

Uma análise do consumo de energia elétrica na UFES - campus São Mateus *An analysis of the consumption of electric energy in UFES campus São Mateus*

Victor Pereira Firmes^{1*}, André Silva¹, Gisele de Lorena Diniz Chaves², Wanderley Cardoso Celeste²

¹Aluno do Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, campus São Mateus, ES

²Professor do Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, campus São Mateus, ES

*Autor para correspondência, E-mail: victormecatronic@gmail.com

Article history

Received: 13 July 2018

Accepted: 27 August 2019

Available online: 28 August 2019

Resumo: O artigo apresenta uma análise sobre o consumo de energia elétrica da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) campus São Mateus. O objetivo do estudo é identificar possíveis estratégias para viabilizar um consumo mais eficiente de energia elétrica, permitindo a redução de custo financeiro. No estudo, são considerados dados coletados na instituição através das contas de energia e de memória de massa no período de um ano, compreendido entre junho de 2016 e maio de 2017. Em tais dados, observa-se que há, em todos os meses, um excedente na demanda contratada e que, além disso, o consumo de ponta impacta diretamente na elevação das contas de energia da UFES. As análises realizadas neste estudo permitem indicar algumas ações de gestão que a instituição pode tomar. Uma delas é a revisão imediata no contrato de fornecimento de energia celebrado junto à empresa de distribuição de energia elétrica. Outra ação de gestão é a busca por uma forma reduzir o consumo da energia fornecida pela distribuidora, nos horários de ponta, através, por exemplo, de políticas internas para mudanças de hábitos e da implantação de geração interna de energia via fontes alternativas. Neste caso, há a necessidade da realização de estudos técnicos mais aprofundados que aponte as soluções mais viáveis a longo e médio prazo.

Palavras chave: Gestão do Consumo, Memória de Massa, Gerenciamento pelo Lado da Demanda, Consumo de Ponta e Fora de ponta, Eficiência Energética.

Abstract: *The article presents an analysis on the consumption of electric energy of the Federal University of Espírito Santo (UFES) São Mateus campus. The objective of the study is to identify possible strategies to enable a more efficient consumption of electric energy, allowing the reduction of financial cost. In the study, data collected are considered the institution through in the period of a year, between June 2016 and May 2017. In such data, it is observed that there is in every month, a contracted demand surplus and that in addition, the tip consumption directly impacts on the elevation of the UFES energy bills. The analyzes carried out in this study allow us to indicate some management actions that the institution can take. One of them is the immediate review of the energy supply agreement entered with the electricity distribution company. Another action is the search for a way to reduce the consumption of power supplier by the distributor, at peak times, though, for example, internal policies to changes in habits and implementation of internal energy generation through alternative sources. In this case, there is a need for more in-depth technical studies that point out the most viable solutions in the long and medium term.*

Keywords: Consumption Management, Mass Storage, Demand Side Management, Tip and Off-Tip Consumption, Energy Efficiency.

1. Introdução

O Balanço energético nacional de 2017 destaca que o consumo de energia elétrica no Brasil vem crescendo com o passar dos anos e que em 2016 o consumo desta fonte foi de aproximadamente 45 milhões de tep (toneladas equivalentes de petróleo) (EPE, 2017).

O aumento do consumo, aliado a alta dependência de energia produzida por hidroelétricas, termoeletrônicas poluentes, e períodos de seca, expõe o país a um grande risco de racionamento de energia e cortes locais, impactando ainda mais os problemas econômicos atuais (El Hage, 2016).

Com isso, há a necessidade de buscar novos dispositivos que não somente expandam a capacidade de produção de energia, mas que também utilizem a energia de maneira racional e que garantam a segurança

no seu fornecimento, respeitando assim o meio ambiente, reduzindo as perdas e tornando a energia elétrica acessível a todo território nacional, inclusive nas regiões mais remotas do país.

Uma estratégia que pode impactar nessa eficiência do consumo da energia é o gerenciamento pelo lado da demanda (GLD). Gellings e Chamberlin (1993) apontam que no GLD o consumidor tem participação ativa no gerenciamento consciente de seu consumo, visando mudar a configuração e a magnitude da curva de carga, permitindo, dentre outras coisas que o consumidor controle seus gastos com energia elétrica e reduza o uso de tal energia em horários considerados de pico.

Para gerenciar qualquer instalação elétrica é necessário ter conhecimento dos sistemas energéticos envolvidos, dos hábitos de consumo das pessoas que utilizam esses sistemas e da experiência adquirida com registros passados (Oliveira, 2006).

Segundo Maia *et al.* (2002), para surgir uma conscientização a respeito do consumo eficiente de energia é necessário o comprometimento de todos os usuários da instalação.

Silva *et al.* (2011) destaca que alguns contratos de fornecimento de energia elétrica são firmados sem o conhecimento do enquadramento tarifário e que um contrato feito de maneira errada pode trazer problemas relativos a custo extra que poderiam ser evitados.

O campus de São Mateus da UFES apresenta um número de usuários de aproximadamente 3.665 pessoas (considerando professores, técnicos-administrativos e alunos), com uma área construída de 86.000 m² e um consumo médio mensal de energia no período compreendido entre junho de 2016 a maio de 2017 de (145774 kWh), gerando um custo médio mensal R\$ 111.857,85 naquele período, segundo dados obtidos das faturas de energia elétrica, o que equivale a 7,82% dos recursos financeiros recebidos pelo campus (R\$ 1.430.263,93) no mesmo período (CEUNES, 2017a, 2018a, b). Logo, trata-se de uma despesa considerável do campus que, portanto, necessita ser melhor gerida.

