UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM PORTO ALEGRE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

RENAN VINICIUS DE BARROS BECKER

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: ANÁLISE TARIFÁRIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE/RS

PORTO ALEGRE
2019

RENAN VINICIUS DE BARROS BECKER

ANÁLISE TARIFÁRIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE/RS

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção de aprovação na disciplina.

Orientador: Elton Gimenez Rossini

PORTO ALEGRE

2019

Catalogação de Publicação na Fonte

B396a Becker, Renan Vinicius de Barros.
Análise tarifária de uma estação de tratamento de esgotos na cidade de Porto Alegre/RS / Renan Vinicius de Barros Becker. – Porto Alegre, 2019.
50 f.

Orientador: Prof. Dr. Elton Gimenez Rossini.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Engenharia de Energia, Unidade em Porto Alegre, 2019.

1. Eficiência Energética. 2. Análise Tarifária. 3. Saneamento. I. Rossini, Elton Gimenez. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Bibliotecas da Uergs.

RENAN VINICIUS DE BARROS BECKER

ANÁLISE TARIFÁRIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE/RS

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Elton Gimenez Rossini

Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA

_____
Orientador: Prof. Dr. Elton Gimenez Rossini
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

_____
Prof. Dr. Nei Marçal
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

_____
Prof. Dr. Fidel RomelMalqui Espinoza
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

_____
Prof. Dr. José de Souza
Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha - DPPI

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Plínio Becker e Juçara Becker, pela estrutura familiar e suporte financeiro para poder cursar o ensino superior.

A minha noiva Letícia de Melo, pelo incentivo constante e auxílio acadêmico durante todo o período da graduação.

Aos colegas que se tornaram amigos, Thiago Braga de Deus, Marcus Vinicius Leivas de Azevedo, Francisco Pereira Borges, Elison Eduardo Jardim Bierhals, e Claudineia Brazil, sem os quais não teria sido possível suportar e superar todas as dificuldades da graduação em engenharia.

Ao Professor Dr. Elton Gimenez Rossini, que me acompanhou durante toda a graduação e gentilmente aceitou orientar este trabalho.

“Equipado com seus cinco sentidos, o homem explora o universo ao seu redor e chama essa aventura de ciência”.

(HUBBLE, 1954).

RESUMO

Os sistemas de abastecimento e de esgotamento sanitário são responsáveis por, aproximadamente, 3% da energia consumida no mundo. Este trabalho tem por objetivo otimizar os gastos com energia elétrica de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) localizada no município de Porto alegre a partir da análise de faturas de energia. A ETE estudada opera de forma contínua 24 horas por dia, todos os dias do ano, com capacidade de tratamento de 444 litros de esgoto sanitário por segundo, representando o atendimento de 13% da população do município de Porto Alegre. Através da análise de 43faturas mensais de energia (janeiro de 2016 a julho de 2019) foi possível identificar as seguintes características que influenciam o valor final da fatura: Grupo Consumidor, Modalidade Tarifária, Energia Consumida Ponta (kWh), Energia Consumida Fora Ponta (kWh), Demanda Contratada (kW), Demanda Faturada (kW), Máxima Demanda Consumida Ponta (kW), Máxima Demanda Consumida Fora Ponta (kW). A análise tarifária foi aplicada a partir das últimas 19 faturas de energia (janeiro de 2018 a julho de 2019) e demonstrou o potencial de otimização dos recursos públicos através de uma solução não estrutural. A alteração de modalidade tarifária de Verde para Azul e o reajuste da Demanda contratada possibilitam uma redução anual de R$ 85.469,90 no custo de energia elétrica para a ETE estudada.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Análise Tarifária; Saneamento.

ABSTRACT

Sanitation and wastewater systems are responsible for approximately 3% of the energy consumed in the world. This work aims to optimize the electricity expenses of a Wastewater Treatment Station (WWTP) located in Porto Alegre from the analysis of energy bills. The studied WWTP operates continuously 24 hours a day, every day of the year, with a treatment capacity of 444 liters of wastewater per second, representing 13% of the population of the city of Porto Alegre. Through the analysis of 43 monthly energy bills (January 2016 to July 2019) it was possible to identify the following characteristics that influence the final invoice value: Consumer Group, Tariff Modality, Energy Consumed in Peak hours (kWh), Energy Consumed Off-Peak hours (kWh), Contracted Demand (kW), Billed Demand (kW), Maximum End Consumed Demand (kW), Maximum Out End Consumed Demand (kW). The tariff analysis was applied in the last 19 energy bills (January 2018 to July 2019) and demonstrated the potential of optimizing public resources through a non-structural solution. The change of tariff modality from Green to Blue and the readjustment of the contracted demand allow an annual reduction of R$ 85,469.90 in the cost of electricity for the studied WWTP.

Keywords: Energy Efficiency; Tariff Analysis; Sanitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 26

Figura 02 32

Figura 03 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 34
Tabela 02 35
Tabela 03 36
Tabela 04 37
Tabela 05 38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$_{a}$CTConFP- Custo Tabelado do Consumo Fora da Ponta

$_{a}$CTConP- Custo Tabelado do Consumo Ponta

$_{a}$CTDemFP - Custo Tabelado da Demanda Fora Ponta

$_{a}$CTDemP - Custo Tabelado da Demanda Ponta

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

DemC - Demanda Contratada

FP – Fora Ponta

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

kW – Quilo Watt

kWh – Quilo Watt Hora

MaxDem - Máxima Demanda Registrada

P - Ponta

PIS – Programa de Integração Social

$_{v}$CTConFP- Custo Tabelado do Consumo Fora da Ponta

$_{v}$CTConP - Custo Tabelado do Consumo Ponta na Modalidade Verde

$_{v}$CTDem - Custo Tabelado da Demanda na Modalidade Verde

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13
2. REFERENCIAL TEÓRICO 16
2.1. SANEAMENTO E ENERGIA 16
2.2. SISTEMA TARIFÁRIO DE ENERGIA 19
3. METODOLOGIA 25
3.1. LEVANTAMENTO DE DADOS 26
3.2. MÉTODO DE CÁLCULO 27
3.2.1. MODALIDADE TARIFÁRIA VERDE 27
3.2.2. MODALIDADE TARIFÁRIA AZUL 29
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES 32
5. CONCLUSÕES 40
6. REFERÊNCIAS 41

1. INTRODUÇÃO

Com base na experiência dos Objetivos do Milênio, a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) para o desenvolvimento sustentável tem uma meta abrangente para a água, indo além das questões de abastecimento de água e saneamento. O item 6 dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável afirma: “Até 2030, melhorar a qualidade da água reduzindo a poluição, eliminando o despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente”. O nível extremamente baixo de tratamento de águas residuais em países de baixa renda e renda média-baixa revela uma necessidade urgente de implementar soluções de baixo custo e opções seguras de reutilização de água para apoiar este objetivo (UNESCO, 2017).

No Brasil, em 2016, 51,9% dos 5.564 municípios existentes contavam com serviços de coleta de esgoto, enquanto apenas 45% efetuavam o tratamento; em volume, 5,2 bilhões de m³ de esgoto não são tratados anualmente (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

Os sistemas de abastecimento e de esgotamento sanitário são responsáveis por, aproximadamente, 3% da energia consumida no mundo. No Brasil, a situação não é diferente e, de acordo com dados de 2008 do Programa Nacional de Conservação de Energia para o Setor de Saneamento – PROCEL SANEAR, entre 2 e 3% do consumo total de energia elétrica no nosso país, o equivalente a cerca de 10 bilhões de kWh/ano, são consumidos por prestadoras de serviços de água e esgotamento sanitário. Este consumo refere-se aos diversos usos nos processos de abastecimento de água e de esgotamento (GOMES, 2010).

