

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

LEONARDO FERREIRA VASCONCELOS DE MIRANDA

**CONTRIBUIÇÕES INDEVIDAS DE ÁGUAS PLUVIAIS EM TRECHO DE REDE DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO AFLUENTE À ETE MANGABEIRA EM JOÃO
PESSOA-PB**

João Pessoa

2018

Leonardo Ferreira Vasconcelos de Miranda

**CONTRIBUIÇÕES INDEVIDAS DE ÁGUAS PLUVIAIS EM TRECHO DE REDE DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO AFLUENTE À ETE MANGABEIRA EM JOÃO
PESSOA-PB**

Trabalho de conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior

João Pessoa

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M672c Miranda, Leonardo Ferreira Vasconcelos de.
CONTRIBUIÇÕES INDEVIDAS DE ÁGUAS PLUVIAIS EM TRECHO DE
REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO AFLUENTE À ETE MANGABEIRA
EM JOÃO PESSOA-PB / Leonardo Ferreira Vasconcelos de
Miranda. - João Pessoa, 2018.
70 f. : il.

Orientação: Gilson Barbosa Athayde Júnior.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Esgoto Sanitário. 2. Águas Pluviais. 3. Sistema
Separador Absoluto. I. Júnior, Gilson Barbosa Athayde.
II. Título.




UFPB/BC


FOLHA DE APROVAÇÃO

LEONARDO FERREIRA VASCONCELOS DE MIRANDA

**CONTRIBUIÇÕES INDEVIDAS DE ÁGUAS PLUVIAIS EM TRECHO DE REDE DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO AFLUENTE À ETE MANGABEIRA EM JOÃO
PESSOA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso em 13/06/2018 perante a seguinte Comissão Julgadora:

 Prof. Gilson Barbosa de Athayde Júnior Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>APROVADO</u>
 Profª. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>Aprovado</u>
 Prof. Leonardo Vieira Soares Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>APROVADO</u>


Profª. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Matrícula Siape: 1668619
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força e sabedoria todos os dias e me permitir concluir mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais, pela dedicação e amor que fizeram com que eu continuasse sempre em busca do melhor.

Aos meus avós, por todo apoio e lição e por serem exemplos de vida para mim.

À minha família, por todo amor, carinho e paciência dedicados para a realização deste sonho.

Ao prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior, por ter aceitado me orientar em uma etapa tão importante da minha vida.

Aos membros da banca examinadora, por terem se disponibilizado a este serviço.

Aos meus colegas e professores de curso, que carrego muitos como verdadeiros amigos, onde sei que poderei contar no futuro profissional.

À Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), no nome do funcionário José Isvi Alves Ramalho, por todo apoio e disponibilidade para a obtenção dos dados.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para que este trabalho se realizasse.

RESUMO

A água é um dos bens de consumo mais importantes para a manutenção da vida na Terra. Com o crescimento da população mundial, cresceu também os rejeitos gerados e com isso a necessidade de dar-lhes uma adequada destinação e tratamento. O sistema de esgotamento sanitário usado no Brasil é o separador absoluto, onde as águas pluviais são transportadas em condutos separados do esgoto sanitário. Porém é frequentemente observado o aumento de vazão na rede de esgoto no período de chuva. O presente estudo tem como objetivo quantificar a participação de águas pluviais na vazão de parte da rede de esgoto sanitário da cidade de João Pessoa, mais precisamente na rede afluenta à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Mangabeira, gerenciado pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). Foram feitas medições de esgoto a montante da ETE a cada 10 minutos, das 7:00 até as 17:00 horas, para 3 (três) semanas, sendo uma de tempo seco padrão, uma de tempo seco e uma de tempo chuvoso. Foram obtidos os dados pluviométricos para se caracterizar cada semana de acordo com o índice de chuva durante o mesmo período das medições de esgoto. Com isso foi calculada a média de vazão de esgoto de cada semana a fim de comparar os resultados. A vazão da semana de tempo seco foi de 23,66 l/s, já a vazão de esgoto medida para a semana de tempo chuvoso foi de 48,97 l/s. Foi calculado o acréscimo de vazão entre a semana de tempo seco e a semana de tempo chuvoso e observou-se aumento de 107% o que demonstra que existe a interferência das águas pluviais no sistema de esgotamento sanitário.

