADO PARA AS UNIDADES CONSUMIDORAS COMERCIAIS

Equipamentos	Pot. (watts)	Quant.	Descrição
Lâmpadas eletrônicas	11		
Lâmpadas eletrônicas	15		
Lâmpadas eletrônicas	20		
Lâmpadas eletrônicas	40		
Lâmpadas eletrônicas	60		
Lâmpadas eletrônicas	80		
Lâmpadas eletrônicas	100		
Lâmpadas incandescentes	20		
Lâmpadas incandescentes	40		
Lâmpadas incandescentes	60		
Lâmpadas incandescentes	80		
Lâmpadas incandescentes	100		
Elevadores			
Bombas			
Motores			

Para as unidades residenciais, o modelo de formulário proposto é mostrado no Quadro III. As mesmas observações foram feitas para a equipe responsável pelas pesquisas.

QUADRO III  
FORMULÁRIO DE PESQUISA UTILIZADO PARA AS UNIDADES CONSUMIDORAS RESIDENCIAIS

Equipamentos	Pot. (watts)	Quan.	Descrição
Ar Condicionado	900		
Aspirador de Pó / Líquido	500		
Chuveiro Elétrico	4400		
Computador	500		
Espremedor de Frutas	270		
Ferro Elétrico	1500		
Fogão Elétrico	2500		
Forno Elétrico	4500		
Freezer	350		
Geladeira	150		
Lâmpadas eletrônicas	11		

Lâmpadas eletrônicas	15		
Lâmpadas eletrônicas	20		
Lâmpadas eletrônicas	40		
Lâmpadas eletrônicas	60		
Lâmpadas eletrônicas	80		
Lâmpadas eletrônicas	100		
Lâmpadas incandescentes	20		
Lâmpadas incandescentes	40		
Lâmpadas incandescentes	60		
Lâmpadas incandescentes	80		
Lâmpadas incandescentes	100		
Liquidificador	270		
Máquina de Lavar Louças	1500		
Máquina de Lavar Rou-	770		
Microondas	1200		
Multiprocessador	270		
Secadora de Roupas	4500		
Televisão	75		
Tanquinho	300		
Ventilador	100		

Finalmente, foi estabelecido um formulário para a área comum do condomínio, o qual é mostrado no Quadro IV. As mesmas observações foram feitas para a equipe responsável pelas pesquisas.

QUADRO IV

FORMULÁRIO DE PESQUISA UTILIZADO PARA ÁSÁREAS DE USO COMUM DOS CONDOMÍNIOS

Total de Apartamentos: _____ Total de Salas: _____ Total de Lojas: _____			
Cargas da área comum do edifício: corredores, halls, garagens, salões de festa, portarias, piscinas, elevadores, etc.			
<i>Equipamentos</i>	<i>Pot. (watts)</i>	<i>Quant.</i>	<i>Descrição</i>
Lâmpadas eletrônicas	11		
Lâmpadas eletrônicas	15		
Lâmpadas eletrônicas	20		
Lâmpadas eletrônicas	40		
Lâmpadas eletrônicas	60		
Lâmpadas eletrônicas	80		
Lâmpadas eletrônicas	100		
Lâmpadas incandescentes	20		
Lâmpadas incandescentes	40		
Lâmpadas incandescentes	60		
Lâmpadas incandescentes	80		
Lâmpadas incandescentes	100		
Elevadores			
Bombas			
Motores			

Foi estabelecido que trinta por cento das unidades residenciais e cem por cento das unidades comerciais deveriam

ser pesquisadas, para que se pudesse obter um resultado representativo da carga realmente instalada. A necessidade da totalidade das unidades consumidoras do tipo comercial deveu-se à diversidade de atividades comerciais encontradas nas edificações de uso misto, o que tornaria no mínimo temerosa a utilização de valores médios nestes casos. Ao contrário, para as unidades residenciais a utilização de uma média a partir de dados relativos a trinta por cento das unidades pareceu representar de forma adequada estes consumidores.

Estas entrevistas foram feitas todas as cada unidades consumidoras nas quais foram instalados os analisadores de energia, durante a semana na qual as medições estavam sendo realizadas.

#### D. Determinação dos fatores de demanda

Os arquivos obtidos da memória de massa dos medidores foram transformados para planilhas eletrônicas do Excel, e foram construídos gráficos que possibilitaram a identificação dos valores de pico obtidos no período de medição. Os gráficos levantados foram referentes à potência trifásica total, conforme relatado anteriormente. A figura 1 mostra um dos gráficos construídos a partir das informações dos medidores.

