



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

Lauro Ribeiro Viana Junior

**AVALIAÇÃO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO 03 DO MUNICÍPIO DE  
PORTO NACIONAL-TO.**

Palmas – TO

2018

Lauro Ribeiro Viana Junior

AVALIAÇÃO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO 03 DO MUNICÍPIO DE  
PORTO NACIONAL-TO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito parcial para  
obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo  
Centro Universitário Luterano de Palmas  
(CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Kenia Parente Lopes  
Mendonça

Palmas – TO

2018

Lauro Ribeiro Viana Junior  
AVALIAÇÃO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO 03 DO MUNICÍPIO DE  
PORTO NACIONAL-TO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito parcial para  
obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo  
Centro Universitário Luterano de Palmas  
(CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Kenia Parente Lopes Mendonça

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup>. Kenia Parente Lopes Mendonça

Orientadora

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Prof. Msc. Fábio Moreira Spinola De Castro

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Prof. Msc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

Dedico esse trabalho à minha família, por sua capacidade de acreditar em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi o que deram a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

- A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.
- Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.
- A minha princesa Marina Carvalho Pires que foi a pessoa mais importante que esta caminhada me proporcionou, obrigado por tudo.
- Aos meus amigos de curso que sorriram junto comigo durante minha caminhada.
- A minha orientadora Prof. Msc. Kenia Parente Lopes Mendonça pelo suporte, pelas suas correções e incentivos ao longo desse tempo.

*“Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso”. Albert Einstein*

## RESUMO

VIANA, L. R.; **Avaliação da estação elevatória de esgoto 03 do município de Porto Nacional**. 2018. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

Problema recorrente no Brasil, a universalização do esgotamento sanitário, faz com exija uma grande necessidade de implantação de sistema de esgotamento sanitário. Em casos onde a topografia do município não contribui para o escoamento do esgoto por gravidade, se faz necessário utilizar das estações elevatórias de esgoto (EEE) para que se possa vencer os desníveis, sendo esta uma alternativa de alto custo de implantação e operação (VIANA, 2017). O projeto da EEE deve atender as normas das companhias de saneamento e as normas gerais. Os serviços de execução costumam ser medidos por unidade e separadamente (edificação, instalação das tubulações e das motobombas, entre outros). A manutenção da EEE deve verificar o funcionamento dos conjuntos elevatórios, bombas - as quais devem funcionar alternadamente. O presente estudo visou avaliar a EEE 03, que compõe o sistema de esgotamento sanitário do município de Porto Nacional – TO. A metodologia proposta para o desenvolvimento deste estudo foca na análise da estação elevatória de esgoto, objeto desta pesquisa.

Palavras-chave: elevatória, esgoto, vazão

## **ABSTRACT**

**VIANA, L. R.; Evaluation of the sewage elevation station 03 in the city of Porto Nacional.**  
2018. 48 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2018.

Recurrent problem in Brazil, the universalization of the sanitary sewage, causes with it demands a great necessity of implantation of sanitary sewage system. In cases where the topography of the municipality does not contribute to the drainage of the sewage by gravity, it is necessary to use the sewage elevation stations (EEE) in order to overcome the unevenness, which is an alternative with a high cost of implementation and operation (VIANA , 2017). The EEA project must meet the standards of the sanitation companies and the general standards. The execution services are usually measured by unit and separately (building, installation of pipes and motor pumps, among others). The maintenance of the EEE shall verify the operation of the lifting assemblies, pumps - which shall operate alternately. The present study aimed to evaluate EEE 03, which compose the sanitary sewage system of the municipality of Porto Nacional - TO. The methodology proposed for the development of this study focuses on the analysis of the sewage elevation station, object of this research.

Keywords: elevating, sewage, flow rate

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Exemplificação de uma Estação Elevatória .....	12
Figura 2 - Mapa de Localização da EEE 03 .....	21
Figura 3 – Placa Informativa da EEE - 03 .....	23
Figura 4 – Gerador de Energia da EEE - 03 .....	24
Figura 5 – Casa de Máquinas da EEE - 03 .....	24
Figura 6 – Área murada da EEE - 03.....	25

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Sub-bacias da EEE 03 do sistema de esgotamento sanitário do Município .....	22
---	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

EEE - Estação Elevatória de Esgoto

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

kWh - Quilowatt hora

MCA - Metros de Coluna d'água

NBR - Norma Brasileira

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SES - Sistema de Esgotamento Sanitário

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\pi$	pi
$m^2$	metros cuadrados
$m^3$	metros cúbicos
s	Segundos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
1.1. OBJETIVOS.....	5
1.1.1. Objetivo Geral.....	5
1.1.2. Objetivos Específicos.....	5
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1. ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL.....	6
2.2. ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO ESTADO DO TOCANTINS E NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL .....	8
2.3. SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO - DEFINIÇÕES .....	8
2.3.1. Estudo de Concepções de Sistemas de Esgoto Sanitário .....	9
2.4. ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO .....	11
2.4.1. Manutenção Preventiva e Corretiva da EEE.....	13
2.4.2. Levantamento das Vazões de SES .....	14
2.4.3. Dimensionamento Poço de Sucção .....	15
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	17
3.2. LEVANTAMENTO DAS CONTRIBUIÇÕES DE ESGOTO .....	18
3.3. ANÁLISE DAS DIMENSÕES DO POÇO DE SUCCÃO E TEMPO DE DETENÇÃO .....	19
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	20
4.1.2. Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Local .....	21
4.2. ANÁLISE DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EEE - 03.....	23
4.2.1. Análise da Estrutura da EEE - 03.....	23
4.2.2. Levantamento das Vazões.....	25
4.2.3. Análise das Dimensões do Poço de Sucção e Tempo de Detenção .....	27
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>30</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A importância do saneamento e sua associação à saúde pública remonta ao conceito de promoção de saúde no qual o saneamento é um instrumento indispensável ao alcance da melhoria à qualidade de vida. A maioria dos problemas sanitários estão relacionados a inexistência de saneamento básico o que reflete em milhões de habitantes sem acesso a um ambiente salubre. A falta de sistemas de esgotamento sanitário é um dos agravos do quadro epidemiológico no Brasil, especialmente em regiões mais vulneráveis (FUNASA,2004).

Os sistemas de esgotamento sanitário inexistentes, segundo Viana (2017) remete-se a constatação de um problema sanitário no âmbito das doenças de veiculação hídrica, gerando vítimas ao redor do mundo.

Instituir, implantar e promover o saneamento básico compreende-se na realização de um conjunto de ações e medidas que promovam a melhor qualidade de vida, proteção ao meio ambiente e diminuição da incidência de doenças. Dentre essas ações temos, coletar e tratar a água, o esgoto e os resíduos, a fim de controlar os danos ambientais e os vetores transmissores de doenças, aumentando a expectativa de vida média do homem pela redução da mortalidade em consequência da redução dos casos de doenças. É grande o número de doenças cujo controle está relacionado ao destino inadequado dos dejetos humanos, devido ao seu alto potencial de contaminação, estando o sistema de esgotamento sanitário responsável por assegurar o descarte adequado (COSTA, 2012) e (FUNASA,2004).

Implantar sistemas que promovam o saneamento local é indispensável e a demanda por este serviço tem aumentado proporcionalmente a crescente densidade demográfica que aumenta as demandas por infraestrutura no setor de saneamento. Isso reflete nos Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) com o surgimento de problemas na execução, operação e manutenção dos sistemas, uma vez que, gera-se uma demanda acima da capacidade suportada pelas infraestruturas já instaladas (LIMA, 2012).