Palavras-chave: Esgoto Sanitário, Águas Pluviais, Sistema Separador Absoluto.

ABSTRACT

Water is one of the most important resources for the maintenance of life on Earth. With the world population growth, the tailings generated also had a considerable growth and this way the need to give them an adequate destination and treatment. The sewage system used in Brazil is the absolute separator, where rainwater is transported in separate conduits from sanitary sewage. However, it is often observed the increase of flow in the sewage network during the rainy season. The present study aims to quantify the participation of rainwater in the flow of part of the sewage network of the city of João Pessoa, more precisely in the affluent network at the Sewage Treatment Station (ETE) in Mangabeira, managed by Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) – Water and Sewage Company of Paraíba. Sewage measurements were made upstream of the ETE every 10 minutes, from 7:00 am to 5:00 p.m., for 3 (three) weeks, one of standard dry weather, one of dry weather and one of rainy weather. Rainfall data were obtained to characterize each week according to the rainfall index during the same period of the sewage measurements. Thereby, the average sewage flow of each week was calculated in order to compare the results. The flow of the dry weather week was 23.66 l/s, in the other hand the sewage flow measured for the rainy weather week was 48, 97 l/s. The increase in flow between dry weather week and rainy weather week was calculated and an increase of 107% was observed, which shows that there is rainwater interference on the sewage system.

Keywords: Sanitary Sewage, Rainwater, Absolute Separator System

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rede de Abastecimento de Água

Figura 2 - Rede de Esgoto Sanitário

Figura 3 - Internações hospitalares por falta de Saneamento - Mapa

Figura 4 - Internações hospitalares por falta de Saneamento - Gráfico

Figura 5 - Ciclo Hidrológico

Figura 6 - Inundações - Fatores

Figura 7 - Ocorrência de Inundações

Figura 8 - Sistema de Microdrenagem

Figura 9 - Sistema Unitário de Esgotamento

Figura 10 - Consequências da contribuição de enxurrada em um sistema unitário de esgoto

Figura 11 - Sistema Separador Absoluto de Esgotamento

Figura 12 - Variação da vazão de esgoto ao longo de um dia seco e um dia chuvoso na rede de esgoto – bacia menor na zona leste de São Paulo

Figura 13 - Variação da vazão de esgoto ao longo de dois dias secos e um dia chuvoso na rede de esgoto - bacia maior na zona leste de São Paulo

Figura 14 - (a) Ligação direta de esgoto em rede pluvial; (b) "Língua Negra" em praia de Maceió - AL a partir da rede de drenagem local

Figura 15 - Vista em planta da ETE Mangabeira

Figura 16 - Vista panorâmica da ETE Mangabeira

Figura 17 - Sistema de Alimentação

Figura 18 - Gradeamento

Figura 19 - Desarenador (Caixa de Areia)

