

## 2 Setor Elétrico Brasileiro

### 2.1. Matriz energética nacional

Atualmente é grande a preocupação com as alterações climáticas e com as incertezas quanto a duração das reservas mundiais de petróleo. Daí a necessidade urgente, para o equilíbrio da vida no planeta, de se explorar fontes renováveis de energia.

Estudos voltados para a eficiência energética, visando o desenvolvimento de produtos que consumam menos energia, cresceram muito nos últimos anos. Os resultados dessas pesquisas têm contribuído para estimular uma mudança nos hábitos de uso da população.

Segundo dados preliminares do Balanço Energético Nacional (BEN)[5], as fontes renováveis de energia responderam por 47,3% de toda a energia da matriz energética brasileira em 2009. Informações colhidas no site da Empresa de Pesquisa Energética (EPE)[6] indicam que este é o maior percentual desde 1992, quando o uso da lenha e do carvão vegetal ainda era mais intenso. Os principais fatores que contribuíram para este aumento foram a redução da geração termelétrica e a retração da atividade industrial em setores intensivos em energia (e.g.: siderurgia). A título de ilustração apresenta-se, na Figura 1, a estrutura da matriz energética brasileira.

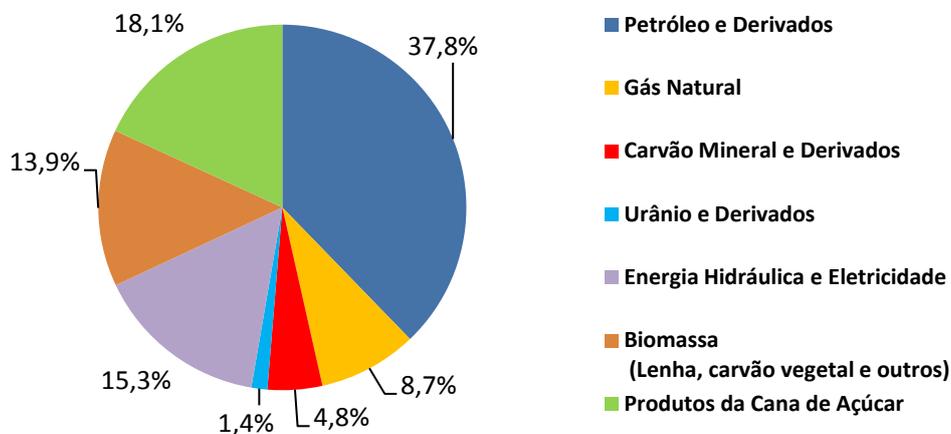


Figura 1- Matriz energética brasileira em 2009 [6].

A produção de energia elétrica no Brasil tem, a seu favor, uma geografia diferenciada com rios de planalto, que percorrem grandes extensões até desaguardarem no oceano. Ao longo deste percurso, alguns trechos vão sendo represados para a instalação de usinas, que armazenam grande quantidade de água [7]. Esta grande capacidade de represar a água dos rios, e utilizá-la em períodos de estiagem para gerar energia elétrica, diferencia muito o Brasil dos demais países que também apresentam grandes recursos hídricos, mas tem pouca capacidade de armazenagem da água.

A oferta interna de energia elétrica gerada a partir de fontes hidráulicas corresponde a 76,9% do total de todas as fontes disponíveis na matriz brasileira[5].