Não é incomum que as estações de tratamento apresentem uma modalidade tarifária de energia elétrica obsoleta à sua característica de consumo e baixos índices de eficiência. Fato qual se deve a fatores como má gestão da operação das bombas, falta ou pouca frequência de planejamento na contratação de demandas junto às concessionárias e permissionárias, volatilidade constante dos padrões de consumo (SOUZA, 2016).

Os custos com energia elétrica nos prestadores de serviço de saneamento representam gastos suficientemente relevantes que justificam um rigoroso controle dos contratos de energia elétrica. A realização de análises e simulações tarifárias permitem a identificação de potenciais de economia por meio de medidas administrativas como otimizar os parâmetros contratuais ou reaver eventuais cobranças indevidas da concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica (VASCONCELOS, 2016).

A eficiência energética em prédios públicos é uma tendência sustentável cada vez mais exigida dos gestores públicos, no entanto, muitos têm o entendimento que para se alcançar tal objetivo seriam necessários altos investimentos. Em alguns casos, o alto investimento pode ser indispensável, mas existem ações voltadas para eficiência energética, que podem fornecer bons resultados, desde que sejam consideradas políticas internas a serem cumpridas e monitoradas constantemente (OLIVEIRA et al., 2015).

A eficiência energética em sistemas de saneamento mostra-se como uma grande oportunidade para redução de custos operacionais nas empresas do setor. A partir da reestruturação do setor elétrico brasileiro, esta preocupação se tornou evidente na medida em que as empresas de saneamento começaram a ser cobradas por utilizar a energia de forma ineficiente (consumo excedente de energia reativa) ou pelo não cumprimento dos contratos de fornecimento de energia elétrica (ultrapassagem da demanda elétrica contratada). Os primeiros passos rumo à eficiência energética nas empresas deste seguimento passam por ações não estruturais, sejam elas administrativas ou operacionais (DA SILVA et al., 2015).

Este trabalho tem por objetivo otimizar os gastos com energia elétrica de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), localizada na cidade de Porto Alegre a partir do correto enquadramento tarifário, realizado a partir da análise do contrato de fornecimento de energia entre a concessionária de energia Companhia Estadual de Energia Elétrica – Distribuição (CEEE-D).

São identificados os seguintes objetivos específicos:

- Diagnosticar da demanda de potência utilizada pela ETE ao longo do período estudado.

- Realizar simulações com diferentes alterações no contrato tarifário e comparar os resultados financeiros.
- Identificar os parâmetros que possuem maior influência na análise tarifária.

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, organizados nos seguintes tópicos: Capítulo 1 – Introdução, é apresentada a justificativa para a execução desse trabalho, o objetivo geral e os objetivos específicos. Capítulo 2 – Referencial Teórico, são apresentados os conceitos e aspectos técnicos, que serviram como base para uma melhor compreensão do contexto de realização dessa pesquisa. Capítulo 3 – Metodologia, contempla o levantamento de dados e a apresentação das equações utilizadas para as simulações. Capítulo 4 – Resultados e Discussão, neste capítulo encontram-se as análises dos dados tabulados e os resultados das simulações. Capítulo 5 – Conclusão apresenta um breve resumo, para contextualizar, com base nas discussões dos resultados mostrados na seção anterior, as implicações da análise da pesquisa. Finalmente são apresentadas propostas que podem ser empregadas para dar continuidade em novos trabalhos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados os fundamentos teóricos de livros e artigos acadêmicas, além das principais legislações, normas técnicas, e resoluções vigentes no Brasil que serviram como base para este trabalho.

2.1. SANEAMENTO E ENERGIA

Água fresca, em quantidade e qualidade suficientes, é essencial para todos os aspectos da vida e do desenvolvimento sustentável. Os recursos hídricos são incorporados em todas as formas de desenvolvimento, como para a segurança alimentar, promoção da saúde e redução da pobreza, assim como na manutenção da economia pelo crescimento da agricultura, indústria e geração de energia (ONU, 2018).

Apenas duas a cada cinco pessoas no mundo tiveram acesso a serviços de saneamento gerenciados de forma segura no ano de 2015 (OMS, 2017), sendo que saneamento básico, água potável e higiene são pontos fundamentais para preservar a saúde, sendo que seu acesso universal e adequado é essencial para acabar com mortes evitáveis por doenças relacionadas à água e a falta de saneamento, além de melhorar aspectos de nutrição, bem-estar social, a economia e produtividade.

A ocorrência de doenças ocasionadas pela falta de condições adequadas de saneamento pode levar o homem a inatividade ou a reduzir sua potencialidade para o trabalho, assim sendo, o saneamento básico diz respeito à importância econômica de um Estado. Assim sendo, são considerados os seguintes aspectos: aumento da vida média do homem, pela redução da mortalidade em consequência da redução dos casos de doenças; diminuição das despesas com o tratamento de doenças evitáveis; redução do costuma do tratamento da água de abastecimento, pela prevenção da poluição dos mananciais; controle da poluição de praias e locais de recreação que promovam o turismo como geração de renda para a região, assim como também visa à preservação da fana aquática, considerando especialmente os criadouros de peixes. Estima-se que a cada

US$1.00 investido em água, saneamento e higiene o retorno em benefícios econômicos e à saúde é de US$5.00 (FUNASA, 2004; ONU, 2018).

O esgoto doméstico é definido como aquele que provem principalmente de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou quaisquer edificações que dispõe de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas. Compõem-se essencialmente de água de banho, excretas, papal higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem. A coleta de águas residuais e a eficiência de tratamento de efluentes tende a ser a parte mais cara do processo de saneamento (FUNASA, 2004; UNESCO, 2017).

O município de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul, conta com o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), uma autarquia municipal que tem autonomia financeira, sendo o órgão responsável pela captação, tratamento e distribuição de água, bem como pela coleta, condução e tratamento do esgoto sanitário em Porto Alegre. O DMAE é responsável por manter e fiscalizar esses serviços, além do planejamento e promoção, de conta constante, de melhorias e ampliação, a fim de garantir a infraestrutura necessária para o crescimento sustentável do município (PMPA, 2015).

O município de Porto Alegre possui, no cenário atual de planejamento, dez sistemas de esgotamento sanitário (SES), sendo eles: SES Rubem Berta, SES Sarandi, SES Navegantes, SES Ponta da Cadeia, SES Cavalhada, SES Zona Sul, SES Salso, SES Belém Novo, SES Lami e SES Ilhas, desse total, os nove primeiros SES possuem estações de tratamento de esgoto (ETE), com processos diversificados, que vão desde biodigestor de fluxo ascendente, passando por lagoa de estabilização do tipo australiano, até reator anaeróbio seguido de lodos ativados com remoção de nutrientes e desinfecção (PMPA, 2015).

A estação de tratamento de esgoto São João/Navegantes, está situada no Bairro Navegantes na Av. A. J. Renner, 495, proximidades da Rua Dona Teodora, em uma área de aproximadamente 7,5 ha. Essa ETE conta com dois módulos implantados e em operação. O processo de tratamento utilizado é o de lodos ativados, convencional sem decantação primária, e compreende: tanques com aeração por ar difuso, recirculação de lodo, decantadores secundários, adensamento do equalizado através de centrífugas, tratamento de lodo por digestão anaeróbia e desidratação através de centrífugas. A vazão nominal dessa

ETE é de 444 L/s para dois módulos em operação (222 L/s cada módulo). Os esgotos sanitários do Sistema Navegantes têm como destino final o coletor geral pluvial do Bairro Humaitá, cujo lançamento é efetuado no Saco do Cabral, no Delta do Jacuí, próximo à foz do Rio Gravataí (PMPA, 2015).