Para isso, há a necessidade de entender, em primeiro lugar, como a energia do campus é consumida, isto é, quais são os hábitos de consumo de energia elétrica. Em seguida, buscar por instrumentos que permitam uma gestão eficiente da energia elétrica utilizada.

O presente artigo tem como objetivo identificar possíveis melhorias na gestão de consumo de energia elétrica da UFES campus de São Mateus a partir de uma análise do perfil de consumo de energia elétrica do campus. Para isso, o presente trabalho apresenta na Seção 2 uma base teórica necessária para análise do consumo e dos custos da energia elétrica apresentadas na Seção 3, onde são considerados dados referentes à demanda de tal energia no campus em um determinado período. Por fim, na Seção 4 são apresentadas as considerações finais relativas ao trabalho aqui apresentado.

2. Referencial teórico

2.1 Memória de massa

De acordo com os procedimentos de distribuição de energia elétrica para sistemas de medição, os medidores de energia elétrica devem possuir memória de massa para armazenamento dos dados de energia ativa, reativa, demanda e tensão em intervalos programáveis de 5 a 60 minutos. O armazenamento desta memória deve ser de 37 dias, ou 32 dias no caso de medidores com aquisição remota diária de leituras (ANEEL, 2017).

Segundo a resolução 414/2010 da ANEEL, atualizada pelas resoluções 418/2010 e 479/2012, a disponibilização dos dados de medição armazenados em memória de massa é um serviço cobrável pela concessionária e está condicionado à disponibilidade do medidor e a seu armazenamento pela distribuidora.

A demanda medida, ainda segundo a resolução 414/2010, é definida como sendo a maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada em intervalos de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, ou simplificando, a maior demanda média de potência ativa em qualquer intervalo de 15 minutos durante o período de faturamento, calculada a partir de medição.

2.2 Energia reativa excedente (ERE) e fator de potência (FP)

A energia é uma grandeza relacionada com a realização de um trabalho. Para realizar um trabalho é necessária uma quantidade de energia. Já a potência é a taxa de realização de trabalho por unidade de tempo. Sob a perspectiva da energia elétrica, o consumo de um equipamento depende da sua potência e do tempo que ele permanece ligado. Quanto maior a potência e o tempo, maior a energia consumida.

Existem dois tipos de potência: a potência ativa (P), que é transformada em trabalho, seja ele útil ou não, e a potência reativa (Q) que não é transformada em trabalho, mas trocada entre a fonte de energia

elétrica e o equipamento. A potência reativa circula na instalação elétrica devido a presença de elementos armazenadores de energia em forma de campo magnético (chamados indutores), ou em forma de campo elétrico (chamados capacitores). Durante metade do tempo a potência reativa é armazenada e na outra metade é devolvida para a fonte. A circulação de potência reativa na instalação é indesejada, pois ocupa parte da sua capacidade e provoca perdas de energia por efeito joule nos condutores tanto quanto a potência ativa. A potência reativa total de uma instalação elétrica pode ser de dois tipos: indutiva ou capacitiva (a que for maior). Elas circulam em direções opostas na instalação e por isso se cancelam. A maioria das instalações são indutivas devido ao campo magnético dos motores, um tipo de equipamento muito presente.

A potência aparente (S) é a soma dos efeitos de P e Q , e é calculada pela soma vetorial das duas, que são sempre ortogonais entre si, como os catetos de um triângulo retângulo. S seria a hipotenusa. Assim temos a Eq. (1).

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} \quad (1)$$

O parâmetro que quantifica indiretamente a relação entre P e Q é chamado fator de potência (FP). Ele é calculado como a razão entre P e S conforme a Eq. (2), onde φ é o ângulo entre P e S no triângulo retângulo (Siemens, 2016).

$$FP = \cos\varphi = \frac{P}{S} \quad (2)$$

O FP varia entre 0 e 1, onde 0 significa que toda a potência é reativa (não há realização de trabalho), e 1 significa que toda a potência é ativa (transformada em trabalho, útil ou não).

Quando uma instalação elétrica exhibe um FP menor do que 1, significa que há potência reativa. Segundo a resolução 414/2010 da ANEEL, os consumidores devem manter um FP mínimo de 0,92. Caso contrário, a concessionária de energia pode cobrar a energia reativa excedente (ERE), que é a quantidade de energia reativa fornecida por ela, proporcional à potência reativa utilizada e ao tempo. Esta cobrança, do ponto de vista do consumidor de energia elétrica, é tida como uma penalização. Para reduzir a potência reativa, é feito a correção do FP. Isto é feito normalmente adicionando capacitores na instalação para neutralizar parte da potência reativa indutiva e elevar o FP. Desta forma evita-se a cobrança da ERE.

2.2 Consumo ponta e fora de ponta

O horário de ponta é o período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos e feriados definidos na resolução 414/2010 da ANEEL. O horário de ponta deve compreender o período em que há maior demanda na rede da concessionária. Nesse período, a concessionária está autorizada pela ANEEL a praticar taxas mais elevadas, com o objetivo de mudar o hábito de consumo de energia elétrica.

O horário fora de ponta é o período restante consecutivo e complementar ao horário de ponta. Ou seja, o período que não está compreendido no horário de ponta. Os consumidores são classificados de acordo com o nível de tensão em que são atendidos. Para tensões iguais ou superiores a 2,3kV, ou atendidos a partir de sistema de distribuição subterrâneo, são classificados como grupo A, e para tensões abaixo de 2,3kV, como grupo B. Os consumidores do grupo A, no qual a UFES – campus de São Mateus está inserida, são caracterizados por possuírem tarifa binômia, isto é, uma tarifa para o consumo e outra para a demanda. Os consumidores do grupo B possuem tarifa monômia, ou seja, apenas a tarifa de consumo.

