DOI: 10.48011/asba.v2i1.1377

Desenvolvimento de software de gerenciamento energético aplicado a análises tarifárias com estudo de caso na Universidade Federal do Pará

C. M. Lima*, H. M. Nakamura, U. C. P. Junior, I. S. de Carvalho, C. C. M. de M. Carvalho, M. E. de L. Tostes**
***cleydsonmatos12@hotmail.com; **herickn85@gmail.com;**

Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia, Universidade Federal do Pará, Belém - PA

Abstract: Due to the recent energy crises in the Brazilian electric sector, there is a need to develop software capable of assisting the management of energy consumption. Using a developed computer system, it is possible to monitor and analyze the trends of electrical quantities, reduce waste and, consequently, the costs with electrical energy. Through the Electricity Management System (SISGEE) software developed at the Federal University of Pará (UFPA), the behavior of building electrical loads at various points on campus has been monitored. Given the above, this article presents the software, showing demand and consumption management, as well as the implementation of energy management measures, such as the visualization and graphical analysis of consumption, voltage, current, power data (active, reactive and apparent factor), power factor, load factor, demand factor, total harmonic distortion of voltage and current, relative duration of voltage transgression (precarious and critical), used for decision-making to reduce electricity consumption and adequacy of tariff model contracted by UFPA

Resumo: Devido às recentes crises energéticas do setor elétrico brasileiro, tem-se a necessidade de desenvolver softwares capaz de auxiliar a gestão do consumo energético. Utilizando o sistema computacional desenvolvido é possível monitorar e analisar as tendências de grandezas elétricas, diminuir desperdício e, consequentemente, os gastos com energia elétrica. Por meio do software Sistema de Gestão de Energia Elétrica (SISGEE) desenvolvido na Universidade Federal do Pará (UFPA), tem-se monitorado o comportamento de cargas elétricas prediais em vários pontos no campus. Dado o exposto, este artigo apresenta o software, evidenciando a gestão de demanda e consumo, bem como a implementação de medidas de gerenciamento de energia, como a visualização e análise gráfica dos dados de consumo, tensão, corrente, potência (ativa, reativa e aparente), fator de potência, fator de carga, fator de demanda, distorção harmônica total de tensão e corrente, duração relativa da transgressão de tensão (precária e crítica), utilizadas para tomada de decisão para redução do consumo de energia elétrica e adequação do modelo tarifário contratado pela UFPA.

Keywords: Management Software, Computer System, Energy Efficiency, Cost Reduction, Electrical power Management.

Palavras-chaves: Software de Gestão, Sistema Computacional, Eficiência Energética, Redução de Custos.

1. INTRODUÇÃO

A difusão de medidas que visam otimizar o consumo de energia elétrica é relativamente recente no Brasil, a adoção dessas medidas por grandes consumidores deve-se principalmente pelas crises de abastecimento ocorridas nas últimas décadas, em especial a crise de 2001 que ficou popularmente conhecida como “crise do apagão”, onde houve o envolvimento mais efetivo dos agentes responsáveis pelo bom uso da energia, o desenvolvimento de diversos trabalhos acadêmicos, e ações governamentais, como os instrumentos desenvolvidos pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), tendo ênfase na área de eficiência energética (Cruz, 2014).

De acordo com dados do ONS (2020), há uma demanda crescente por energia elétrica nos últimos anos e, caso não haja o planejamento do setor elétrico, pode ocorrer déficit no abastecimento. Desse modo, há uma necessidade crescente de gerenciamento ao longo dos anos.

Apesar da eficiência energética, do gerenciamento e da gestão de energia elétrica serem conceitos que estão intimamente relacionados, estes possuem diferentes significados. A eficiência energética é a relação entre a quantidade de energia consumida pela quantidade de energia efetivamente utilizada para realizar determinada tarefa, estando relacionada diretamente a atividade ou equipamento. O gerenciamento da energia diz respeito ao monitoramento das variáveis envolvidas, ao acompanhamento e a administração da energia consumida. Já a gestão de energia elétrica está em uma posição hierárquica superior ao gerenciamento, por promover a administração dos recursos e a conscientização do uso racional por parte do usuário, além de atender aos benéficos decorrentes da eficiência energética e gerenciamento da energia elétrica (Cunha, 2010).

Um dos modelos de gerenciamento que tem sido objeto de pesquisa é o Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD). O GLD, é o planejamento, a implementação e o monitoramento de ações das concessionárias, com o intuito de levar os consumidores a produzir alterações desejadas na curva de carga. Um instrumento regulatório à disposição para balancear esses objetivos são as modalidades tarifárias, que incentivam o consumidor a fazer mudanças nos hábitos de consumo como a tarifa branca (baixa tensão) ou as modalidades tarifárias verde e azul (média e alta tensão) (Cunha, 2016).

Medir as variáveis elétricas faturadas pela concessionaria de energia é uma das ferramentas que pode promover o uso mais racional dos recursos. Dessa forma, pode-se traçar estratégias visando a modificação da curva de carga, bem como, realizar o adequado enquadramento tarifário, levando o consumidor a ter suas despesas com energia reduzidas.

Dentro desse contexto, a busca pelo avanço tecnológico, a sua integração dos diversos setores da sociedade e a procura pela eficiência energética têm sido um desafio enfrentado pela humanidade, sendo, então, um propósito buscado por inúmeros ramos, principalmente no âmbito industrial e urbano **(**Turella, 2019**)**.

O Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia (CEAMAZON) vem implementando ações de gerenciamento de energia com o intuito de auxiliar os gestores da universidade na administração energética na Universidade Federal do Pará (UFPA), e para tal, foi desenvolvido o Sistema de Gestão de Energia Elétrica (SISGEE), um *software* voltado à gestão e monitoramento de dados e modelado para se adaptar a inúmera diversidade de dispositivos que realizam a interface com o usuário.

2. METODOLOGIA

No âmbito de detalhar a metodologia aplicada no desenvolvimento do trabalho, esta sessão será dividida entre o detalhamento do *software* SISGEE desenvolvido; a modelagem do sistema Web com foco no sistema de gestão de demanda e consumo de energia elétrica; e a modelagem matemática para análise de adequação da demanda e modalidade tarifária que embasam os resultados obtidos no estudo.

2.1 Software SISGEE

O SISGEE é um projeto piloto desenvolvido e implantado na Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto, campus do Guamá UFPA. O sistema foi desenvolvido como um módulo Web e modelado com base nos padrões da arquitetura MVC, responsividade e material design, o que o torna acessível e didático na sua utilização.

O software foi desenvolvido de modo a mensurar as seguintes grandezas : consumo, tensão, corrente, potência (ativa, reativa e aparente), fator de potência, fator de carga, fator de demanda, distorção harmônica total de tensão e corrente, duração relativa da transgressão de tensão (precária e crítica). Além disso, o *software* permite aos usuários finais monitorar e analisar em tempo real os dados de consumo de energia elétrica das unidades consumidoras do campus, assim como gera indicadores que retratam o grau de eficiência e qualidade energética das instalações.

A arquitetura física do SISGEE, ilustrada na Fig. 1, é constituída pelo medidor da fabricante Embrasul, modelo TR4000, responsável por medir as grandezas elétricas e enviar os dados para o servidor; e pelo servidor, encarregado de processar os dados e disponibilizá-los ao usuário final, sendo este dividido em duas aplicações:

• Core — responsável por fazer o gerenciamento e a manutenção dos dados e a comunicação com do medidor com o servidor, por intermédio do protocolo de comunicação serial MODBUS (Modbus Organization, 2012).

• Web — responsável pela aplicação disponibilizada ao usuário final.

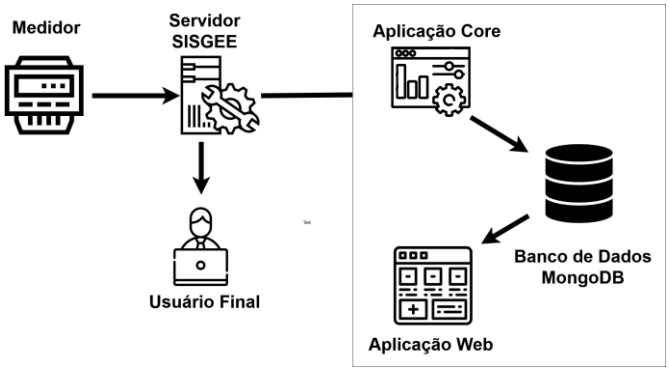

Fig. 1 Estrutura da arquitetura do SISGEE.

Para este artigo serão detalhados os desenvolvimentos do sistema Web correlacionados com a análise de gestão da demanda e consumo de energia

.2.1.1 Desenvolvimento Web

Ian Sommerville (2011) descreve os padrões de projeto como soluções gerais e reutilizáveis para problemas recorrentes no desenvolvimento e manutenção de projetos de *software*. Na fase de projeto de um sistema web, uma das principais preocupações é em relação ao padrão de projeto, no qual há ênfase no âmbito tecnológico do desenvolvimento. Dessa forma, para o sistema em questão, foi utilizado o padrão de projeto MVC (*Model-View-Controller*).

O *Model* é responsável por fazer o acesso e a manipulação dos dados da aplicação, no qual as lógicas e funções do sistema, bem como as regras de negócio, são instauradas, e retorná-las ao *Controller*, o qual é responsável pela intermediação das requisições vindas da interface do usuário (*View*) e o controle e mapeamento das ações para serem enviadas ao *Model* ou retornar à *View*. Por fim, o *View* é a interface apresentada ao usuário contendo os dados solicitados e onde todas as interações com o sistema devem realizadas (Medeiros, 2013; Macoratti, 2010). Este modelo é representado na Fig. 2.

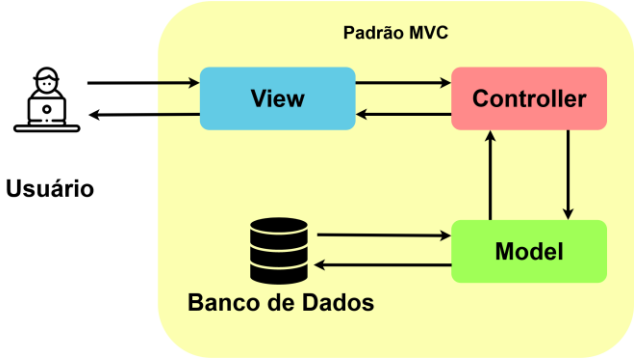

Fig. 2 Representação do padrão de arquitetura MVC.

A popularização do acesso à Web proveniente do avanço da tecnologia na sociedade tornou indispensável a universalização do conteúdo disponibilizado nos sistemas, haja vista a sua popularização existente na atualidade, uma vez que a evolução tecnológica alcançou patamares nos quais é possível acessar a rede a partir de inúmeros dispositivos, o que resulta em impactos expressivos, pois diversifica a variedade de resoluções e tamanhos de tela utilizados para visualizar o conteúdo (Carvalho et al., 2019).

