

2. Setor Elétrico

2.1. Histórico

A instalação de um dínamo na Estação Central da Estrada de Ferro D. Pedro II, no Rio de Janeiro, em 1879, foi o marco da energia elétrica no Brasil. Ainda em 1879, o mundo conhece a lâmpada elétrica inventada pelo norte-americano Thomas Edison. Sob domínio do Império, D. Pedro II coloca em funcionamento o primeiro equipamento de iluminação elétrica permanente do país com seis lâmpadas, alimentadas por dois dínamos que iluminaram a Estação Central por sete anos. A primeira usina do Brasil é uma termoelétrica a vapor, com 52 Kilowatts (kW) de potência instalada no então distrito de Campos, no Rio de Janeiro, pioneiro na utilização de iluminação pública.

Em um pouco mais de um século o Brasil atingiu a capacidade instalada de 112.398,49 megawatts (MW). Esta potência é garantida por 2.336 usinas espalhadas pelo país que estão enquadradas em diferentes categorias (hidrelétricas, termelétricas, eólicas, nucleares, pequenas centrais hidrelétricas e centrais geradoras hidrelétricas).(BITTENCOURT, 1996). Durante esse tempo o Brasil passou por diversos problemas de abastecimento, como a crise da década de 50 e o racionamento de 2001.

Um novo capítulo da história do setor elétrico começa a ser escrito com a promulgação da Lei nº 8.631 (Lei Elizeu Resende), editada em 4 de março de 1993. O setor elétrico inicia uma nova fase, com a transferência de ativos do Estado para a iniciativa privada e predomínio do “estado regulador” sobre o “estado investidor”.

Apesar de o processo licitatório para novos empreendimentos de geração estar previsto na Constituição de 1988, somente após sete anos foram promulgadas as leis que permitiriam sua prática.

O início das privatizações das elétricas acontece antes do novo modelo institucional do setor, inaugurado com a Lei nº 9.427, de dezembro de 1996, que institui a ANEEL e estipula a forma de concorrência ou leilão para licitação da

exploração dos potenciais hidráulicos. A Agência nasce com a missão de “proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade”. Entre suas atribuições estão as de fixar tarifas e de fiscalizar a qualidade dos serviços e o cumprimento dos contratos de concessão.

As novas regras têm como premissa a desverticalização das empresas, com a separação das áreas de geração, distribuição, transmissão e comercialização. A regulação se dá apenas no transporte (transmissão e distribuição) da energia. O novo modelo introduz a geração competitiva, com o valor da energia definido pelo mercado, a transmissão independente e de livre acesso, a comercialização livre e a expansão do parque como responsabilidade dos agentes. A proposta prevê também a introdução de outras instituições no mercado, como o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e o Mercado Atacadista de Energia (MAE), que funciona até 2004, quando é substituído pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) com a reestruturação do setor.

O Novo Modelo do Setor Elétrico, utilizado nos dias de hoje, torna o mercado de energia competitivo, tornando a eletricidade uma mercadoria a ser vendida e comprada levando a grande competição no mercado, no qual o risco de perda tem de ser mínimo. Logo, a previsão de cargas exerce um papel importante para os sistemas de potência e afeta de forma significativa os preços das tarifas elétricas [HIPPERT, 2001; VEHVILÄINEN & KEPPO, 2003; SFETSOS, 2003].

2.2 Modelo Atual do Setor Elétrico

O Novo modelo do setor elétrico tem como objetivo tornar o mercado brasileiro de energia elétrica competitivo, assegurando para o consumidor uma energia com preço justo e de qualidade e sem o aumento dos gastos do governo, já que todos os novos projetos são responsabilidade das empresas privadas, sobrando assim, recursos para outros Programas do Governo.

Em termos de modicidade tarifária, o modelo prevê a compra de energia elétrica pelas distribuidoras no ambiente regulado por meio de leilões – observado o critério de menor tarifa, objetivando a redução do custo de aquisição da energia elétrica a ser repassada para a tarifa dos consumidores cativos.

A inserção social busca promover a universalização do acesso e do uso do serviço de energia elétrica, criando condições para que os benefícios da eletricidade sejam disponibilizados aos cidadãos que ainda não contam com esse serviço, e garantir subsídio para os consumidores de baixa renda, de tal forma que estes possam arcar com os custos de seu consumo de energia elétrica.

Em termos institucionais, o novo modelo definiu a criação de uma entidade responsável pelo planejamento do setor elétrico a longo prazo (a Empresa de Pesquisa Energética – EPE), uma instituição com a função de avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica (o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – CMSE) e uma instituição para dar continuidade às atividades do MAE (Mercado Atacadista de Energia), relativas à comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado (a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE).

Outras alterações importantes incluem a definição do exercício do Poder Concedente ao Ministério de Minas e Energia (MME) e a ampliação da autonomia do ONS. Em relação à comercialização de energia, foram instituídos dois ambientes para celebração de contratos de compra e venda de energia: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), do qual participam Agentes de Geração e de Distribuição de energia; e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), do qual participam Agentes de Geração, Comercializadores, Importadores e Exportadores de energia e Consumidores Livres.