As modalidades existentes são a convencional, a horária azul e a horária verde. A modalidade convencional não tem distinção horária (mesmo preço em qualquer horário do dia). Além disso, a modalidade convencional possui tarifa binômia para a classe A e monômia para a classe B.

A modalidade azul tem tarifas diferenciadas no horário de ponta e fora de ponta, tanto para a demanda de potência, quanto para o consumo de energia.

Na modalidade verde, há tarifa única para a demanda de potência independente do horário, e tarifas diferenciadas para o consumo no horário de ponta e fora de ponta.

Existe ainda a recém-criada tarifa branca aplicável ao grupo B, por opção do próprio consumidor. Esta tarifa é caracterizada por tarifa monômia (apenas consumo), com tarifas diferenciadas pelo horário: horário de ponta, fora de ponta e intermediário (uma hora antes e uma hora após o horário de ponta).

O enquadramento dos consumidores nas modalidades está disponível na Tabela 1.

Tabela 1. Enquadramento dos consumidores nas modalidades tarifárias.

Grupo	Tensão	Demanda	Modalidade
A	$\geq 69\text{kV}$	$\geq 300\text{kW}$	Azul
	$< 69\text{kV}$	$\geq 300\text{kW}$ $< 300\text{kW}$	Azul ou verde Convencional (binômia), azul ou verde
B	-	-	Convencional (monômia) ou branca (o subgrupo B4, e de baixa renda do subgrupo B1, não podem optar pela tarifa branca)

2.3 Eficiência energética

Desde o início do uso da eletricidade nas cidades, que se iniciou na segunda década do século XIX, até quase o final da década de 60, a eficiência energética não tinha nenhuma relevância. Com o aumento do consumo de eletricidade tanto residencial quanto industrial a partir da década de 70, os países começaram a se interessar pelo assunto (Romero, 2012).

Na década de 80, surgiram no Brasil o PROCEL (Programas nacionais de conversão de energia elétrica e o CONPET (derivados de petróleo). Em 1990, foi apresentado o projeto de lei que buscava pagar às concessionárias de energia elétrica por investimentos em conversão de energia e estabelecer padrões mínimos de eficiência energética em equipamentos vendidos no Brasil (Jannuzzi, 2002).

Eficiência energética é a soma de políticas e práticas que visam diminuir o custo de energia e/ou aumentar a capacidade energética, sem necessariamente ter que aumentar a geração. São ações que envolvem o planejamento integrado de recursos, a eficiência na geração, transmissão e distribuição e a eficiência no uso final da energia (Ribeiro, 2005). A eficiência energética é definida como a quantidade de atividade humana provida por unidade de energia usada (Phylipsen *et al.*, 1997). Logo, aumentando a eficiência energética, consegue-se diminuir o consumo de energia da rede. Isso pode ser feito utilizando equipamentos mais eficientes, onde são empregados melhores materiais e técnicas de fabricação.

Jannuzzi (2002) destaca que usar a energia de forma eficiente traz diversos benefícios que são de interesse para a sociedade, como o aumento da confiabilidade do sistema elétrico, a redução de investimento em geração, transmissão e distribuição, redução de impactos ambientais tanto locais quanto globais e redução do custo de energia para o consumidor final.

As concessionárias de energia elétricas brasileiras são obrigadas a aplicar 0,5% da sua Receita Operacional Líquida em projetos de eficiência energética do uso final da energia elétrica de acordo com a resolução 176/2005 da ANEEL. Santos (2008) destaca que “economizar 1 kWh é pelo menos 4 vezes mais barato do que sua geração”.

A potência perdida (P) na resistência (R) dos condutores da rede, depende da corrente (I) que ela está fornecendo. A corrente é diretamente proporcional à demanda de potência da rede. A potência perdida não varia linearmente com a corrente, mas de forma quadrática ($P = RI^2$) (Bosso, 2018). Por isso uma rede que tem uma curva de demanda com um pico de consumo, será menos eficiente do que uma rede que tenha uma curva de demanda plana. Uma rede inteligente tenta diminuir o pico de consumo, deslocando cargas do momento de pico. Fazendo-se isso, posterga-se a necessidade de ampliação da capacidade da rede, pois ela precisa ser capaz de atender ao pico da demanda (mesmo que apenas em parte do tempo), gerando, desse modo, economia e benefícios ambientais.

Um parâmetro que indica quão grande é o pico de demanda é o fator de carga (FC), que é a razão entre a demanda média e a demanda máxima da instalação em um intervalo de tempo. A fórmula para cálculo do FC está ilustrada na Eq. (3).

$$FC = \frac{D_{\text{média}}}{D_{\text{máxima}}} \quad (3)$$

2.4 Gerenciamento pelo lado da demanda (GLD)

GLD é definido como atividades que provoquem alterações na curva de carga do sistema e ajude os usuários a controlar seus gastos de energia. A prioridade desta gestão é atender o usuário da maneira mais eficiente possível sem que isso impacte no aumento do consumo de energia e na perda de qualidade dos serviços.

Os principais objetivos são reduzir o consumo durante horários de pico de demanda, deslocando o consumo de energia para períodos fora do pico de demanda, aplanando a curva de demanda. Outra estratégia

que pode ser usada é fazer com que o consumo siga o mesmo padrão da geração, garantindo a segurança do sistema de potência (Gelazanskas *et al.*, 2015).

Esses objetivos podem ser alcançados utilizando-se eficiência energética, tarifas de energia inteligentes e controles em tempo real de fontes de energia distribuídas.