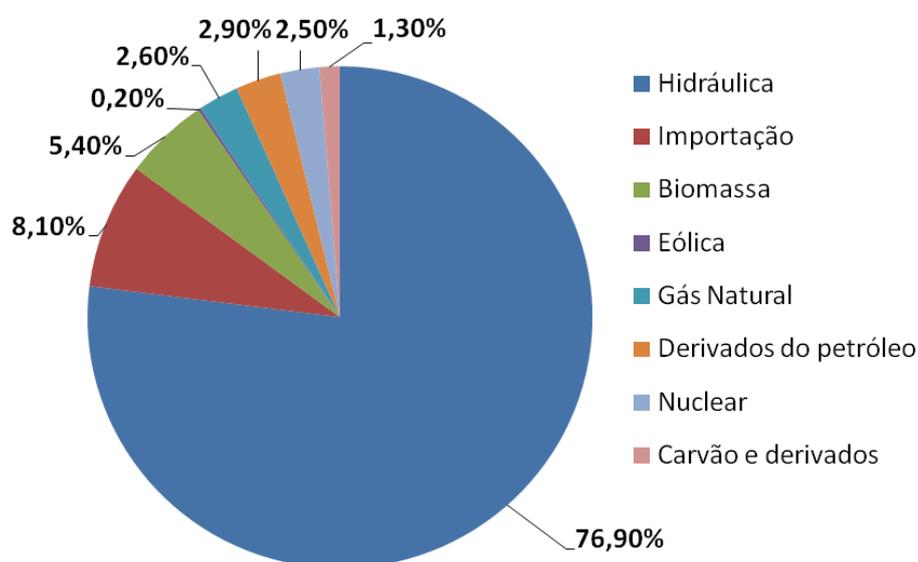


Figura 2 - Oferta interna de energia elétrica no Brasil por fonte em 2009[5].

De forma poética e enfática alguns estudiosos do assunto caracterizam esse diferencial da matriz energética brasileira: “somos o país dos rios e, já que a produção de energia nas usinas hidroelétricas só depende de água e gravidade, nada mais “exuberante” do que a nossa eletricidade” [7].

Dependente da sazonalidade climática, o sistema elétrico brasileiro, embora privilegiado por estruturar-se em fontes renováveis, é fortemente regido por incertezas. Para tal requer planejamento e gestão estratégica nas tomadas de decisão, quer no curto, médio e longo prazo.

## 2.2. Breve histórico do setor elétrico brasileiro

O setor elétrico, desde sua concepção até os dias atuais, já passou por diversas transformações, sendo a principal delas ocorrida na década de 90, com a criação do “Programa de reestruturação do setor elétrico brasileiro” (RESEB). Antes desse período, as tarifas de energia repassadas aos consumidores e às empresas não discriminavam as parcelas referentes à transmissão [8]. Havia para cada classe de consumidor, uma única tarifa em todo território nacional. O valor das tarifas funcionava como ferramenta para controle de inflação, com isso, as empresas de energia (então estatais) acabavam tendo baixas remunerações diante dos custos operacionais [9]. Os investimentos em geração de energia vinham diminuindo a cada ano e não acompanhavam o crescimento do país, como pode ser visto na Figura 3 abaixo. Por esse motivo, juntamente com a escassez de chuvas, o país teve de enfrentar um racionamento de energia ocorrido alguns anos mais tarde, entre 2001 e 2002.

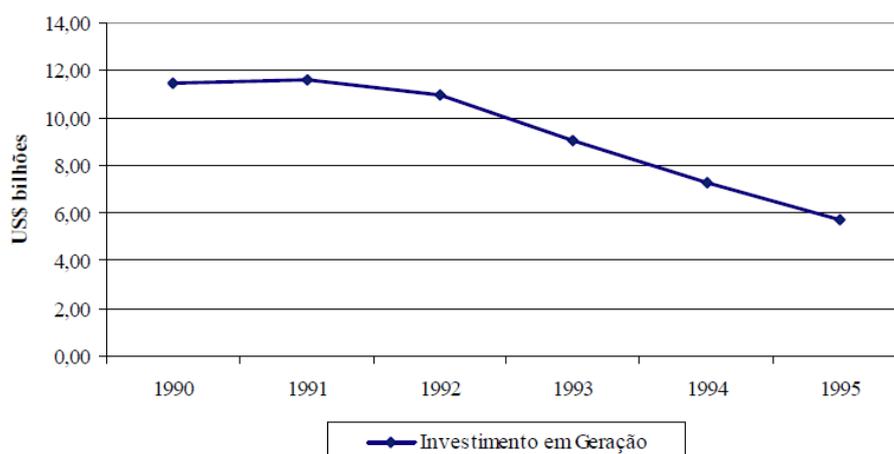


Figura 3 - Investimento em geração de energia elétrica no Brasil entre 1990 e 1995 [9].

Outra característica marcante desse período era o fato das empresas do setor (Chesf, Eletronorte, Furnas e Eletrosul) serem verticalizadas e sob o comando do Estado, ou seja, geravam e transmitiam a energia a seus consumidores. Elas respondiam por 60% da geração de energia elétrica do país, e vendiam parte do seu produto para as distribuidoras (que até então eram estatais). Algumas destas empresas, como Cemig, Light Cesp, Copel, complementavam a energia comprada com geração própria e repassavam para seus consumidores diretos ou para distribuidoras municipais de menor porte [10].