O município de Porto Nacional está inserido na bacia hidrográfica do Rio Tocantins, e os principais afluentes do rio Tocantins localizados na zona urbana da cidade são os córregos São João e Francisquinha, sendo o segundo usado no SES.

A implantação desse sistema é feita por canalizações denominadas redes coletoras de esgoto que funcionam em condutos livres a serem projetados com certa declividade. O aumento muitas vezes da profundidade ao longo do caminho a ser percorrido permite alcançar valores impraticáveis necessitando de um ponto de transferência dos esgotos para áreas mais elevadas utilizando a instalação das Estações Elevatória de Esgoto (EEE) (NUVOLARI, 2011).

As Estações Elevatórias são essenciais para promover a universalização da coleta de esgoto sanitário e assim possibilitar o encaminhamento/descarga do esgoto coletado para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Também conhecidas como Estações de Bombeamento, são empregadas para recalcar os efluentes a pontos mais elevados do sistema, contribuindo para o pleno funcionamento do sistema e o desenvolvimento sustentável, já que na maioria das aplicações evitam lançamento de esgoto “in natura” nos corpos hídricos. Muito embora, operá-las implica na necessidade do consumo de energia elétrica devido ao uso do conjunto motor-bomba (VIANA, 2017) e (SAMAE, s/d, p.14).

Com base em estudos de vários sistemas de EEEs pode-se observar as características de cada sistema, identificando e avaliando os valores econômicos de cada unidade, possibilitando assim uma análise criteriosa de sua operação, baseando-se nos dados econômicos e financeiros que o projeto apresenta, observando principalmente os gastos econômicos que são gerados por elas. (CERVI, 2014).

O município de Porto Nacional possui atualmente uma grande quantidade de EEEs que são operadas em série e devido a aumento das chuvas, aumentou-se os riscos de extravasamento e geração de odores que prejudicam os moradores da região, além dessas unidades possuírem um alto custo operacional (VIANA, 2017).

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo Geral

Analisar a vazão EEE 03 do sistema de esgotamento sanitário do município de Porto Nacional - TO.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

1. Caracterizar a EEE 03 e verificar sua estrutura física;
2. Realizar o levantamento das contribuições existentes;
3. Avaliar o tempo de detenção da EEE 03.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL

A situação do esgotamento sanitário do Brasil teve como marco inicial o período colonial, por volta do século XVI, que foi marcado pela formação da sociedade brasileira, por meio da miscigenação das etnias indígenas onde cada comunidade tinha seus hábitos e costumes sanitários. Nesta época, o esgotamento sanitário consistia apenas dos serviços de escravos, denominados “tigres”, que eram encarregados de eliminar os dejetos gerados. Meados do século XIX iniciou-se as intervenções em prol do saneamento básico, tendo o Rio de Janeiro sido a primeira cidade do país a receber rede de esgoto (REZENDE e HELLER, 2002).

Mesmo com as iniciativas na área de saneamento, regiões e grandes cidades brasileiras ainda geram volumes consideráveis de esgoto que são descartados de forma inadequada, principalmente em corpos hídricos, por estes estarem nas cotas mais baixas o que favorece o escoamento, sem oferecer nenhum tipo de tratamento ao despejo (VON SPERLING, 2005). Esta situação implica em sérios problemas de saúde pública, bem como na depreciação dos recursos naturais, prejudicando a qualidade de vida nessas regiões do país (ABES, 2008).

O esgotamento sanitário apresenta maior carência nas áreas periféricas dos centros urbanos e nas zonas rurais, onde se concentra a população mais pobre, que por muitas vezes depende de soluções alternativas à convencional para alcançar um ambiente salubre (JUNIOR, 2009). Conforme o censo de 2000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dos quase 45 milhões de domicílios, 41,1 milhões tinham banheiro ou sanitário, enquanto 3,7 milhões eram desprovidos dessa infraestrutura (VIANA, 2017).

O déficit do saneamento no país, tem como uns dos principais fatores a fraca legislação, a divisão e fragmentação de políticas públicas e a carência de instrumentos de regulamentação e regulação e a insuficiência e má aplicação de recursos públicos (NASCIMENTO; HELLER, 2005). A extinção do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) em meados do ano de 1980, o país não dispôs mais de uma política setorial consistente mesmo tendo nesta época sido criado o Ministério das Cidades e da Secretaria Nacional de Saneamento em 2003, uma vez que os esforços da criação do ministério ainda não haviam obtido resultados concretos.

Para mudar esse cenário, em 2007, foi promulgada a lei que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, lei nº 11.445/07. Com ela, definiu instrumentos e regras para o planejamento, a fiscalização, a prestação e a regulação dos serviços, tendo sido estabelecido o controle social sobre todas essas funções, representando uma importante ação do

governo tendo em vista à organização do setor de saneamento do país, onde a regulação deve ser feita com independência, definida como autonomia administrativa, orçamentária e financeira da entidade reguladora, além de transparência, tecnicidade, celeridade e objetividade das decisões (JUNIOR, 2009) e (Lei nº 11.445/2007).

Destaca-se que a universalização do saneamento básico foi assumida como um compromisso de toda a sociedade brasileira na vigência da Lei 11.445/2007, objetivando a busca por atender 100% da população, podendo a regulação exercer vários papéis sendo um deles o incentivo a eficiência das empresas prestadoras de serviço, pois, desse modo, mais recursos poderão ser canalizados para a expansão da infraestrutura e o estabelecimento de um ambiente mais estável para realização de investimentos públicos e privados no setor.

Regular e universalizar os serviços de saneamento possui, também, como fator relevante a falta de estudos na área institucional, fundamental como apoio para a solucionar os problemas do déficit de atendimento. A falta de conhecimento acerca das questões institucionais é evidente, até mesmo, pelo fato da regulação estar ausente da pauta da agenda setorial nas três últimas décadas. Quando se trata do saneamento básico as questões tecnológicas têm ocupado predominantemente o espaço, tendo muitos avanços ocorridos particularmente nas áreas de tratamento de água e de esgotos, o que difere do ambiente que se inclui a regulamentação (VIANA, 2017)

Existe falta de capacidade política e administrativa dos entes federados, sobretudo dos municípios, para se prover regulação nos termos da lei nº 11.445/07. A implantação da regulação no setor de água e esgoto apresenta ainda enormes desafios (GALVÃO JUNIOR; TUROLLA; PAGANINI, 2008).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apresenta em 2015, na média do país, o índice de atendimento total com rede de esgotos foi igual a 50,3% e o atendimento urbano, foi de 58,0%. Com relação ao índice de atendimento com rede coletora de esgotos, registra-se, em 2015, um crescimento de 0,4 ponto percentual tanto no índice total, como na área urbana, quando comparado ao ano de 2014.

## 2.2. ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO ESTADO DO TOCANTINS E NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL

A Prefeitura Municipal de Porto Nacional e a Companhia de Saneamento do Tocantins (SANEATINS) firmaram em outubro de 1999 o Contrato de Concessão nº 157/99, horizonte de 30 (trinta) anos. O contrato visa a exploração em regime de exclusividade, dos serviços públicos de água e esgoto em Porto Nacional (VIANA, 2017).