Figura 20 - Calha Parshal

Figura 21 - Lagoa de Estabilização

Figura 22 - Localização do Posto Pluviométrico

Figura 23 – Período das Medições de Vazão de Esgoto

Figura 24 - Régua da Calha Parshal

Figura 25 - Precipitação Tempo Seco Padrão

Figura 26 - Precipitação Tempo Seco

Figura 27 - Precipitação Tempo Chuvoso

Figura 28 - Vazão de Esgoto do dia 05/03/2018 – Tempo Seco Padrão

Figura 29 - Vazão de Esgoto do dia 06/03/2018 – Tempo Seco Padrão
Figura 30 - Vazão de Esgoto do dia 07/03/2018 – Tempo Seco Padrão
Figura 31 - Vazão de Esgoto do dia 08/03/2018 – Tempo Seco Padrão
Figura 32 - Vazão de Esgoto do dia 09/03/2018 – Tempo Seco Padrão
Figura 33 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 05/03/2018
Figura 34 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 06/03/2018
Figura 35 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 07/03/2018
Figura 36 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 08/03/2018
Figura 37 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 09/03/2018
Figura 38 - Média Diária de Vazão de Esgoto de Tempo Seco Padrão
Figura 39 - Vazão de Esgoto do dia 02/04/2018 – Tempo Seco
Figura 40 - Vazão de Esgoto do dia 03/04/2018 – Tempo Seco
Figura 41 - Vazão de Esgoto do dia 04/04/2018 – Tempo Seco
Figura 42 - Vazão de Esgoto do dia 05/04/2018 – Tempo Seco
Figura 43 - Vazão de Esgoto do dia 06/04/2018 – Tempo Seco
Figura 44 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 02/04/2018
Figura 45 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 03/04/2018
Figura 46 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 04/04/2018
Figura 47 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 05/04/2018
Figura 48 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 06/04/2018
Figura 49 - Média Diária de Vazão de Esgoto de Tempo Seco
Figura 50 - Vazão de Esgoto do dia 11/04/2018 – Tempo Chuvoso
Figura 51 - Vazão de Esgoto do dia 12/04/2018 – Tempo Chuvoso
Figura 52 - Vazão de Esgoto do dia 13/04/2018 – Tempo Chuvoso
Figura 53 - Vazão de Esgoto do dia 16/04/2018 – Tempo Chuvoso
Figura 54 - Vazão de Esgoto do dia 17/04/2018 – Tempo Chuvoso
Figura 55 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 11/04/2018
Figura 56 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 12/04/2018
Figura 57 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 13/04/2018
Figura 58 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 16/04/2018

Figura 59 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 17/04/2018

Figura 60 - Média Diária de Vazão de Esgoto de Tempo Chuvoso

Figura 61 - Comparação entre Tempo Seco Mínimo e Tempo Chuvoso Mínimo

Figura 62 - Comparação entre Tempo Seco Máximo e Tempo Chuvoso Máximo

Figura 63 – Média Horária da Semana de Tempo Seco e Tempo Chuvoso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS:	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	SANEAMENTO AMBIENTAL	14
3.2	ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	18
3.3	ESGOTAMENTO SANITÁRIO	20
3.4	DRENAGEM URBANA DE ÁGUAS PLUVIAIS	21
3.5	TIPOS DE SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO.....	25
3.5.1	Sistema Unitário.....	25
3.5.2	Sistema Separador Absoluto.....	28
3.5.3	Sistema Misto ou Parcial.....	29
3.6	TEMPO SECO E TEMPO CHUVOSO	30
3.7	PROBLEMAS CAUSADOS POR CONTRIBUIÇÕES INDEVIDAS NA REDE DE ESGOTO	32
4	METODOLOGIA:	34
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
4.2	DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	39
4.3	MEDIÇÕES DA VAZÃO DE ESGOTO SANITÁRIO.....	39
4.4	COMPARAÇÃO ENTRE TEMPO SECO E TEMPO CHUVOSO.....	41
5	RESULTADOS E DISCURSÃO:	42
5.1	DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	42
5.2	MEDIÇÕES DE VAZÃO DE ESGOTO SANITÁRIO.....	44
5.3	COMPARAÇÃO ENTRE TEMPO SECO E TEMPO CHUVOSO.....	62
6	CONCLUSÃO	64
6.1	RECOMENDAÇÕES	64
7	REFERÊNCIAS:	66

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos principais recursos para a manutenção da vida humana. De acordo com Silva (2015), a água é utilizada desde o princípio da humanidade e por ser fundamental para a vida e por seus múltiplos usos, precisa ter qualidade.

Para se manter essa qualidade da água, é necessário investir em saneamento. Saneamento ambiental é composto por medidas socioeconômicas tomadas para alcançar a salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, coleta e disposição de resíduos sólidos, drenagem urbana, entre outras medidas, com o objetivo de melhorar as condições de vida da população (BRASIL, 2006a).