O consumo de energia elétrica é indispensável na gestão e operação dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário e originam uma despesa de exploração significativa, que costumam variar entre 9 e 24% das despesas totais deste setor. Sob uma perspectiva econômica e financeira, as ineficiências no uso de energia constituem custos evitáveis que são suportados por subsídios à operação dos serviços e por taxas e tarifas cobradas dos usuários (SNIS, 2017). No ano de 2017, as despesas com energia elétrica dos prestadores de serviço de saneamento participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento(SNIS) atingiriam um montante de R$ 5,26 bilhões, com consumo de 12,6 TWh, compostos por 11,3 TWh com abastecimento de água e 1,3 TWh com esgotamento sanitário, este consumo é equivalente ao consumo de energia elétrica doméstica anual de cerca de 18,2 milhões de habitantes (SNIS, 2017).O consumo energético associado a uma ETE está relacionado, a motores e bombas para o deslocamento de líquidos, dosagens de reagentes, agitação mecânica,aeradores, sopradores e equipamentos para a linha de lodos (digestão, adensamento, desidratação de lodo, etc.) (WARTCHOW, 2008).

A eficiência energética pode ser definida como a razão entre a energia mínima teoricamente indispensável para realização de um trabalho e a energia realmente usada para a execução do mesmo. A eficiência energética pode ser entendida como o conjunto de práticas e políticas que reduza os custos com energia e/ou aumente a quantidade da energia disponível sem a necessidade de aumento de geração (MARTINS, 1999; PEREIRA & CONDURÚ, 2014).

Algumas ações podem ser tomadas com objetivo de melhorar a eficiência energética em sistemas de abastecimento de água, por exemplo:trocar motores antigos com pouca eficiência por novos e modernos,onde é obtida uma melhor relação custo - benefício com essa troca; corrigir o fator de potência dos motores, com a instalação de capacitores nas principais elevatórias de água e esgotamento sanitário; reavaliar a demanda contratada junto à concessionária de energia elétrica e mudar o horário de acionamento das máquinas para horários de tarifas

de menor custo. Estabelecer para a maioria das elevatórias de água e esgotos um horário de ponta, período de três horas contínuas estabelecido pela concessionária de energia elétrica como o de maior demanda e, consequentemente, com maior tarifa (ALBUQUERQUE, 2007).

O consumo energético na etapa de elevação e bombeamento de esgotos, assim como, no processo de tratamento de esgotos que utilizam sistemas de aeração forçada serão o de maior impacto no consumo total de energia elétrica de um sistema de esgotamento sanitário com tratamento. É nestas unidades onde se encontra o maior potencial para o planejamento com vistas ao consumo racional de energia (WARTCHOW, 2008).

2.2. SISTEMA TARIFÁRIO DE ENERGIA

O sistema tarifário de energia elétrica no Brasil é regido através de, principalmente, a Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, complementada pela Resolução Normativa nº 725, de 7 de junho de 2016, onde tem-se a fixação dos requisitos mínimos para conceder descontos voluntários sobre as tarifas de energia elétrica, em consonância com o princípio da isonomia.

Dentre as definições citadas na Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, destacam-se:

> a. Carga instalada: soma das potências totais dos equipamentos elétricos instalados [...], expressa em quilowatts (kW);
>
> b. Concessionária: presta o serviço de distribuição de energia elétrica;
>
> c. Demanda: potência elétrica em operação na unidade consumidora, durante um intervalo o tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reativo (kVar);
>
> d. Demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega. Essa deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento;
>
> e. Demanda medida: maior demanda de potência ativa, verificada em intervalos de 15 (quinze) minutos, durante o período de faturamento;

f. Fator de carga: razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado;

g. Fator de potência: razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado. Segundo o Art. 76 da RN n° 569 de julho de 2013, o mínimo permitido é 0,92 e cobrado somente para o grupo A;

h. Horário de Ponta: 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 ou permissão;

i. Horário Fora de Ponta: período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas nos postos ponta;

j. Tarifa de Energia – TE: valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R$/MWh, utilizado para efetuar o faturamento mensal referente ao consumo de energia;

k. Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD: valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R$/MWh ou em R$/kW, utilizado para efetuar o faturamento mensal de usuários do sistema de distribuição de energia elétrica pelo uso do sistema;

l. Unidade consumidora (UC): conjunto composto por instalações, ramal de entrada, equipamentos elétricos, condutores e acessórios, incluída a subestação (quando fornecimento em tensão primária), caracterizado pelo recebimento de energia elétrica com medição individualizada.

A tarifa visa assegurar aos prestadores dos serviços de transmissão e distribuição de energia elétrica receita o suficiente para cobrir os custos operacionais eficientes e remunerar investimentos necessários para a expansão dos serviços a fim de garantir o atendimento com qualidade aos consumidores. Visto isso, a ANEEL desenvolve metodologias de cálculo tarifário para os diferentes segmentos do setor elétrico, sendo eles: geração, transmissão, distribuição e comercialização, considerando a infraestrutura necessária para cada um dos segmentos e então os custos e investimento repassados às tarifas e é calculado pelo órgão regulador, podendo ser maiores ou menores do que os custos praticados pelas empresas (ANEEL, 2019).

No Brasil, os tributos estão embutidos nos preços dos bens e serviços. Isto significa que nas faturas de energia, os consumidores pagam tributos federais,

estaduais e municipais, que posteriormente são repassados aos cofres públicos pelas distribuidoras de energia (PROCEL, 2011).

A ANEEL publica, por meio de resolução, o valor da tarifa de energia elétrica, sem os tributos, por classe de consumo (residencial, comercial e industrial, etc.). Com base nesses valores, as distribuidoras de energia incluem os tributos (PIS, COFINS, ICMS e CIP) e emitem a fatura de energia que os consumidores pagam (PROCEL, 2011).

Os tributos federais são compostos pelo PIS (Programa de Integração Social) e COFINS (Contribuição para o Financiamento de Seguridade Social). O tributo estadual ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Serviços) é estabelecido pelo código tributário de cada estado. Esses tributos entram no valor a ser cobrado ao consumidor. Dentro da tributação municipal existe a CIP (Contribuição para Custeio do serviço de Iluminação Pública). Assim, é atribuída ao Poder Público Municipal toda e qualquer responsabilidade pelos serviços de projeto, implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública (PROCEL, 2011).

No Brasil, as unidades consumidoras são classificadas em dois grupos tarifários: Grupo A, que tem tarifa binômia e Grupo B, que tem tarifa monômia. O agrupamento é definido, principalmente, em função do nível de tensão em que são atendidos e também, como consequência, em função da demanda (kW). Os consumidores atendidos em alta tensão, acima de 2300 volts, como indústrias, shopping centers e alguns edifícios comerciais, são classificados no Grupo A. As unidades consumidoras atendidas em tensão abaixo de 2.300 volts são classificadas no Grupo B (baixa tensão) (PROCEL, 2011).

A Resolução Normativa nº 414, de 2010, da ANEEL, define os grupos de tensão A e B da seguinte forma:

> Grupo A: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia e subdividido nos seguintes subgrupos:
> a) subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
> b) subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
> c) subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;
> d) subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
> e) subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
> f) subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

> Grupo B: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia e subdividido nos seguintes subgrupos:
> a) subgrupo B1 – residencial;
> b) subgrupo B2 – rural;
> c) subgrupo B3 – demais classes;
> d) subgrupo B4 – Iluminação Pública

A tarifa aplicada aos consumidores do Grupo A é denominada Tarifa Binômia, visto que é constituída de preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa (kWh) e à demanda faturável (kW). Sobre o Grupo B, é aplicada a Tarifa Monômia, onde apenas se cobra o consumo de energia ativa (kWh), ou seja, não há contratação de demanda e paga-se apenas o consumido (PROCEL, 2011).