Dados da Concessionária evidenciam que no município de Porto Nacional desde o ano de 1989, do total investido, 61,37% foram investidos no sistema de produção e abastecimento de água e 35,02% no sistema de coleta e tratamento do esgoto sanitário, sendo necessário nesse momento maior investimento na área de esgotamento sanitário, a fim de universalizar este sistema, assim como foi realizado no sistema de água (PORTO NACIONAL, 2013).

A Agência Tocantinense de Regulação Controle e Fiscalização de Serviços Públicos (ATR), Autarquia Estadual criada em 2 de janeiro de 2007, através da lei 1.758, regula a prestação dos serviços realizados no município, onde o seu objetivo é regular, controlar e fiscalizar os serviços públicos delegados pelo Estado do Tocantins, nos setores de geração e distribuição de energia elétrica, saneamento, compreendendo o abastecimento de água, esgoto sanitário, a drenagem e a disposição de resíduos sólidos e o transporte (VIANA, 2017).

## 2.3. SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO - DEFINIÇÕES

O esgotamento sanitário define-se pela Lei Federal 11.445 do ano de 2007 sendo constituído “pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente.”

Segundo Viana (2017), as instalações destinadas a compor este sistema possuem como função afastar o efluente doméstico, acondicionar e direcionar até a disposição final, o tratamento, de forma contínua e higienicamente segura, alcançando fundamentalmente o controle, a prevenção de doenças e o equilíbrio ambiental.

O esgoto sanitário é o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária” (NBR ABNT 9.648/86). Para Von Sperling (1996), a composição dos esgotos domésticos é de aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, e micro-organismos,

patogênicos ou não. Esta pequena fração de 0,1% é que faz com que haja a necessidade de tratar todo o efluente.

### 2.3.1. Estudo de Concepções de Sistemas de Esgoto Sanitário

O primeiro passo para a implantação de um sistema de esgotamento sanitário é o seu planejamento. A orientação para tal é obtida na norma brasileira NBR 9.648 (ABNT, 1986) – Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário. Esta norma define o estudo de concepção como sendo o “estudo de arranjos das diferentes partes de um sistema, organizados de modo a formarem um todo integrado e que devem ser qualitativa e quantitativamente comparáveis entre si para a escolha da concepção básica”. Assim, a concepção básica é entendida como a “melhor opção de arranjo, sob os pontos de vista técnico, econômico, financeiro e social”.

Com condições específicas, as normas orientam que a concepção do sistema de esgotamento sanitário seja feito por meio de um conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições imprescindíveis e suficientes para a caracterização completa do sistema a ser projetado (TSUTIYA e SOBRINHO, 2011). A elaboração da concepção deste estudo tem como finalidade,

(...) a identificação e quantificação de todos os fatores intervenientes com o sistema de esgotos; Diagnóstico do sistema existente, considerando a situação atual e futura; Estabelecimento de todos os parâmetros básicos de projeto; Prédimensionamento das unidades do sistema; Escolha da alternativa mais adequada mediante a comparação técnica, econômica e ambiental; Estabelecimento das diretrizes gerais de projeto e estimativa das quantidades de serviço que devem ser executados na fase de projeto (COSTA, 2012).

#### 2.3.1.1. Critérios de Projeto

Um instrumento imprescindível para concepção do projeto, implantação e acompanhamento de obras é a topografia, sendo ela a inicial para engenheiros ou arquitetos realizarem qualquer projeto ou obra por representar em planta e em qualquer escala, todas as variações apresentadas em uma superfície (DOMINGUES, 1979).

As redes coletoras de esgoto, responsáveis por encaminhar o efluente à destinação final adequada, funcionam por gravidade, utilizando-se de condutos livres, portanto, é

imprescindível o levantamento topográfico da área de projeto e que na etapa da construção da obra sejam respeitados os traçados definidos em projeto e/ou levantamento em campo (COSTA, 2012).

Conforme Tsutiya e Sobrinho (2011), para definição do traçado das redes deve-se considerar como base a topografia da área delimitada, buscando aproveitar ao máximo a declividade do terreno, uma vez que o escoamento se processa por ação da gravidade. Segundo o Manual de Saneamento da FUNASA (2006), a profundidade mínima da tubulação deve permitir o recebimento de efluentes por gravidade e proteger a tubulação. Segundo Tsutiya e Sobrinho (2011), a melhor profundidade de um sistema é aquela que proporciona a coleta e o afastamento dos esgotos, que segundo a NBR 9.649/86 a profundidade máxima da tubulação geralmente atinge de 4,0 a 4,5 m e a profundidade mais conveniente é de 1,5 a 2,5 m.

Dentre os aspectos de concepção de projeto temos a tensão trativa como item imprescindível de avaliação, uma vez que o esgoto é constituído de água e materiais sólidos, dissolvidos ou em suspensão, sendo estes últimos, sedimentáveis o que pode acarretar acúmulo indesejável e diminuição da seção útil da tubulação (TSUTIYA e SOBRINHO, 2011). A fim de evitar tal situação, as tubulações são dimensionadas para condições de escoamento onde o esforço tangencial seja mínimo, deste esforço tangencial origina-se o conceito de tensão trativa –  $\sigma$  – (ou tensão de arraste) def. como o “esforço tangencial unitário transmitido às paredes do conduto pelo líquido em escoamento” (UEAC, 2012).

A fim de garantir que haja a autolimpeza das tubulações define-se declividade mínima que satisfaz esta condição, recomendado por Metcalf e Eddy (1981), com valor de  $n = 0,013$ . Quanto a declividade máxima, Tsutiya e Sobrinho (2011) e Manual de Saneamento da FUNASA (2006), conceituam que será aquela para qual se tenha velocidade final igual a 5,0 m/s.

Entrada de bolhas de ar na superfície do líquido pode ocorrer a depender da turbulência do escoamento, poderá haver a, ocasionando o aumento da altura da lâmina d'água. O aumento poderá acarretar alteração do escoamento como conduto livre, onde a tubulação pode ser destruída pelas pressões geradas. Essa situação é causada quando a velocidade do escoamento na tubulação atinge uma velocidade crítica (TSUTIYA e SOBRINHO, 2011).

## 2.4. ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO

De acordo com a ABNT (1992), estações elevatórias são “instalações que se destinam ao transporte de esgotos do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque, acompanhando aproximadamente as variações da vazão afluyente”.

Segundo Viana (2017) as estações elevatórias, elementos que constituem o sistema de esgotamento sanitário, são estruturas que demandam tempo para construção, instalação de equipamentos e principalmente, após o início do funcionamento, cuidados com manutenção e operação, garantindo assim, o pleno funcionamento do sistema.

A fim de avaliar a necessidade de implantar ou não uma estação elevatória, considera-se aspectos como a profundidade do coletor é superior a 4,0 m, o esgoto coletado ter que passar de uma bacia para outra, terreno não apresenta condições satisfatórias para assentamento da rede coletora e a necessidade de elevação do esgoto coletado para unidade em cota mais elevada, como uma ETE (VIANA, 2017).