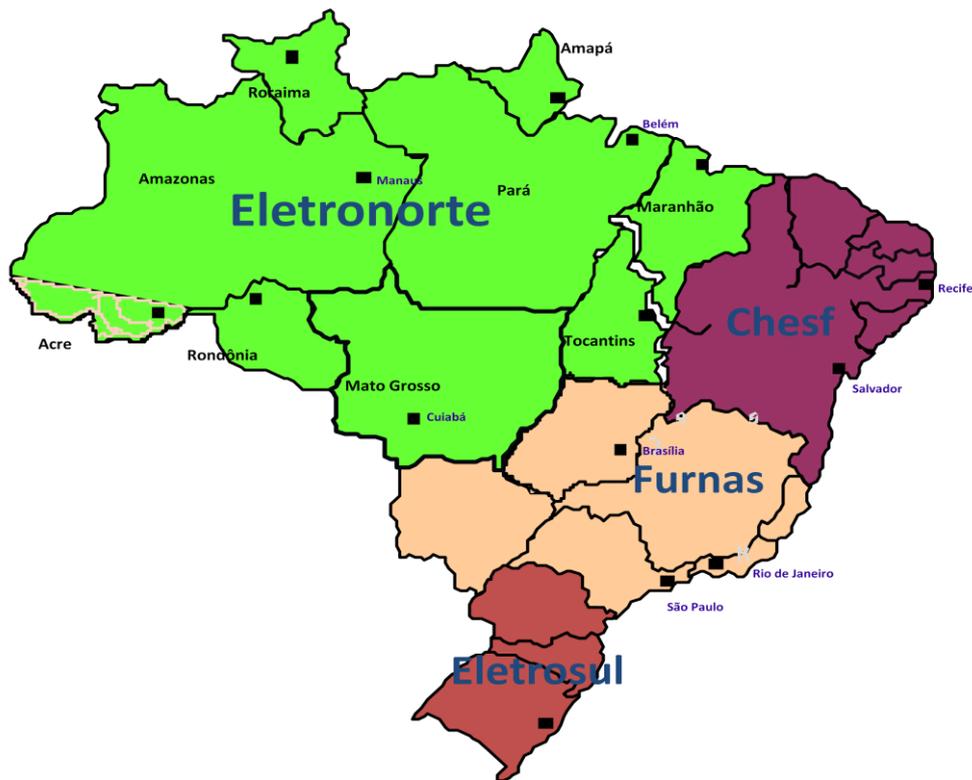


Figura 4 - Mapa da área de concessão antes da reestruturação do setor elétrico [11]

Na década de 90 muitas regras foram modificadas, as empresas se tornaram desverticalizadas e foram desmembradas em distribuidoras, transmissoras, geradoras e comercializadoras. A partir de então, iniciou-se o programa de privatização, onde num primeiro momento as distribuidoras começaram a ser privatizadas, e posteriormente as transmissoras e as geradoras [9].

O objetivo da reestruturação do modelo era expandir o parque gerador e modernizar as linhas de transmissão de energia elétrica a partir da privatização e da constituição de um modelo competitivo [12]. Essencialmente, buscava a introdução da competição naqueles segmentos não caracterizados como monopólio natural (geração e comercialização) e uma regulamentação mais forte e clara naqueles segmentos caracterizados como monopólios (transmissão e distribuição) [13]. A Escelsa, que atende a maior parte do estado do Espírito Santo, foi a primeira distribuidora a ser privatizada, em julho de 1995. [9]. Ressalta-se que as empresas citadas anteriormente (Chesf, Eletronorte, Furnas e Eletrosul) continuam sob o domínio do Estado, apesar das diversas privatizações ocorridas em outras empresas do setor elétrico.

Contudo, as primeiras empresas foram privatizadas sem que existisse qualquer normatização especial sobre regulação e política energética. Para corrigir este problema foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

## **2.3. Os principais agentes do setor elétrico**

### **2.3.1. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)**

A Agência Nacional de Energia Elétrica foi criada em 1996 com a finalidade de regular e fiscalizar o serviço prestado pelas distribuidoras e transmissoras que atuam num ambiente de contratação regulado e pelas geradoras e comerciais, que num momento inicial atuavam num ambiente de contratação livre. Após a segunda reestruturação do setor elétrico as geradoras passaram a participar também num ambiente de contratação regulado [9].