De acordo com o Decreto nº 7.891, de 23 de janeiro de 2013, que dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária, entende-se que a subclasse Serviço Público de Água, Esgoto e Saneamento, enquadrada no Grupo A, tem direito a quinze por cento (15%) de desconto concedido sobre a tarifa de uso do sistema de distribuição e para a tarifa de energia das unidades classificadas como Serviço Público de Água, Esgoto e Saneamento (BRASIL, 2013).

A definição de estrutura tarifária pode ser dada como sendo o conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e/ou a demanda de potência ativa, respeitando a modalidade de fornecimento (PROCEL, 2011). A Resolução Normativa nº 479 de 3 de abril de 2012 apresenta as seguintes definições:

> a. Modalidade tarifária convencional monômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia;
>
> b. Modalidade tarifária horária branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia;
>
> c. Modalidade tarifária convencional binômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo A caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia. Esta modalidade será extinta a partir da revisão tarifária da distribuidora;

> d. Modalidade tarifária horária verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência;
>
> e. Modalidade tarifária horária azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia.

A Resolução Homologatória nº 2.171 de novembro de 2016 extinguiu a modalidade tarifária Convencional Binômia, dessa forma direcionaram o consumidor do Grupo A em optar entre a tarifa horária Verde ou Azul.

O enquadramento na estrutura tarifária verde somente é possível aplicar em unidades consumidoras do Grupo A, subgrupos: A3a, A4 e AS, segundo a PROCEL (2011). Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária, na qual se deve contratar a demanda pretendida pelo consumidor (Demanda Contratada), independentemente do horário do dia o qual será utilizado (ponta ou fora de ponta), sendo que é possível contratar dois valores diferentes de demanda, um para períodos de seca e outro para períodos úmidos, uma vez que os períodos secos (de maio a novembro) apresentam as tarifas de consumo na ponta e fora de ponta são mais caros que no período úmido. A fatura de energia elétrica dos consumidores dessa modalidade é dada pela soma de parcelas referentes ao consumo (ponta e fora dela), da demanda contratada e da ultrapassagem da demanda (PROCEL, 2011).

A estrutura tarifária horo-sazonal azul é de uso obrigatório aos consumidores dos subgrupos: A1, A2 ou A3 e opcional aos consumidores dos subgrupos: A3a, A4 e AS. Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua tanto o valor da demanda pretendida pelo consumidor no horário de ponta (Demanda Contratada na Ponta) quanto o valor pretendido nas horas fora de ponta (Demanda Contratada fora de Ponta), sendo possível a contratação de valores diferentes para o período seco e úmido, assim como na estrutura tarifária horo-sazonal verde. A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta pela soma de parcelas referentes ao consumo e demanda e, caso exista, ultrapassagem. Em todas as parcelas observa-se a diferenciação entre horas de ponta e horas fora de ponta (PROCEL, 2011).

Para escolha do melhor enquadramento tarifário para um determinado empreendimento é necessário compreender o seu consumo de energia e a sua demanda de potência, através de um diagnóstico energético das tarifas de energia elétrica. Após o diagnóstico, é possível escolher de forma racional a melhor modalidade tarifária para o empreendimento, assim como os valores ideais de demanda a serem contratados (SOUZA, 2016; SCHAEDLER, 2017; DA SILVA, 2017).

3. METODOLOGIA

Este capítulo contempla o levantamento de dados e a apresentação das equações utilizadas para as simulações de enquadramento tarifário. A metodologia de enquadramento tarifário é aplicada na ETE São João - Navegantes, situada no Bairro Navegantes na Av. A. J. Renner, 495, proximidades da Rua Dona Teodora, em uma área de aproximadamente 7,5 há, no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. A Figura 01 mostra o detalhe da região, permitindo observar a proximidade com rodovias e com o Aeroporto.

Essa ETE conta com dois módulos implantados e em operação. O processo de tratamento utilizado é o de lodos ativados, convencional sem decantação primária, e compreende: tanques com aeração por ar difuso, recirculação de lodo, decantadores secundários, adensamento do equalizado através de centrífugas, tratamento de lodo por digestão anaeróbia e desidratação através de centrífugas. A vazão nominal dessa ETE é de 444 L/s para dois módulos em operação (ou seja, 222 L/s para cada módulo). Os esgotos sanitários do Sistema Navegantes têm como destino final o coletor geral pluvial do Bairro Humaitá, cujo lançamento é efetuado no Saco do Cabral, no Delta do Jacuí, próximo à foz do Rio Gravataí (PMPA, 2015).

A escolha do local para execução dessa pesquisa se deu a partir de um trabalho realizado na mesma estação, aonde foi realizado o diagnóstico energético que identificou os equipamentos com maior potência instalada no empreendimento (BECKER & DEUS, 2017). Com base neste trabalho, pretendeu-se avaliar o perfil tarifário da estação com intuito de propor uma solução não estrutural para a gestão energética na ETE.

Figura 01. Localização da ETE São João – Navegantes.

Fonte: Google Earth, 2019.

3.1. LEVANTAMENTO DE DADOS

Para execução deste trabalho foram obtidas as faturas de energia elétrica da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de um período de 43 meses (janeiro de 2016 a julho de 2019). Isso foi possível através do Sistema Eletrônico de Informação ao Cidadão (e-SIC) do Município de Porto Alegre. O e-SIC é utilizado para obter informações de interesse público, não disponíveis no Portal Transparência ou em outros canais da prefeitura. Simultaneamente foi necessário obter as Tabelas de Tarifas de Energia Elétrica aplicadas ao Grupo A da concessionária CEEE-D que regularam os preços da energia dentro do período estudado. A partir dos arquivos obtidos foram extraídos e tabulados os parâmetros de interesse.

Os parâmetros de interesse advindos das Tabelas de Tarifas variam sempre que há um reajuste das tarifas da concessionária autorizado pela ANEEL. Estes parâmetros estão divididos na Modalidade Verde e na Modalidade Azul. Para a Modalidade Verde tabulou-se os parâmetros: Custo Tabelado da Demanda, Custo Tabelado do Consumo Ponta, e Custo Tabelado do Consumo Fora da Ponta.Para a Modalidade Azul tabulou-se os parâmetros: Custo Tabelado

da Demanda Ponta, Custo Tabelado da Demanda Fora Ponta, Custo Tabelado do Consumo Ponta, e Custo Tabelado do Consumo Fora da Ponta.

Os parâmetros de interesse advindos das Faturas de Energia podem variar mensalmente, sendo eles: Grupo Tarifário, Modalidade do Grupo Tarifário, PIS, COFINS, ICMS, Consumo Ponta, Consumo Fora Ponta, Demanda Contratada, Demanda Faturada, Máxima Demanda Registrada na Ponta, Máxima Demanda Registrada Fora Ponta, Multa de Ultrapassagem de Demanda, Valor Total da Fatura.No total foram identificados 20 parâmetros que podem variar mensalmente, e são de interesse para realizar uma análise tarifária de qualidade. Com auxílio de planilhas eletrônicas foram elaborados cenários de enquadramento tarifário para a ETE junto da concessionária de forma a se obter o melhor resultado financeiro, sem alterar o consumo de energia e de demanda registrados nas faturas de energia. De forma a representar o comportamento mais atual da ETE, para a simulação de cenários, se utilizou efetivamente os dados dos 19 meses mais recentes disponíveis (janeiro de 2018 a julho de 2019).

3.2. MÉTODO DE CÁLCULO

O método para simulação das modalidades tarifárias para cada cenário consiste em utilizar as variáveis de consumo e demanda como dados de entrada para as fórmulas de composição tarifária de cada modalidade. Aplicam-se as tarifas pertinentes a cada subgrupo e classe, definidas pelas resoluções normativas da ANEEL para os postos de consumo.