Para realizar o bombeamento dos efluentes geralmente são utilizadas de bomba centrífuga, para a elevação do líquido (água ou esgoto), e motor elétrico, fornecedor de força eletromotriz para impulsionar a bomba. As estações elevatórias podem conter um ou mais conjuntos motor-bomba, sendo distinguidos pela sua forma de ligação como unidades de bombeamento. Além dos equipamentos primordiais citados, uma estação elevatória compõe-se, geralmente, de:

- Salão das Máquinas e Dependências Complementares
- Tubulações e Órgãos acessórios (válvulas de gaveta, válvulas de retenção, tubulações, manômetros, etc.)
- Equipamentos Elétricos (as chaves de partida e proteção dos motores, os instrumentos de controle e, eventualmente, os transformadores)
- Dispositivos Auxiliares (medidor de vazão, medidor de nível, escorva de bombas, ponte rolante. (SAMAE, s/d, p.14 a 19).

Figura 1: Exemplificação de uma Estação Elevatória



Fonte: (Governo do Paraná, 2018)

Dentre os subcomponentes de uma estação elevatória, o conjunto motor-bomba é o mais importante consumidor de energia elétrica. Este motor é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica (VIANA, 2017). Os métodos de comando de um motor de indução são implementados com equipamentos eletromecânicos, elétricos e eletrônicos. Estes equipamentos permitem acelerar e desacelerar o motor de acordo com requisitos impostos pela carga, segurança e concessionárias de energia elétrica (TSUTIYA, 2005).

A utilização de bombas em sistemas de esgotamento sanitário tornou-se indispensável e como consequência, também o uso de energia elétrica para o acionamento dos motores que fazem as bombas funcionarem (VIANA, 2017). Uma boa contribuição nesse contexto consiste em reduzir ao máximo o uso irracional de energia, se não pela consciência ambiental da necessidade em deixar para as futuras gerações um planeta em melhores condições, ao menos pela redução dos custos dos serviços, que em uma análise, serão sempre pagos pela sociedade (MONACHESI, 2005).

#### 2.4.1. Manutenção Preventiva e Corretiva da EEE

Observa-se desde o início da civilização medidas como conservação de materiais e consertos, tendo na Revolução Industrial do século XVIII, um grande avanço tecnológico, onde a atitude de manutenção emergiu na indústria como forma de garantir a continuidade do trabalho (VIANA, 2017).

O aumento dos registros de ocorrências de manutenção, bem como os altos gastos com peças de reposição, que ficaram ainda mais evidentes com a prática da manutenção preventiva, impulsionaram as empresas a desenvolver o setor, entre as décadas de 40 e 50, aprimorando o planejamento e a gestão da manutenção, com o advento da Engenharia de Manutenção em nível departamental, subordinada a uma gerência de manutenção (CAMPOS JÚNIOR, 2006).

Segundo Monteiro (2010) preocupar com a manutenção e operação adequada dos equipamentos é dominante, uma vez que a falta dessas pode acarretar transtornos graves, até mesmo danos ambientais expressivos. Geralmente, segundo Viana (2017), existem 3 tipos de manutenção que podem ser utilizadas no gerenciamento desses sistemas: corretiva, preventiva e preditiva. Ainda de acordo com Monteiro (2010), “a manutenção corretiva visa corrigir, restaurar, recuperar a capacidade produtiva de um equipamento ou instalação, que tenha cessado ou diminuído sua capacidade de exercer as funções às quais foi projetado”. A manutenção preventiva segundo Viana (2017), “visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de tempo pré-planejados”.

De acordo com Almeida (2000), o tipo de manutenção atualmente considerada ideal é a preditiva, a qual tem como principal característica o monitoramento de alguns parâmetros, para prever falhas específicas do sistema. A manutenção preditiva usa monitoramento direto das condições mecânicas, rendimento do sistema, e outros indicadores para determinar o tempo médio para falha real ou perda de rendimento para cada máquina e sistema na planta industrial. Por exemplo, o monitoramento da vazão de uma bomba, pode dar base para determinação de uma possível falha no rotor, o qual seria trocado antes da ocorrência de graves falhas no sistema.

Com um olhar mais abrangente, identifica-se na manutenção preditiva benefícios em qualquer política de gestão de manutenção como ferramenta auxiliar, ou poderá fornecer dados de equipamentos e instalações, determinantes para maximização de utilização de recursos, desde que devidamente associada à indicadores de vida útil de componentes ou qualidade de processos e produtos (LIMA, 2012) e (VIANA, 2017).

#### 2.4.2. Levantamento das Vazões de SES

A apuração da vazão inicia-se no conhecimento da vazão de infiltração que é de suma importância em projetos de redes coletora de esgotos uma vez que influencia diretamente no volume afluente que chega as estações elevatórias. Com base nisso inicia-se utilizando a fórmula a seguir.

$$Q_{inf} = \text{Extensão da Rede Coletora} \times T_{inf} \quad (\text{Equação 01})$$

Onde:

$Q_{inf}$  = vazão de infiltração (l/s)

Extensão da Rede Coletora (km)

$T_{inf}$  = Taxa de infiltração (l/s.km)

A norma NBR 9.649/86 da ABNT, no que se refere a Taxa de Infiltração ( $T_{inf}$ ) determina a adoção de valores entre 0,05 a 1,0 l/s.km. A seguir Tsutiya e Sobrinho (1999) comenta sobre o valor do *per capita* de consumo de água. Esse valor refere-se a quanto uma pessoa de determinado local gasta de água por dia. Para o cálculo usou-se a formula a seguir:

$$\text{Per capita} = \frac{CM}{P} \quad (\text{Equação 02})$$

Onde:

*Per capita* = Consumo de água (l/hab.dia)

CM = Consumo micromedido (l/mês)

P = População de Porto Nacional atendida por abastecimento de água (hab.)

A população que contribui na vazão que chega na estação elevatória pode ser alcançada com os valores de ligações de água e *per capita* domiciliar. A fim de se determinar a população atendida por sub-bacia de esgotamento foi utilizada a equação 03.

$$\text{População Atendida} = N \times \text{per capita domiciliar} \quad (\text{Equação 03})$$

Onde:

N = número de ligações ativas de esgoto  
*per capita domiciliar* = 3,3 pessoas/domicílio

Após a apuração da população atendida pelo sistema de esgotamento e vazão de infiltração, utilizou-se as formulas a seguir para verificar a vazão de esgoto, conforme recomendado por Tsutiya e Sobrinho (1999).

$$\text{Vazão mínima + Vazão de infiltração} \quad (\text{Equação 04})$$

$$Q_{\min} = \left( \frac{P \cdot q \cdot C}{86400} \right) / 2 + Q_{\text{inf}}$$

$$\text{Vazão média + Vazão de infiltração} \quad (\text{Equação 05})$$

$$Q_{\text{med}} = \left( \frac{P \cdot q \cdot C}{86400} \right) + Q_{\text{inf}}$$

$$\text{Vazão máxima + Vazão de infiltração} \quad (\text{Equação 06})$$

$$Q_{\max} = \left( \frac{P \cdot q \cdot C \cdot 1.2 \cdot 1.5}{86400} \right) + Q_{\text{inf}}$$

Onde:

P = população atendida (hab)

q = consumo médio *per capita*

C = coeficiente de retorno (80%)

$Q_{\text{inf}}$  = vazão de infiltração obtida através da metragem de rede

#### 2.4.3. Dimensionamento Poço de Sucção

O consumo de energia elétrica possui crescimento quase que continuo no Brasil, apesar da evolução de equipamentos com maior eficiência energética, devido à utilização cada vez maior de aparelhos que consomem energia elétrica.

Várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas no setor saneamento, principalmente em estações elevatórias, com intuito de reduzir o custo com energia elétrica, principalmente no horário de ponta que é o período compreendido por 3 horas durante o dia. São necessárias, visando estabelecer a real influência do poço de sucção, visto que o aumento do volume útil demanda um grande investimento construtivo. O volume útil do poço é determinado pela equação a seguir:

$$V_{\text{útil}} = A \times H_{\text{útil}} \quad (\text{Equação 07})$$

Onde:

$V$  = volume útil ( $\text{m}^3$ )

$A$  = Área do poço ( $\text{m}^2$ )

$H_{\text{útil}}$  = Altura útil do poço (m)

O próximo passo é a verificação do volume de detenção, compreendido entre o fundo do poço e o nível médio de operação das bombas. O volume de detenção foi calculado por:

$$V_{\text{def}} = A \times H_{\text{med.}} \quad (\text{Equação 08})$$

Onde:

$V_{\text{def}}$  = Volume efetivo ( $\text{m}^3$ )

$\hat{A}$  = Área do poço e sucção ( $\text{m}^2$ )

$H_{\text{med}}$  = Altura média no poço de sucção (m)

Com o cálculo do volume de detenção, permite-se encontrar o tempo de detenção, definido como o tempo que o esgoto fica retido no poço de sucção. É recomendável que o tempo de detenção médio seja o menor possível, não ultrapassando 30 minutos para a vazão média de início de plano. Para determiná-lo foi usado a expressão:

$$T_{\text{det}} = \frac{V_{\text{def}}}{Q_e} \quad (\text{Equação 09})$$

Onde:

$T_{\text{det}}$  = Tempo de detenção (min)

$V_{\text{ef}}$  = Volume efetivo ( $\text{m}^3$ )

$Q_e$  = Vazão afluyente ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

### 3. METODOLOGIA

A consolidação deste estudo utilizou-se de pesquisa descritiva e explicativa, onde se buscou descrever, analisar e verificar as relações entre os fatos identificados, bem como explicar as causas e consequências da ocorrência de um determinado evento.

O estudo é pautado na análise crítica da situação de um dos componentes do sistema de esgotamento sanitário do município de Porto Nacional, a EEE 03. Foram analisadas as condições da referida estação elevatória, avaliando a sua operação e funcionamento.

A metodologia proposta para o desenvolvimento deste estudo orienta-se em 3 (três) etapas, a saber: caracterização da área de estudo, levantamento das vazões de contribuição do sistema e dimensionamento da estação elevatória.

Para a obtenção dos resultados, realizou-se levantamento de dados *in loco* e análise de arquivos digitais em plataforma CAD (Computer Aided Design), dados estes referentes ao ano de 2017. Logo, será realizado o tratamento e análise qualitativa e quantitativa dos dados.

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Porto Nacional considerando apenas a zona urbana e o sistema de esgotamento sanitário local. O esgotamento local é estruturado por diversas componentes, dentre as quais buscou-se analisar os critérios mais importantes e específicos que afetasse o funcionamento adequado do sistema e também o bem-estar da comunidade para a delimitação da área de projeto.

Ao se avaliar o funcionamento de uma estação elevatória, analisa-se desde fatores estruturais até sua influência na comunidade local que direta ou indiretamente é submetida as consequências deste desarranjo.

Em decorrência do elevado número de estações elevatórias e da complexidade que envolve a análise de cada componente destas unidades, este trabalho limitou-se a estudar a EEE 03, pelo fato de receber uma parcela significativa do esgoto coletado e por estar em um local perto da orla da cidade, local de grande relevância para no referido município. Para que se possa analisar adequadamente foi feita uma visita *in loco* no entorno da EEE - 03.

A realização de visitas no local estudado é de extrema importância para que se possa aperfeiçoar o estudo, por isso foram realizadas visitas com o intuito de:

- Fazer o levantamento em campo da estrutura física disponível nas unidades estudadas;

- Determinar se a vazão e o volume útil do poço de sucção estão adequada;
- Verificar o conjunto motor-bomba da elevatória;

Entre os aspectos analisados da estrutura, será a avaliado o terreno disponível da EEE – 03, o estado atual das estações elevatórias, condição dos componentes da estação elevatória, como a casa de bomba, poço de sucção, grades, muro e o conjunto motor-bomba.

### 3.2. LEVANTAMENO DAS CONTRIBUIÇÕES DE ESGOTO

A identificação da variação de esgoto permite avaliar a capacidade de suporte da estação elevatória e devido à ausência de medidores de vazão no sistema de coleta de esgoto sanitário de Porto Nacional, este estudo utilizou as fórmulas descritas no referencial teórico para estimar as vazões atuais de contribuição por sub-bacias de esgotamento.

Neste estudo adotou-se uma taxa de infiltração 0,15 l/s.km atendendo as especificações técnicas estabelecidas pela Companhia de Saneamento do Tocantins.

O consumo médio *per capita* será obtido por meio dos valores micromedidos de água que foram disponibilizados pela empresa de saneamento. O mês de referência para o cálculo do *per capita* foi abril de 2017.

Foi utilizado neste estudo como *per capita* domiciliar o valor obtido no Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 2010. As ligações ativas de esgoto por sub-bacia de esgotamento serão extraídas da plataforma ArcGIS, software de informações geográficas.

A partir das informações que foram levantadas *in loco* e dos dados fornecidas pela concessionária, foi realizado o redimensionamento do componente objeto deste estudo, levando em consideração os critérios e recomendações da NBR 12.208/1989 – Projeto das Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário, e das especificações técnicas estabelecidas pela Companhia de Saneamento do Tocantins.

Para se fazer um confronto de dados, depois de calculado as vazões existentes, foi feito uma análise com as vazões de projeto. Para a concepção de projeto tem-se uma vazão de média de projeto calculada é de 16,13 l/s, e vazão máxima de 29,03 l/s para a referida EEE.

### 3.3. ANÁLISE DAS DIMENSÕES DO POÇO DE SUCCÃO E TEMPO DE DETENÇÃO

Considerou-se para determinar o volume do poço de sucção os fatores: aspectos hidráulicos relacionados à prevenção da formação de vórtices; seleção, projeto e posicionamento das bombas, tubulações e válvulas; volume de reserva para absorver eventuais paradas de bombeamento e para absorver incremento de vazões nas horas de pico; relação entre vazão afluyente e a capacidade das bombas, bem como o número de partidas por hora para o qual o motor da bomba e o equipamento elétrico foram dimensionados; volume menor possível para que o tempo de detenção do esgoto não seja excessivo, evitando-se a exalação de odores desagradáveis.

Para que seja possível o cálculo do volume do poço de sucção e o tempo de detenção da EEE 03, foram utilizados os valores das dimensões existentes disponibilizados pela concessionária, valores de projeto:

- Comprimento:.....(c): 5 m
- Largura:.....(l): 2,7 m
- Cota do NA máximo:.....210,78 m
- Cota do NA mínimo:.....210,48 m
- Profundidade de Chegada da Tubulação: .....3,92 m
- Distância Fundo do Poço até NA mínimo: .....2,00 m

Para constatar os fatores listados, apura-se o volume efetivo e útil da estação, que representa o volume líquido compreendido entre o nível máximo e o nível mínimo de operação do poço (faixa de operação das bombas).