Precedente à evolução ao design responsivo, houve outros padrões de *layout*, como o design fixo, fluído e adaptativo. O design fixo (Fig. 3(a)) tem como característica principal o uso de tamanhos fixos para a página web e não adaptáveis, diferente do design fluído (Fig. 3(b)) que se caracteriza por utilizar uma porcentagem do espaço em vez valores fixos, adaptando-se ao tamanho da tela (Leite, 2018). Contudo, o uso da porcentagem pode ocasionar um ajuste mal correspondido na tela, o que resulta em imagens esticadas ou achatadas, assim como utilizar tamanhos fixos pode causar problemas de dimensionamento, nos quais o tamanho da interface é maior do que a tela do dispositivo suporta (Inovalize, 2016). Ambos os problemas são mostrados na Fig. 2(a) e (b).

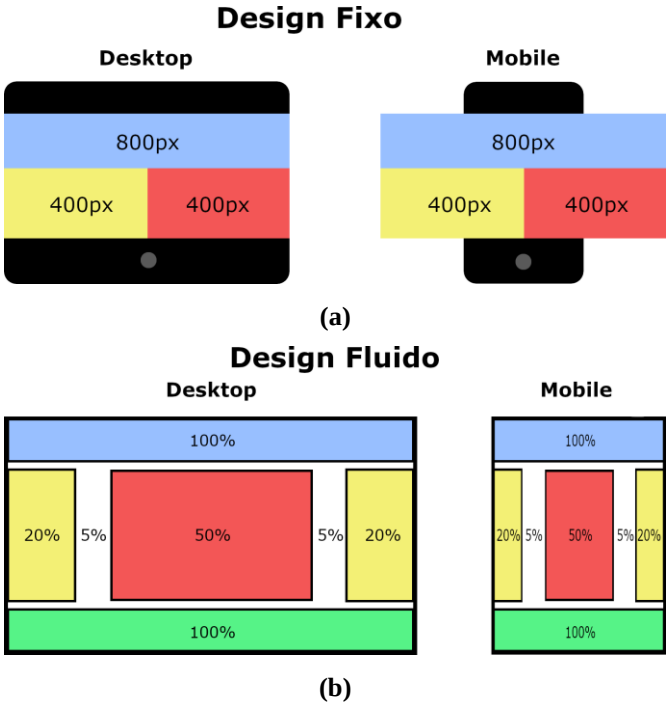

Fig. 2 Representação dos problemas recorrentes com o uso do (a) design fixo e (b) fluido.

Diante disso, o design responsivo foi desenvolvido para adaptar as interfaces de um site às diferentes resoluções dos dispositivos utilizados pelos usuários, tornando todo o conteúdo flexível, para garantir que a interface seja acessível ao maior número de dispositivos e com uma navegação agradável (Luna, 2017), como ilustrado na Fig. 3.

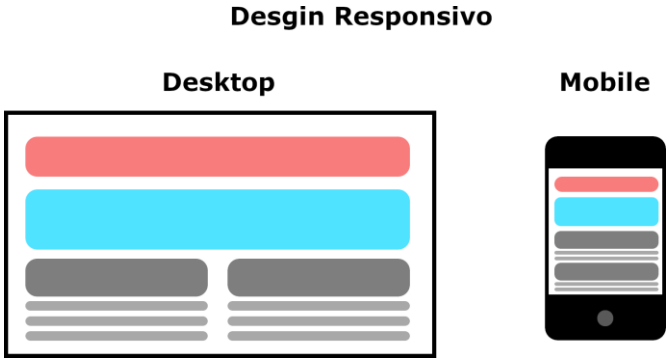

Fig. 3 Adaptação do Design Responsivo com diferentes dispositivos.

Para as linguagens de programação do software SISGEE buscou-se linguagens disponíveis no mercado e sem custo. Na aplicação Core foi utilizada a linguagem de programação Python por ser uma linguagem de código aberto e devido à sua facilidade para a criação de scripts, programação orientada à objetos e desenvolvimento de rotinas. Já para a aplicação Web do software, foram utilizados o PHP e o Javascript, linguagens também com protocolo aberto e difundidas no mercado e no meio acadêmico (Muniz, 2019).

Devido à grande quantidade de dados a serem armazenados e à necessidade de uma alta performance, foi adotado o MongoDB para o sistema, um banco de dados NoSQL (do inglês, *Not only SQL*), em função da alta escalabilidade e flexibilidade para o processamento de um grande volume dados que um banco de dados não relacional consegue obter (Zizuini, 2017).

2.2 Interface Web e sua Gestão de Demanda

A interface principal está dividida em 7 interfaces:

• HOME — tela inicial do *software*, permite a visualização geográfica dos medidores e verificar o status de cada medidor.

• MEDIDORES — status de cada medidor, informações individuais e de suas grandezas;

• COMPARAÇÃO — comparação mensal entre as grandezas de cada medidor;

• RELATÓRIOS — gerar relatórios das grandezas, inserir anotações, com base no período solicitado;

• TARIFAS — comparação tarifária entre os medidores;

• PRODUÇÕES — salvar e disponibilizar no servidor produções acadêmicas relacionados ao sistema;

• SOBRE — informações a respeito do sistema e fórmulas utilizadas para calcular as grandezas.