São atribuições da ANEEL [9]:

- Fazer a mediação de eventuais conflitos existentes entre os agentes do setor elétrico e entre estes e os consumidores;
- Definir as tarifas cobradas dos consumidores, de maneira justa em relação aos custos operacionais das empresas;
- Fiscalizar os investimentos na manutenção e expansão da rede elétrica realizada pelas empresas do setor elétrico.

### **2.3.2. Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)**

Criado em 1998 com a finalidade de coordenar e controlar a operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no sistema interligado nacional (SIN)<sup>1</sup> [9].

Cabe ao ONS garantir a continuidade do fornecimento de energia, de forma a se evitar possíveis interrupções, ou na ocorrência destas, fazer com que o tempo de restabelecimento da energia seja o mais rápido possível.

---

<sup>1</sup> A utilização dos recursos de geração e transmissão dos sistemas interligados permite reduzir os custos operativos, minimizar a produção térmica e reduzir o consumo de combustíveis, sempre que houver *superávits* hidrelétricos em outros pontos do sistema. Em períodos de condições hidrológicas desfavoráveis, as usinas térmicas contribuem para o atendimento ao mercado como um todo, e não apenas aos consumidores de sua empresa proprietária. Assim, a participação complementar das usinas térmicas no atendimento ao mercado consumidor também exige interconexão e integração entre os agentes [14].

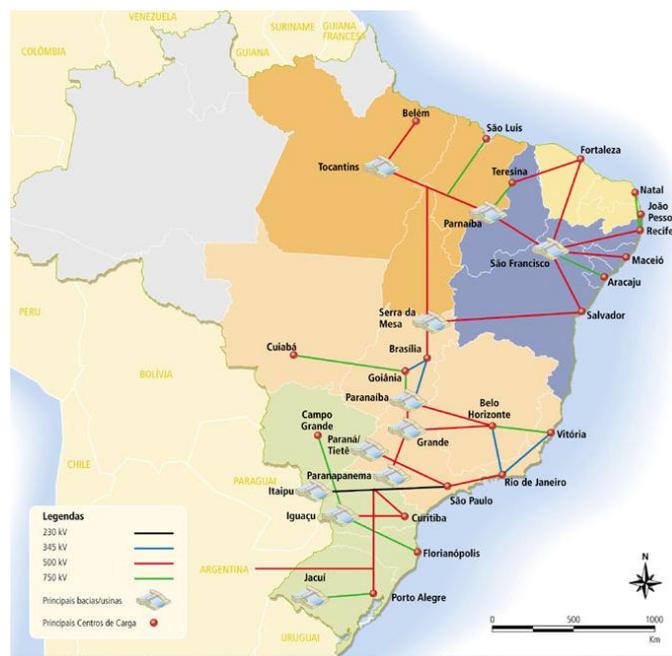


Figura 5 - Mapa resumido do sistema interligado nacional - SIN [14]

O sistema interligado nacional é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 3,4% da capacidade de produção de eletricidade do país encontram-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica [14].

Como as usinas hidrelétricas são construídas em espaços onde melhor se podem aproveitar as aflúncias e os desníveis dos rios, geralmente situados em locais distantes dos centros consumidores, foi necessário desenvolver um extenso sistema de transmissão no País. Essa distância geográfica, associada à grande extensão territorial e as variações climáticas e hidrológicas do País, tende a ocasionar excedente ou escassez de produção hidrelétrica em determinadas regiões e períodos do ano. A interligação viabiliza a troca de energia entre regiões, permitindo, assim, obterem-se os benefícios da diversidade de regime dos rios das diferentes bacias hidrográficas brasileiras [14].

### **2.3.3. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)**

A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica foi instituída no ano de 2004 para controlar e viabilizar as transações de energia elétrica das geradoras, distribuidoras e das comerciais, sucedendo ao mercado atacadista de energia elétrica (MAE), que havia sido criado em 1998 [15].

As principais atribuições da CCEE são [9]:

- Manter e registrar os contratos de fornecimento de energia elétrica entre as empresas do setor elétrico;
- Prover a medição e o registro da energia elétrica gerada, transmitida e consumida;
- Promover leilões de compra e venda de energia elétrica, conforme delegação da ANEEL;
- Apurar eventuais descumprimentos de limites de contratação de energia elétrica e, quando necessário, aplicar multas;
- Monitorar se as empresas do setor elétrico estão cumprindo as regras e procedimentos de comercialização elétrica.