Com o volume útil e efetivo, pode calcular o tempo de detenção que o esgoto fica retido até ser recalcado para a próxima EEE. A fórmulas para se calcular o volume efetivo e tempo de detenção já foram descritas no item 2.4.3.

## 4. RESULTADOS

Inicialmente foi analisado o contexto que a cidade de Porto Nacional está inserida. Analise essa, que nos permite ter uma dimensão sobre o funcionamento do sistema de esgotamento sanitário e também da estação elevatória em estudo.

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Porto Nacional está localizado a aproximadamente 52 km da capital Palmas, na microrregião de Porto Nacional. Possui área de 4.449,918 km<sup>2</sup> e limita-se com os municípios: Miracema do Tocantins, Palmas, Monte do Carmo, Silvanópolis, Ipueiras, Brejinho de Nazaré, Fátima, Oliveira de Fátima, Nova Rosalândia, Pugmil e Paraíso do Tocantins.

Município este, localizado no centro do estado do Tocantins, sua posição geográfica é determinada pelo paralelo 10°41'50" de Latitude Sul, em sua interseção com o meridiano de 48°28'34" de Longitude Oeste.

A principal via de acesso à cidade é a rodovia TO-050, que corta o município no sentido norte-sul e o liga à capital Palmas, e a rodovia TO-255, que corta o município no sentido Leste-Oeste. O município de Porto Nacional se destaca como um grande centro religioso, educacional e cultural.

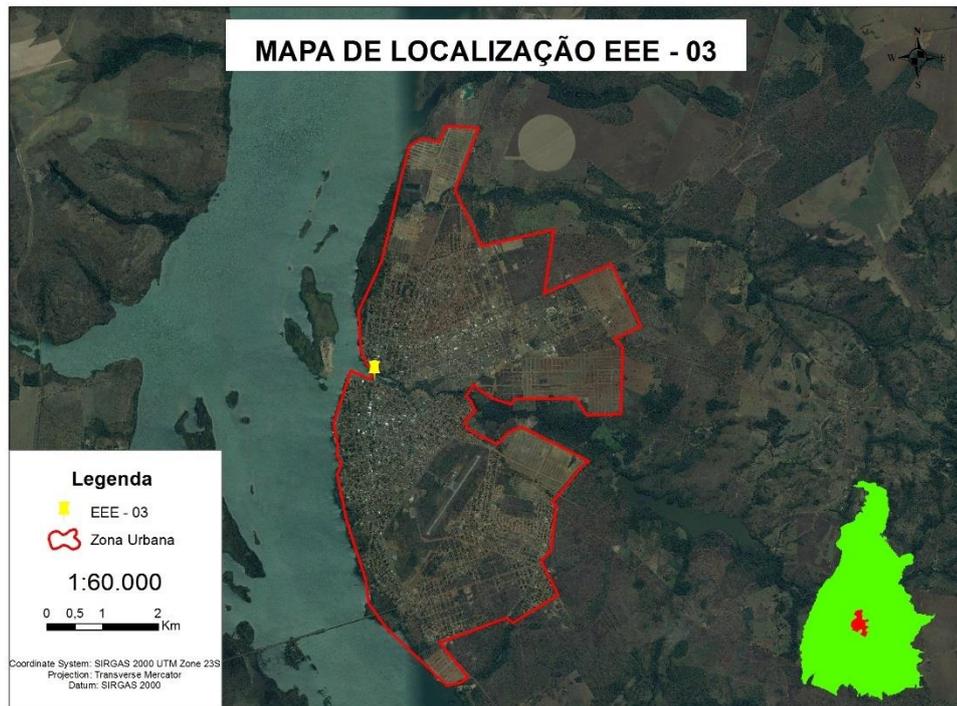
Porto Nacional possui duas sub-bacias principais, que são responsáveis pelo abastecimento de água e diluição dos efluentes tratados da ETE, são elas:

- Sub-Bacia do Córrego São João: o Córrego São João corresponde a um corpo hídrico de considerável importância, por ser responsável pelo abastecimento do município de Porto Nacional
- Sub-Bacia do Córrego Francisquinha: o efluente final da estação de tratamento de esgoto é lançado no Córrego Francisquinha, tributário do Rio Tocantins.

A região apresenta precipitações em torno de 1.600 mm, com pouca variação entre os anos e temperaturas médias anuais em torno de 26°C. Os meses mais quentes coincidem com o rigor da seca, em fins de agosto e setembro. A umidade relativa média anual está em torno de 70%, sendo que no período chuvoso os índices de umidade são superiores a 80% e no período seco entorno de 50%.

A ETE 03 está localizada nas coordenadas: 783105.3 m E, 8816240.2 m S, e pode ser observada na figura a seguir.

Figura 2 - Mapa de Localização da EEE 03



Fonte: Próprio Autor

#### 4.1.2. Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Local

De acordo com o sistema brasileiro, o sistema de esgotamento sanitário do município de Porto Nacional é do tipo separador absoluto, sistema que separa integralmente as águas pluviais dos efluentes domésticos. Todos os esgotos coletados nos bairros que possuem rede coletora instalada são recalcados através de estações elevatórias ao coletor Vila Nova, que encaminha estes esgotos a unidade de tratamento – ETE Francisquinha. No quadro a seguir é apresentado a metragem de rede coletora existente, bem como o número de ligações ativas de esgoto que a EEE 03 recebe:

Quadro 1: Sub-bacias da EEE 03 do sistema de esgotamento sanitário do Município

SETOR	SUB-BACIA	Nº DE LIGAÇÕES ATIVAS DE ESGOTO	EXTENSÃO (m)
Centro/Aeroporto/Consórcio	SB – 02A	1.568	24.623,87
Granvile/ Marcelo Miranda/ São Francisco/ Fama/ Nacional/ Santa Rita/ Vila operaria/ Novo Planalto/ Liberdade/ JD. Planalto	SB – 04A	1.902	43.256,83
Chácara Jordy/ JD. Querido	SB – 04B	401	8.128,43
Santa Helena	SB – 04C	253	5.037,19
Res. Brigadeiro Eduardo Gomes/ JD. Brasília	SB – 05	620	13.842,96
JD. Municipal	SB – 06	793	12.125,08
Centro Histórico	SB – 07	9	706,32
Centro Histórico/ Cruzeiro do Sul	SB – 08	575	12.395,91
<b>Total</b>		6121	120116,6

Fonte: BRK Ambiental, Abril/2017.

O sistema de esgotamento completo de Porto Nacional é composto por 12 (doze) sub-bacias, 8 (oito) vão para a EEE 03 para o recalque do esgoto coletado. O número total de ligações ativas de esgoto é de 6121. A extensão total da rede esgoto que vai para a EEE 03 é 120,12 km de acordo com os dados disponibilizados pela concessionária.

As sub-bacias apresentadas tem por função direcionar o esgoto gerado para as estações elevatórias, que posteriormente recalcam para outra estação, até o efluente ser levado a estação de tratamento de esgoto (ETE). Este tipo de operação das estações elevatórias, é chamado de estação elevatória em série.

O esgoto recalcado é encaminhado para a Estação de Tratamento - ETE Francisquinha. O processo de tratamento utilizado é por lagoas facultativas e de maturação conjugadas, sendo o tratamento preliminar feito por grade e desarenador mecanizado, o primário utilizando-se de reator anaeróbico de fluxo ascendente, UASB, o secundário pelo sistema de lagoas mencionado e o pós tratamento realizado no solo. A ETE Francisquinha recebeu no ano de 2017, de acordo com dados disponibilizados pela companhia de saneamento, 82% da sua capacidade, em valores temos que a ETE recebeu 55,77 l/s de esgoto tendo como capacidade o valor de 68 l/s. A estação está locada nas coordenadas 783800.0 m E, 8819600.0 m S. e possui como via principal de acesso à Avenida Jorge Moraes.