2.5 Redes inteligentes - *Smart Grids*

A *Smart Grid* tem como principal objetivo o uso da energia elétrica de forma eficiente. Através do gerenciamento automático da rede, é possível otimizar o consumo de energia elétrica, reduzindo prejuízos desde a geração até a distribuição (Araújo *et al.*, 2011)

Segundo Di Santo *et al.* (2015), “um sistema de potência tradicional consiste de geração centralizada, que é transmitida e distribuída aos consumidores seguindo um caminho unidirecional”.

Devido à diversificação da matriz energética com fontes renováveis, que incluem geração distribuída e intermitente, é necessária a preparação do sistema para receber essas fontes.

Segundo (IEC, 2010) “Uma *Smart Grid* é uma rede de eletricidade que pode integrar de forma inteligente as ações de todos os usuários a ela conectados - geradores, consumidores e aqueles que fazem as duas coisas - a fim de fornecer de maneira eficiente suprimentos de eletricidade sustentáveis, econômicos e seguros.”

Toda rede inteligente apresenta três processos importantes: o sensoriamento, a comunicação entre o fornecedor e o consumidor, e o processamento dessas informações. O sensoriamento é responsável por quantificar o consumo de energia através de medidores inteligentes, permitindo que o consumidor monitore seu consumo instantâneo de energia e possa fazer a gestão do seu próprio consumo, usando a energia de maneira mais eficiente. A comunicação é por onde as informações são transmitidas pela rede. Já o processamento é responsável pela tomada de decisão em tempo real (Araújo *et al.*, 2011).

Em 2016 o setor de transporte foi responsável por 45,3% das emissões de CO₂ no Brasil (EPE, 2017). Veículos elétricos podem ter um impacto significativo na redução de emissões de gases poluentes e do efeito estufa. Os veículos elétricos também podem ser usados como geradores quando não utilizados para transporte (Teixeira *et al.*, 2015). Utilizados em conjunto com fontes renováveis de geração distribuída em uma *Smart Grid*, possibilitariam a diminuição do pico de demanda da rede e retardariam a necessidade de sua expansão.

Smart Grids são uma tendência nos sistemas de potência no mundo. Elas podem ser consideradas como um moderno sistema de potência capaz de melhorar a eficiência, a confiabilidade e a segurança; reduzindo o pico de demanda; oferecendo benefícios ambientais; localizando e reparando falhas com maior facilidade e rapidez; acomodando fontes renováveis; entre outros benefícios. Estas características são alcançadas por controles automatizados, infraestrutura moderna de comunicação e sensoriamento, monitoramento e tecnologia de gerenciamento de energia (Di Santo *et al.*, 2015).

Uma *Smart Grid* que gerencie fontes de geração, armazenamento de energia e cargas que podem ter seu horário de funcionamento deslocado poderia ser capaz de melhorar o FC, aplanando a curva de demanda de potência através do armazenamento de energia durante períodos de geração interna e/ou baixo consumo, quando há menor demanda de potência da concessionária, para uso posterior em períodos de maior consumo ou maior preço da energia, como no horário de pico. Outra forma de atuação é diminuindo a potência ou desligando algumas cargas nos horários de maior consumo, dando preferência para funcionamento em períodos de menor consumo. Estas ações possibilitam a contratação de uma demanda menor, e uma diminuição do consumo durante o horário de pico, com consequente redução do custo da energia para o consumidor e benefícios para o sistema elétrico como um todo, como postergação de investimentos para garantir a demanda de pico.

3. Análise do consumo e dos custos de energia elétrica

A fim de conhecer o perfil de consumo de energia elétrica da UFES campus de São Mateus é feito um trabalho de análise de dados contidos nas faturas de energia elétrica do campus referentes a um período de 1 ano, bem como é utilizada a memória de massa referente a um período de 6 meses requerida pela instituição junto à empresa distribuidora de energia.

Na Fig. 1 é possível visualizar a curva de carga (demanda) diária em dois dias específicos, isto é, um dia letivo (01/09/2016) e um dia de férias (25/01/2017). Observa-se na figura que o consumo de energia elétrica é baixo e estável entre às 22h e 5h para ambos os dias: letivo (quando há a presença de alunos, professores, técnicos administrativos e de laboratório, funcionários de terceirizadas, dentre outros) e de

férias (quando a grande maioria de alunos e professores estão gozando suas férias). Nesse intervalo de tempo, não há atividade significativa no campus, sendo o consumo apresentado (cerca de 165 kW) atribuído à iluminação externa, equipamentos de refrigeração espalhados pelo campus contidos, por exemplo, em laboratórios, além de equipamentos em *stand by*

Entretanto, tanto no dia letivo quanto no dia de férias, tal período de consumo baixo de energia elétrica não é mínimo. Como pode ser visto no gráfico, entre às 6 e 7h em 1 de setembro, há uma ligeira queda no consumo, o que se atribui ao desligamento automático da iluminação externa devido à presença de luz natural. Em 25 de janeiro essa queda não chega ao mesmo valor devido ao expediente começar mais cedo (horário de verão). Como normalmente ainda não há atividade significativa no campus no período de tempo entre às 6h e 7h, é possível inferir (pela diferença entre o consumo médio entre o período de 22h as 5h e o consumo mínimo alcançado às 6h) que o quantitativo de demanda consumida pela iluminação externa é de cerca de 50kW, de modo que cerca de 115kW é portanto, a demanda normalmente consumida por equipamentos (refrigeração, *stand by*, processadores, entre outros), ainda que não haja atividade significativa na instituição. Tal consumo equivale a cerca de 38% da demanda contratada de 300kW.

