

AJUSTE DAS SÉRIES DE CARGA DE ENERGIA ELÉTRICA INFLUENCIADAS PELOS OFENSORES CALENDÁRIO E TEMPERATURA

Rodrigo Flora Calili

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Programa de Pós-graduação em Metrologia
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea, Rio de Janeiro, RJ
rcalili@esp.puc-rio.br

Thiago Gomes de Araujo

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Departamento de Engenharia Elétrica
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea, Rio de Janeiro, RJ
thiago_gda@hotmail.com

Pedro Guilherme Costa Ferreira

Center for Statistical Methods and Computational (NMEC) - FGV/IBRE
Rua Barão de Itambi, 66, Botafogo, Rio de Janeiro,
pedro.guilherme@fgv.br

RESUMO

A aquisição de energia elétrica pelas distribuidoras de energia é feita através de leilões regulados. Para tanto, é necessário que estas empresas tenham uma boa previsão de suas cargas. O objetivo do presente trabalho é a geração de uma série mensal de carga elétrica livre das variações de ofensores não econômicos, no caso, calendário e de temperatura. Foram comparadas duas abordagens, uma totalmente empírica e outra híbrida com métodos empíricos e modelagens de regressão dinâmica, para identificar a mais adequada para a retirada desses ofensores. Os dados utilizados são provenientes de observações diárias de cada um dos quatro subsistemas que integram o Sistema Interligado Nacional (SIN), porém a ideia é produzir séries mensais do SIN e não apenas de cada um dos subsistemas. A série trimestral do PIB foi utilizada para decidir qual abordagem melhor ajustou os dados de Carga. Verificou-se que a diferença dos ajustes é mínima nas duas abordagens adotadas e ambas as séries tiveram um ótimo poder de explicação.

PALAVRAS CHAVE. Carga elétrica, Séries temporais, Regressão dinâmica.

ABSTRACT

For electricity distribution utilities, purchasing power is taken through regulated auctions. Therefore, it is necessary these companies have a good prediction of their electric load. This work proposes a method to generate monthly load series free of variations coming from two sources: calendar and temperature. Two approaches were considered, one totally empirical and another one called hybrid, as it use empirical procedure to remove the calendar effect and a dynamic regression type of model to remove the temperature effects. The data set used comes for daily observations from each one of the four subsystems that form the SIN (Brazilian Integrated Grid). However the final task is to obtain a unique monthly series for the SIN and not only the four subsystems monthly series. The quarterly PIB series was used to check the performance of the two proposed methods. It was noted that the adjustment difference is minimal in the two approaches studied and both series had a great explanatory power.

KEYWORDS. Electric load, Time series analysis, Dynamic regression.

1. Introdução

Em todos os segmentos da sociedade moderna, a energia elétrica é um insumo de grande importância, pois ela viabiliza, dentre outras, atividades industriais de grande porte (complexos siderúrgicos, por exemplo) e hábitos cotidianos mais simples (iluminação residencial, por exemplo).

A separação dos três segmentos que compõem a cadeia de produção: geração, transmissão e distribuição, chamado de processo de desverticalização das empresas, é uma característica importante da reforma da indústria de eletricidade. A prevenção do comportamento predatório e o aumento de competidores no segmento da geração, dado o livre acesso à rede, era o objetivo da desverticalização (Leite & Santana, 2006).

Porém, a reforma proposta apresentou falhas significativas, tanto de planejamento como de execução levando ao racionamento em 2001. É importante observar que no período pós-racionamento, as empresas concessionárias passaram a enfrentar séria crise de liquidez e prejuízos operacionais (Pires et al., 2002). Com isso, foi iniciado no Brasil, a partir de 2003, um processo de ajuste e reestruturação do setor elétrico, resultante de uma nova estrutura de poder, decidido no processo eleitoral.

No âmbito do Ministério das Minas e Energia (MME), foi iniciada uma série de estudos para formular e implementar um novo modelo para o setor elétrico brasileiro, cujas bases institucionais e legais foram aprovadas pelo Congresso Nacional através das Leis 10.438 e 10.848 de 2004. Este novo modelo tem dois objetivos: a garantia de suprimento de eletricidade com modicidade tarifária.

Com relação à segurança do suprimento, o novo e atual modelo brasileiro incorporou:

- a) A inversão do foco dos contratos de energia elétrica do curto para o longo prazo, com o objetivo de reduzir a volatilidade do preço e criar um mercado de contratos de longo prazo que possa ser utilizado como garantia firme para os financiamentos;
- b) A obrigatoriedade de cobertura contratual, pelas distribuidoras e consumidores livres, de 100% de seu consumo de energia elétrica;
- c) Criação do Comitê de Monitoramento de Setor Elétrico (CMSE) com a função de acompanhar para os horizontes temporais de curto, médio e longo prazo o equilíbrio entre oferta e demanda;
- d) A exigência prévia de licenças ambientais para se permitir a participação de um novo empreendimento no processo de licitação;
- e) A retomada do planejamento setorial integrado e centralizado pelo Estado, na figura da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), criada pelo novo decreto.