Apenas cerca de 40% dos municípios possuem rede coletora de esgoto em todos os distritos, enquanto mais de 90% dos municípios brasileiros realizam o serviço de abastecimento por rede geral de água em todos os seus distritos. Já quando é observado o tratamento da água distribuída por rede geral e do esgoto coletado, os números caem ainda mais. Por volta de 70% dos municípios têm todos os distritos com tratamento da água distribuída, já para o esgoto coletado o percentual não alcança 20% (IBGE, 2011).

O sistema de esgotamento sanitário usado no Brasil é o separador absoluto, seguindo recomendação da NBR 9648 da ABNT (1986), onde as águas pluviais e as águas residuárias (esgotos) são transportadas por tubulações independentes. Portanto não deve se considerar contribuições indevidas de águas pluviais no dimensionamento da rede de esgotamento sanitário (SANTOS, 2013).

Apesar de o sistema separador absoluto ser o utilizado, grande parte da drenagem pluvial das localidades recebem, de forma irregular, despejos de origem doméstica e industrial. Por outro lado, também são introduzidas, durante as chuvas, quantidades significativas de água pluvial indevida às redes coletoras de esgoto sanitário, o que compromete sua capacidade hidráulica original e incorpora resíduos comumente encontrados nas águas pluviais (areia, galhos, folhas e lixo), acarretando problemas operacionais no sistema de esgotamento sanitário (DIAS, 2007).

Esses problemas prejudicam o transporte na rede e o tratamento dos resíduos, bem como o efluente que deságua no corpo hídrico. A interferência de águas pluviais ainda gera alteração na vazão e na composição de matéria orgânica, o que dificulta o tratamento e a operação do sistema como um todo (SANTOS, 2013).

Tendo como base essa informação, o presente estudo tem como objetivo mostrar a influência da água de chuva no sistema de esgoto, fazendo medições em tempo seco e chuvoso e comparando os resultados.

2 OBJETIVOS:

Quantificar a participação de águas pluviais na vazão da rede de esgotamento sanitário, através de medições em campo de esgoto, a montante da ETE Mangabeira, e de dados pluviométricos, comparando situação de tempo seco e tempo chuvoso.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Saneamento Ambiental

De acordo com o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde:

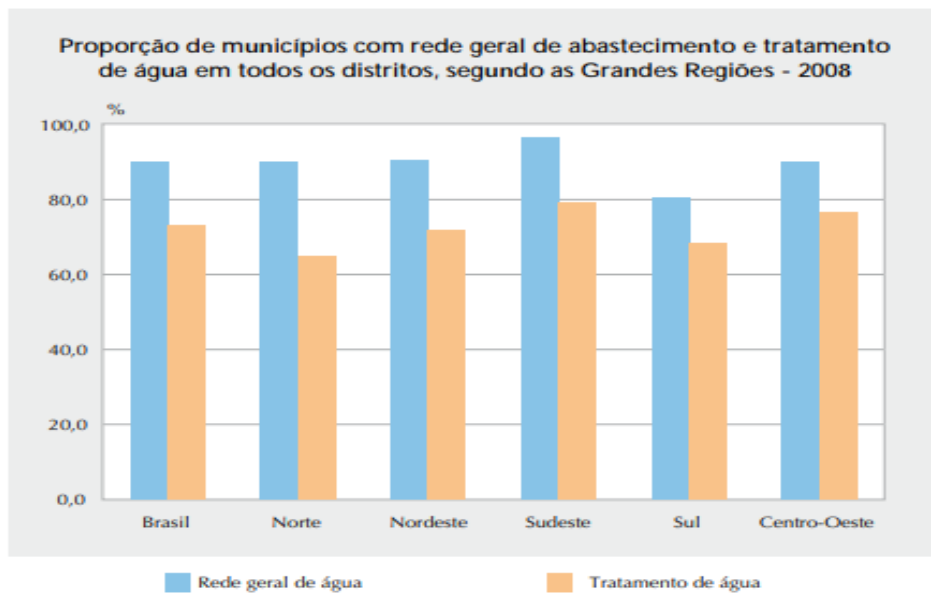
“saneamento ambiental é o conjunto de medidas socioeconômicas que tem por objetivo alcançar a salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural” (BRASIL, 2006a).