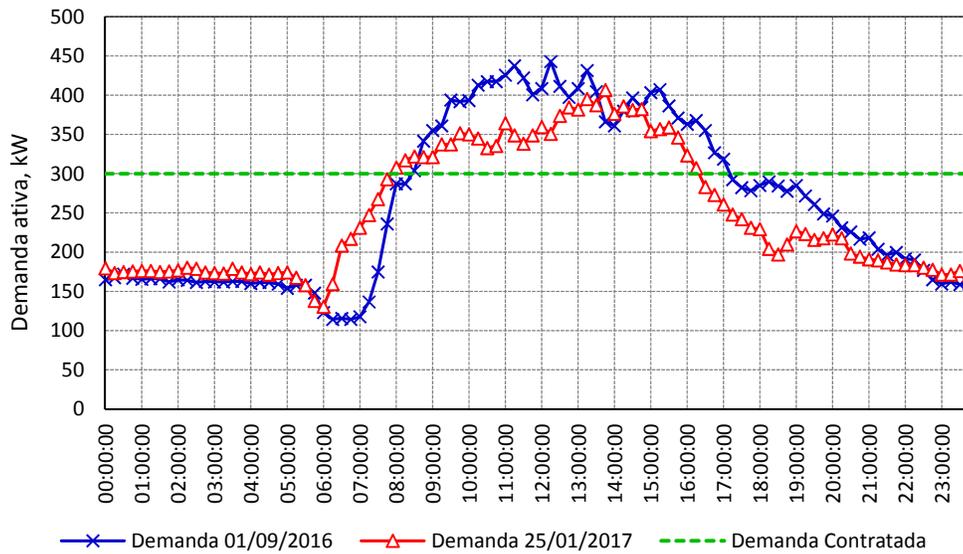


Figura 1. Curva de demanda de um dia letivo e um dia de férias.

Analisando ainda os gráficos da Figura 1, observa-se que a demanda contratada é superada tanto em dias letivos quanto em períodos de férias. Além disso, o tempo de ultrapassagem é de 9h (entre às 8h e 17h) em dias letivos e 8h (entre às 8h e 16h) nos dias de férias. Observa-se também que a ultrapassagem chega a ser de até 50%, isto é, o consumo máximo de 450kW.

Vale destacar ainda que o custo médio do kW para demanda utilizada foi de R\$14,89, enquanto o custo médio da demanda não contratada (ultrapassagem) foi de R\$29,81, ou seja, o dobro.

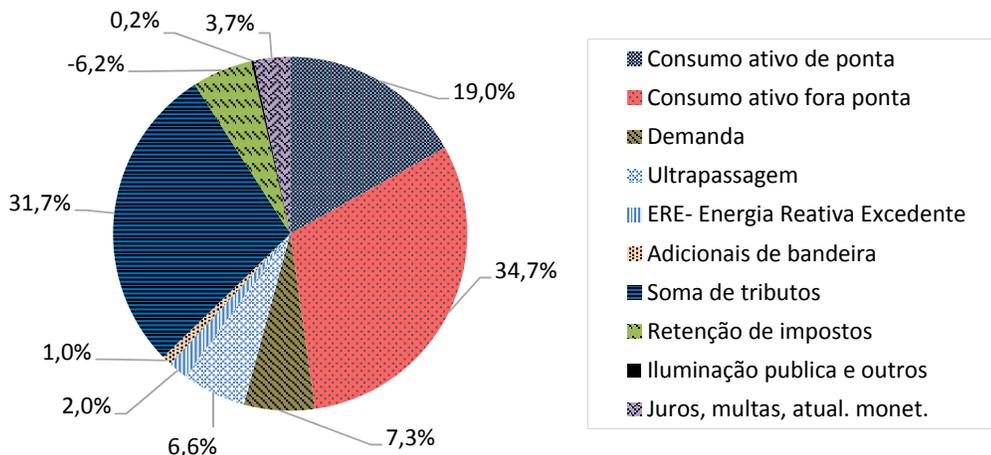


Figura 2. Custo médio anual por item da fatura de energia elétrica.

A Fig. 2 apresenta o custo médio anual por item especificado nas faturas de energia elétrica da instituição no período de um ano (junho de 2016 a maio de 2017), observa-se que o custo do consumo ativo de ponta correspondeu a 19% do total da fatura, ou seja, no momento em que a energia tem um preço elevado existe um consumo consideravelmente alto.

Ainda na Fig. 2, percebe-se que a energia reativa excedente representa em média 2% do custo. Este item da fatura é relativo à energia reativa consumida nos intervalos em que o FP é menor do que 0,92. Percebe-se também que os adicionais de bandeiras devido aos períodos de seca (que reflete no acionamento de termoelétrica, cuja energia gerada é de maior custo) apresentaram um dos menores impactos no custo de energia para instituição no período analisado, isto é 1%.

A Fig. 3 mostra que, em vários meses do ano o custo da ultrapassagem supera o custo da demanda consumida.

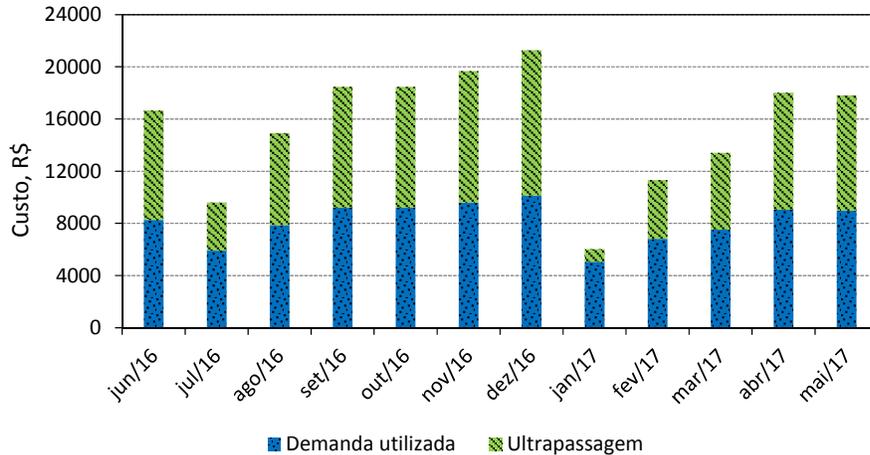


Figura 3. Custo da demanda medida e da ultrapassagem.