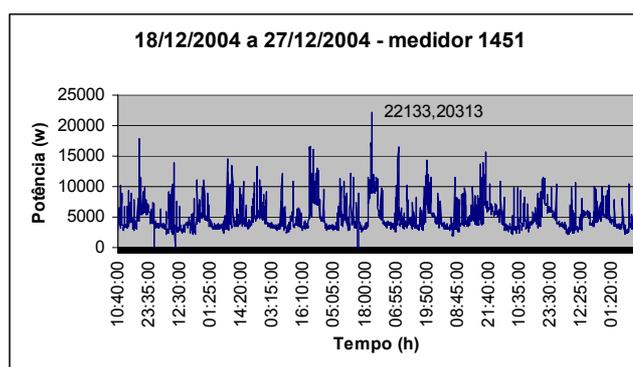


Figura 1. Potência trifásica total para condomínio horizontal.

Pode-se perceber que a informação do pico de consumo pode ser facilmente obtida do gráfico. Tomou-se o cuidado de identificar em cada gráfico o número do medidor instalado e o período em que as medições foram feitas.

De posse do valor de pico de consumo e das informações de carga instalada obtidas através dos formulários de pesquisa, obteve-se o fator de demanda para cada unidade dividindo-se o valor de pico pela carga instalada.

Este procedimento foi feito para cada unidade, possibilitando a obtenção de um valor médio.

### III. RESULTADOS

Com os dados obtidos, via medidores e via formulários de pesquisa, foi possível determinar valores para os fatores de demanda referentes aos condomínios residências horizontais e condomínios verticais de uso misto, ou seja, com unidades consumidoras do tipo residencial e do tipo comercial. Estes valores estarão sendo usados pelas equipes internas de projeto, e poderão auxiliar no processo de aprovação de projetos de instalações elétrica para edificações com estas caracte-

terísticas.

Ressalta-se a necessidade de uma continuidade deste trabalho, principalmente no que se refere à obtenção dos valores de pico, uma vez que estes valores, no presente trabalho, foram obtidos em uma memória de massa de apenas uma semana.

Outro ponto importante é a necessidade de um banco de dados de carga instalada por unidade consumidora. É desejável que esta informação seja mantida atualizada e acessível para análises como as feitas neste trabalho. Esta atualização deve ser o mais contínua possível.

#### IV. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as contribuições dos alunos Alexandre Augusto Branco de Araújo, do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília; Hugo Marciano de Melo, Jideão José Vieira Filho, Leonardo Milharden Mendes e Modestino André Rodrigues Neto, do curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal de Goiás. Agradecem ainda as participações importantes dos professores Marcos Balduino de Alvarenga e Ana Cláudia Marques do Valle, os quais foram fundamentais para o processo de medição realizado.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Capasso, A. et ali., Validation Tests and Applications of a Model for Demand-Side Management Studies in Residential Load Areas, 12th International Conference on Electricity Distribution, IEE Conference Publication, no. 373, pp. 5.25.1-5.25.5, 1993
- [2] Capasso, A. et ali, A Bottom-Up Approach to Residential Load Modeling, IEEE Transactions on Power Systems, vol. 9, no. 2, pp. 957-964, May 1994
- [3] Gellings, C. W. and Smith, W. M., Integrating Demand-Side Management into Utility Planning, Proceedings of the IEEE, vol. 77, no. 5, pp. 908-918, June 1989
- [4] Hart, G. W., Nonintrusive Appliance Load Monitoring, Proceedings of the IEEE, vol. 80, no. 12, pp. 1870-1891, December 1992
- [5] Mielezarski, W. et ali., Fuzzy Modeling of Load Demand in the Residential Sector, Studies in Fuzziness and Soft Computing, Physica Verl, vol. 11, pp. 291-320, 1998
- [6] Babbie, E., Survey Research Methods, Thomson Publishing Inc., 2nd Edition, 1997
- [7] Lambert-Torres, G. et ali., Fuzzy Load Modeling, Management and Forecasting, Studies in Fuzziness and Soft Computing, Physica Verl, vol. 11, pp. 277-289, 1998 Cada citação deve estar completa e correta. Não haverá verificação deste item, uma referência incompleta ou errada será publicada.
- [8] Norma Técnica de Distribuição da CEB (NTD-6.01).
- [9] Norma ABNT de Distribuição de Energia Elétrica NBR 5410.