Entende-se o conceito de salubridade ambiental como “o estado de higidez em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere a sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, como ao seu potencial de promover o aperfeiçoamento de condições mesológicas favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar social” (BRASIL, 2006a).

Vários problemas ambientais estão ligados à falta ou à precariedade do saneamento, tais como: poluição de rios, lagos, lagoas e aquíferos, poluição ou contaminação na captação de água para o abastecimento humano, doenças, assoreamento, erosão acelerada, inundações frequentes, com consequentes perdas humanas e materiais, entre outros exemplos (IBGE, 2011).

Os serviços de abastecimento e tratamento de água têm uma abrangência maior no país quando comparados aos serviços de coleta e tratamento de esgoto (Figuras 1 e 2). Enquanto mais de 90% dos municípios brasileiros realizam o serviço de abastecimento por rede geral de água em todos os seus distritos (principalmente na Região Sudeste onde o índice passa dos 95%), apenas cerca de 40% dos municípios possuem rede coletora de esgoto em todos os distritos. Quando é observado o tratamento, da água distribuída por rede geral e do esgoto coletado, a abrangência é bem menor. Pouco mais de 70% dos municípios têm todos os distritos com tratamento da água distribuída e o percentual não alcança 20% para o esgoto coletado (IBGE, 2011).

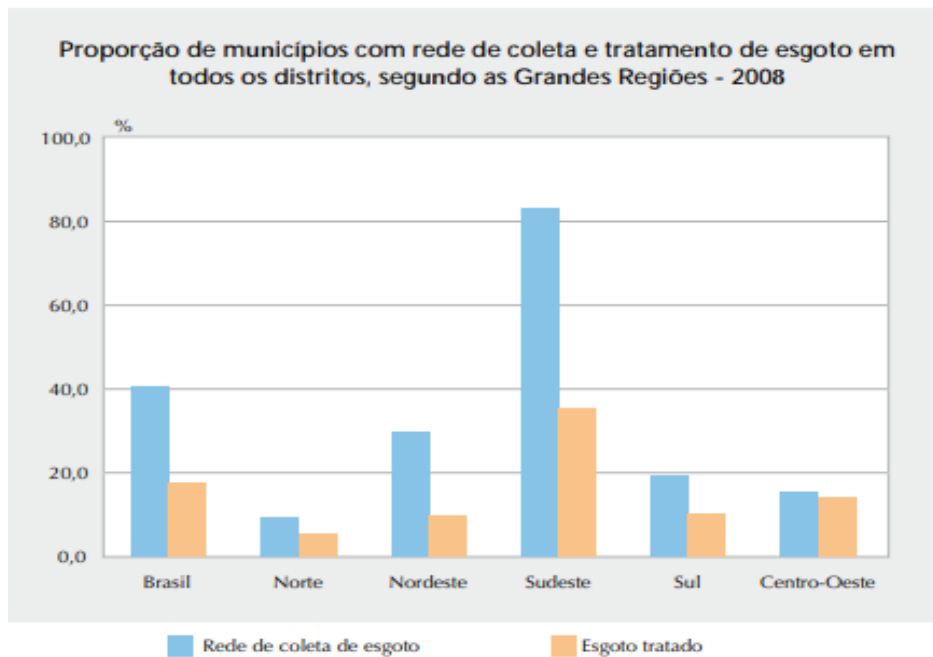
Figura 1 - Rede de Abastecimento de Água



Nota: Foram considerados como municípios com rede geral de abastecimento e tratamento de água aqueles em que todos os distritos possuem, respectivamente, rede geral de abastecimento e tratamento de água.