Na Fig. 4, nas três curvas na parte inferior, pode-se ver a demanda de potência ativa, de potência reativa (indutiva), e a demanda de potência contratada, enquanto nas três curvas na parte superior pode-se ver os FP's real, o qual é obtido utilizando as Eq. (1) e (2), o mínimo (0,92) e o corrigido (simulado) após a adição de capacitiva constante.

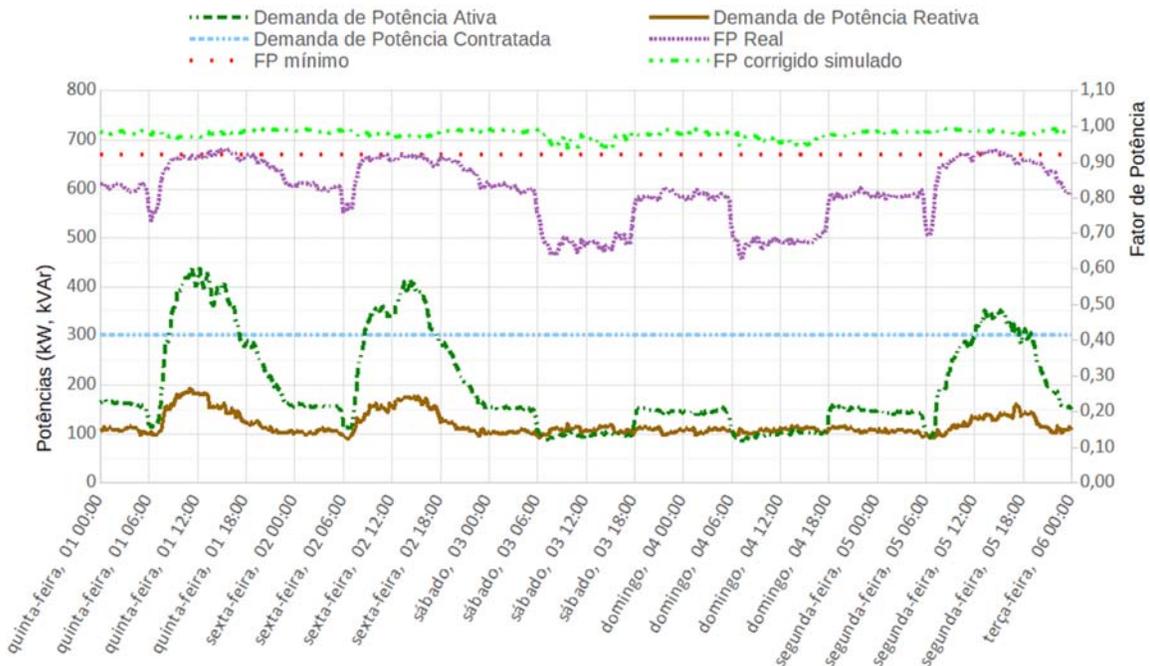


Figura 4. Curvas de demandas de potência ativa, reativa e contratada, e os FP's real, mínimo, e corrigido via simulação, em dias úteis e não úteis. Intervalo de 1 a 5 de setembro de 2016.

Observa-se na figura que, na maior parte do tempo, o FP se mantém abaixo do mínimo, o que é indesejável, pois reflete em multa por energia reativa excedente. Observa-se ainda que, apenas nos períodos de maior demanda ativa, o FP chega próximo do mínimo, as vezes ultrapassando um pouco. O valor mais baixo do FP ocorre no período de 6 às 18 horas de dias não úteis, que é o período de menor demanda ativa.

Logo, dentre as causas possíveis para o FP estar quase sempre abaixo do valor mínimo, considera-se como principal o fato de os transformadores presentes na instalação elétrica do campus estarem, grande parte do tempo, trabalhando em vazio (ou muito abaixo de sua potência nominal). Pode-se observar no gráfico da Fig. 4 que a demanda reativa é praticamente constante, o que reforça a hipótese de que os transformadores sejam os responsáveis pelo alto índice de reativo na rede elétrica do campus, uma vez que tal característica é bem conhecida em instalações elétricas. Nesse caso, a solução também é bem conhecida e consiste em adicionar carga na rede que absorva constantemente potência reativa capacitiva igual ou próxima à potência reativa indutiva absorvida pelos transformadores. Neste caso em particular, a instalação de um banco de capacitores fixo com potência reativa capacitiva de 80 kVAr elevaria o FP da instalação elétrica para acima de 0,92 em qualquer momento do dia, eliminando assim o custo por ERE.

Dentro do período analisado, a demanda do campus atingiu um valor de 665kW em dezembro de 2016. Segundo (Ribeiro, 2009), um consumidor ou um agrupamento de consumidores com demanda mínima de 500kW, atendido no grupo de consumo A (que é o caso da UFES – Campus de São Mateus), pode migrar de consumidor cativo para livre, desde que arque com os custos de adequação ao sistema de medição e faturamento.