### **2.3.4. Empresa de Pesquisa Energética (EPE)**

A EPE foi criada alguns anos após o racionamento ocorrido em 2001. A idéia era criar uma entidade capaz de realizar o planejamento estratégico de longo prazo da expansão do sistema elétrico. No ano de 2004 foi criada com a finalidade de prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como expansão do sistema elétrico, estudos de viabilidade até a preparação para o leilão que define o responsável pela construção da usina, estudos sobre petróleo, gás natural e seus derivados, eficiência energética entre outros. [9]

É responsável pela elaboração e divulgação de documentos adotados como referência no setor elétrico, são eles:

- Plano decenal de energia;
- Plano nacional de energia;
- Balanço energético nacional.

## 2.4. Funcionamento das distribuidoras de energia

Atualmente, existem 43 concessionárias de distribuição de energia elétrica, estatais e privadas, atuantes em todas as regiões do país, responsáveis pelo atendimento de 99% do mercado brasileiro de energia [16].

A resolução nº 414 da ANEEL, que vigora desde 15 de setembro de 2010, substitui a resolução 456 criada em 2000, e estabelece direitos e deveres dos consumidores e das distribuidoras de energia elétrica [9]. As distribuidoras têm por obrigação, fornecer energia de qualidade a seus clientes cativos com modicidade tarifária<sup>2</sup>.

Seus clientes são classificados em duas categorias de modalidade tarifária<sup>3</sup>:

- Clientes da classe AT (atendidos na alta tensão)
- Clientes da classe BT (atendidos na baixa tensão)

## 2.5. Classificação dos consumidores de energia elétrica

### 2.5.1. Grupo A

Nesta categoria, os consumidores são faturados pelo consumo, demanda e por baixo fator de potência em 3 tipos de tarifação: convencional, horo-sazonal azul e horo-sazonal verde. Este grupo é composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou, atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômica e subdividido nos seguintes subgrupos [17]:

- Subgrupo A1 - tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- Subgrupo A2 - tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- Subgrupo A3 - tensão de fornecimento de 69 kV;
- Subgrupo A3a - tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- Subgrupo A4 - tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- Subgrupo AS - tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

---

<sup>2</sup> É uma tarifa acessível para todos os cidadãos

<sup>3</sup> Conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa segundo a resolução supracitada

### **2.5.2. Grupo B**

Nesta categoria, os consumidores são faturados apenas pelo consumo. Em termos quantitativos, no cadastro das concessionárias distribuidoras de energia, a quase totalidade são clientes BT (cerca de 98%).

Compreende todas as unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômnia<sup>4</sup> e subdividido nos seguintes subgrupos [17]:

- Subgrupo B1 - residencial;
- Subgrupo B2 - rural;
- Subgrupo B3 - demais classes;
- Subgrupo B4 - iluminação pública.

### **2.6. Classes de consumo**

Para que sejam aplicadas as tarifas de energia elétrica, existem as classes de consumo. Sendo assim, os consumidores são classificados de acordo com sua atividade exercida. Nos casos onde houver mais de um tipo de atividade sendo exercida no mesmo estabelecimento, prevalecerá aquela que demandar maior potencial de potência instalada [18].

As principais classes de consumo são:

- I – Residencial
- II – Industrial
- III – Comercial, Serviços e Outras Atividades
- IV – Rural
- V – Poder Público
- VI – Iluminação Pública
- VII – Serviço Público
- VIII – Consumo Próprio

### **2.7. Faturamento dos clientes**

A energia elétrica ao ser produzida nas usinas, percorre um longo caminho até chegar aos grandes centros urbanos para ser consumida pelos diversos tipos

---

<sup>4</sup> Tipo de tarifa onde o consumidor é cobrado apenas pela energia que consome

de clientes existentes. A energia elétrica produzida pelos geradores, chega às subestações elevadoras onde a tensão é elevada para níveis bem mais altos através de transformadores, de forma a reduzir as perdas ao longo do percurso pelas linhas de transmissão. A energia na saída do transformador, com a tensão elevada, é transmitida para os centros de carga. Nos centros de carga localizam-se as subestações abaixadoras, que também através de transformadores reduzem a tensão, e distribuem a energia através de alimentadores ao longo das redes de distribuição primária e secundária<sup>5</sup> [18]. A figura 6 ilustra bem este percurso.