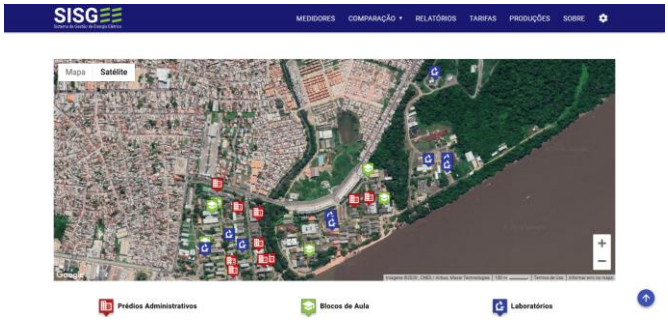

Fig. 4 Página inicial do SISGEE Web.

A ferramenta permite uma análise e amostragem por instalação da demanda e do consumo de energia de acordo com o período específico, como é possível visualizar na Fig. 5, referente ao mês janeiro de 2020.

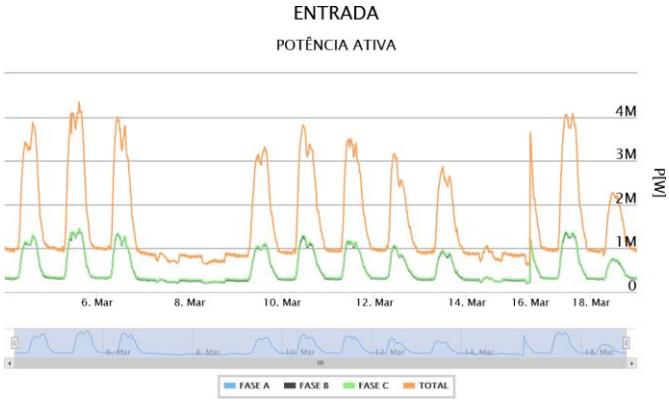

Fig. 5 Análise da curva de carga de uma unidade consumidora.

Além disso, o sistema permite incluir restrições de horário para filtrar somente os dados nos horários exclusivos de ponta e fora de ponta, como mostrado nas Fig. 6 e Fig. 7.

Fig. 6 Menu de seleção para medidores, grandezas, período de análise e restrição de horário.

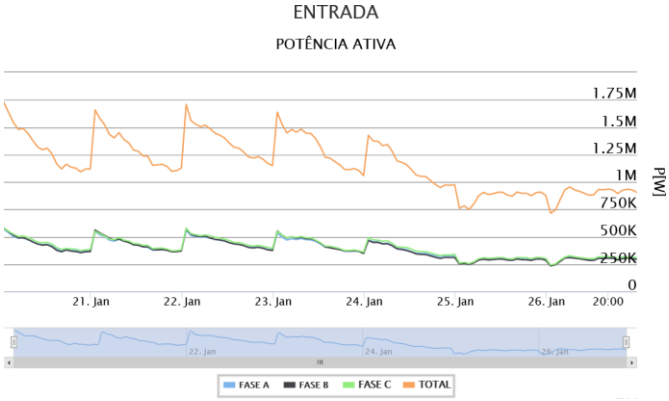

Fig. 7 Seleção da demanda no horário de ponta.

Ainda em relação a demanda, o SISGEE permite visualizar os picos registrados da potência ativa para cada mês, junto à demanda estipulada para cada edifício com uma margem de 5% de ultrapassagem conforme o estabelecido pela resolução normativa 414 da ANEEL (2010), como pode ser visto na Fig. 7.

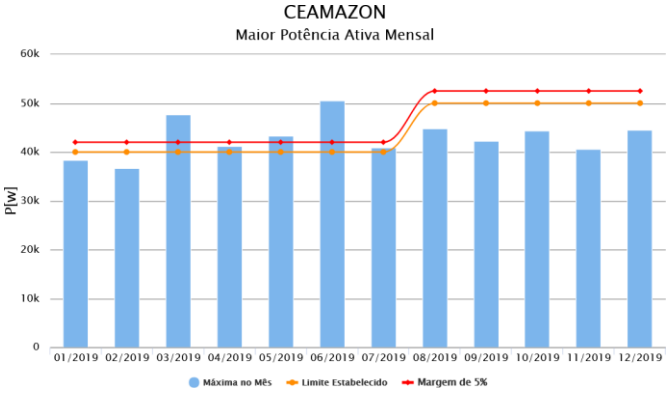

Fig. 8 Demanda de potência ativa.

Como pode ser visto, é possível gerenciar os níveis de picos de potência ativa e estabelecer limites para os gestores, com o intuito de minimizar os impactos onerosos da ultrapassagem de demanda.

2.3 Enquadramento Tarifário

Os consumidores de energia são classificados de acordo com o nível de tensão de atendimento. Segundo a resolução normativa 414 da ANEEL (2010), unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, são classificadas como parte do grupo B, caracterizado pela tarifa monômia, constituída da aplicação de valores monetários pelo consumo de energia elétrica ativa. Unidades consumidoras com tensão de fornecimento igual ou superior a 2,3 kV são classificadas como parte do grupo A, que tem como característica a fatura binômia, ou seja, é constituída da aplicação de valores monetários pelo consumo de energia elétrica ativa e demanda faturável.

Como a UFPA é atendida pela concessionaria de energia com tensão de fornecimento igual 13,8 kV, está contida no grupo A. Desse modo, serão estudadas apenas modalidades tarifarias aplicadas a esse grupo.

Para unidades pertencentes ao grupo A existem três modalidades tarifárias disponíveis: convencional binômia sem distinção horária, aplicada somente em unidades com demanda contratada até 300 kW; modalidade tarifária horária verde, com distinção horaria para consumo; e modalidade tarifária horária azul, com distinção horaria para consumo e demanda. Desse modo, é possível simular o gasto com energia para cada uma das modalidades disponíveis e enquadrar o consumidor no contrato mais adequada ao seu perfil de consumo. Tendo em vista que os consumidores analisados estão enquadrados nas modalidades verde ou azul, a seguir serão apresentadas as modelagens matemáticas para ambos os casos.