O mercado brasileiro de energia elétrica foi dividido pelo modelo em dois ambientes de comercialização, com lógicas e estruturas nitidamente distintas. O primeiro, denominado Ambiente de Contratação Regulado (ACR), atende as demandas dos consumidores cativos, onde prevalecem os consumidores residenciais, de serviço e indústria com níveis de consumo menores. O segundo, voltado exclusivamente para empresas com maior volume de consumo e necessidades estratégicas de maior volume de energia em curto prazo, chamados de consumidores livres, é denominado de Ambiente de Contratação Livre (ACL) e busca assegurar a concorrência e a liberdade efetiva dos seus participantes.

Uma importante característica do modelo é que a integração vertical das empresas não é mais permitida. As distribuidoras não podem ser proprietárias de ativos de geração, nem comercializar diretamente com consumidores livres. Isto é, elas podem atuar apenas no ACR, comprando por meio de leilões e vendendo para consumidores cativos. Essa característica do modelo é uma vantagem, porque reduz os prováveis e indesejáveis subsídios cruzados, em que as tarifas dos consumidores cativos poderiam subsidiar menores preços para os consumidores livres, como relata Castro & Leite (2008).

Assim, de acordo com o estabelecido pelo artigo 11 do Decreto nº 5.163/2004 e artigo 2º da Lei nº 10.848/2004, é por meio de licitação na modalidade de leilões que as concessionárias, as permissionárias e as autorizadas de serviço público de Distribuição de energia elétrica do

Sistema Interligado Nacional (SIN) devem garantir o atendimento a todo o seu mercado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR).

Os vencedores de um leilão serão aqueles que ofertarem energia elétrica pelo menor preço por Mega-Watt hora (MWh) para atendimento da demanda prevista pelas Distribuidoras, isto é, o critério de menor tarifa (inciso VII, do art. 20, do Decreto nº 5.163/2004) será utilizado para definir os vencedores do leilão. Dessa forma, os contratos de Comercialização de Energia Elétrica em Ambiente Regulado (CCEAR) serão celebrados entre os vencedores e as Distribuidoras que declararam necessidade de compra para o início de suprimento da energia contratada no leilão (Reis, 2003).

Entretanto, para que as empresas Distribuidoras façam boas previsões de Carga de Energia Elétrica a ser ofertada, de forma que o abastecimento do país seja garantido, é necessário que as séries de Carga estejam bem tratadas e livres de ofensores não econômicos, tais como Calendário e Temperatura. Assim, dada à importância da geração de séries de Carga livre dos ofensores não econômicos, o principal objetivo deste trabalho é produzir séries mensais e trimestrais de Carga livres dos ofensores Calendário e Temperatura.

Este ajuste para retirada dos ofensores não econômicos de Temperatura e Calendário das séries de Carga é feito em alguns países do mundo.

Na Espanha, a Rede Eléctrica de España (2012) divulga em seu Boletín Mensual, os dados das medições físicas de carga e os dados corrigidos para compensar efeitos de temperaturas atípicas e diferenças no número de dias úteis. As séries de dados são disponíveis em uma frequência mensal e separam a variação da carga que foi ocasionada pela temperatura, pelas diferenças de calendário e o que decorre da atividade econômica.

Em Portugal é feito um trabalho parecido, onde a Rede Eléctrica Nacional (2012) divulga através da Informação Mensal do Sistema Eletroprodutor a medição física da carga e os ajustes para os efeitos da temperatura e do número de dias úteis.

No Brasil, os presentes autores desenvolveram uma metodologia adequada às especificidades do Brasil para produção de dados ajustados de carga, capaz de isolar a influência de fatores não econômicos. Os fatores não econômicos que influenciam a carga no Brasil e que podem ser estimados com base em dados disponíveis. São eles:

- Descontinuidades de medição: ocorrem quando, por exemplo, há a incorporação de um sistema isolado ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Em outubro de 2009, o antigo sistema isolado de Acre-Rondônia foi conectado ao SIN. A partir de meados desse mês a carga destes dois estados, que à época somava cerca de 400 MWmed, passou a ser computada no SIN. Este acréscimo de carga, da ordem de 0,75% da carga do SIN de um mês para o outro, não se deveu a nenhum crescimento econômico, mas é fruto do simples fato de que o ONS passou a medir a carga de uma parcela maior do país.

