

3 Mapeamento das curvas de carga

O mapeamento da curva de carga é fundamental para o planejamento estratégico de distribuição de energia, pois a partir deste é possível conhecer o perfil da demanda diária por energia elétrica das unidades consumidoras, conhecimento este que produz subsídios para a concessionária realizar uma previsão de contratação de demanda, principalmente na ponta, buscando maior eficiência do sistema e garantia do suprimento seguro e confiável da rede [8].

A análise da curva de carga auxilia o planejamento do setor energético, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, visando à qualidade de entrega de energia, cálculos de perdas, previsão de demanda, estudos para cálculos de níveis de tensão futuros, tarifa e investimentos por parte das distribuidoras e concessionárias de energia, propiciando a alocação otimizada de recursos no planejamento de operação e expansão da malha de distribuição.

A importância da modulação da curva de carga para o sistema elétrico motiva o desenvolvimento de algoritmos associando a massa de dados das medições e modelagens específicas, de modo a fornecer um diagnóstico mais próximo da realidade do sistema, assim como fornece elementos para ao gestor da unidade consumidora controlar o período do dia de maior consumo e intervir conforme necessário, implantando medidas de eficiência energética e evitando ultrapassagem ou multas por utilização fora do contrato de demanda [19].

A carga é uma variável dependente do comportamento do consumidor, ficando assim, sensível a diversos fatores: climáticos, econômicos, eventos televisivos, que podem interferir nos hábitos de consumo de energia.

Para a modelagem da curva de carga precisa-se das informações das medições de consumo (kWh), demanda máxima (kW) e fator de carga (%). Para efeitos comparativos e identificação de possíveis distorções de medição, podem ser realizados através da estimativa de curvas de carga a partir de pesquisas de posses e hábitos (PPHs), que são pesquisas declaratórias que traçam um perfil da posse e hábitos de consumo de equipamentos elétricos, com o intuito de avaliar o mercado de eficiência energética nas cinco regiões do Brasil [12].

Estas pesquisas são realizadas pela Eletrobrás / Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), e permitem traçar a curva de

carga declarada pelo consumidor e compará-las com a curva de carga medida, a partir dos dados de consumo informados no medidor.

Através da curva de carga é possível realizar previsões para a comercialização de energia elétrica, subsidiando especialmente as distribuidoras de energia, que necessitam de uma previsão com mínima margem de erro, para não serem penalizadas.

O conhecimento da curva de carga ainda permite uma análise mais detalhada para o melhor enquadramento tarifário do consumidor, bem como permite visualizar uma possível aplicação de ações de eficiência energética, através do gerenciamento da demanda, colaborando assim para a redução de tarifas e consumo.

A figura 7 apresenta as porcentagens que cada segmento econômico representa no consumo final de energia elétrica, percebe-se que o setor industrial é o de maior representatividade no consumo total de energia do país, consumindo praticamente a metade, 48% de energia, seguido pelo setor residencial com 22%, e comercial com 14%, os demais oferecem menor impacto no montante final.

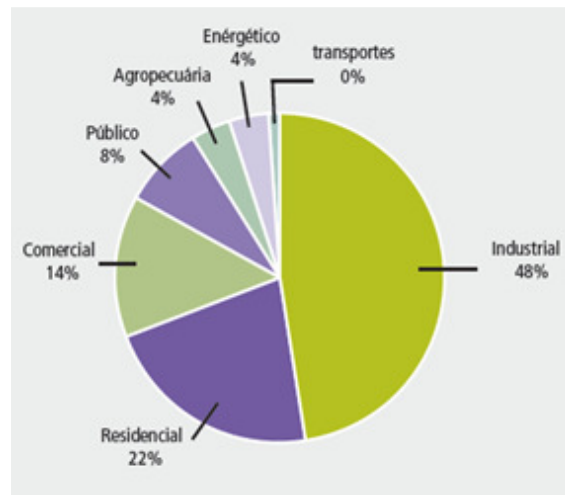


Figura 7 - Distribuição do consumo final de energia elétrica
Fonte: [30]

Estes dados reforçam a necessidade da modelagem das curvas de cargas e o conhecimento das características de consumo das unidades consumidoras dos diversos segmentos econômicos, que são fundamentais para um bom planejamento e uma previsão adequada para o setor energético, assim como auxiliam nas medidas de racionalização.