2.3.1 Modalidade Tarifária Horária Verde

A modalidade tarifária horária verde é aplicada levando em consideração a distinção horário, tendo as seguintes tarifas aplicadas:

- Tarifa única para demanda de potência (R$/kW);
- Uma tarifa para o consumo de energia no posto tarifário ponta (R$/MWh);
- Uma tarifa para o consumo de energia no posto tarifário fora de ponta (R$/MWh).

O valor final da tarifa horária verde será a soma dos valores devido ao consumo, a demanda e a ultrapassagem de demanda. O valor devido ao consumo é calculado de acordo com (1).

$$VC = CP * TCP + CFP * TCFP \quad (1)$$

Onde: *VC* - Valor do Consumo; *CP* - Consumo na ponta; *TCP* - Tarifa para o consumo na Ponta; *CFP* - Consumo fora de Ponta; *TCFP* - Tarifa para o Consumo Fora de Ponta.

O valor devido a demanda de potência ativa é calculado de acordo com (2). O valor da demanda de potência ativa é igual a demanda contratada caso o valor registrado for inferior ao contratado. Caso a demanda registrada for superior a contratada, a demanda registrada será faturada.

$$VD = DPA * TD \quad (2)$$

Onde: *VD* - Valor da Demanda; *DPA* - Demanda de Potência Ativa; *TD* - Tarifa para Demanda .

O valor devido a ultrapassagem só será cobrado caso o valor da demanda registrada for superior a 5% acima do valor da demanda contratada. Nesse caso, o valor devido a ultrapassagem da demanda de potência ativa é dado de acordo com a equação 3.

$$VU = (DR - DC) * 2 * TD \quad (3)$$

Onde: *VU* - Valor da Ultrapassagem; *DR* - Demanda Registrada; *DC* - Demanda Contratada; TD - Tarifa para Demanda.

Tendo em vista o método de cálculo da tarifa para a demando utilizado na modalidade horaria verde, pode-se estimar um valor de demanda contratada com o intuito de não ocasionar ultrapassagem ou não ter uma demanda contratada ociosa. Em (4) mostra o método de cálculo da nova demanda contratada para a modalidade horária verde.

$$DC = TETO.MAT(MDR/1{,}05) \quad (4)$$

Onde: *DC* – Demanda a ser contratada; *MDR* – Máxima Demanda Registrada.

2.3.2 Modalidade Tarifária Horária Azul

A modalidade tarifária horária azul é aplicada levando em consideração a distinção horário, tendo as seguintes tarifas aplicadas:

- Uma tarifa para demanda de potência no posto tarifário ponta (R$/kW);
- Uma tarifa para demanda de potência no posto tarifário fora de ponta (R$/kW);
- Uma tarifa para o consumo de energia no posto tarifário ponta (R$/MWh);
- Uma tarifa para o consumo de energia no posto tarifário fora de ponta (R$/MWh);

O valor final da tarifa horária azul será a soma dos valores devido ao consumo, a demanda e a ultrapassagem de demanda. O valor devido ao consumo é calculado de acordo com (5).

$$VC = CP * TCP + CFP * TCFP \quad (5)$$

Onde: *VC* - Valor do Consumo; *CP* - Consumo na ponta; *TCP* - Tarifa para o consumo na Ponta; *CFP* - Consumo fora de Ponta; *TCFP* - Tarifa para o Consumo Fora de Ponta.

O valor devido a demanda de potência ativa é calculado de acordo com (6). Os valores de demanda na ponta e fora de ponta são os valores contratados caso os valores registrados sejam inferiores aos contratados. Caso as demandas registradas na ponta e fora de ponta forem superiores as contratadas, as demandas registradas serão as faturadas.

$$VD = DP * TDP + DFP * TDFP \quad (6)$$

Onde: *VD* - Valor da Demanda; *DP* - Demanda na Ponta; *TDP* - Tarifa para Demanda na Ponta; *DFP* - Demanda Fora de Ponta; *TDFP* - Tarifa para Demanda Fora de Ponta.

O valor devido a ultrapassagem só será cobrado caso os valores das demandas registradas forem superiores a 5% acima dos valores das demandas contratadas. Nesse caso, o valor devido a ultrapassagem da demanda de potência ativa é dado de acordo com (7).

$$VU = (DRP - DCP) * 2 * TDP + (DRFP - DCFP) * 2 * TDFP \quad (7)$$

Onde: *VU* - Valor da Ultrapassagem; *DRP* - Demanda Registrada na Ponta; *DCP* - Demanda Contratada na Ponta; *TDP* - Tarifa para Demanda na Ponta; *DRFP* - Demanda Registrada Fora de Ponta; *DCFP* - Demanda Contratada Fora de Ponta; *TDFP* - Tarifa para Demanda Fora de Ponta.

Tendo em vista o método de cálculo da tarifa para a demanda utilizada na modalidade horaria azul, pode-se estimar um valor de demanda contratada para cada posto tarifário com o intuito de não ocasionar ultrapassagem ou não ter uma demanda contratada ociosa. Em (8) e (9), mostram o método de cálculo

da nova demanda contratada para modalidade horária azul usado pelo.

$$DCP = TETO.MAT(MDRP/1{,}05) \quad (8)$$

$$DCFP = TETO.MAT(MDRFP/1{,}05) \quad (9)$$

Onde: *DCP* – Demanda a ser contratada na ponta; *DCFP* – Demanda a ser contratada fora de ponta; *MDRP* – Máxima Demanda Registrada na Ponta; *MDRFP* – Máxima Demanda Registrada Fora de Ponta.