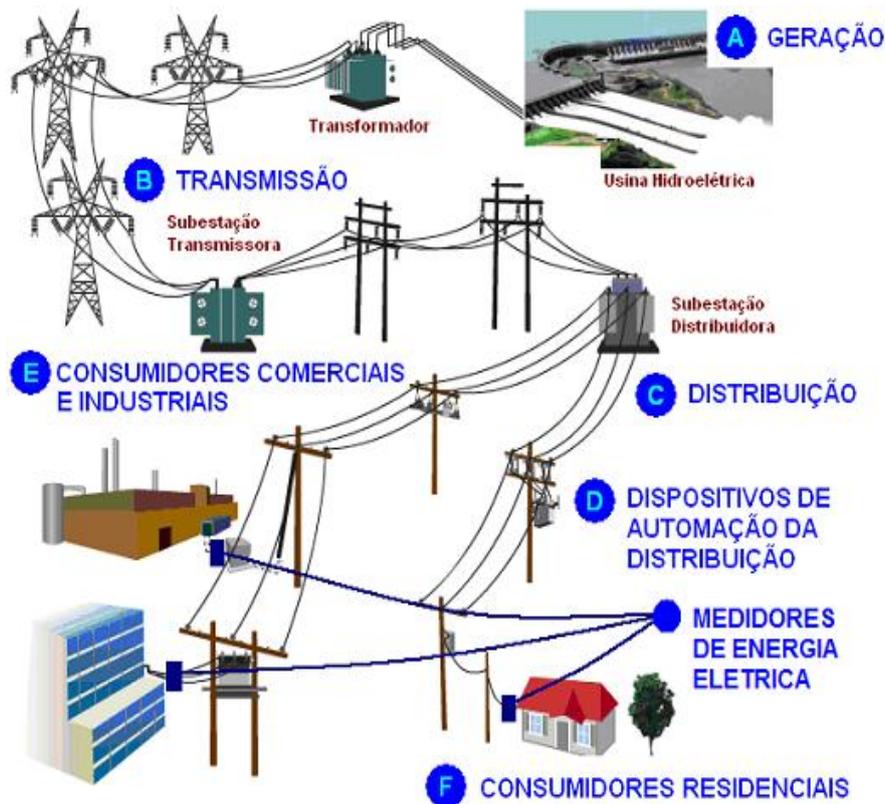


Figura 6 – Percurso da energia elétrica até o consumidor final [19].

A compreensão da forma como é cobrada a energia elétrica e como são calculados os valores apresentados nas contas de luz é fundamental para a tomada de decisão em relação a projetos de eficiência energética [20].

Os clientes BT são faturados mensalmente apenas pelo consumo (kWh), obtido através de medidores eletromecânicos (em sua maioria). Já os clientes AT possuem medição eletrônica com memória de massa (geralmente de quinze

<sup>5</sup> A rede primária liga a subestação abaixadora aos transformadores de distribuição, instalados nos postes, onde a tensão é reduzida para 200/127V, dando início à rede secundária que vai alimentar os diversos consumidores residenciais [18]

em quinze minutos) onde se mede o consumo (kWh) e a demanda (kW). Em outras palavras, para estes clientes, pode-se obter a curva típica de carga diária.

No presente trabalho foram estimados índices de fator de carga e fator de demanda, definidos formalmente no capítulo 4, onde um dos requisitos principais para se chegar a estes índices é o conhecimento destas curvas de carga tanto para os clientes atendidos em baixa tensão quanto para aqueles em alta tensão e da potência instalada nos estabelecimentos.

Vê-se, portanto que, para o consumidor pertencente ao grupo B, esta informação está indisponível com a medição convencional (eletromecânica).

Os dados utilizados nesta tese foram obtidos da concessionária de energia ELEKTRO, que foi constituída em janeiro de 1998, após a privatização da antiga CESP (Companhia Energética de São Paulo. A ELEKTRO atende 2,1 milhões de clientes de 223 cidades do Estado de São Paulo e cinco do Mato Grosso do Sul – uma área de mais de 120 mil quilômetros quadrados. A Empresa responde por 11,5% da energia elétrica distribuída no Estado de São Paulo [21].