O Sistema Integrado Nacional (SIN) é responsável pela sincronização de todas as unidades geradoras de energia do Brasil, representa diariamente a

curva de carga de demanda do sistema, demonstrando o comportamento dos diversos setores econômicos, e prevê através desta o consumo no intervalo de meia hora, que é utilizado para elaboração do plano de operação [42].

3.1.

Curva de carga típica por natureza de consumidor

Os consumidores de energia possuem características diferenciadas de consumo, de acordo com a natureza de sua carga: residencial, comercial, industrial, rural, iluminação pública e serviço público, sua conexão: trifásica, bifásica ou monofásica e tensão de alimentação: alta, média ou baixa tensão. Portanto, suas curvas de carga apresentam um comportamento diferenciado de consumo ao decorrer do dia.

A tipologia da curva de carga pode ser analisada individualmente para cada segmento consumidor de energia, que tenha participação expressiva no consumo.

Segundo a resolução 456/2000 ANEEL, estes consumidores são definidos conforme a seguir:

Consumidor residencial – unidade consumidora com fim residencial e baixa renda, unidade consumidora com regulamento específico.

Consumidor industrial – unidade consumidora em que seja desenvolvida atividade industrial, inclusive transporte de matéria-prima, insumo ou produto resultante do seu processamento.

Consumidor Comercial, serviços e outras atividades – unidade consumidora em que seja exercida atividade comercial ou de prestação de serviços.

Consumidor Rural – unidade consumidora localizada em área rural, onde seja executada atividade rural.

Consumidor Poder Público – unidade consumidora, onde independente da atividade a ser desenvolvida, for solicitada por pessoa jurídica de direito público.

Consumidor Iluminação Pública – iluminação de ruas, praças, avenidas, tuneis, e demais logradouros de domínio público.

Consumidor Serviço Público – fornecimento para equipamentos e cargas essenciais à operação de serviços públicos.

3.1.1.

Curva de carga residencial

A figura 8 representa uma curva de carga típica do SIN, de um consumidor residencial. A característica deste tipo de consumidor é de um aumento

significativo de consumo entre 18h e 21h, quando começa a diminuir, mantendo-se baixo de madrugada e praticamente constante no decorrer do dia. Isto ocorre devido ao retorno da população às residências após o dia de trabalho, sendo o maior vilão deste consumidor o chuveiro elétrico.

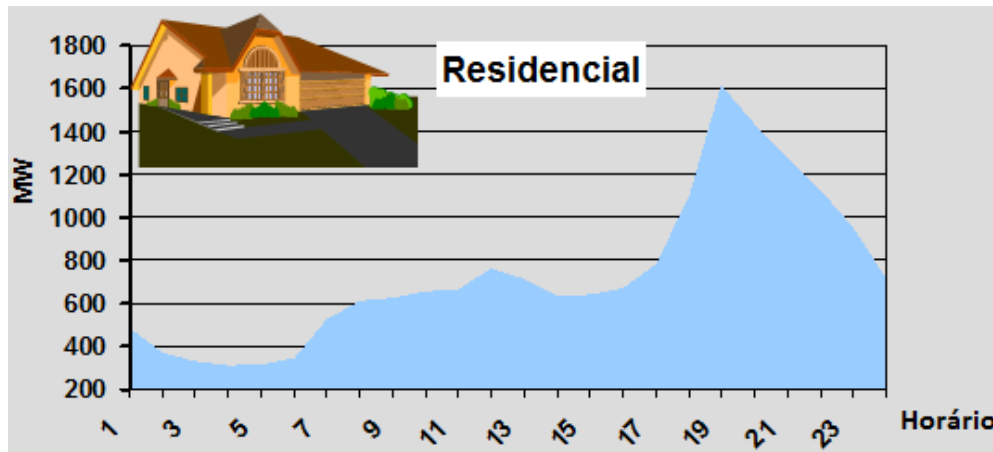


Figura 8 - Curva de carga típica do SIN, consumidor residencial
Fonte: [11]

3.1.2. Curva de carga industrial

Os consumidores industriais são classificados por ramo de atividade e faixa de consumo de energia elétrica. Porém devido às várias atividades do setor industrial, suas curvas podem variar de acordo com o tipo de produção de cada indústria.