Com base na máxima demanda registrada para cada posto tarifário, o valor das demandas contratadas é ajustado de modo a se enquadro no máximo valor permitido, que é de 5% acima do valor contratado.

3. ESTUDO DE CASO

A UFPA, campus Guamá, cadastrada como unidade consumidora 19, está enquadrada na modalidade tarifária do Grupo A. Dado o monitoramento das cargas de prédios da universidade e do ponto de acoplamento comum junto a concessionária local, utilizando o software SISGEE, pode-se verificar que, ao longo dos anos, a UFPA mantém um padrão de carga nos períodos letivo e não letivo. Neste trabalho, decidiu-se analisar financeiramente o contrato de demanda e consumo de energia baseado nas modalidades verde e azul, para, então, medir o impacto de sua adequação e verificar a possibilidade de economia financeira.

Para a análise financeira, tomou-se como base as faturas de energia da UFPA e o custo com energia no período dos últimos 14 meses para cada uma das modalidades tarifarias disponíveis, assim como foi calculado uma demanda eficiente que deve ser contratada, ou seja, a que acarrete menor custo aos cofres públicos.

O campus Guamá da UFPA, está atualmente enquadrada na modalidade tarifaria horária verde com demanda contratada de 5900 kW. A Fig. 9 apresenta um gráfico com as demandas registradas em kW no horário de ponta (P) e fora de ponta (FP) no período de agosto de 2017 a dezembro de 2019, de acordo com os dados da concessionária local. É perceptível que em vários meses do ano há ultrapassagem da máxima demanda permitida, ocasionando multas a instituição.

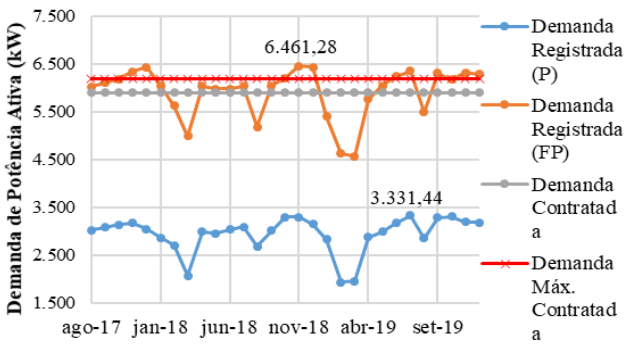

Fig. 9 Demandas registradas UFPA Campus Guamá de agosto de 2017 a dezembro de 2019.

3.1 Demanda Eficiente para a Modalidade Horária Verde para a UFPA Campus Guamá

Analisando o histórico de demandas registradas em 14 meses, de novembro de 2018 a dezembro de 2019, de acordo com (4), a nova demanda projetada é de 6.154 kW. O comparativo dos valores gastos com energia na modalidade tarifária horária verde sem imposto com a demanda vigente no período e com a demanda proposta é apresentado na Fig. 10. A Fig. 11 apresenta o comparativo com imposto.

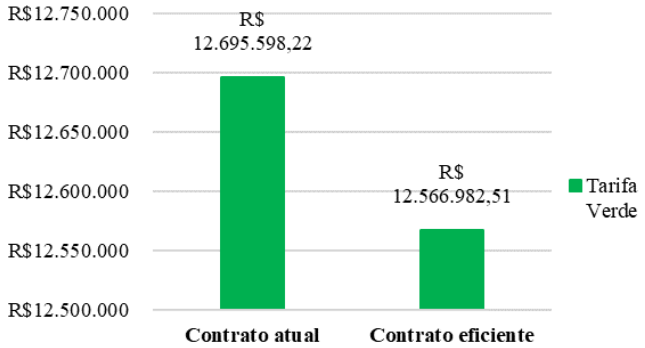

Fig. 10 Comparativo entre os valores médios para as demandas vigente no período e eficiente na modalidade tarifária horária verde sem imposto.

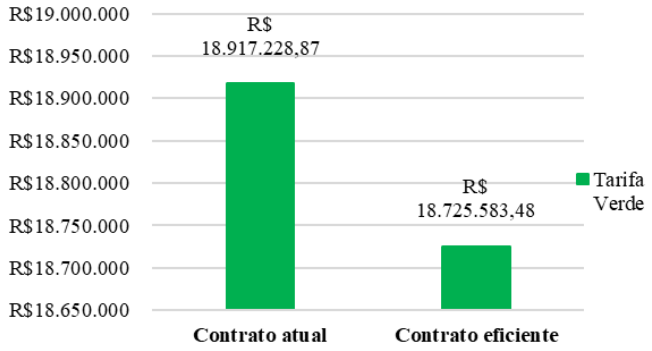

Fig. 11 Comparativo entre os valores médios para as demandas vigente no período e eficiente na modalidade tarifária horária verde com imposto.

3.2 Demanda Eficiente para a Modalidade Horária Azul para a UFPA Campus Guamá

Na modalidade tarifária horário azul a demanda proposta no horário de ponta, de acordo com (8), é de 3173 kW. Para o horário fora de ponta a demanda proposta, de acordo com (9), é de 6154 kW. O comparativo dos valores gastos com energia na modalidade tarifária horária azul sem imposto no período de novembro de 2018 a dezembro de 2019 com as demandas vigente no período e para a demanda proposta é apresentado na Fig. 12. A Fig. 13 apresenta o comparativo com imposto.