## 2.8. Medidores

A ANEEL, na resolução 414, de 2010, obriga as concessionárias a instalarem o medidor de energia elétrica nas instalações de seus consumidores, a fim de registrar o consumo de energia e posteriormente realizar a cobrança por fatura [9]. Tais medidores podem ser eletrônicos ou eletromecânicos conforme ilustrado nas figuras 7 e 8 abaixo:



Figura 7 - Medidor Eletromecânico Monofásico [22]



Figura 8 - Medidor Eletrônico [23]

Em geral, as unidades consumidoras atendidas em baixa tensão têm sua medição feita por meio do medidor eletromecânico. Esta escolha do medidor se dá pelo fato destes clientes do grupo B serem faturados apenas pelo consumo de energia elétrica, medido em kWh, e também pelo custo reduzido do aparelho que atende bem a esta necessidade. No entanto, algumas concessionárias têm testado a medição eletrônica em alguns clientes do grupo B, principalmente em edifícios residenciais ou comerciais [9], de forma que a leitura do consumo possa ser feita remotamente, sem a necessidade de construção de um centro de medição no térreo.

Para as unidades consumidoras atendidas na alta tensão<sup>6</sup>, o medidor eletrônico é o único capaz de medir e armazenar diversas informações e agrupá-las em horários distintos. Estes clientes são faturados pelo consumo e pela demanda. Para registrar a demanda, a cada 15 minutos o medidor eletrônico armazena a média das demandas instantâneas ocorridas nesse intervalo. Ao longo de um dia são registrados 96 valores de demanda, e ao final de 1 mês, tem-se aproximadamente 2.880 diferentes picos de demanda registrados na memória de massa do aparelho. A concessionária irá escolher o maior valor entre estes 2.880 picos registrados no mês e o consumidor será faturado<sup>7</sup> com base nesse maior valor, mesmo que este tenha ocorrido apenas uma vez. Todas as medições de energia são registradas e armazenadas em três horários distintos: ponta, fora de ponta indutivo e fora de ponta capacitivo. A

<sup>6</sup> Segundo a Norma Regulamentadora NR-10 do Ministério do Trabalho e Emprego considera-se alta tensão aquela superior a 1.000 V

<sup>7</sup> O período de faturamento consiste em um intervalo de tempo aproximado de 30 dias, podendo variar de um intervalo mínimo de 27 dias e máximo de 33 dias [9]

concessionária tem acesso a estas medições por interfaces apropriadas, que permitem o monitoramento diário do consumo e da demanda.

Na tabela 1 são apresentadas as principais diferenças entre os sistemas de medição eletrônica e convencional (eletromecânico).

Tabela 1 - Diferenças entre o sistema de medição eletrônica e eletromecânica [24]

Sistemas com medição eletrônica	Sistemas com medidores eletromecânicos
Várias grandezas no mesmo instrumento	Um instrumento para cada grandeza
Leituras instantâneas diretas permitem o registro histórico de todas as grandezas elétricas	Valores precisam ser processados, e não podem ser usados em manutenção preventiva.
Demanda e Fator de Potência instantâneos	Demanda e Fator de Potência <sup>8</sup> projetados <sup>9</sup>
Leituras de tensão e corrente por fase	Não informa valores de tensões e correntes
Leituras de potências <sup>10</sup> por fase	Não informa valores de potência
Leituras de Distorções Harmônicas <sup>11</sup>	Não informa valores de distorções harmônicas
Leituras de consumos acumulados (ativo e reativo)	Valores de consumos devem ser acumulados pelo sistema de gerenciamento <sup>12</sup>
Consistência dos dados é total (inclusive dos acumuladores)	Consistência pode ser quebrada por falta de energia nos diversos componentes do sistema
Leituras detalhadas auxiliam a conferência da ligação do próprio medidor	Requer muita experiência para garantir a correta ligação dos medidores
Instalação simplificada (rede serial RS-485 com um par de fios apenas)	Cabos de cada ponto de medição devem ser levados até a CPU central
Menor número de componentes (apenas os medidores e o gerenciador)	Vários componentes adicionais (emissores de pulsos, placas de entradas, etc.)
Maior confiabilidade e precisão (até 0,2%)	Partes móveis diminuem a precisão (entre 1 e 2%)
Calibração única (na fabrica)	Necessidade de calibrações periódicas

<sup>8</sup> Disponível apenas se forem instalados medidores de energia reativa

<sup>9</sup> Não são divulgadas informações sobre os algoritmos de projeção destas grandezas no caso das medições setoriais

<sup>10</sup> Potências ativa, reativa e aparente (total)

<sup>11</sup> Apenas alguns modelos de medidores

<sup>12</sup> Valores podem ser inconsistentes em caso de falta de energia