3.2.1. MODALIDADE TARIFÁRIA VERDE

Primeiramente deve-se compreender a composição do Custo de Consumo Fora Ponta Verde ($_{v}CConFP$) (Equação 1), Custo de Consumo Ponta Verde ($_{v}CConP$) (Equação 2), e Custo da Demanda Verde ($_{v}CDem$) (Equação 3), através das seguintes equações:

$$vCConFP = \frac{vCTConFP}{(1-PIS-COFINS-ICMS)} \quad (1)$$

$$vCConP = \frac{vCTConP}{(1-PIS-COFINS-ICMS)} \quad (2)$$

$$vCDem = \frac{vCTDem}{(1-PIS-COFINS-ICMS)} \quad (3)$$

Onde *vCTConFP* é o Custo Tabelado do Consumo Fora Ponta na modalidade Verde, *vCTConP* é o Custo Tabelado do Consumo Ponta na modalidade Verde, e *vCTDem* é o Custo Tabelado da Demanda na modalidade Verde. PIS, COFINS e ICMS são os tributos, respectivamente Programa de Integração Social, Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social, e Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.

Nesta modalidade o Consumo possui custos diferenciados na Fora Ponta (Equação 4) e Ponta (Equação 5) portanto possui três equações para o cálculo do seu Gasto Total (Equação 6).

$$Gasto\ Consumo\ FP = Consumo\ FP * vCConFP \quad (4)$$

$$Gasto\ Consumo\ P = Consumo\ P * vCConP \quad (5)$$

$$Gasto\ Total\ Consumo = Gasto\ Consumo\ FP + Gasto\ Consumo\ P \quad (6)$$

Onde Consumo FP é o Consumo Fora Ponta, *vCConFP* é calculado de acordo com a Equação (1), Consumo P é o Consumo Ponta, *vCConP* é calculado de acordo com a Equação (2).Para o cálculo do Gasto Demanda, conforme Equação (7), é necessário avaliar a Demanda Contratada (*DemC*) e compará-la com a Máxima Demanda Registrada (*MaxDem*), e se necessário, aplicar a multa de ultrapassagem de demanda.Se a Demanda Máxima Registrada for menor, igual, ou não for maior que 5% da Demanda Contratada, utiliza-se a seguinte equação:

$$Gasto\ Demanda = DemC * vCDem \quad (7)$$

Onde *DemC* é a Demanda Contratada, e *vCDem* é o Custo da Demanda na modalidade Verde.O Gasto Demanda deve ser calculado pela Equação (8) sempre que a Demanda Máxima Registrada for superior a 5% da Demanda Contratada:

$$Gasto\ Demanda\ = (MaxDem * \ vCDem) + \Big(\big(MaxDem - \ DemC\big) * \ (2 * vCDem)\Big) \quad (8)$$

Onde *MaxDem* é a Máxima Demanda Registrada, *vCDem* é calculado pela Equação (3), e *DemC* é a Demanda Contratada.

3.2.2. MODALIDADE TARIFÁRIA AZUL

Assim como na Modalidade Tarifária Verde, primeiramente deve-se compreender a composição do Custo de Consumo Fora Ponta Azul (*aCConFP*), Equação (9), do Custo de Consumo Ponta Azul (*aCConP*), Equação (10), do Custo da Demanda Fora Ponta Azul (*aCDemFP*), Equação (11) e do Custo da Demanda Ponta Azul (*aCDemP*), conforme apresentado na Equação (12):

$$aCConFP = \frac{aCTConFP}{(1 - PIS - COFINS - ICMS)} \quad (9)$$

$$aCConP = \frac{aCTConP}{(1 - PIS - COFINS - ICMS)} \quad (10)$$

$$aCDemFP = \frac{aCTDemFP}{(1 - PIS - COFINS - ICMS)} \quad (11)$$

$$aCDemP = \frac{aCTDemP}{(1 - PIS - COFINS - ICMS)} \quad (12)$$

Onde *aCTConFP* é o Custo Tabelado do Consumo Fora Ponta na modalidade Azul, *aCRConP* é o Custo Tabelado do Consumo Ponta na modalidade Azul, a *CTDemFP* é o Custo Tabelado da Demanda Fora Ponta na modalidade Azul,PIS, COFINS e ICMS são os tributos, respectivamente Programa de Integração Social, Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social, e Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.Nesta modalidade, o Consumo também possui custos diferenciados Fora Ponta, de acordo com a Equação (13) e Ponta, de acordo com a Equação (14). O Gasto Total é calculado pela Equação (15).

$$Gasto\ Consumo\ FP = \ Consumo\ FP * \ aCConFP \quad (13)$$

$$Gasto\ Consumo\ P = \ Consumo\ P * \ aCConP \quad (14)$$

$$Gasto\ Total\ Consumo = \ Gasto\ Consumo\ FP + \ Gasto\ Consumo\ P \quad (15)$$

Onde *Consumo FP* é o Consumo Fora Ponta, *aCConFP* é calculado de acordo com a Equação (9), *Consumo P* é o Consumo Ponta, *aCConP* é calculado pela Equação (10).

Na modalidade Azul a Demanda também possui custos diferentes para Fora Ponta, Equação (16) e Ponta, Equação (17). Além disso, para o cálculo do Gasto Demanda é necessário avaliar a Demanda Contratada (DemC) e compará-la com a Máxima Demanda Registrada (MaxDem), e se necessário, aplicar a multa de ultrapassagem de demanda.

$$Gasto\ Demanda\ FP = \ DemCFP * \ aCDemFP \quad (16)$$

$$Gasto\ Demanda\ P = \ DemCP * \ aCDemP \quad (17)$$

Onde *DemCFP* é a Demanda Contratada Fora Ponta, e *aCDemFP* é o Custo da Demanda Fora Ponta na modalidade Azul, *DemCP* é a Demanda Contratada Ponta, e *aCDemP* é o Custo da Demanda Ponta na modalidade Azul. Quando a Demanda Máxima Registrada Ponta e/ou Fora Ponta, for maior que 5% da Demanda Contratada, utilizam-se: a Equação (18) para calcular o Gasto Demanda Fora Ponta e a Equação (19) para calcular o Gasto Demanda Ponta:

$$Gasto\ Demanda\ FPb = \ (MaxDemFP * aCDemFP) + \Big(\big(MaxDemFP - \ DemCFP\big) * (2 * \ aCDemFP)\Big) \quad (18)$$

$$Gasto\ Demanda\ P \ = (MaxDemP * aCDemP) + \Big(\big(MaxDemP - \ DemCP\big) * (2 * \ aCDemP)\Big) \quad (19)$$

Onde *MaxDemFP* é a Máxima Demanda Registrada Fora Ponta, *aCDemFP* é calculado pela Equação (11), e *DemCFP* é a Demanda Contratada Fora Ponta, *MaxDemP* é a Máxima Demanda Registrada Ponta, *aCDemP* é calculado pela Equação (12), e *DemCP* é a Demanda Contratada Ponta. O Gasto Total com Demandaé determinado, conforme a Equação (20):

$$Gasto\ Total\ Demanda = Gasto\ Demanda\ FP + Gasto\ Demanda\ P \quad (20)$$

Todos os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas para facilitar a aplicação das equações e a comparação entre os resultados. Após a simulação para cada modalidade (Verde e Azul), puderam-se realizar mais uma simulação para cada modalidade, mas desta vez ajustando um valor ideal de Demanda Contratada em cada modalidade e em cada horário para a modalidade Azul (Ponta e Fora Ponta).Assim foi possível comparar como os gastos mensais com Consumo e Demanda influenciaram o total das faturas de energia ao longo do período estudado.