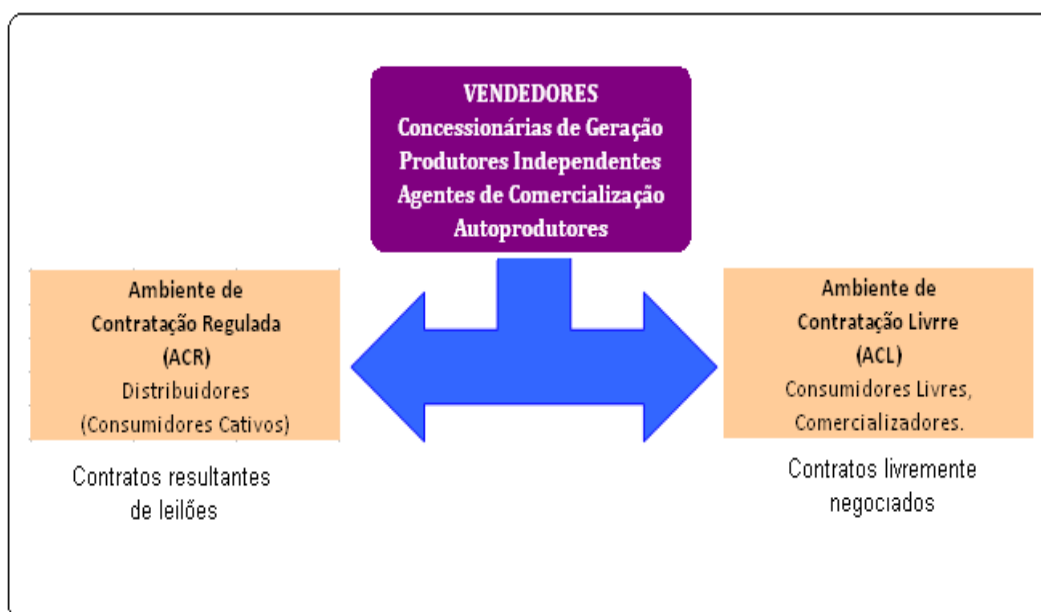


Figura 2.1: Novo modelo do setor elétrico / Fonte: www.ccee.org.br

2.2.1 Ambiente de Contratação Livre

Participam Agentes de geração, comercializadores, importadores e exportadores de energia elétrica e consumidores livres. Nesse ambiente há liberdade para se estabelecer volumes de compra e venda de energia e seus respectivos preços, sendo as transações pactuadas através de contratos bilaterais.

2.2.2 Ambiente de Contratação Regulada

Participam do Ambiente de Contratação Regulada - ACR - os Agentes Vendedores e Agentes de Distribuição de energia elétrica (Concessionárias de energia). Para garantir o atendimento aos seus mercados, os Agentes de Distribuição podem adquirir energia das seguintes formas, de acordo com o art. 13 do Decreto nº 5.163/2004:

- Leilões de compra de energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração existentes e de novos empreendimentos de geração.
- Geração distribuída, desde que a contratação seja precedida de chamada pública realizada pelo próprio Agente de Distribuição e com montante limitado a 10% do mercado do distribuidor.
- Usinas que produzem energia elétrica a partir de fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, contratadas na primeira etapa do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA.
- Itaipu Binacional.

A contratação no ACR é formalizada através de contratos bilaterais regulados, denominados Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR), celebrados entre Agentes Vendedores (comercializadores, geradores, produtores independentes ou autoprodutores) e Compradores (distribuidores) que participam dos leilões de compra e venda de energia elétrica.

A partir de janeiro de 2005, o Decreto nº 5.163/2004 alterou a metodologia de apuração dos limites de contratação, determinando que 100% do consumo dos Agentes de Distribuição e dos Consumidores Livres esteja coberto em termos de energia e potência por intermédio de geração própria e contratos de compra de energia.

Quando os limites de contratação não são cumpridos, os Agentes de Distribuição são notificados pela Superintendência da CCEE e estão sujeitos à aplicação de penalidade financeira. Tornando assim, a previsão do consumo do seu mercado de energia elétrica um assunto de grande relevância.

2.3 Distribuidora de Energia

O setor de distribuição de energia elétrica no Brasil é bastante fragmentado, operando com 64 distribuidoras em todo território nacional e destas, as 10 maiores representam 63% da energia vendida no País. Aproximadamente 7,3% de toda energia vendida no País está sob o controle do Governo Federal e, a maior distribuidora do País em quantidade de energia vendida, a CEMIG, é controlada pelo Governo do Estado de *Minas Gerais*.