A figura 9 ilustra o comportamento do consumo das indústrias ao longo do dia, perceber que este consumidor apresenta um consumo elevado e constante durante as 24 horas do dia, caracterizando-se por uma expressiva redução no horário de ponta, isto se dá devido à utilização de métodos para redução na ponta. A maior demanda deste setor é a iluminação e os motores utilizados na produção.

Ressalta-se, que normalmente os métodos utilizados pelas indústrias para redução na ponta não são de energia limpa.

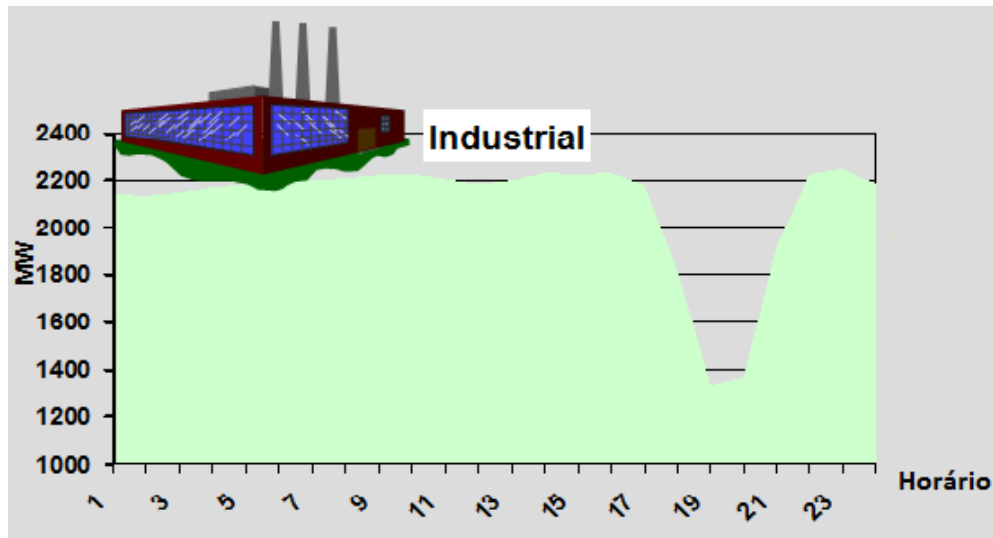


Figura 9 - Curva de carga típica do SIN - consumidor industrial
Fonte: [11]

3.1.3. Curva de carga comercial

A curva de carga do consumidor comercial se caracteriza por elevar o seu consumo por volta das 8h, se mantendo relativamente constante por todo o dia. Este consumidor apresenta uma leve redução de seu consumo no horário de almoço e um pico brusco no horário de ponta, figura 10. A demanda deste consumidor é basicamente para iluminação e refrigeração.