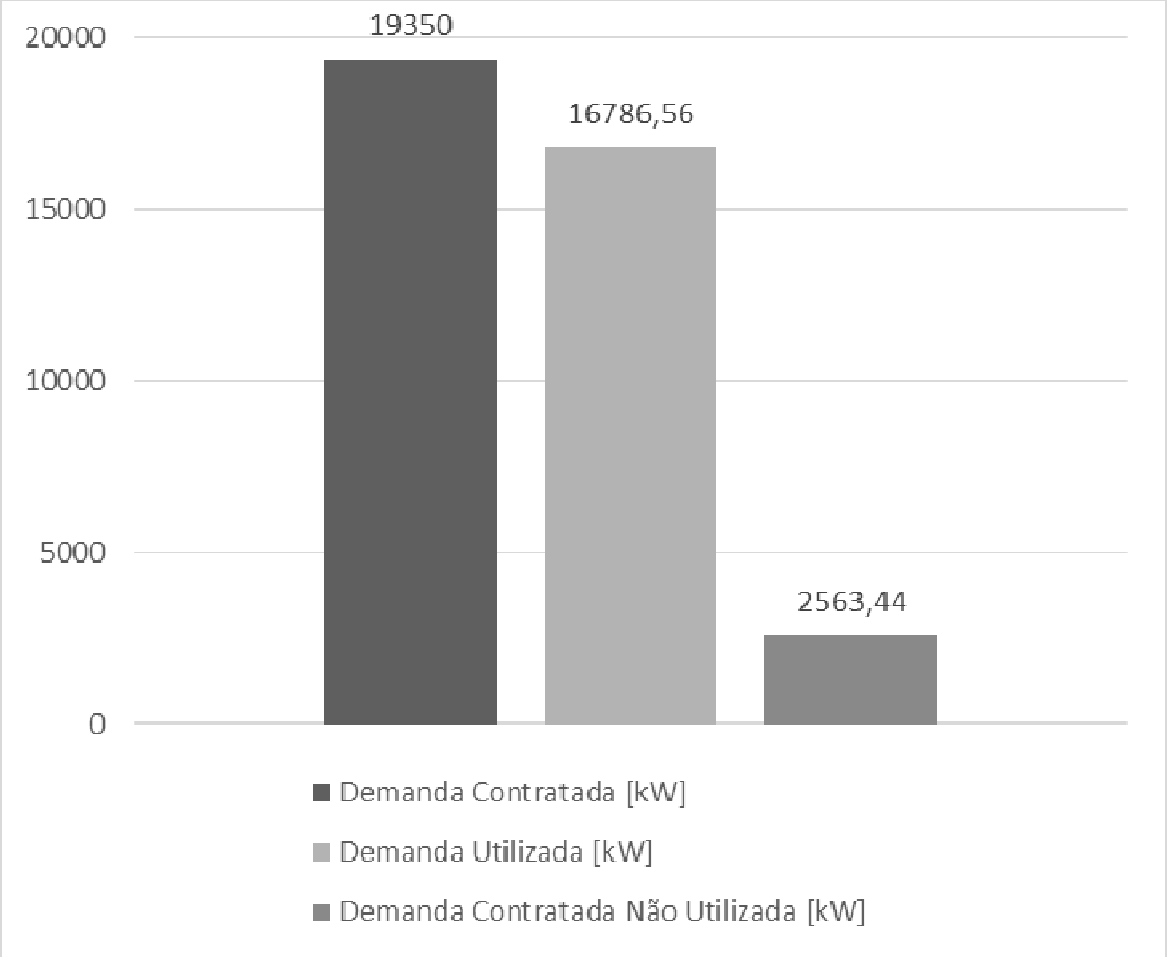
O levantamento de dados para esta pesquisa permitiu a produção de trabalhos que foram apresentados no IX SIEPEX (Salão Integrado de Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul), e no Evento – Capacitação em Energias Renováveis, realizado na Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, durante a III Semana Acadêmica do curso de Engenharia de Energia da Universidade Estadual do Rio Grande do sul.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O atual perfil tarifário da ETE São João – Navegantes é o da Modalidade Tarifária Verde, Grupo A, Subgrupo A4, com Classe de Consumo de Serviço Público de Água, Esgoto e Saneamento. A Demanda Contratada é de 450 kW.

Com a análise das 43 faturas de energia foi possível compreender o comportamento da Demanda utilizada pela ETE. A Figura 02 mostra a demanda acumulada utilizada pela ETE no período de janeiro de 2016 a julho de 2019.

Figura 02. Análise da Demanda Global na ETE São João – Navegantes.

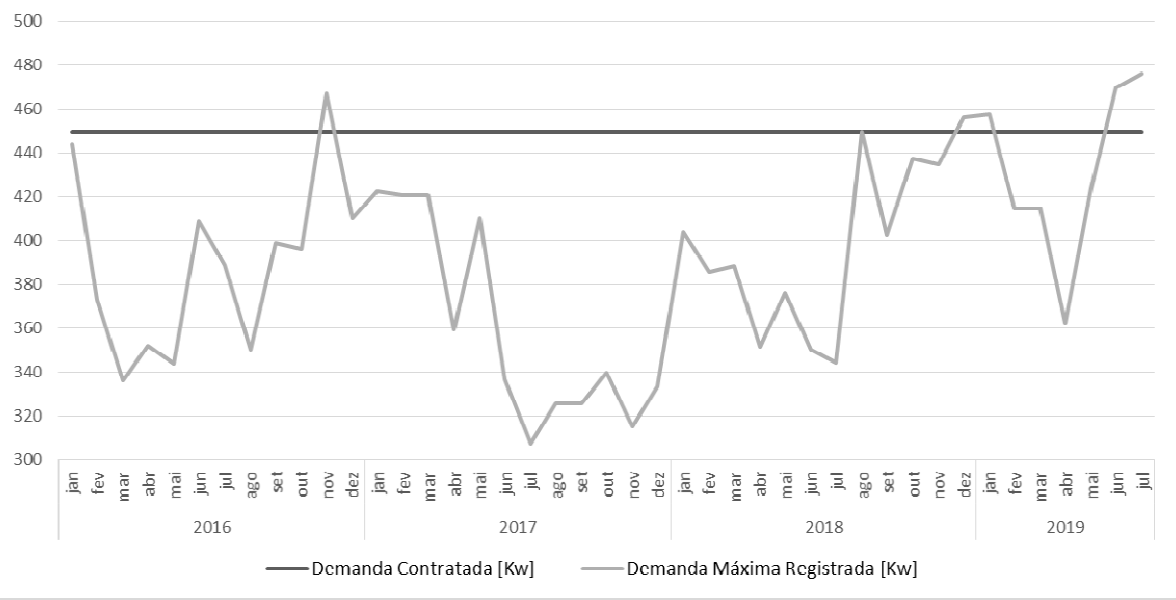


A primeira coluna é o somatório total da demanda contratada neste período, a segunda coluna é a demanda efetivamente utilizada neste período, e a terceira coluna é a diferença entre elas. A terceira coluna apresenta o valor de 2563,44 kW que foram pagos para a concessionária de energia, mas que não

foram utilizados pela ETE, isto representa um gasto sem necessidade de 13,25% com demanda dentro do período estudado.

A Figura 03 mostra a demanda máxima registrada mensalmente na ETE e a compara com o valor de Demanda Contratada, no período de janeiro de 2016 a julho de 2019.

Figura 03. Análise Mensal da Demanda na ETE São João – Navegantes.



A Demanda Contratada é de 450 kW durante todo o período avaliado, no entanto, a análise do gráfico permite observar que este valor está superdimensionado, em relação às necessidades reais da ETE. Outra consideração importante a se fazer é que não foi possível perceber um comportamento sazonal para a Demanda Máxima Registrada, mas que na verdade o comportamento da demanda está associado às diferentes condições de manutenção dos equipamentos presentes na estação.

Ao focar o estudo nas contas de energia dos últimos 19 meses (janeiro de 2018 a julho de 2019), pode-se obter os itens apresentados na Tabela 01. Esta tabela indica os gastos mensais e atuais de energia elétrica da ETE na situação atual do contrato de energia com a concessionária CEEE-D.