- Perdas da rede de transmissão: podem oscilar bastante ao longo do ano por razões estritamente ligadas à operação do sistema. Embora as perdas na transmissão tenham como fundamento razões elétricas e não econômicas, na maior parte dos países as perdas na transmissão tendem a ser pequenas e a variar pouco – e esta é provavelmente a razão pela qual o ajuste das perdas não é feito no tratamento de dados de carga em outros países. No Brasil é diferente: o sistema de transmissão brasileiro é muito extenso e transporta grandes volumes de energia, pois foi construído para aproveitar as diferenças nos regimes hidrológicos entre as diversas bacias com aproveitamentos hidroelétricos. O ONS se vale do sistema de transmissão para transportar energia de onde ela é abundante no momento para onde ela é escassa. O uso intenso das grandes interligações afetam consideravelmente o nível de perdas. As perdas aumentam, por exemplo, com uso mais intenso do transporte de energia a longa distância e diminuem quando o consumo é abastecido basicamente por geração mais próxima.

- Ocorrência de temperaturas atípicas: também podem influenciar fortemente a carga. O consumo industrial tende a não ser sensível às variações de temperatura, mas o consumo comercial e, sobretudo, o consumo residencial, respondem fortemente a variações de temperaturas. Parte do efeito da temperatura sobre a carga é sazonal, sendo normal um grande aumento do consumo residencial durante o verão. Contudo, a ocorrência de temperaturas atípicas

também pode fazer com que a carga fuja do padrão sazonal normal. Por exemplo, a ocorrência de um verão com temperaturas relativamente amenas pode resultar uma carga anormalmente baixa. Essa redução da carga tem pouco ou nenhum significado econômico, podendo ser estimada com base em dados disponíveis.

- **Variações no calendário:** a literatura internacional sobre o tema normalmente se atém à influência do calendário no número de dias úteis de um mês. Para comparar corretamente um indicador de um determinado mês com a leitura do mesmo indicador para o mesmo mês do ano anterior, é preciso fazer um ajuste para refletir a diferença entre o número de dias úteis.

Este trabalho propõe uma abordagem original para o tratamento do efeito de temperatura. Para tanto, será utilizado um modelo de Regressão Dinâmica que permitirá utilizar os parâmetros e estimar os efeitos na variável Carga, tendo como diferencial em relação ao que existe na literatura, o embasamento estatístico dado na retirada destes ofensores.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 2 é dedicada à metodologia para retirada de dos efeitos Calendários e Temperatura da série de carga. A seção 3 descreve os resultados obtidos em dados reais do ONS e, finalmente, na seção 4 estão expostas as considerações finais.

2. Metodologia

Nesta seção será descrita uma metodologia empírica, a partir de um método multiplicativo, objetivando a retirada dos efeitos Calendário e Temperatura da série de Carga. Em seguida será proposta uma abordagem alternativa utilizando Regressão Dinâmica (método aditivo). É importante salientar que esta Regressão será aplicada apenas para a retirada do efeito de Temperatura da série de Carga. Para efeito de notação e melhor entendimento, as variáveis Carga e Temperatura serão escritas da seguinte forma:

$$CARGA_{t,s}^{r,d,m,a} \quad TEMP_{t,s}^{r,d,m,a} \quad 1$$

onde:

t é o índice que referencia o dia atual em análise;

s é o índice que indica a qual subsistema a observação pertence;

a indica o ano da observação;

m indica o mês da observação, $1 \leq m \leq 12$;

d indica o dia da observação, $1 \leq d \leq 31$;

r indica o dia da semana, varia de domingo à sábado, além dos feriados e semi-feriados, isto é $1 \leq r \leq 9$. Domingo será codificado com o valor de $r = 1$, Segunda-feira com o valor de $r = 2$, assim sucessivamente até o Sábado que receberá o valor de $r = 7$. Os feriados receberão a codificação de $r = 9$ e os semi-feriados, $r = 8$.

2.1 Método Empírico (Multiplicativo)

Neste caso, as séries ajustadas de carga são construídas de forma a excluir a influência de fatores não econômicos e/ou fortuitos sobre a carga, apresentando duas vantagens sobre as séries tradicionais. Em primeiro lugar, elas são uma boa base para a previsão de carga no médio e longo prazos, na medida em que espelham não a carga efetivamente verificada, mas aquela que teria sido observada se não ocorressem fatores fortuitos. Em segundo lugar, as séries ajustadas de carga permitem uma análise mais fina da relação entre economia e carga, constituindo um indicador de atividade econômica de boa qualidade.

2.1.1 Ajuste da Série diária de Carga pelo fator Calendário

O ajuste calendário para a carga dos subsistemas consiste em reestimar a série diária de carga para obter uma série que não reflete as especificidades do calendário verificado. Esta

metodologia consiste em recalculer a carga de cada dia multiplicando-a pelo inverso da razão normalmente observada entre a carga do dia da semana em questão e a carga semanal.

2.1.1.1 Pesos para cada dia

Num primeiro momento, será preciso calcular o peso de cada observação dentro da semana em que esta observação pertence, isto é, peso do dia r de uma semana específica. Uma vez feito o referido cálculo para todos os dias da série, é possível calcular o peso típico de um dia da semana em uma semana qualquer.