Atualmente, as distribuidoras só podem oferecer seus serviços a seus clientes cativos dentro de sua área de concessão, sob condições e tarifas reguladas pela ANEEL. Dessa forma, se a distribuidora decidir por praticar algum desconto no valor da tarifa regulada, deve ser levado em consideração o princípio da isonomia. A distribuição é efetuada por 64 concessionárias, divididas da seguinte maneira:

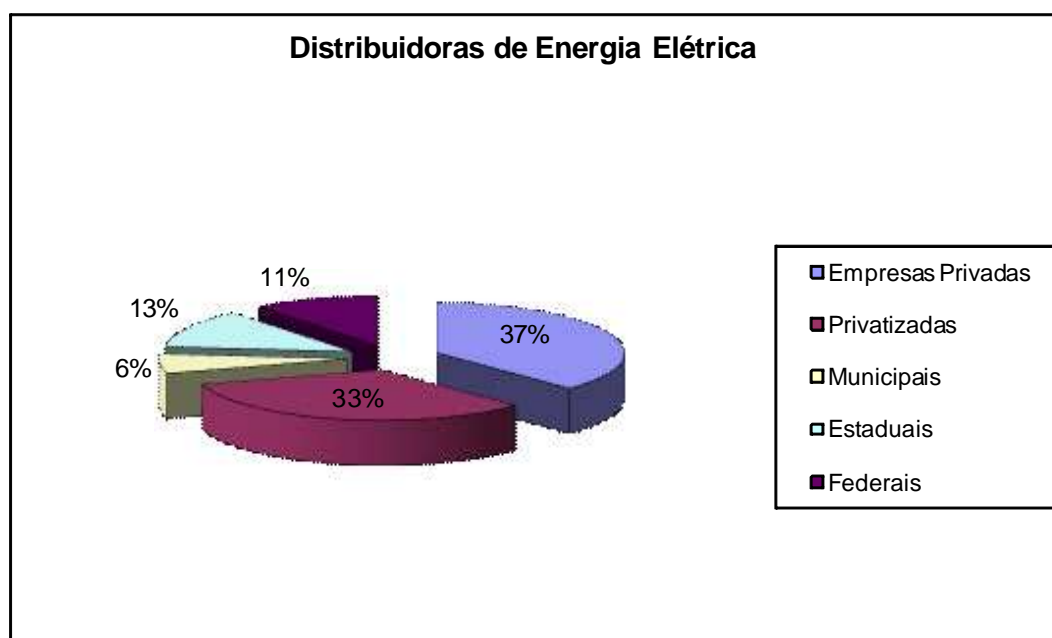


Figura 2.2: Divisão das distribuidoras de energia elétrica. Fonte: ww.light.com.br

Este trabalho foi feito com os dados da Distribuidora de Energia Light S.E.S.A, que distribui energia para 31 municípios do Estado do Rio de Janeiro, abrangendo 25% do território estadual, com a cobertura de uma área de 10.970 Km². Atualmente, a Companhia presta serviços a aproximadamente 3,9 milhões de clientes.

As vendas de energia da Light correspondem a 72% de toda a energia consumida no Estado do Rio de Janeiro. A área de concessão da Light está dividida em 3 regionais, representadas abaixo:

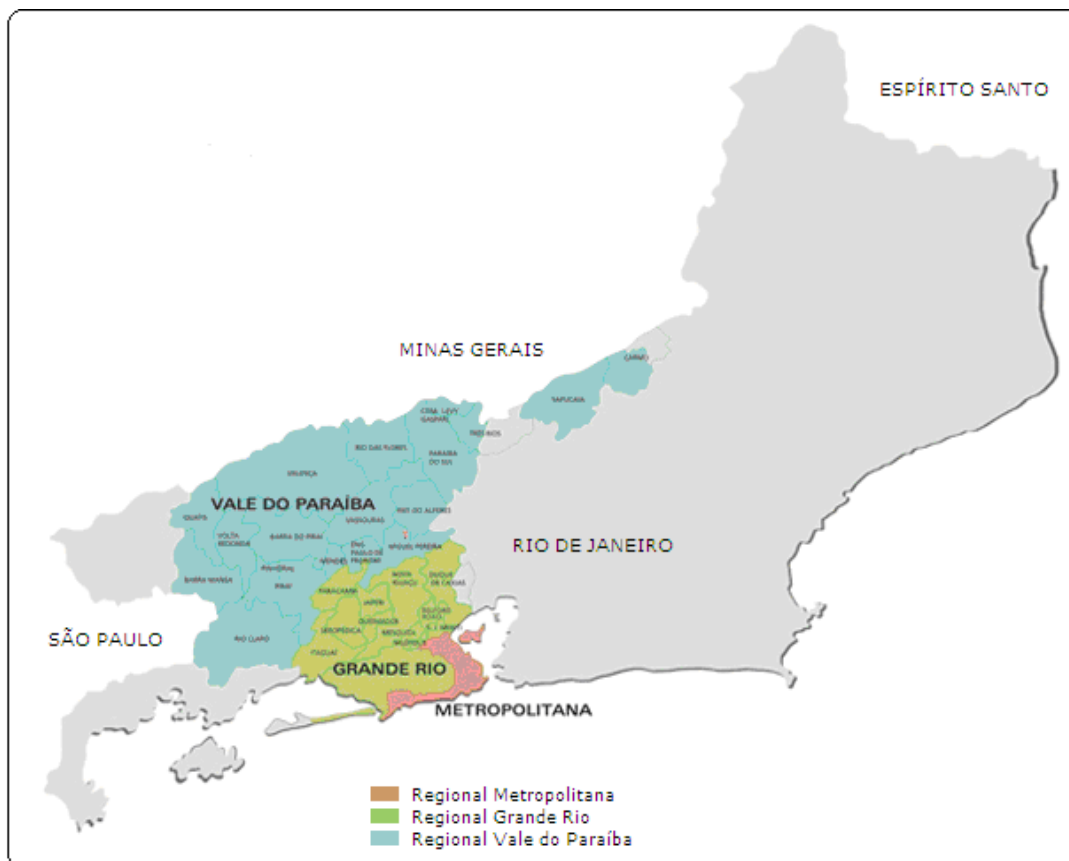


Figura 2.3: Área de Concessão da Light. / Fonte: www.light.com.br

2.3.1 Mercado Consumidor

A distribuidora classifica a unidade consumidora de acordo com a atividade nela exercida e a finalidade da utilização da energia elétrica, ressalvadas as exceções previstas Resolução 414 de 09/09/2010 da ANEEL, sendo assim, seu mercado é dividido nas seguintes classes:

- Residencial – caracteriza-se pelo fornecimento à unidade consumidora com fim residencial, ressalvado os casos previstos no inciso III do §4º do artigo 5º da Resolução 414 de 09/09/2010 da ANEEL;

- Comercial – caracteriza-se pelo fornecimento à unidade consumidora em que seja exercida atividade comercial ou de prestação de serviços, à exceção dos serviços públicos ou de outra atividade não prevista nas demais classes;
- Industrial – caracteriza-se pelo fornecimento à unidade consumidora em que seja desenvolvida atividade industrial, conforme definido na Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, assim como o transporte de matéria-prima, insumo ou produto resultante do seu processamento, caracterizado como atividade de suporte e sem fim econômico próprio, desde que realizado de forma integrada fisicamente à unidade consumidora industrial;
- Iluminação Pública – de responsabilidade de pessoa jurídica de direito público ou por esta delegada mediante concessão ou autorização, caracteriza-se pelo fornecimento para iluminação de ruas, praças, avenidas, túneis, passagens subterrâneas, jardins, vias, estradas, passarelas, abrigos de usuários de transportes coletivos, logradouros de uso comum e livre acesso, inclusive a iluminação de monumentos, fachadas, fontes luminosas e obras de arte de valor histórico, cultural ou ambiental, localizadas em áreas públicas e definidas por meio de legislação específica, exceto o fornecimento de energia elétrica que tenha por objetivo qualquer forma de propaganda ou publicidade, ou para realização de atividades que visem a interesses econômicos;
- Poder Público – independente da atividade a ser desenvolvida, caracteriza-se pelo fornecimento à unidade consumidora solicitado por pessoa jurídica de direito público que assuma as responsabilidades inerentes à condição de consumidor, incluindo a iluminação em rodovias e semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito, exceto aqueles classificáveis como serviço público de irrigação rural, escola agrotécnica, iluminação pública e serviço público;
- Serviço Público – caracteriza-se pelo fornecimento exclusivo para motores, máquinas e cargas essenciais à operação de serviços públicos de água, esgoto, saneamento e tração elétrica urbana ou ferroviária, explorados diretamente pelo Poder Público ou mediante concessão ou autorização;
- Consumo Próprio – caracteriza-se pelo fornecimento destinado ao consumo de energia elétrica das instalações da distribuidora;

- Rural – caracteriza-se pelo fornecimento à unidade consumidora que desenvolva atividade relativa à agropecuária, incluindo o beneficiamento ou a conservação dos produtos agrícolas oriundos da mesma propriedade, sujeita à comprovação perante a distribuidora.

Através do gráfico abaixo, se pode observar que o mercado consumidor da Light S.E.S.A. é caracterizado pelo consumo das classes residenciais e comerciais:

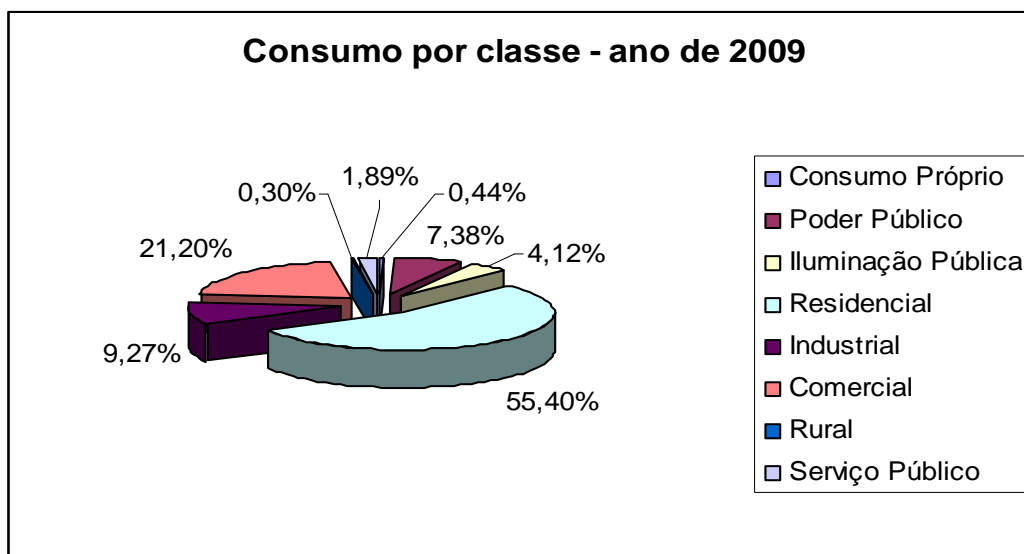


Figura 2.4: Divisão do mercado consumidor da Light / Fonte: Light S.E.S.A.