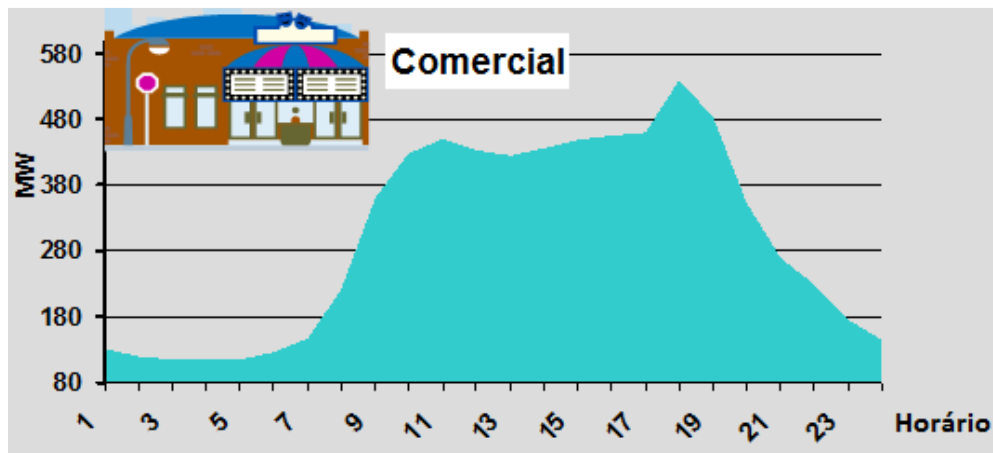


Figura 10 - Curva de Carga típica do SIN - consumidor comercial
Fonte: [11]

3.2.

Medição de energia elétrica

De acordo com a resolução 414/2010 – ANEEL, a medição é o processo realizado por equipamento que possibilite a quantificação e o registro de grandezas elétricas associadas à geração ou consumo de energia elétrica, assim como a potência ativa ou reativa, quando cabível. A medição pode ser classificada como externa, fiscalizadora ou totalizadora.

Medição externa é aquela cujos equipamentos são instalados em postes ou outras estruturas de propriedade da distribuidora, situados em vias, logradouros públicos ou compartimentos subterrâneos.

Medição fiscalizadora é aquela cujos equipamentos de medição, devidamente homologados pelo órgão metrológico, são instalados no mesmo circuito em que estão aqueles destinados à medição de faturamento da unidade consumidora, com características similares, e que objetiva a comparação de grandezas elétricas.

Medição totalizadora é aquela cujos equipamentos são instalados em entradas coletivas, para fins de faturamento entre o ponto de entrega e o barramento geral, sempre que não for utilizado o sistema de medição convencional, por conveniência do consumidor e concordância da distribuidora.

A medição é fundamental para o cálculo mensal das faturas das unidades consumidoras, realizado a partir dos dados de consumo e demanda armazenados nos medidores. A distribuidora é a responsável pela instalação sem custo adicional dos medidores, ficando a seu critério a escolha destes equipamentos, podendo ser eletromecânico ou eletrônico, observando o estabelecido na legislação metrológica aplicável.

A resolução 456/2000 ANEEL, define que a medição para efeito de faturamento do consumo de energia elétrica, calculado com base na diferença entre a leitura obtida no mês em curso e a do anterior, deve atender as seguintes premissas:

Grupo “B” – energia ativa (kWh) e é facultativo o fator de potência;

Grupo “A” – energia ativa (kWh), demanda de potência ativa (kW), fator de potência e consumo de energia elétrica e demanda de potência reativa excedente, quando o fator de potência for inferior a 0,92, e na impossibilidade de avaliação do consumo na ponta e fora de ponta, a segmentação deverá ser efetuada proporcionalmente ao número de horas de cada segmento.

A curva de carga diária de uma unidade consumidora é construída a partir das informações das grandezas elétricas armazenadas nos medidores.

Os consumidores de média e alta tensão, detentores de contrato de demanda, de interesse nesta dissertação, normalmente são medidos em

intervalos de quinze em quinze minutos. Assim, ao longo do dia se tem 96 registros de valores de demanda armazenados na memória de massa do medidor e, conseqüentemente, com estes dados é possível ter a curva real de consumo de energia do consumidor, viabilizando conhecer o seu comportamento diário.

3.2.1. Medidores

O sistema de medição de energia elétrica pode ser realizado nos consumidores por meio de medidores eletromecânicos ou eletrônico, através dos quais são registradas, ao longo do dia, grandezas elétricas que subsidiam o faturamento das faturas de energia, conforme determina a resolução 414/2010 da ANEEL.

Os medidores de energia eletromecânicos e eletrônicos produzidos e comercializados no Brasil precisam cumprir a legislação metrológica nacional, de acordo com as Portarias DIMEL / INMETRO n° 134/2006 e 406/2008, bem como as legislações correlatas [36].