Para realizar o cálculo do peso, deve-se observar ainda se a semana contém feriado ou semi-feriado. Sabendo que a semana se inicia num domingo e termina em um sábado, a semana que não possui um feriado ou semi-feriado neste intervalo, será considerada semana do tipo 1. Caso a semana contenha feriado ou semi-feriado, será considerada semana do tipo 2.

A fórmula para calcular o peso do dia r dentro de uma semana do tipo 1 é:

$$\text{Peso}_{t|s}^{r,d,m,a} = \frac{\text{CARGA}_{t|s}^{r,d,m,a}}{\sum_{i=1-r}^{7-r} \text{CARGA}_{t+i|s}^{r+i,d,m,a}} \quad 2$$

Como foi visto na fórmula (2), o peso do dia t é calculado dividindo-se a carga do dia t pela média das cargas dos dias da semana que o dia t pertence. Entende-se que para uma semana com feriado/semi-feriado esse peso é distorcido. Desta forma, compara-se a carga do dia com a média entre a carga média da semana anterior com a carga média da semana posterior se ambas não possuem feriados. Se uma das duas semanas em questão tiver um feriado ou semi-feriado, calcula-se a média do par de semanas sem feriados ou semi-feriados equidistantes da semana a que t pertence e o mais próximo possível dela. O peso típico de cada dia da semana será a média dos pesos para todos os dias r :

$$\text{Peso_Típico}^r = \frac{\sum_{i=1}^s \text{Peso}_{i|s}^{r,d,m,a}}{s} \quad 3$$

onde s é o número de ocorrências do dia r na base.

2.1.1.2 Carga diária ajustada pelo fator calendário

O valor da Carga diária ajustada pelo fator Calendário será calculado pela fórmula 4:

$$\text{CARGA_adj}_{t|s}^{r,d,m,a} = \frac{\text{CARGA}_{t|s}^{r,d,m,a}}{\text{Peso_Típico}^r} \quad 4$$

2.1.2 Ajuste da Série diária de Carga pelo fator Temperatura

O ajuste de temperatura consiste em compensar o efeito da ocorrência de temperaturas atípicas sobre a carga. Isto implica em fazer uma reestimativa das séries de carga diária utilizando as temperaturas diárias típicas em lugar das temperaturas verificadas. Se a temperatura verificada é maior do que a normal para a época do ano, a carga, que reage positivamente ao calor, também deve ter sido maior do que aquela que normalmente se verificaria. O ajuste de temperatura consiste, nesse caso, em calcular uma carga ajustada menor que a verificada, sendo o ajuste proporcional à diferença entre a temperatura verificada e a temperatura típica.

2.1.2.1 Verificação de correlação entre as séries diárias de Carga e Temperatura

Sabe-se que a influência da variável Temperatura na variável Carga é diferente em cada época do ano. Dessa forma a série de dados será dividida em doze bancos de dados, onde cada um desses 12 bancos reúne as informações de um mesmo mês, isto é, serão realizadas doze regressões lineares que levam em consideração todos os dias de um mês específico. Por exemplo: a 1ª regressão reúne apenas os dados referentes do mês de janeiro. Será ainda considerada também a padronização das séries, ou seja, serão realizadas sete diferenciações nas variáveis Carga_adj e Temperatura. Dessa forma:

$$DTemp_{t-i|s}^{r,d,m,a} = Temp_{t|s}^{r,d,m,a} - Temp_{t-i|s}^{r,d,m,a} \quad 5$$

$$DCARGA_{t-i|s}^{r,d,m,a} = \frac{CARGA_adj_{t|s}^{r,d,m,a}}{CARGA_adj_{t-i|s}^{r,d,m,a}} - 1 \quad 6$$

onde $1 \leq i \leq 7$.

A partir deste ponto, os novos bancos possuirão as variáveis $DCarga_{k|s}^m$ e $DTemp_{k|s}^m$, onde k é igual a $(7t-i)$, i é a i -ésima defasagem de t e m o mês que caracteriza o banco.

2.1.2.2 Análise do coeficiente angular das regressões

As regressões são desenvolvidas com intuito de se utilizar o coeficiente angular no ajuste do valor da Carga através do efeito de Temperatura. Caso este coeficiente seja significativo, será feito o ajuste da Carga pelo efeito da temperatura, caso contrário, não será feito o ajuste de temperatura. Dado o modelo geral de regressão linear simples:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon \quad 7$$

Para este trabalho, a variável $DCARGA_{k|s}^m$ será utilizada como a variável resposta Y e $DTemp_{k|s}^m$ será utilizada como a variável regressora X_1 . Assim,

$$\widehat{DCARGA_{k|s}^m} = b_{0|s}^m + b_{1|s}^m \cdot DTemp_{k|s}^m \quad 8$$

Após ter sido calculado o coeficiente de regressão para as observações de cada sub-banco, é necessário retirar da análise os dias considerados atípicos. Para isto, serão calculados intervalos de confiança, considerando o erro padrão e o valor previsto da Carga, para avaliar se a variação da Carga de determinado dia não é um valor atípico. Caso o valor da variação da Carga se encontre dentro do intervalo de confiança calculado, isto significa que este valor não é atípico. Caso contrário, ou seja, o valor da variação da Carga não se encontre dentro do intervalo de confiança calculado, este valor será considerado um “outlier” e excluído da análise. Com a retirada desses “outliers”, o coeficiente de regressão é recalculado e utilizado no cálculo do Fator de Temperatura, que será mostrado no item 2.1.2.5 a seguir.