Aguiar (2008) destaca que quando enquadrado como livre, o consumidor pode escolher o seu fornecedor de energia elétrica e negociar seu preço nesse mercado, porém assumindo os riscos das negociações em seus contratos com distribuidores de energia elétrica. O autor destaca também que toda a energia consumida deve estar contratada, pois, caso contrário, o consumidor fica sujeito a pagar a diferença entre a energia consumida e a contratada pelo PLD (Preço de Liquidação das Diferenças), que é divulgado pela CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica) semanalmente.

Logo, é necessária uma análise de risco mais aprofundada a fim de verificar a viabilidade de a UFES - campus de São Mateus seguir um caminho de mudança no enquadramento de tipo de consumidor de energia elétrica.

Ribeiro (2009), menciona que o percentual de economia no custo era inferior a 10%, e que pode ser necessário até contratar uma empresa que conheça bem o funcionamento do mercado para gerenciar os contratos de compra de energia, e que isso pode gerar custos. Como fator limitante é citado a sazonalidade de consumo, e que isso pode ser contornado fazendo um contrato flexível. Entretanto quando a oferta de energia é baixa, é mais difícil conseguir este tipo de contrato. Cita ainda que o FC superior a 0,37 e consumo de ponta entre 8 e 10% do total, foram características comuns aos consumidores que apresentaram viabilidade econômica para migração. Foi observado que a UFES – campus São Mateus tem uma sazonalidade relativamente alta, variando no período analisado de -20% a +17% em relação à média de consumo, o que pode inviabilizar a migração. O FC foi calculado com os dados das curvas de demanda do dia letivo e do dia não letivo utilizando a Eq. (3) e resultou nos valores de 0,6 e 0,62 respectivamente para o dia letivo e não letivo. Valor bem maior que 0,37. O percentual de consumo na ponta em relação ao total foi de 9,9%, dentro da faixa apontada como viável. Deve-se pensar também qual a influência da burocracia do setor público no fechamento dos contratos, caso haja migração para o mercado livre.

Observa-se que no gráfico da Fig. 2, os impostos representaram no período analisado 31,7% do custo total da energia elétrica. Oliveira *et. al.* (2009) mostra que os impostos sobre os setores de transporte, energia elétrica e telecomunicação eram de 50,85%, 40,52%, e 30,38% e que os impostos sobre energia elétrica em países desenvolvidos são inferiores a um terço dos cobrados no Brasil: 13,8%, 8,2% e 5,2% respectivamente Alemanha, Estados Unidos e França.

A média internacional é de 14,44% de imposto sobre energia elétrica. Segundo este trabalho uma maior disponibilidade de infraestrutura em conjunto com redução de impostos sobre estes serviços auxiliaria no aumento de renda e crescimento da economia brasileira.

Constatou-se que em várias faturas de energia, há multas e juros por atraso de pagamento. Este item totalizou 3,7% da fatura. Trata-se de um recurso desperdiçado, já que poderia ser evitado. De acordo com Araújo (2006), os motivos para o atraso nos pagamentos das faturas podem ser a demora na liberação de recursos para o pagamento, ou a demora no recebimento da fatura, ou ainda ambas as coisas. Logo, cabe uma análise mais aprofundada junto a setores específicos da instituição para se conhecer o real motivo para a ocorrência de tais taxas

4. Considerações finais

A partir das análises feitas neste trabalho, é possível concluir que a UFES – campus São Mateus tem usado de forma ineficiente seus recursos financeiros devido a custos extras presentes nas faturas de energia elétrica. Alguns desses custos, como a ultrapassagem da demanda contratada, e os gastos com multas e juros, podem ser mitigados ou completamente eliminados a partir de ações diretas de gestão.

Nestes casos específicos, uma revisão contratual e um maior cuidado com o pagamento em dia das faturas seriam as respectivas ações indicadas. Entretanto, há custos que passam por questões técnicas, como o caso da ERE, onde a inclusão de uma carga compensatória de reativos mitigaria tal custo.

Cabe destacar que, ao aplicar apenas as três ações citadas, duas de gestão direta e outra de cunho técnico, seria possível reduzir o gasto com a fatura de energia elétrica em até 12,3%, sendo 6,6% por ultrapassagem de demanda, 2% de reativos excedentes, e 3,7% de multas e juros por atraso. Tal redução representaria uma sobra média mensal de cerca de R\$ 13.700,00 no orçamento da instituição.

As análises feitas revelam ainda um aumento no custo de energia elétrica devido a consumo em períodos considerados de ponta. Tal custo pode ser mitigado com ações internas de conscientização da comunidade universitária. Porém, uma solução definitiva passa por uma questão técnica, isto é, com a implantação de um sistema de geração interno economicamente viável baseado em energias renováveis, como a solar e a eólica. A aplicação de conceitos de *Smart Grid* é também uma alternativa de médio e longo prazo para permitir o uso eficiente da energia elétrica dentro do campus.

Como estudos futuros, os autores recomendam uma análise mais profunda para quantificar o consumo de energia elétrica por área, prédios e tipos de equipamentos, verificar a eficiência dos equipamentos e estender o estudo para os outros campi da UFES a fim de identificar ações que impactam positivamente no uso eficiente da energia elétrica e, por consequência, dos recursos financeiros que a instituição dispõe e que deve ser prioritariamente empregados diretamente na formação de pessoas e não pagamento de taxas extras.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Projetos e Obras da UFES – campus São Mateus por disponibilizar os dados de consumo de energia e massa de memória e a CAPES pelo apoio financeiro (proc. 1779459/18).

Referências bibliográficas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 5 – Sistemas de Medição*. 2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução normativa número 414. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada*. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>>. Acesso: 09 de junho 2018.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução normativa número 176. Estabelece critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética*. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2005176.pdf>>. Acesso: em 25 maio 2018.