## 4.2. ANÁLISE DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EEE - 03

### 4.2.1. Análise da Estrutura da EEE - 03

Para a escolha do local adequado à construção de uma estação elevatória, devem ser considerados vários aspectos. Entre eles, as dimensões do terreno, o menor custo e a facilidade de desapropriação, a disponibilidade de energia elétrica, a facilidade de extravasar o esgoto em condições de eventuais paralisações e o menor trajeto possível da tubulação de recalque. A foto a seguir mostra a placa com a informações identificando o local de estudo:

Figura 3 – Placa Informativa da EEE - 03



Fonte: Próprio Autor

Não foi possível fazer uma vistoria a estação elevatória em seu acesso interno, com isso foi feito a análise com algumas limitações. A visita foi realizada no 24/10/2018 e constatou-se que o terreno conta com uma área aproximada de 225 m<sup>2</sup> (15 metros de cada lado), dimensão adequada para a locação do poço de sucção, com os respectivos acessórios e dispositivos complementares, além da casa de máquinas. A área conta com um gerador de energia e a casa de máquinas como pode ser visto nas figuras 4 e 5:

Figura 4 – Gerador de Energia da EEE - 03



Fonte: Próprio Autor

Figura 5 – Casa de Máquinas da EEE - 03



Fonte: Próprio Autor

O terreno ao redor da EEE, conta com topografia irregular e o local fica próximo à margem do Rio Tocantins. Outro fator importante é o alto fluxo de pessoas que passam pela EEE. Em uma possível situação de extravasamento por paralisação o local promoverá risco a população que frequenta os arredores da EEE. No momento da visita não existia geração de odor proveniente da EEE. Uma constatação que foi feita, é o fato da Estação se murada,

diferente das outras estações elevatórias do município, que tem apenas a proteção com cercas de arames farpados. A figura a seguir mostra este fato:

Figura 6 – Área murada da EEE - 03



Fonte: Próprio Autor

#### 4.2.2. Levantamento das Vazões

A taxa de infiltração adotada é justificada devido ao fato de Porto Nacional ser uma cidade histórica, tendo uma rede coletora antiga, matérias danificados com muito tempo de uso e pouca manutenção. Conforme à informações acima, tem-se atualmente uma extensão de 120,12 km no município de Porto Nacional, logo:

$$Q_{inf} = Extensão \times TI$$

$$Q_{inf} = 120,12 \times 0,15 = 18,02 \text{ l/s}$$

Onde:

$Q_{inf}$  = Vazão de Infiltração (l/s)

Extensão da Rede Coletora (km)

TI = Taxa de Infiltração (l/s.km)

Para o *per capita*, utilizou-se dos valores disponibilizados pela concessionária, o valor de água micromedido no mês de abril de 2017, sendo 175.000 m<sup>3</sup> e a população atendida, 45.763 habitantes. Sendo assim, temos um *per capita*:

$$q = \frac{CM}{P \times \text{número de dias do mês}}$$

$$q = \frac{175.000.000}{45763 \times 30} = 127,47 \text{ l/hab. dia}$$

Onde:

q = *Per capita* (l/hab.dia)

CM = Consumo Micromedido (l)

P = População (hab)

Para o cálculo da população atendida temos a soma do número de ligações ativas de esgoto das sub-bacias que são direcionadas para a EEE 03, valor este de 6121 ligações, e o número de moradores por residência, segundo o Censo do IBGE de 2010, que é de 3,3. Com isso chegamos ao valor da população atendida:

$$P = N \times \text{per capita domiciliar}$$

$$P = 6121 \times 3,3 = 20199 \text{ hab.}$$

Onde:

P = População (hab)

N = N° de ligações ativas de esgoto (hab)

Com essas variáveis calculadas, foi encontrado o valor da vazão que chega a EEE 03:

$$Q_{med} = \frac{P \times q \times c}{86400} + Q_{inf}$$

$$Q_{med} = \frac{20199 \times 127,47 \times 0,8}{86400} + 18,02 = 41,86 \text{ l/s}$$

Onde:

Q<sub>med</sub> = Vazão Média (l/s)

P = População (km)

q = *Per capita* (l/hab.dia)

C = coeficiente de retorno (80%)

$Q_{inf}$  = Vazão de Infiltração (l/s)

$$Q_{mín} = \frac{Q_{med}}{2} = \frac{41,86}{2} = 20,93 \text{ l/s}$$

$$Q_{max} = Q_{med} \times k_1 \times k_2 = 41,86 \times 1,2 \times 1,5 = 75,34 \text{ l/s}$$

O valor encontrado para a vazão média na EEE – 03 é de 41,86 l/s, e para a vazão máxima de 75,34 l/s, este valor pode ser comparado com o valor da vazão de projeto.

Com base nos dados da companhia, a vazão média de projeto calculada é de 16,13 l/s, e vazão máxima de 29,03 l/s. Fazendo uma comparação das vazões calculados e vazões de projeto, podemos observar que tanto a vazão média, como a vazão máxima foram superadas pelas vazões calculadas. Com isso podemos pressupor que a mesma receba atualmente vazão superior a capacidade de projeto.

#### 4.2.3. Análise das Dimensões do Poço de Sucção e Tempo de Detenção

Com estes dados, podemos extrair a informação da altura útil, que neste caso é de 30 cm. Com os dados coletados da estação elevatória, foi possível verificar o dimensionamento do volume útil do poço da estação elevatória:

$$V_{útil} = A \times H_{útil}$$

$$V_{útil} = (5 \times 2,7) \times 0,3 = 4,05 \text{ m}^3$$

Onde:

V = volume útil (m<sup>3</sup>)

A = Área do poço (m<sup>2</sup>)

H<sub>útil</sub> = Altura útil do poço (m)

Depois de calculado o valor do volume útil, podemos ir ao cálculo do volume efetivo:

$$V_{ef} = A \times H_{méd}$$

$$V_{útil} = (5 \times 2,7) \times (0,3/2 + 2) = 29,03 \text{ m}^3$$

Onde:

$V_{ef}$  = volume efetivo ( $\text{m}^3$ )

$A$  = Área do poço ( $\text{m}^2$ )

$H_{méd}$  = Altura média útil do poço (m)

Depois de calculado o valor do volume efetivo, podemos então encontrar o tempo de detenção do esgoto antes de ser recalcado para a próxima estação elevatória. A NBR 12208 – Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário, frisa que o tempo de detenção média deve ser o menor possível, sendo 30 minutos o tempo máximo recomendado pela norma.

$$T_{det} = \frac{V_{ef}}{Q_{med}} = \frac{29,03}{2,51} = 11,6 \text{ min.}$$

$$T_{det} = \frac{V_{ef}}{Q_{mín}} = \frac{29,03}{1,26} = 23,1 \text{ min.}$$

Foi calculado o tempo de detenção para a vazão média, que seria o tempo que seria com a EEE funcionando normalmente, e também foi calculado para a pior situação, que seria a vazão mínima, onde o esgoto fica um tempo maior retido no poço de sucção.