2.1.2.3 Temperatura Típica diária

Esta temperatura típica do dia, que leva em consideração todas as observações da série diária de Temperatura, será denotada por TTA e é a média de temperatura do mesmo dia e mesmo mês de todos os anos, isto é:

$$TTA_{L|s}^{d,m} = \frac{\sum_{i=w}^v Temp_{t|s}^{r,d,m,i}}{v - w + 1} \quad 9$$

onde:

L é o dia do ano, o dia 1º de janeiro, independente do ano, será referido como $L=1$ e o dia 31 de dezembro como $L=365$, ou seja, $1 \leq L \leq 365$;

v é o último ano do banco de dados que contenha o dia/mês em análise;
w é o primeiro ano do banco de dados que contenha o dia/mês em análise.

2.1.2.4 Temperatura Típica diária II

Esta temperatura típica do dia é calculada a partir das TTA's e será denotada por TTM. A TTM é a média das 31 TTA's dos dias mais próximos, isto é:

$$TTM_{L|s}^{d,m} = \frac{\sum_{i=L-15}^{L+15} TTA_{i|s}^{d,m,a}}{31} \quad 10$$

2.1.2.5 Fator de temperatura

Este fator será utilizado para ajustar o valor da Carga, observa-se que leva em consideração o parâmetro estimado pela regressão ($b_{l|s}^m$), desenvolvido no tópico 2.1.2.2.

$$Fat_Temp_{t|s}^{r,d,m,a} = 1 + \left[\frac{(TTM_{L|s}^{d,m} - Temp_{t|s}^{r,d,m,a}) \cdot b_{l|s}^m}{100} \right] \quad 11$$

2.1.2.6 Carga Ajustada pela temperatura

O efeito da temperatura será corrigido através de um método multiplicativo, isto é:

$$CARGA_adjT_{t|s}^{r,d,m,a} = CARGA_adj_{t|s}^{r,d,m,a} \cdot Fat_Temp_{t|s}^{r,d,m,a} \quad 12$$

2.1.3 Ajuste da Série diária pelo fator Semana Morta

A semana entre o Natal e o fim de ano é um período de baixíssimo consumo de energia elétrica, pois muitas indústrias aproveitam as festas para promover férias coletivas, parando ou reduzindo muito a produção. Observa-se que na semana de festas há redução de carga com relação à típica tanto em dias que não são formalmente feriados ou semi-feriados como nos próprios feriados. Notadamente, 25 de dezembro costuma ter uma carga baixíssima, muito menor que a de um feriado normal. Assim, os dias pertencentes às semanas de festas de fim de ano receberão um tratamento especial. Para cada observação da série de Carga será calculado um desvio do Peso Semanal (equação 2) para o Peso Típico do dia (equação 3):

$$Desvio_{t|s}^{r,d,m,a} = \frac{Peso_{t|s}^{r,d,m,a}}{Peso_Típico_{t|s}^{r,d,m,a}} - 1 \quad 13$$

O fator para corrigir um dia que pertence à semana morta, será calculado da seguinte forma:

$$Fat_Semana_Morta_s = \frac{\sum_{t=1}^k Desvio_{t|s}^{r,d,m,a}}{k} \quad 14$$

onde k é o número total de dias pertencentes à semana morta na série de Carga. Dessa forma, o somatório conterá apenas os dias de semana morta.

O fator de ajuste para a Semana Morta não será aplicada para dias comuns, com isso a série de Carga diária ajustada pelo fator Semana Morta será:

$$CARGA_diaria_{t|s}^{r,d,m,a} = \begin{cases} CARGA_adjT_{t|s}^{r,d,m,a} & , \text{ dia comum} \\ \frac{CARGA_adjT_{t|s}^{r,d,m,a}}{1 + Fat_Semana_Morta_s} & , \text{ dia da semana morta} \end{cases} \quad 15$$

2.1.4 Ajuste da Carga mensal

A série ajustada mensal leva em conta tanto os dados disponíveis em frequência diária como os dados mensais de geração de pequenas centrais, descontinuidades de medição e perdas na rede básica. O ajuste neste caso é trivial e a Carga Mensal Líquida de Perdas está exemplificada nos 5 passos a seguir.