Tabela 01. Gastos com energia no contrato atual.

Contrato Atual – Modalidade Verde, Demanda Contratada 450 kW			
Mês/Ano	Consumo [R$]	Demanda [R$]	Valor Total da Conta [R$]
Janeiro/2018	98.367,24	9.554,21	123.452,85
Fevereiro/2018	113.063,03	11.995,47	125.079,11
Março/2018	112.017,25	11.786,46	123.828,01
Abril/2018	114.431,20	11.992,08	126.444,31
Maio/2018	118.242,28	11.438,44	132.601,87
Junho/2018	114.932,33	11.693,16	141.831,31
Julho/2018	112.645,05	11.777,89	139.814,76
Agosto/2018	110.495,55	11.521,10	137.433,09
Setembro/2018	119.806,88	11.956,82	148.358,07
Outubro/2018	112.633,62	11.738,90	140.044,33
Novembro/2018	129.787,34	11.747,71	150.647,72
Dezembro/2018	129.327,45	10.544,39	146.339,95
Janeiro/2019	124.620,07	9.988,02	134.800,68
Fevereiro/2019	134.297,95	10.164,46	144483,44
Março/2019	134.291,35	10.202,46	144513,89
Abril/2019	112.899,60	10.035,87	123943,59
Maio/2019	138.688,14	9.846,56	151563,92
Junho/2019	130.287,44	9.775,41	141085,12
Julho/2019	139.184,61	11.481,47	164050,42
Total	2.300.018,38	209.240,88	2.640.316,44

Na coluna “Valor Total da Conta” estão inclusos os gastos com adicional de tarifa aplicada ao consumo por motivo de bandeiras tarifárias, e também multas por consumo de energia reativa. A análise específica destes dois parâmetros não é de interesse para o presente trabalho.

A primeira simulação de análise tarifária consistiu em manter a ETE na modalidade verde, mas ajustando o valor de demanda contratada para atender a realidade da estação, os resultados são apresentados na Tabela 02.

Tabela 02. Gastos com energia na Simulação I.

Simulação I – Modalidade Verde, Demanda Contratada 414 kW		
Mês/Ano	Consumo [R$]	Demanda [R$]
Janeiro/2018	98.367,24	8.789,87
Fevereiro/2018	113.063,03	11.035,83
Março/2018	112.017,25	10.843,54
Abril/2018	114.431,20	11.032,72
Maio/2018	118.242,28	10.523,36
Junho/2018	114.932,33	10.757,71
Julho/2018	112.645,05	10.835,66
Agosto/2018	110.495,55	10.599,41
Setembro/2018	119.806,88	11.000,28
Outubro/2018	112.633,62	12.659,23
Novembro/2018	129.787,34	10.807,90
Dezembro/2018	129.327,45	12.666,63
Janeiro/2019	124.620,07	12.100,82
Fevereiro/2019	134.297,95	9.351,31
Março/2019	134.291,35	9.386,26
Abril/2019	112.899,60	9.233,00
Maio/2019	138.688,14	9.058,84
Junho/2019	130.287,44	12.644,16
Julho/2019	139.184,61	13.045,70
Total	2.300.018,38	206.372,23
Economia*	0,00	2.868,65

*Economia em relação ao total do contrato atual, Tabela 01.

Na Simulação I a Demanda contratada foi reduzida em 36 kW, obtendo um valor novo de demanda contratada de 414 kW. Com isto foi possível obter uma economia de R$ 2.868,65 nos gastos com demanda, no total período estudado, em comparação ao contrato atual.

A segunda simulação consistiu de alterar a modalidade tarifária da ETE de Verde para Azul, sem ajustar o valor da demanda contratada. Como a modalidade azul necessita de dois valores de demanda contratada, para a hora ponto e fora ponta, foi usado o mesmo valor de 450 kW para as duas demandas contratadas. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 03.

Tabela 03. Gastos com energia na Simulação II.

Simulação II – Modalidade Azul, Demanda Contratada 450 kW Ponta e Fora Ponta		
Mês/Ano	Consumo [R$]	Demanda [R$]
Janeiro/2018	77.069,52	31.479,45
Fevereiro/2018	90.503,61	36.888,59
Março/2018	87.436,62	36.245,84
Abril/2018	89.786,64	36.878,18
Maio/2018	93.809,05	35.175,60
Junho/2018	90.618,22	35.958,93
Julho/2018	87.356,28	36.219,49
Agosto/2018	87.204,27	35.429,81
Setembro/2018	93.978,77	36.769,74
Outubro/2018	88.689,28	36.099,59
Novembro/2018	104.318,92	36.126,69
Dezembro/2018	105.193,23	33.356,04
Janeiro/2019	103.243,34	32.646,80
Fevereiro/2019	112.347,33	33.223,51
Março/2019	111.438,43	33.347,70
Abril/2019	93.226,74	32.803,20
Maio/2019	115.419,84	32.184,42
Junho/2019	107.721,52	31.951,85
Julho/2019	113.807,10	33.660,28
Total	1.853.168,72	656.445,72
Economia*	446.849,66	-447.204,84

*Economia em relação ao total do contrato atual, Tabela 01.

Na Simulação II a demanda contratada foi mantida em 450 kW, mas ao se alterar a modalidade tarifária de verde para azul, os custos tabelados são alterados para o kWh do consumo, e para o kW da demanda. Além disso, o custo tabelado para a demanda possui dos valores distintos, em relação a hora ponta e fora ponta. Nesta simulação se observa que ocorreu um aumento dos custos totais da fatura de energia, resultando em um prejuízo de R$ 355,17 no total do período estudado. Isto aconteceu devido ao aumento do custo total com demanda contratada ser maior que a redução do custo total com consumo, em comparação ao contrato atual.

A terceira simulação consistiu de alterar a modalidade tarifária da ETE de Verde para Azul, e ajustar o valor de demanda contratada. Os valores ideais de demanda contratada foram calculados para hora ponta e fora ponta. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 04.

Tabela 04. Gastos com energia na Simulação III.

Simulação III – Modalidade Azul, Demanda Contratada 359 kW Ponta, e 417 kW Fora Ponta		
Mês/Ano	Consumo [R$]	Demanda [R$]
Janeiro/2018	77.069,52	26.345,03
Fevereiro/2018	90.503,61	30.974,98
Março/2018	87.436,62	30.435,27
Abril/2018	89.786,64	30.966,24
Maio/2018	93.809,05	29.536,60
Junho/2018	90.618,22	30.194,35
Julho/2018	87.356,28	30.413,15
Agosto/2018	87.204,27	29.750,06
Setembro/2018	93.978,77	30.875,19
Outubro/2018	88.689,28	30.312,47
Novembro/2018	104.318,92	30.335,22
Dezembro/2018	105.193,23	30.724,66
Janeiro/2019	103.243,34	30.044,32
Fevereiro/2019	112.347,33	27.815,07
Março/2019	111.438,43	27.919,04
Abril/2019	93.226,74	27.463,18
Maio/2019	115.419,84	26.945,13
Junho/2019	107.721,52	32.994,01
Julho/2019	113.807,10	36.576,69
Total	1.853.168,72	570.620,65
Economia*	446.849,66	-361.379,77

*Economia em relação ao total do contrato atual, Tabela 01.

Na Simulação III a demanda contratada foi alterada para possuir valores específicos na hora ponta e fora ponta. Na hora ponta a demanda contratada foi reduzida em 91 kW, e na hora fora ponta a demanda contratada foi reduzida em 33 kW. Nesta simulação se observa que ocorreu uma redução dos custos totais da fatura de energia, resultando em uma economia de R$ 85.469,90 no total do período estudado. Neste cenário pode-se observar que apesar do aumento dos custos com demanda contratada, a redução dos custos com o consumo é expressiva, o que acaba compensando financeiramente.