A energia elétrica chega ao consumidor através do sistema de distribuição da Concessionária, porém esse sistema apresenta perdas, que estão diretamente ligadas à curva de carga dos consumidores. Essas perdas podem ser encontradas subtraindo a energia despachada pela subestação, saída do alimentador, da energia mensal medida dos consumidores atendidos pelo alimentador em questão.

2.3.2 Perdas Técnicas

As perdas técnicas em sistemas de distribuição estão diretamente relacionadas às curvas de carga dos consumidores, pois são causadas, em carga, devido à passagem da corrente elétrica nos diversos elementos que compõem uma rede de distribuição e, em vazio, devido à excitação magnética do núcleo dos transformadores.

2.3.3 Perdas Comerciais

Essas perdas correspondem a uma parcela da energia consumida, mas não é faturada e podem ocorrer devido a erros de medição, fraudes nos medidores, ligações clandestinas, entre outros.

As perdas comerciais refletem diretamente no aumento da tarifa, como forma de compensar o montante desviado pelos infratores. As ocorrências de furto e fraude, e conseqüente perda comercial, têm dificultado os esforços das empresas em regularizar o fornecimento e a cobrança adequada do serviço de energia elétrica aos consumidores finais.

2.3.4 Cálculo da Tarifa da Concessionária

É obrigação da Concessionária é levar a energia elétrica aos consumidores de sua área de concessão. Para cumprir esse compromisso, a empresa tem custos que devem ser cobertos pela tarifa de energia. De um modo geral, a conta de luz inclui a compra de energia (remuneração do gerador), a transmissão (custos da empresa transmissora) e a distribuição (serviço prestado pela distribuidora), mais os encargos e tributos determinados por lei e destinados ao poder público.

2.3.5 Consumo de Energia

De acordo com a Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica nº 29, de fevereiro de 2010, publicado pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética), o consumo nacional de energia elétrica na rede totalizou 33.718 gigawatts-hora (GWh) em janeiro de 2010, indicando acréscimo de 9,1% ante igual período de 2009. Influenciado pelas altas temperaturas, o consumo das classes residencial e comercial registrou taxas elevadas de crescimento: respectivamente 7,5% e 8,7%. Esse crescimento pode ser visto na figura 2.5.

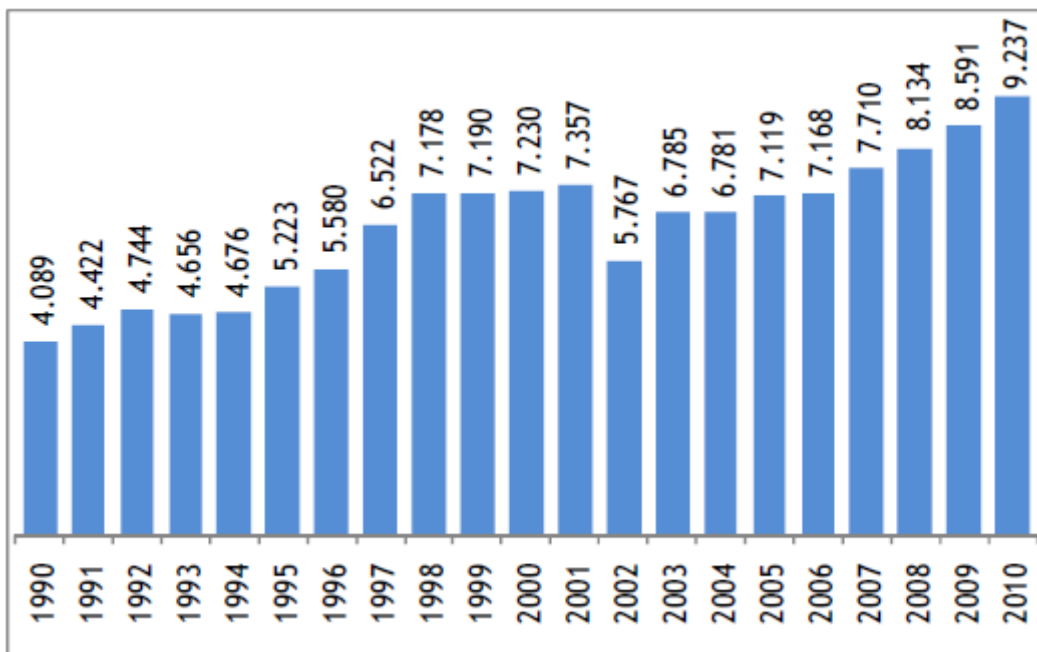


Figura 2.5: Consumo residencial em janeiro (GWh)

Na figura 2.5 pode ser visto o reflexo no ano de 2002 do racionamento de 2001.