A carga mensal é a média dos valores da série de Carga diária.

$$CARGA_Mensal_s^{m,a} = \frac{\sum_{t=1}^v Carga_{t|s}^{r,d,m,a}}{v} \quad 16$$

onde v é o número de dias do mês m em um ano a específico.

Já a carga ajusta mensal é a média dos valores da Carga diária ajustada e pode ser calculada através da equação a seguir:

$$CARGA_Mensal_adj_s^{m,a} = \frac{\sum_{t=1}^v CARGA_diaria_{t|s}^{r,d,m,a}}{v} \quad 17$$

O Fator de ajuste mensal é a razão entre as séries Carga_Mensal e Carga_Mensal_adj.

$$Ajuste_Mensal_s^{m,a} = \frac{Carga_Mensal_Adj_s^{m,a}}{Carga_Mensal_s^{m,a}} \quad 18$$

Chega-se a Carga Mensal Ajustada, somando-se a Geração de Energia de Pequenas Centrais e aplicando o fator de correção mensal, obtido na equação anterior.

$$CARGA_Ajustada_s^{m,a} = \left(\begin{matrix} CARGA_Mensal_s^{m,a} + \\ Geração_PEQ_Centrais_s^{m,a} \end{matrix} \right) \cdot Ajuste_Mensal_s^{m,a} \quad 19$$

Por fim, a Carga Mensal Ajustada Líquida de Perdas é calculada descontando-se as perdas na rede básica da Carga Mensal Ajustada.

$$CARGA_Ajustada_Líquida_s^{m,a} = CARGA_Ajustada_s^{m,a} \cdot (1 - Perdas_s^{m,a}) \quad 20$$

onde $Perdas_s^{m,a}$ representa um valor, em porcentagem, de carga perdida na rede básica.

2.1.5 Carga Trimestral Ajustada

É a média da Carga Ajustada Líquida de Perdas entre três meses consecutivos, isto é, dentro do ciclo de um ano, serão obtidas 4 observações. A média entre os meses de janeiro, fevereiro e março formarão a primeira observação do ano, a segunda será formada com a média dos valores mensais de abril, maio e junho, assim por diante até o último mês do ano (dezembro).

$$CARGA_Tri_s^{q,a} = \frac{\sum_{i=3q-2}^{3q} CARGA_Ajustada_Líquida_s^{i,a}}{3} \quad 21$$

onde $1 \leq q \leq 4$.

2.1.6 Variação do Trimestral em relação ao mesmo Trimestre do ano anterior

Este Indicador, que é adimensional, dirá quanto um trimestre variou percentualmente em comparação ao mesmo trimestre do ano anterior.

$$CARGA_Tri_Var_s^{q,a} = \frac{CARGA_Tri_s^{q,a}}{CARGA_Tri_s^{q,a-1}} - 1 \quad 22$$

3. Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados da metodologia proposta aplicada ao subsistema Sudeste / Centro-oeste, por este ser o subsistema com maior representatividade da carga do Brasil. Pode-se notar que ao se retirar os efeitos do calendário e da temperatura, conforme descritos nos itens 2.1.1 e 2.1.2 da metodologia, que as séries de carga se tornaram menos voláteis que as séries originais. Estes resultados podem ser vistos nas figuras 1 e 2, onde na primeira figura, mostra-se o método empírico para retirada do efeito da temperatura e na segunda figura é mostrado o método utilizando análise de regressão para retirada deste mesmo efeito.

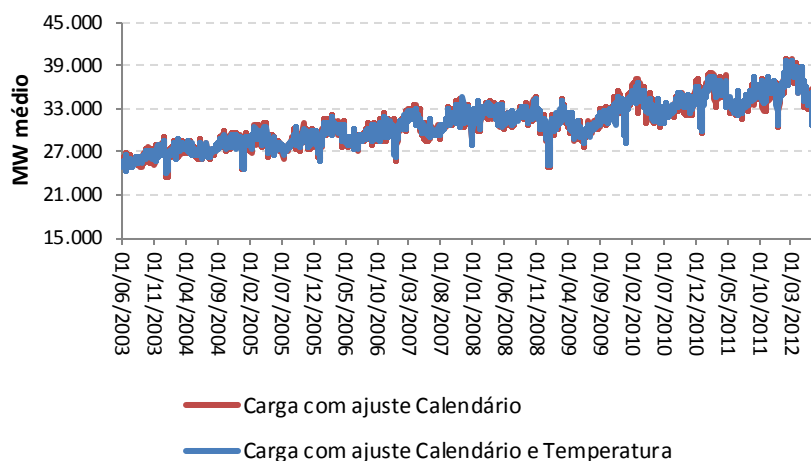


Figura 1: Série de Carga com ajuste Calendário e série de Carga com ajuste Calendário e Temperatura (método empírico) do subsistema Sudeste / Centro-Oeste