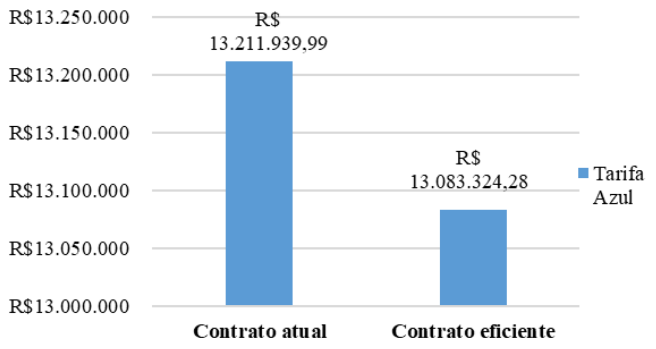

Fig. 12 Comparativo entre os valores médios para as demandas vigente no período e eficiente na modalidade tarifária horária azul sem imposto.

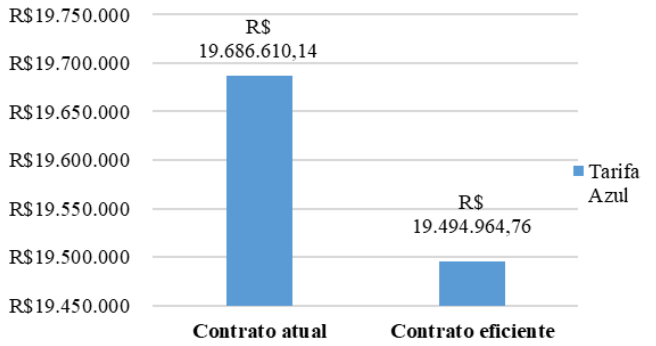

Fig. 13 Comparativo entre os valores médios para as demandas vigente no período e eficiente na modalidade tarifária horária azul com imposto.

3.3 Comparação Entre o Contrato Atual e o Contrato Eficiente

Comparando os resultados simulados para os 14 meses nas modalidades tarifárias horárias verdes e azul, com os valores de demanda vigente no período e eficiente, pode-se estimar a economia mensal média ao efetuar a mudança de contrato para aquela que seja mais vantajosa financeiramente, ou seja, a que gere menor custo durante sua vigência. A Fig. 14 apresenta um gráfico comparativo para todas as situações sem imposto. A Fig. 15 detalha o comparativo com o imposto.

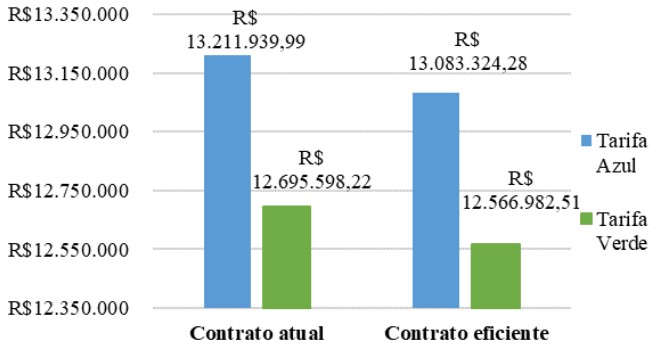

Fig. 14 Comparativo entre os valores médios para os contratos das tarifas verde e azul sem imposto.

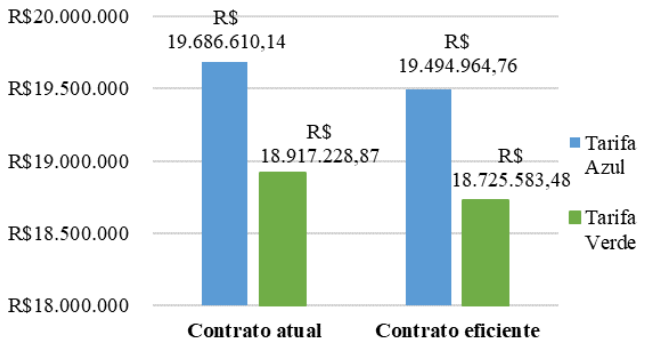

Fig. 15 Comparativo entre os valores médios para os contratos das tarifas verde e azul com imposto.

Com base nos valores simulados e levando em conta que o contrato vigente no período está enquadrado na modalidade tarifária horária verde, infere-se que a modalidade tarifária deve ser mantida e, de acordo com (4), o valor de demanda contratada deve ser alterado de 5900 kW para 6154 kW.

Após a realização das alterações propostas, consta-se uma economia total simulada sem imposto de R$ 128.615,71, no período de 14 meses, equivalente a uma economia média mensal de R$ 9.186,84. Para os valores simulados com imposto no mesmo período, calcula-se uma economia total de R$ 191.645,39, equivalente a uma economia média mensal de R$ 13.688,96.

Vale ressaltar que as simulações apresentadas são válidas desde que a curva de carga da UFPA permaneça constante, como mantém-se desde agosto de 2017 (Fig. 9), início dos registros estudados para a elaboração deste artigo. A curva de carga da unidade se mantém estável, mostrando que a demanda da instituição está sendo bem administrada, pois para o sistema elétrico é desejável uma curva com menos variações.

A adequação da demanda contratada deve ser constante, na renovação do contrato junto a concessionária deve-se analisar sempre o histórico de demanda da instituição. Em paralelo podem ser tomadas ações de gestão de energia que visem estabilizar a curva de carga, como a avaliação da eficiência energética de edificações e inserções de fontes alternativas de energia.