Após a realização das três simulações foi possível compreender como cada composição tarifária influencia os gastos com energia na ETE, em relação ao contrato atual, para o período de 19 meses estudado. Como pode ser visto na Tabela 05, a simulação que apresentou os melhores resultados foi a Simulação

III, que diz respeito a alterar modalidade tarifária da ETE para azul, e ajustar os valores de demanda para valores ótimos no horário ponta e fora ponta.

Tabela 05. Comparação de resultados entre as simulações.

Simulações	Economia*
Simulação I	R$ 2.868,65
Simulação II	R$ -355,18
Simulação III	**R$ 85.469,90**

*Economia em relação ao total do Contrato Atual, Tabela 01.

As reduções das despesas com energia elétrica em empresas de saneamento podem ser traduzidas diretamente ao consumidor final das estações, por meio de reduções das tarifas dos serviços prestados, uma vez que os custos operacionais das estações compõem estas tarifas (TEIXEIRA & BARBOSA, 2016). Trabalhos semelhantes de análise de contratos tarifários reforçam a importância de soluções não estruturais para a redução dos custos com energia elétrica, independente da natureza do local analisado (SOUZA, 2016; SCHAEDLER, 2017; DA SILVA, 2017).

Portanto a melhor solução encontrada para o correto enquadramento tarifário da ETE São João - Navegantes é obtido na Simulação III, ao se alterar a modalidade tarifária para a modalidade azul e ajustar a demanda contratada para valores ótimos na hora ponta e hora fora ponta. Este cenário otimiza os valores de demanda contratada de acordo com a realidade de operação da estação, mas o verdadeiro benefício deste cenário é expressiva redução dos custos com o consumo. Ao se compreender que a modalidade azul possui custos tabelados mais elevados com a demanda, em relação a modalidade verde, o ajuste fino da demanda contratada se mostrou o principal parâmetro capaz de influenciar a economia com os custos totais de energia elétrica.

Com a economia de R$ 85.469,90 em relação ao contrato atual, para o período estudado, se observa a existência de um potencial para a gestão de recursos financeiros públicos e de recursos energéticos em serviços de saneamento na cidade de Porto Alegre. No entanto, é importante ressaltar que a metodologia de análise tarifária é um serviço contínuo que deve ser revisado de

forma periódica, de maneira a acompanhar as alterações nos processos internos de trabalho de cada empreendimento.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a aplicação da metodologia de análise tarifária aplicada na ETE São João / Navegantes, situada no Bairro Navegantes, no município de Porto Alegre – RS. A aplicação da metodologia tem por objetivo propor soluções para reduzir os custos da conta de energia elétrica.

Foram estabelecidos três cenários de enquadramento tarifário, permitido simular uma condição otimizada. É possível concluir que o melhor resultado é obtido alterando-se a modalidade tarifária da ETE para azul, e ajustando os valores de demanda para valores ótimos no horário ponta e fora ponta. Desse modo, a economia estimada é de R$ 85.469,90 dentro do período estudado, em relação ao contrato atual. O resultado aponta para um significativo potencial para a gestão de recursos financeiros públicos e de recursos energéticos em serviços de saneamento na cidade de Porto Alegre.

A inovação associada a este trabalho é trazer um benefício econômico e energético através de uma solução não estrutural, ou seja, não dependente de instalação ou alteração de equipamentos. A solução apresentada é de fácil implementação e sem custos, por se tratar uma abordagem de análise contratual. Ações de eficiência energética podem beneficiar as empresas de saneamento, criando sistemas menos onerosos e com lucros maiores. Com o atual cenário de aumento das tarifas de energia elétrica, relacionados aos acréscimos das bandeiras tarifárias, são cada vez mais importantes as ações que busquem reduções nos custos com o insumo energético.

Para futuros trabalhos faz-se a indicação de ampliar a aplicação da metodologia de análise tarifária para todas as onze estações de tratamento de esgoto e também para as seis estações de tratamento de água do Departamento Municipal de Água e Esgotos da cidade de Porto Alegre

.

6. REFERÊNCIAS

ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica. Entendendo a Tarifa. Disponível em: <HTTP://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa>. Acesso em 15 de novembro de 2019.

ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica. Resolução Normativa 414. Brasília, 2010

ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica. Resolução Normativa 418. Brasília, 2010

ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica. Resolução Normativa 479. Brasília, 2012

ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica. Resolução Normativa 725. Brasília, 2016

ALBUQUERQUE, A. A. Análises e Métodos de Otimização para Eficiência Energética de Estações Elevatórias em Sistemas de Abastecimento de Água. Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Recursos Naturais, da Universidade Federal de Campina Grande em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Doutor em Recursos Naturais. Campina Grande, 2007.

BRASIL, Decreto nº 7.891, de 23 de janeiro de 2013. Política energética. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, jan. 2013.

DA SILVA, L. H. P; DA CRUZ, K. E. A; NETO, S. C. M. Eficiência Energética No Saneamento Ambiental – Um Caso De Sucesso No Nordeste Do Brasil. Anais do 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro. 2015.

DA SILVA, D. M. Uma Metodologia Para Enquadramento Tarifário Eficiente, Por Meio De Análise Da Demanda E Do Consumo De Energia Elétrica: Um Estudo De Caso Nas Unidades Da Universidade Federal Do Sul E Sudeste Do Pará. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

ELETROBRAS; PROCEL; PROCEL SANEAR. Plano de ação PROCEL SANEAR 2006/2007. Rio de Janeiro, 2005.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. Brasília, 2004.

GOMES, H. P. Sistemas de Saneamento - Eficiência Energética. João Pessoa-PB. Editora Universitária, 2010.

HUBBLE, E. P. The Natureof Science and Other Lectures. Huntington Library Publications, 1954.

INTITUTO TRATA BRASIL. Ranking Do Saneamento Instituto Trata Brasil 2018. São Paulo, 2018.

MARTINS, M. P. S. Inovação Tecnológica e Eficiência Energética. Monografia de Pós-Graduação. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Economia, Rio de Janeiro, 1999.

OLIVEIRA C. S.; MARQUES J. J. A.; JUNIOR B. F. S.; LINARD F. M. A.; ALMEIDA A. R. Análise Tarifária Da Universidade Federal do Piauí – Campus Petrônio Portela. Congresso Técnico Científico de Engenharia e da Agronomia – CONTECC. Fortaleza - CE. 2015.

OMS, Organização Mundial da Saúde. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Genebra, 2017.

ONU, Organização das Nações Unidas. Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation. Genebra, 2018.

PEREIRA, J. A. R; CONDURÚ, M. T. Abastecimento De Água: Informação Para Eficiência Hidroenergética. João Pessoa,2014.

PMPA, Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Plano Municipal de Saneamento Básico. Porto Alegre, 2015.

PROCEL, Programa Nacional De Conservação De Energia Elétrica. Manual De Tarifação Da Energia Elétrica. Rio de Janeiro, 2011.

VASCONCELOS, F. F. Manual de Tarifação de Energia Elétrica para Prestadores de Serviços Saneamento. Brasília, DF, Ministério das Cidades, 2016.

SCHAEDLER, A. M. ANÁLISE TARIFÁRIA DE ESTABELECIMENTOS PRISIONAIS DO GRUPO A4. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

SOUZA, V. G. M. Avaliação da Adequação Tarifária do Uso de Energia Elétrica de uma Empresa Municipal de Captação e Distribuição de Água. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

TEIXEIRA, E. S; BARBOSA, A. T. R. Readequação Operacional e de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água. 2016. Artigo apresentado no VI Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, Natal/RN, 2016.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. The United Nations World Water Development Report 2017. França, 2017.

WARTCHOW, Dieter. Eficiência Energética Como Indicador na Gestão de Sistemas de Tratamento e Esgoto –ETEs. Revista Saneas, ano IX, v. 31, 2018.