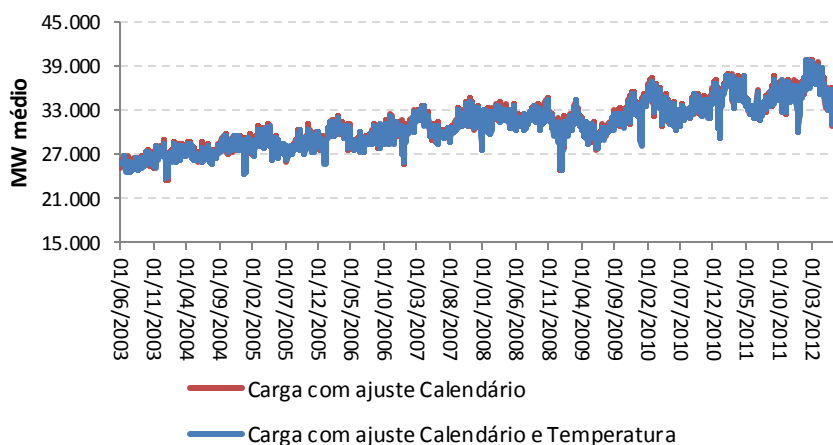


Figura 2: Série de Carga com ajuste Calendário e série de Carga com ajuste Calendário e Temperatura (método regressão dinâmica) do subsistema Sudeste / Centro-Oeste

A série mensal ajustada é uma série que leva em conta tanto os dados disponíveis em frequência diária como os dados mensais de geração de pequenas centrais, descontinuidades de medição e perdas na rede básica. Estas séries foram obtidas utilizando metodologia descrita na seção anterior.

Em seguida, foi obtida a série do SIN, somando-se as séries Mensais de Carga Ajustada dos quatro subsistemas. Assim, a figura 3 mostra a série Mensal do SIN das duas metodologias utilizadas na retirada do efeito de Temperatura na Série Diária.

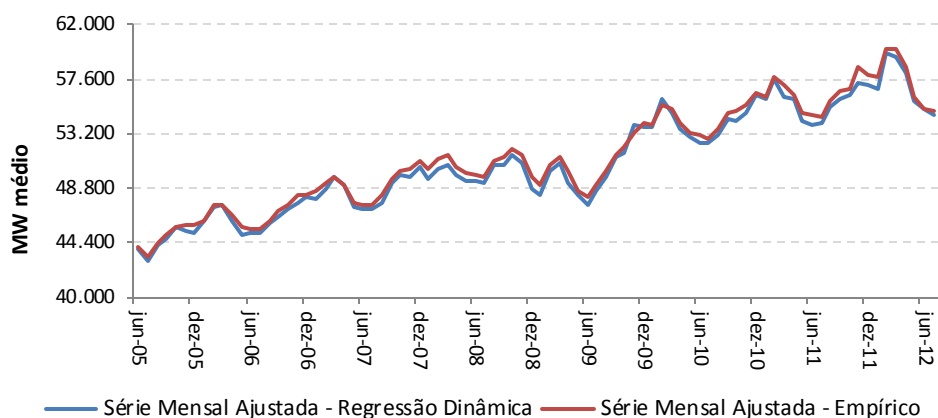


Figura 3: Série Mensal de Carga ajustada, utilizando Regressão Dinâmica e Método Empírico para retirada do efeito Temperatura do SIN

Foi obtida a série Trimestral do SIN, objetivando a comparação com a série trimestral do PIB, considerando as duas metodologias para retirada do efeito temperatura (empírico e regressão dinâmica).

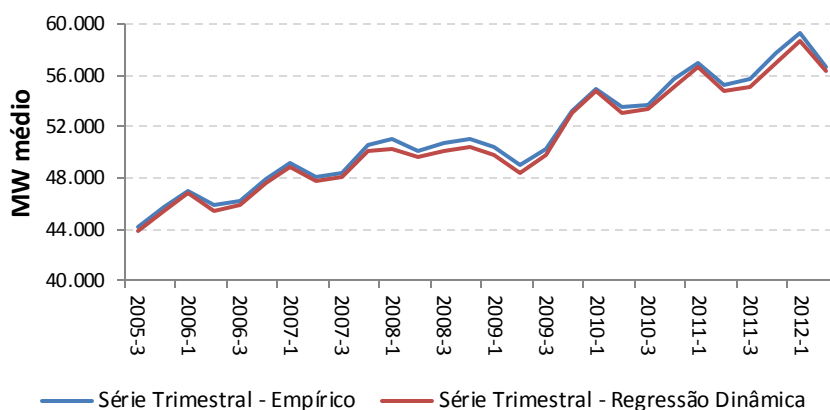


Figura 4: Série Trimestral de Carga ajustada, utilizando Regressão Dinâmica e Método Empírico para retirada do efeito Temperatura do SIN

Neste ponto do trabalho, entende-se que, com exceção das variáveis econômicas, todas as variáveis que influenciam a Carga foram retiradas. Desta forma, as séries Trimestrais geradas anteriormente são séries “limpas” em relação aos efeitos Calendário, Temperatura e Semana Morta. Assim, série de Carga Trimestral que melhor acompanhar as variações do PIB e/ou melhor explicar o mesmo, será considerada melhor ajustada do que a outra. A variação de um trimestre para o mesmo trimestre do ano anterior da série do PIB e da série de Carga sem ajuste é mostrada na figura 5.