Aguiar, O. de S. *O mercado brasileiro de energia elétrica: critérios de decisão na migração de consumidores para o ambiente de contratação livre*. Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/3965/1/arquivo3652_1.pdf>. Acesso: 14 de junho de 2018.

Araújo, A. N. B. de; Queiroz, J. V.; Fernandes, H. T. P.; Gomes, J. P. B. da S.; Morais, A. V. de. *Gestão da informação e o sistema smart-grid: um estudo de caso da UFRN*. II Congresso Internacional IGLU, Florianópolis, PR, 2011. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2012.v15i1.80>

Araújo, E. de M. *Os problemas na liquidação e pagamento da despesa em uma Unidade Gestora do Exército Brasileiro*. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ, 2016. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/2213>>. Acesso: 15 de junho de 2018.

Bosso, A. de S.; Marton, I. L. de A. *Estudo da importância de energias alternativas para ajudar a diminuir perdas em linhas de transmissão*. Revista UNINGÁ Review, v. 28, n. 3, p. 124-127, 2018.

CEUNES. *Ceunes em números*. Disponível em: <<http://www.ceunes.ufes.br/ceunes-em-números>>. Acesso em: 26 ago. 2019.

_____. *Gestão Administrativa - Recursos Financeiros Exercício 2016*. Disponível em: <<http://gestaoadministrativa.saomateus.ufes.br/exercicio-2016-1>>. Acesso em: 27 ago. 2019a.

_____. *Gestão Administrativa - Recursos Financeiros Exercício 2017*. Disponível em: <<http://gestaoadministrativa.saomateus.ufes.br/exercicio-2017-0>>. Acesso em: 27 ago. 2019b.

Di Santo, K. G., Kanashiro, E., Di Santo, S. G., Saidel, M. A. *A review on smart grids and experiences in Brazil*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, v. 52, p. 1072-1082, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.182>

El Hage, F. S.; Rufin, C. *Context analysis for a new regulatory model for electric utilities in Brazil*. Energy Policy, v. 97, p. 145-154, 2016.

EPE - Empresa de pesquisa energética. *Balço energético nacional 2017: ano base 2016*. Rio de Janeiro, RJ, 2017.

Gelazanskas, L., Gamage, K.A.A., *Demand side management in smart grid: A review and proposals for future direction*. Sustainable Cities and Society, Elsevier, v. 11, p. 22-30. 2014.

Gellings, C. W.; Chamberlin, J. H. *Demand-side management: concepts and methods*. 1993.

IEC, SMB Smart Grid Strategic Group (SG3). *IEC Smart Grid Standardization Roadmap*. 2010. Disponível em: <http://www.iec.ch/smartgrid/downloads/sg3_roadmap.pdf>. Acesso: 09 de junho de 2018.

Jannuzzi, G. de M. *Aumentando a eficiência nos usos finais de energia no Brasil*. Sustentabilidade na geração e o uso de energia no Brasil: os próximos 20 anos, p.35, 2002.

Maia, José Luiz Pitanga. Coordenador; Krause, C. B.; Rodrigues, J. A. P.; Maia, J. L. P.; Pacheco, L. F. L.; Américo, M.; Teixeira, P. *Manual de Prédios eficientes em energia elétrica*. IBAM/ELETOBRAS/PROCEL. Rio de Janeiro, 2002.

Oliveira, L. S. *Gestão do consumo de energia elétrica no campus da UnB*. Dissertação de mestrado, 2006.

Oliveira, M. A. S.; Teixeira, E. C. *Aumento da oferta e redução de impostos nos serviços de infra-estrutura na economia brasileira: uma abordagem de equilíbrio geral*, Revista Brasileira de Economia, v. 63, no. 3, 2009.

Phylipsen, G. J. M.; K. Blok and E. Worrell. *International comparisons of energy efficiency-Methodologies for the manufacturing industry*, Energy Policy, Elsevier, v. 25, Issues 7–9, p. 715-725, 1997.

Rhade, S. B.; Kaehler, J. W. *Modelagem da curva de carga das faixas de consumo de energia elétrica residencial a partir da aplicação de um programa de gerenciamento de energia pelo lado da demanda*.

Ribeiro, E. B. *Desafios para expansão do mercado de fontes incentivadas: uma análise de atratividade do ponto de vista do consumidor especial*. Escola Politécnica Da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-20072009-151157/en.php>>. Acesso: 14 de junho de 2018.

Ribeiro, Z. B. *Parâmetros para análise de projetos de eficiência energética em eletricidade*. Dissertação de mestrado, São Paulo, 2005.

Romero, M. de A.; REIS, L. B. dos. *Eficiência energética em edifícios*. Editora Manole, 2012.

Santos, Fábio Luís da Silva. *Desenvolvimento de um sistema para avaliação das ações de GLD em processos produtivos*. Dissertação de Mestrado. PUC-RS, 2018.

Siemens. Energy Management Low Voltage & Products. *Soluções para Correção do Fator de Potência*. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/downloads-bt/Documents/Correção%20de%20fator%20de%20potência/Catalogo_CFP_2016_PT.pdf>. Acesso: 09 de junho de 2018.

Silva, M. S. *et al.* *Eficiência energética na gestão da conta de energia elétrica da Universidade Federal de Sergipe*. II Congresso Internacional IGLU, Florianópolis, 2011.

Teixeira, A.C.R.; da Silva, D.L.; Machado Neto, L.V.B. *et al.* *A review on electric vehicles and their interaction with smart grids: the case of Brazil*. *Clean Techn Environ Policy*, v. 17, Issue 4, pp 841–857, 2015.