Com o valor do tempo de detenção de 23,1 minutos para a vazão mínima, podemos observar que segue de acordo com os valores recomendados pela norma brasileira.

## 5. CONCLUSÃO

Analisando a parte operacional foi concluído que conta com uma boa estrutura, os espaços são adequados para a instalação do poço de sucção, casa de máquinas, além de contar com um gerador, que em caso de falta de energia no município pode dar continuidade no recalque do esgoto, evitando assim um problema operacional. Conta com um muro para evitar invasões de pessoas não autorizadas, mas pode colocar também arrame acima do muro e cerca elétrica para que se tenha uma maior segurança e evite transtornos.

As vazões calculadas são preocupantes devido ao fato de que os valores de vazão de projeto estão bem inferiores aos valores das vazões calculadas. Isso mostra que deve ser um ponto em que a concessionária deve analisar no procedimento operacional e também nos próximos projetos executados, para que se evite ter que improvisar alguma solução, ocasionando um gasto financeiro maior que o previsto.

O tempo de detenção calculado estava de acordo com a norma, isso se confirma com a visita feita, onde não foi constatado uma geração de odor que incomode a população.

Este trabalho visa contribuir para o saneamento brasileiro e principalmente para o saneamento tocantinense. Sabemos que ainda tem-se um longo caminho a percorrer para o crescimento do saneamento no Brasil, mas só será possível alcançar um saneamento de qualidade através de estudos científicos.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12208. **Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1992, p 02.

ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental/SC. **Saneamento em Santa Catarina X Investimento Pac**, 2008.

ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. Universidade de São Paulo. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2ª. ed. São Paulo: Departamento de engenharia hidráulica e sanitária, 2000. 547p.

ALMEIDA, M.T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade E Qualidade**. Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Itajubá. 2000. 3 p

ARNESEN A. S.; SAMPAIO. A. O. **Tratamento de gases odorantes de EEE e ETE por biofiltração**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, Goiânia-GO – Brasil. 2013.

AZEVEDO NETTO, Jose M. de; ARAÚJO, Roberto de. **Manual de hidráulica**. 8. ed. atual. São Paulo (SP): Edgard Blucher, 1998. 669 p.

BAHIA, S. R. **Eficiência Energética nos Sistemas de Saneamento**. Rio de Janeiro: IBAM, PROCEL/ELETOBRÁS, 1998.

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**.

CAMPOS JÚNIOR, E. E. **Reestruturação da área de planejamento, programação e controle na Gerência de manutenção Portuária – CVRD**. 2006. 74f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2006.

CERVI, L. L. **Viabilidade econômico-financeira para implantação de sistemas de esgotamento sanitário em pequenos municípios**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, UNIJUÍ, Ijuí, 2014.

CORRAR, Luiz João; THEÓFILO, Carlos Renato *et. al*; **Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração**. São Paulo, Atlas, 2004.

DACACH, N.G. **Sistemas Urbanos de Esgoto**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984, 256 p.

FRACASSO, P. T.; **Redução de Gastos com Energia Elétrica em Sistemas de Distribuição de Água Utilizando Processos Decisórios de Markov**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2014. 5 p.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Ministério da Saúde, Brasil. **Manual de Saneamento**. 3. ed. Brasília: Funasa, 2005. 153 p

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. Brasília, 3º edição, 2006.

GALVÃO JUNIOR, A.C.; TUROLLA, F.A.; PAGANINI, W.S. **Viabilidade da regulação subnacional dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário sob a lei 11.445/2007**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, V. 13, n. 2, p. 134, abr./jun. 2008.

GELLER, H. S., 1991, **O Uso Eficiente da Eletricidade: uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro, INEE.

GOMES, Heber Pimentel. **Eficiência hidráulica e energética em saneamento**. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

IBGE. **Censo Demográfico - Características da população e dos domicílios - Resultado do Universo 2000**.

JUNIOR, Galvão; DE CASTRO, Alceu; DA SILVA PAGANINI, Wanderley. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 79-88, 2009.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

LEONETI, A. B. *et al.* **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. Revista de Administração Pública, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011.

LIMA, P. F. **Simulação do sistema de esgotamento sanitário de Ponta Negra-Natal: mitigação dos riscos ambientais e estratégia de manutenção preditiva**. . 2012. 11 f. Dissertação de Pós-Graduação (Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, NATAL, 2012.

MARTINS, V. R. A.; **Análise de perdas de água dos sistemas de captação, tratamento e adução dos subsistemas de abastecimento de água de Andorinhas, Queimadela e Rabagão**, 2014.13 p.

MEDEIROS FILHO, C. F. **Esgotos Sanitários**. João Pessoa: UFPB, 1997. 435 p

METCALF & EDDY. Wastewater Engineering: Wastewater engineerins – treatment, diposal and reuse. 3rd ed. New York, McGraw-Hill, 1991, 1334 p.

MONACHESI, M. G. **Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento**. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS/PROCEL, 2005.

MONTEIRO, C.I.; SOUZA, L.R.; ROSSI, P.H.L. **Manutenção Corretiva: manutenção e lubrificação de equipamentos**. Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”. Bauru (SP). 2010.

NASCIMENTO, N.O.; HELLER, L. **Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 36-48, jan. /mar. 2005.

NITATORI, D. H. **Avaliação operacional de estação elevatória de esgoto utilizando eficiência energética: estudo de caso na cidade de Itaipó/São Paulo**. Campinas. 2016.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo (SP): E. Blucher, 2011. 565 p. PMISBF

PILAR, E. J. **Análise de eficiência energética em uma estação elevatória de água semiasa lages-sc**. Repositórios de relatórios Engenharia de Produção, n. 1, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO NACIONAL (2013). **Plano Municipal de Água e Esgoto**. Porto Nacional: Secretaria Do Meio Ambiente. 144 p

REZENDE, S. C; HELLER. L. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

SCALIZE, P.S. LEITE, W.C.A, SOUZA, C.A. **Problemas decorrentes da obstrução nas redes e ramais de esgotos sanitários**. 14º Simpósio Luso-Brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. Porto, 2010.

COSTA, B. V. **SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO – ESTUDO DE CASO: TREVISÓ/SC**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2012.

SEMAE: Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto. **Apostila: Operador de Estação de Bombeamento**, Caxias do Sul-RS, s/d. 14p.

SILVA, A. Modelo gerencial da rede de esgoto do município ideal de Toribaté. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, out. 2004.

SILVA, A.B. **Avaliação da produção de odor na estação de tratamento de esgoto Paranoá e seus problemas associados**. 2007. 132 f. Dissertação (Mestre) -, UNB, Brasília, 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002. 703 p

TIAGO FILHO, G.L. **Uso de bombas com rotação variável**. Itajubá: Escola Federal de Engenharia de Itajubá. 1996. 19p.

TSUTIYA, M.T. **Redução do Custo de Energia Elétrica em Estações Elevatórias de Água e Esgoto**. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2004.

UAEC Unidade Acadêmica de Engenharia Civil. **Evolução dos Sistemas de Esgotamento**. Acesso em 2018, disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br>

VIANA, L. R. **Avaliação e proposição de melhorias para as estações elevatórias de esgoto 03 e 04 do município de Porto Nacional - TO.** 2017, 69 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 1996. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 54 p. v. 1.

WYREBSK, J. **Manutenção Produtiva Total. Um Modelo Adaptado.** 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.