O consumo industrial nacional somou 13.772 GWh em janeiro de 2010, registrando aumento de 13,2% sobre o mesmo mês de 2009. Contudo, este expressivo crescimento é reflexo maior da base de comparação extremamente deprimida, pois o consumo registrado em janeiro de 2009 foi o mais baixo do período que se seguiu a crise econômica mundial. Com isso pode-se observar a forte ligação do consumo de energia elétrica da classe industrial com os fatores econômicos-financeiros. Esses dados podem ser melhor observados através da figura 2.6.

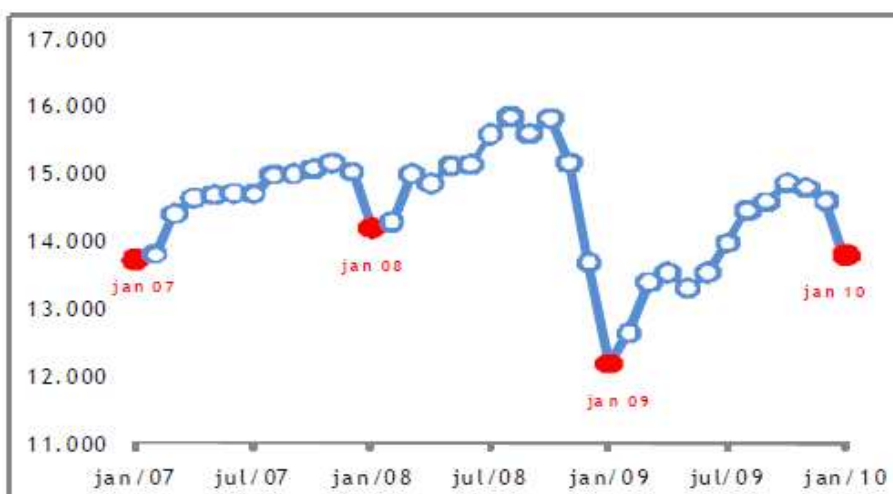


Figura 2.6: Consumo industrial (GWh)

2.3.6 Variáveis Exógenas que podem influenciar o consumo de energia elétrica

Como visto no item anterior, se pode observar que as variáveis climáticas e socioeconômicas estão ligadas diretamente com o consumo mensal de energia.

2.3.6.1 Variáveis Climáticas

Fatores climáticos: são os fatores que ocorrem a curto prazo. Tem-se como exemplos: temperatura, velocidade do vento, neblina, umidade relativa do ar, temporal com relâmpago e trovão, chuva, neve, etc. Basicamente, tem-se que a temperatura é, em parte afetada, pela nebulosidade, chuva, neve, etc. Logo, dentre todos os fatores mencionados a temperatura influencia diretamente no consumo de energia elétrica delimitando o uso de condicionador de ar, aquecedor, refrigerador, etc. [SWARUP & SATISH, 2002; HIPPERT, 2001, MURTO, 1998];

A previsão climática é uma estimativa do comportamento médio da atmosfera com alguns meses de antecedência. Por exemplo, pode-se prever se o próximo verão será mais quente ou mais frio que o normal, ou ainda, mais ou menos chuvoso. Todavia, tal estimativa não pode dizer exatamente quantos graus a temperatura estará mais ou menos elevada. Para efeitos didáticos existe uma distinção entre tempo e clima por parte dos meteorologistas. O principal diferencial entre previsão do tempo e previsão clima é a escala temporal. O clima está associado em geral a previsões de longo prazo, como saber a média de temperaturas do próximo verão. Já a previsão do tempo diz respeito à estimativa para pouco tempo, como horas, dias e semanas.

No estudo do contexto, verificou-se que a componente de pico de carga afetada por mudanças no tempo é definida como carga sensível ao tempo. Uma grande parte da carga sensível ao tempo depende do grau de conforto ou desconforto relativo. Geralmente é aceito que o conforto (ou desconforto) depende, não somente, da temperatura, mas também da umidade relativa, da velocidade do ar, e da prolongada exposição a excessivas temperaturas.

Os fatores climáticos geram variações significativas nos padrões de carga, já que muitas concessionárias têm grandes componentes de carga sensíveis ao tempo, tais como aquelas devido ao aquecimento interno, ar

condicionado e irrigação agrícola. O fator climático mais significativo em termos de seus efeitos sobre a carga é a temperatura. Uma grande variação na temperatura pode gerar mudanças significativas no nível de carga. De forma análoga à temperatura, a umidade também é um fator que pode afetar a carga do sistema, particularmente em áreas quentes e úmidas. Além disso, outros fatores que influenciam o nível de carga são a velocidade do vento e a precipitação. Para esse trabalho será utilizado a variável sensação térmica que é definida pela temperatura + umidade + vento. Não se pode deixar de mencionar as alterações climáticas provocadas pelos fenômenos El Niño e La Niña.

2.3.6.1.1 El Niño

O fenômeno El Niño é uma mudança no sistema oceano-atmosfera do Pacífico-Leste provocada pelo aumento anormal da temperatura da superfície da água do mar nessa região, seguindo mais ou menos a linha do Equador (área central do oceano Pacífico).