Algumas definições de grandezas elétricas constantes nos medidores são apresentadas a seguir:

Energia ativa expressa em quilowatts-hora (kWh) é a energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, é a energia que produz trabalho, por exemplo: a rotação do eixo de um motor [26].

Energia reativa expressa em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kVARh), é a energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, mas é imprescindível para produzir o fluxo magnético necessário ao funcionamento dos motores, transformadores, etc. A energia reativa ocupa espaço no sistema que poderia ser usado por mais energia ativa, portanto, menos energia reativa implica em mais energia ativa disponível no sistema elétrico, reduzindo perdas tanto no sistema quanto nas instalações dos consumidores [26].

Fator de potência é a razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa consumidas num mesmo período especificado, ou seja, é o índice que mostra a relação entre a potência ativa e aparente.

Demanda expressa em quilowatts (kW) é a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado.

Potência ativa expressa em quilowatts (kW) é a potência que efetivamente realiza trabalho, onde é sempre consumida, em um determinado período de tempo, sendo característica de cargas indutivas.

Potência reativa expressa em quilovolt-ampère-reativo (kvar) é a potência que não produz trabalho útil, mas circula entre a fonte de alimentação e a carga, mantendo os campos magnéticos das cargas indutivas, exigindo assim, uma corrente adicional.

Potência aparente expressa em quilovolt-ampère (kVA) é a resultante da soma fasorial das potências ativa e reativa.

3.2.1.1. Medidores eletromecânicos

Os medidores eletromecânicos, figura 11, são baseados no princípio de indução, destinados a medir valores relativos ao fornecimento de energia elétrica, com a finalidade principal de faturamento, de acordo com as legislações específicas e regulamentos de metrologia legal do Brasil.



Figura 11 – Medidor eletromecânico NANSEN M1A-T
Fonte: [40]

O medidor eletromecânico de potência ativa de classe dois, que possuem erro máximo de mais ou menos 2%, é o mais utilizado pelas concessionárias em aplicação residencial baixa tensão, devido ao menor custo e disponibilidade. Ele é composto por bobinas de estrutura metálica, para criar dois circuitos eletromagnéticos, uma bobina de corrente que conduz a corrente de linha e a bobina de potencial mede a tensão submetida através da linha, além de um disco leve de alumínio, onde são induzidas correntes que fazem o disco girar no seu próprio eixo.

O número de rotações do disco é proporcional à energia consumida pela carga em um determinado intervalo de tempo, esta medida é realizada em quilowatt-hora (kWh), que é representada no visor, por algarismos em formato mecânico [29].

Os sistemas com medidores eletromecânicos precisam de um instrumento para medir cada grandeza, a demanda e o fator de potência são projetados. Eles não informam os valores de tensão, correntes, potência e distorções harmônicas, bem como os valores de consumo devem ser acumulados pelo sistema de gerenciamento, onde podem ocorrer falhas em faltas de energia.

Estes equipamentos requerem vários componentes adicionais, sua precisão fica diminuída devido a possuírem várias partes móveis, além de necessitarem de calibrações periódicas.

3.2.1.2. Medidores eletrônicos

Nos medidores eletrônicos, figura 12, dotados de memória massa, que possibilita o traçado da curva de carga e armazenamento destas informações por um período de tempo, não existem disco de alumínio, porém seus circuitos internos e dispositivos baseados em semicondutores simulam a ação deste, medindo a energia através de pulsos que podem ser acompanhados por um led que pisca a cada pulso completo.

Este equipamento funciona com uma amostra da tensão e da corrente fornecida à carga e transferida a um sistema microprocessado que de forma digital, calcula a potência e a energia consumida pela carga, exibindo instantaneamente as grandezas elétricas medidas e registradas para o faturamento.



Figura 12 – Medidor eletrônico NANSE
Fonte: [40]

O medidor eletrônico permite que a concessionária monitore diariamente o consumo e a demanda das unidades consumidoras através de interfaces

apropriadas, podendo intervir à distância e on-line no fornecimento de energia do estabelecimento [40].