4. CONCLUSÃO

A análise dos registros dos valores medidos faturados pela concessionária de energia é de suma importância para definir contratos menos dispendiosos. O desconhecimento da curva de carga de uma unidade pode implicar na realização de um contrato inadequado ao perfil de consumo, o que resulta em despesas adicionais

A ferramenta desenvolvida possui uma interface intuitiva e agradável e foi desenvolvida com base nos padrões operantes no mercado. Além da aplicação didática para o ensino, como a formação em meio acadêmico, pesquisas e estudos científicos, a ferramenta também possui aplicação no setor residencial, comercial, indústrias ou órgãos públicos, como é realizado pela equipe de gestão energética da UFPA, atuante no CEAMAZON.

Com base nas medições de demanda e consumo e nas tarifas vigentes, é possível simular diferentes cenários de valores e gastos financeiros de uma instalação, bem como planejar estratégias de redução de custos por meio de ações de eficiência energética.

AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; e do CNPq para a realização do presente trabalho, no âmbito do projeto "Sistema inteligente para determinação dos impactos harmônicos de múltiplos consumidores nas redes de distribuição de energia elétrica", aprovado na Chamada Universal - MCTI/CNPq/CT-ENERG Nº 14/2016.

REFERÊNCIAS

Altermann, D. (2012), "Design Responsivo: Entenda o que é a técnica e como ela funciona.", disponível em <http://www.midiatismo.com.br/design-responsivo-entenda-o-que-e-a-tecnica-e-como-ela-funciona>. Acessado em 18 de abril 2020.

ANEEL (2010). Resolução normativa nº 414, de 9 de setembro de 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br >. Acessado em janeiro de 2020.

Carvalho, I.S., Júnior, U.C.P., Monteiro, F., Tostes, M.L., Muniz, J.R.S. e Souza, A.C.D.B. (2019). Modelagem e validação de um sistema multiplataforma para Gerenciamento de Energia Elétrica – SISGEE. Anais do 14º Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente

Cruz, R. (2014). Gerenciamento de energia elétrica para otimizar a qualidade e a eficiência energética de grandes consumidores. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa – PB.

Cunha, L. (2010). Gerenciamento de energia no Brasil. *Memória da eletricidade*, O setor elétrico, junho de 2010. pp. 78-85.

Cunha, M. (2016). Estratégias de gerenciamento pelo lado da demanda aplicadas aos consumidores de BT considerando a tarifa branca e a geração distribuída. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria – RS.

Inovalize (2016), "Diferenças entre design responsivo, adaptativo e fluído". Disponível em <https://inovalize.com.br/diferencas-design-responsivo-adaptativo-fluido/>. Acessado em 14 de abril de 2020.

Leite, F. (2018), "Entendendo as diferenças entre design responsivo, adaptativo e mobile-first". Disponível em <https://medium.com/@fnandaleite/entendendo-as-diferen%C3%A7as-entre-design-responsivo-adaptativo-e-mobile-first-ea3c61fc9181>. Acessado em 14 de abril de 2020.

Luna, G. (2017), "Responsividade em página Web", disponível em <https://medium.com/jaguaribetech/imagens-responsivas-css3-1403253225c6>. Acessado em 14 de abril de 2020.

Macoratti, J.C. (2010), "Padrões de Projeto: O modelo MVC – Model View Controler". Disponível em <http://www.macoratti.net/vbn_mvc.htm>. Acessado em 14 de abril de 2020.

Medeiros, I., (2013), "Introdução ao Padrão MVC". Disponível em <https://www.devmedia.com.br/introducao-ao-padrao-mvc/29308>. Acessado em 14 de abril de 2020.

Modbus Organization (2012), "MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION V1.1b3". Disponível em <http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf>. Acessado em 14 de abril de 2020.

Muniz, J.R.S. (2019), Projeto Computacional do Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica – SISGEE, na Cidade Universitária José da Silveira Netto, Universidade Federal do Pará.

Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 8, "Qualidade da Energia Elétrica". Disponível em <http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo_8-Revis%C3%A3o_10/2f7cb862-e9d7-3295-729a-b619ac6baab9>. Acessado em 18 de abril de 2020.

ONS. Histórico de operação. Disponível em < http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/carga_energia.aspx>. Acessado em 30 de março de 2020.

Roméro, M.A. e Lineu, B.R. (2014), *Eficiência energética em edifícios*, Manole Ltda.

Santos, I., Moreira, F.J., Silva, J.A.A., Freitas, M.T. e Reis, J.C.S. (2010), Possibilidades e Limitações a Arquitetura MVC (*Model – View – Controller*) com ferramenta IDE (*Integrated Development Environment*), Universidade José do Rosário Vellano.

Sommerville, I. (2011), *Engenharia de Software*, 9nd ed., Pearson Prentice Hall.

Turella, R. (2019), "Eficiência Energética – O que é? Qual a importância". Disponível em <https://www.cubienergia.com/eficiencia-energetica/>. Acessado em 18 de abril de 2020.

UFPA em números 2019. UFPA em números. Disponível em <http://www.ufpanumeros.ufpa.br/index.php/2-unidades>. Acessado em 14 de abril de 2019.

Zizuini, Z. (2017), "Devo usar NoSQL e MongoDB?". Disponível em <https://medium.com/leroy-merlin-brasil-tech/devo-usar-nosql-e-mongodb-951693aa0d34>. Acessado em 16 de abril de 2020.

Zorzo, A. (2017). "Computação transformando a sociedade". Disponível em < https://www.baguete.com.br/noticias/19/01/2017/computacao-transformando-a-sociedade>. Acessado em 14 de abril de 2020.