A anomalia da temperatura dessa parte do oceano provoca mudanças climáticas regionais e globais. Na própria faixa tropical há um deslocamento do ar deixando as áreas menos chuvosas com índices de chuva mais elevado (Indonésia e Austrália) e as áreas mais chuvosas com índices de chuva menos elevados (oeste da América do Sul). Como na atmosfera não há barreiras, tais mudanças na faixa tropical passam a afetar todo o globo terrestre.

Os impactos provocados pelo El Niño na região sudeste são, na maior parte da região, a elevação da temperatura e a secura do ar, e em algumas áreas, o aumento das chuvas. Tornando os invernos mais amenos.

2.3.6.1.2 La Niña

Quando há anos de El Niño, quase sempre há logo após há anos de La Niña. O fenômeno La Niña caracteriza-se por um resfriamento da água na faixa equatorial do Oceano Pacífico, em particular no centro-oeste da bacia. Mas a magnitude de tal resfriamento é bem menor que a magnitude do aquecimento da água no El Niño, não afetando tanto no clima global.

2.3.6.1.3 Índice Oscilação Sul (SOI)

O **Índice Oscilação Sul (SOI)** se caracteriza-se por uma "gangorra barométrica" de grande escala observada sobre a Bacia do Pacífico Tropical. O registro do Índice da Oscilação Sul data desde os anos 1800, mas só foi documentada por Walker e Bliss (1932, 1937). Estes autores definiram a Oscilação Sul como uma flutuação inversa verificada no campo da pressão ao nível médio do mar nas estações de Darwin (12.4S - 130.9E) localizada no norte da Austrália e Tahiti (17.5S - 149.6W) situada no Oceano Pacífico Sul. Trenberth (1984) obteve um coeficiente de correlação de -0.79 entre o campo de pressão nessas duas estações. A diferença entre as pressões normalizadas nas estações de Tahiti e Darwin é definida como o Índice de Oscilação Sul (SOI). A SOI apresenta valores negativos em anos de El Niño e positivos em anos de La Niña. Portanto, valores positivos significam resfriamento do Pacífico e negativos, o aquecimento.

A figura 2.7, que mostra o gráfico da evolução do Índice de Oscilação do Sul entre 2000 e 2005, ajuda a explicar porque os invernos de 1999 e 2000 foram mais rigorosos e os registrados entre 2001 e 2005 de menos frio. Após uma fase fria do Pacífico com o episódio de La Niña de 1999/2000, o Pacífico voltou a se aquecer e o padrão se manteve relativamente estável até o resfriamento iniciado no final de 2005.

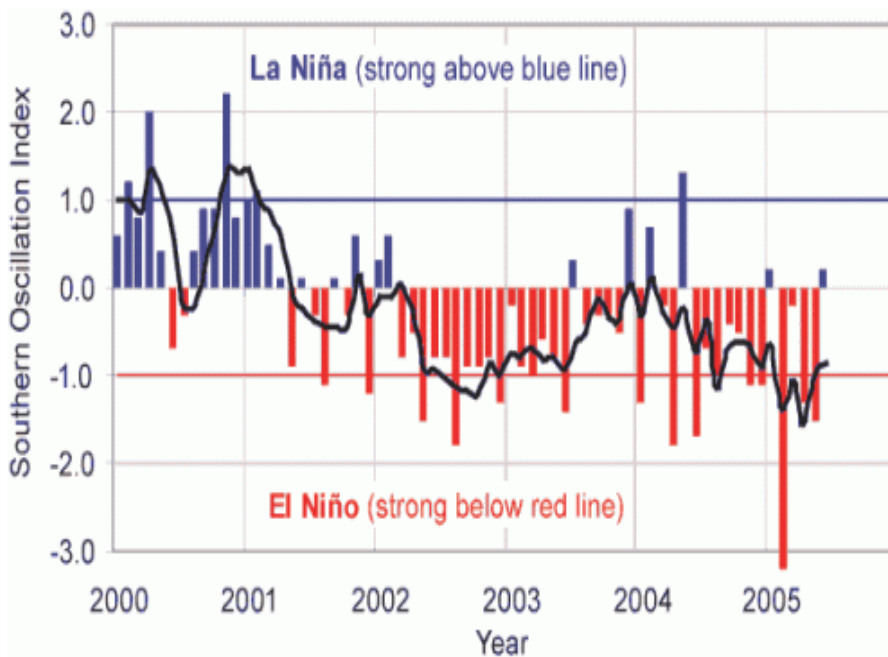


Figura 2.7: Gráfico de Evolução do IOS (índice de oscilação Sul)

Já nos anos de 2007-2008 foi identificado pelo CPTEC/INPE (2010) um evento La Niña de forte intensidade, porém no período de 2009-2010 observou-se um evento de El Niño de forte intensidade. Fato que pode ser verificado através da figura 2.8.