Figura 5: Séries Trimestrais de variação de Carga ajustada e PIB em relação ao mesmo trimestre do ano anterior

Através da Figura 5, pode-se perceber que as séries trimestrais de variação de Carga ajustada em relação ao mesmo trimestre do ano anterior seguem um comportamento parecido com a série trimestral de variação do PIB em relação ao mesmo trimestre do ano anterior. Os coeficientes de correlação entre as séries de variações de carga do trimestre com o mesmo trimestre do ano anterior e a série de variações de PIB do trimestral com o mesmo trimestre do ano anterior foram calculados e podem ser vistos na Tabela 1. A série de Carga trimestral ajustada por Regressão Dinâmica apresentou um coeficiente de correlação de 92,0% enquanto que a série de Carga trimestral ajustada pelo Método Empírico teve um coeficiente de correlação de 90,7%. Todavia, a série de Carga trimestral sem ajustes apresentou um coeficiente de correlação de 83,6% com a série trimestral do PIB. Desta forma, é mostrado que os ajustes de Calendário, Temperatura e Semana Morta adicionaram um ganho de 10% em relação ao coeficiente de correlação com a série trimestral do PIB, evidenciando que estes ajustes foram realizados com sucesso na tentativa de excluir fatores fortuitos que influenciam a série de Carga.

Tabela 1: Correlação entre as séries trimestrais de variação de Carga com a série trimestral de variação do PIB

Método	Correlação
Carga com Ajuste Empírico	90,7%
Carga com Ajuste Reg. Din.	92,0%
Carga sem Ajuste	83,6%

4. Considerações Finais

Neste trabalho foram utilizadas duas abordagens diferentes, um método totalmente empírico para retirada dos ofensores de Temperatura e Calendário nas séries diárias e mensais e outra abordagem com os mesmos ajustes para a série mensal e diária para o efeito Calendário, mas utilizando o ajuste de temperatura baseado em uma modelagem estatística de regressão dinâmica.

Após estes ajustes, pode-se dizer que apenas o ofensor econômico influencia a série de Carga. Dessa forma, para comparação entre as abordagens, as séries mensais de carga foram consolidadas para frequência trimestral e comparadas com a série trimestral do PIB. Pode-se inferir que a série de carga trimestral que melhor se ajustar a série do PIB e, portanto, apresentar o maior coeficiente de correlação, será a série melhor ajustada. Verificou-se que o coeficiente de correlação entre a série de carga ajustada pela segunda abordagem e a série do PIB foi um pouco maior do que o coeficiente de correlação entre a série de carga ajustada pela primeira abordagem

e a série do PIB. Além disso, o coeficiente de correlação entre a série de carga sem ajuste e a série do PIB também foi calculado, 83,6%. Isso mostra que ambas as abordagens geraram séries “limpas” das variações de calendário e temperatura.

Sugere-se como trabalho futuro a investigação de outras formas de avaliar o desempenho das duas metodologias descritas neste trabalho.

5. Referências

Brasil. Decreto 5.163 de 29 de junho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. D.O.U. de 30.7.2004 - Edição Extra.

Brasil. Lei Nº 10.438, de 26 de abril 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica.

Brasil. Lei Nº 10.848 de 15 de março de 2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nos 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. D.O.U. de 16/03/2004, p. 2.

Castro, N. J; Leite, A.L.S. Estrutura de Governança e a Formação de Holdings no Setor Elétrico Brasileiro. Estratégia e Negócios, Florianópolis, v.1, n.2, pp. 8, 2008.

Leite, A.L.S. & Santana, E.A. Mercado de capacidade: uma alternativa para o setor elétrico brasileiro. Revista de Desenvolvimento Econômico RDE, Ano VIII, n. 14, p.23-33, 2006.

Pires, J.C.L.; Giambiagi, F.; Sales, A.F. As perspectivas do setor elétrico após o racionamento. Revista do BNDES 9(18), pp. 163-204, 2002.

Rede Elétrica de España, Boletín Mensual. Disponível em: <<http://www.ree.es>>. Acesso em: janeiro de 2012.

Rede Elétrica Nacional, Informação Mensal do Sistema Eletroprodutor. Disponível em: <<http://www.ren.pt>>. Acesso em: janeiro de 2012.

Reis, L. B. Geração de energia elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade, 3ª Edição – Editora Manole, 2003.