Estes tipos de medidores são comumente utilizados em indústrias e consumidores de média e alta tensão, e, normalmente, são construídos na classe 0,8. Esta maior exatidão decorre principalmente de inexistir limitações mecânicas nos elementos envolvidos no processo de medição e registro, além do emprego de sensores de maior precisão.

Os sistemas com medição eletrônica possuem a vantagem de medir várias grandezas em um mesmo instrumento, ler instantaneamente as medições facilitando o armazenamento e registro histórico de todas as grandezas elétricas: demanda e fator de potência, tensão e corrente por fase, potências ativa, reativa e aparente por fase, distorções harmônicas, consumos acumulados ativo e reativo, além de possuírem menor número de componentes, maior confiabilidade, precisão e calibração única na fábrica.

3.2.1.2.1.

Medidores eletrônicos e a tecnologia de smart grid

A necessidade da modernização do sistema elétrico, visando à melhoria da capacidade operacional e de eficiência da curva de carga e demanda de energia, é abarcada pela tecnologia inteligente Smart Grid⁴.

Esta tecnologia é composta de rede com ou sem fio com capacidade de trafegar grandes volumes de dados, possuindo: medidores eletrônicos com capacidade de processamento, armazenamento e comunicação (smart meters); infraestrutura de comunicação com canais de dados bidirecionais entre medidores e o centro de controle de medição (CCM); e software que permitem aquisição automática de dados do medidor em intervalos de tempo programáveis, envio de dados ao medidor de forma remota e gerenciamento do sistema [65].

O Smart Grid propicia à transição da era analógica para a digital do sistema elétrico, onde uns dos principais componentes são os medidores eletrônicos, que por ser um meio de comunicação computacional, viabiliza o intercâmbio e o tráfego de dados por todo o sistema elétrico, desde o consumidor até a concessionária.

Com adoção dos medidores inteligentes, estima-se a mitigação de fraudes, bem como a oportunidade de gerenciamento do consumo com informações em

⁴ Smart Grid – Sistema Eletrônico de Monitoramento da Rede Elétrica Inteligente, que visa a otimização do fornecimento de energia elétrica.

tempo real, por ambas as partes, consumidores e concessionárias, além de viabilizar a adoção de quatro tarifas diferenciadas ao longo do dia e o desenvolvimento sustentável do setor.

No cenário mundial, a Europa encontra-se bem avançada no processo de implantação do sistema inteligente, e possui uma iniciativa estabelecendo uma meta para que 80% das residências europeias utilizem o smart meters em 2020.

Os mercados mais dinâmicos e com investimentos em larga escala para os próximos 10 anos em medição inteligente são a América do Norte e países da Ásia-Pacífico (Japão, Coréia e China), com previsões de milhares de instalações de medidores inteligentes até 2019 [65].

No Brasil a medição eletrônica é utilizada em grandes unidades consumidoras, alimentados em média e alta tensão. Em consumidores residenciais ainda encontra-se em fase de projetos pilotos e aguardando regulamentação da ANEEL, porém a falta de um padrão nacional para a medição eletrônica, vem sendo um entrave para o avanço desta tecnologia no país.

O Governo Brasileiro realizou uma Audiência Pública, AP 043/2010, relativa à Consulta Pública, CP 015/2009, para o medidor eletrônico em 26 de Janeiro de 2011, quando foram abordados os benefícios e a regulamentação para estes medidores.

Esta audiência representou um passo para a implantação do sistema smart grid no país, porém não abordou questões relacionadas à infraestrutura de tecnologia da informação e comunicação para interação remota com medidores. No entanto, o objetivo é que a partir do final de 2012 estes medidores comecem a ser instalados nas unidades consumidoras, em substituição aos eletromecânicos.

Esta tecnologia ainda é passível de muita polêmica, principalmente no que tange os medidores eletrônicos, devido ao impacto financeiro nas contas dos clientes e da discussão referentes à regulamentação e infraestrutura do sistema.