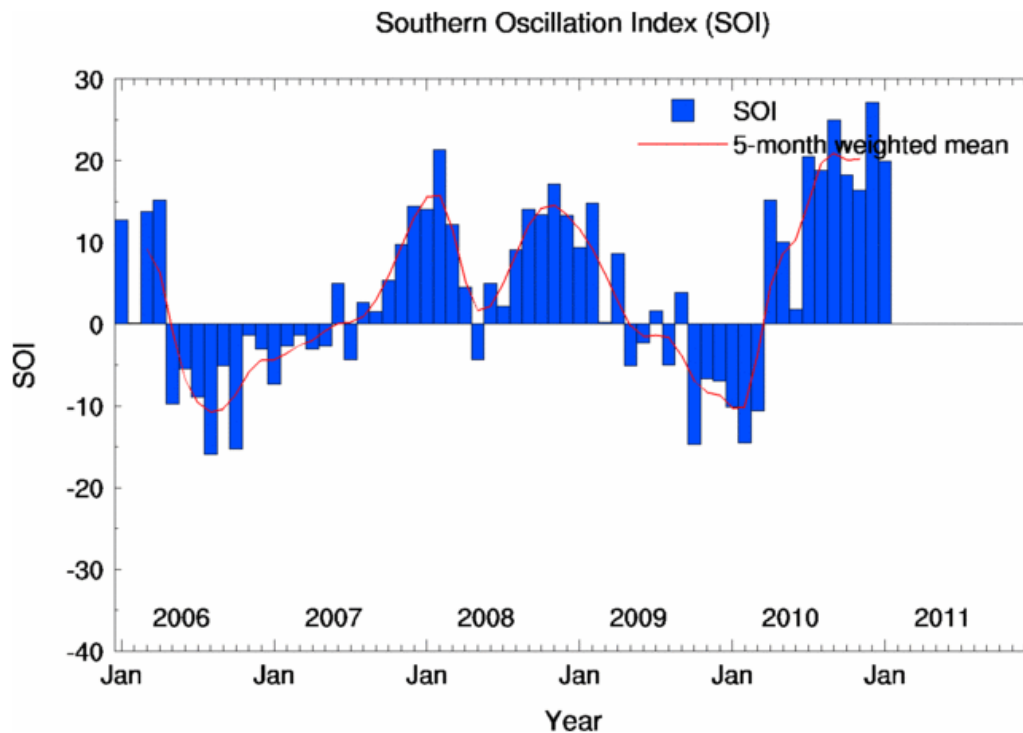


Figura 2.8: Evolução do IOS após 2005

Fonte: <http://www.bom.gov.au/climate/current/soi2.shtml>

2.3.6.2 Variáveis Econômicas

Os fatores econômicos exercem um efeito claro sobre a demanda de eletricidade. Fatores como serviço de área demográfica, níveis de atividade industrial, mudanças no setor agrícola, a natureza e o nível de saturação do aumento da população, desenvolvimentos na regulação de tendências econômicas desempenham papéis significativos sobre a variação na tendência da carga. Além disso, programas de governo, como o plano real e o plano cruzado no caso do Brasil, também influenciam o nível de carga, pois com eles a economia brasileira vem apresentando crescimento sustentado, com reflexos na expansão do emprego e da renda. Com relação ao período mais recente, o cenário geral de inflação controlada e a expansão da oferta de crédito, que tem

propiciado condições de financiamento aceitáveis para a maioria da população, contribuem para o aumento do consumo residencial de energia elétrica.

Como esses fatores econômicos operam em geral a longo prazo, é importante considerá-los na atualização de modelos de previsão de um ano para o próximo, por exemplo. Devido às maiores escalas de tempo associadas a eles, os fatores econômicos não são representados explicitamente nos modelos de previsão de carga a curto prazo. Como exemplos de informações econômicas que podem vir a ser relevantes, têm-se o PIB, os índices financeiros e os índices industriais.

2.3.6.3 Variáveis Temporais

Os fatores temporais podem ser separados em três principais tipos: efeitos sazonais, ciclos semanais ou diários e feriados civis e religiosos. Esses fatores desempenham um importante papel que influencia os padrões de carga. Os efeitos sazonais determinam o pico de carga de verão ou de inverno. Algumas mudanças no padrão de carga ocorrem gradualmente como resposta a variações sazonais, tais como o número de horas de luz do dia e as mudanças na temperatura. Por outro lado, há eventos sazonais alteram de forma abrupta os padrões de carga, como por exemplo, mudanças na taxa de consumo (hora do dia ou demanda sazonal), início do ano escolar, época de Carnaval e reduções significativas das atividades durante a época das férias.

A periodicidade diária e semanal da carga é consequência de um padrão de descanso/trabalho do serviço em uma área populacional, os padrões de carga são bem definidos nas semanas típicas.

Os dias de feriado acarretam uma diminuição significativa nos níveis de carga. Além disso, também é importante destacar que nos dias que antecedem ou sucedem os dias de feriado, os níveis dos padrões de carga também são afetados. Outro fator relevante a se considerar é o perfil de carga varia de feriado para feriado (MURTO, 1998).

Dessa forma, foram investigados nos modelos de previsão de faturamento e carga todas as variáveis que de alguma forma poderiam agregar informações relevantes para previsão com uma melhor exatidão.