Fonte: (IBGE, 2011)

Figura 2 - Rede de Esgoto Sanitário



Nota: Foram considerados como municípios com rede de coleta e tratamento de esgoto aqueles em que todos os distritos possuem, respectivamente, rede de coleta e tratamento de esgoto.

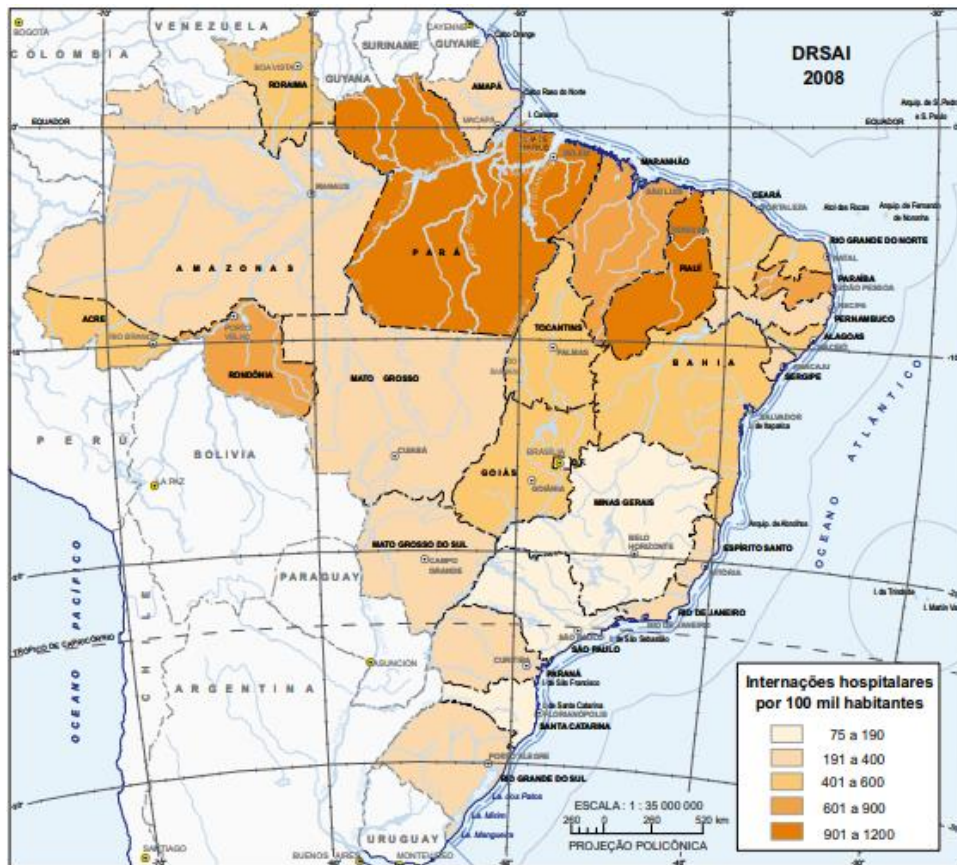
Fonte: (IBGE, 2011)

Para Lobo (2003), a universalização da prestação dos serviços de saneamento é o principal objetivo e o grande desafio do sistema como um todo, e para se buscar esse objetivo, às questões políticas, à aprovação dos projetos de lei de saneamento, à titularidade sobre os sistemas, o modelo de regulação a ser adotado no país e às formas de financiar o setor são as principais dificuldades das propostas em debate.

Diante da situação geral do saneamento ambiental no Brasil, é importante destacar a necessidade de aumentar a qualidade dos serviços de saneamento básico, além de como já citado, buscar a universalização dos mesmos, fazendo com que se possa melhorar a saúde e o bem-estar da população, bem como de tornar o meio ambiente mais saudável. As ações de saneamento diminuem a ocorrência de doenças e evitam danos ao ambiente, especialmente aos solos e corpos hídricos (IBGE, 2011; FERNANDES, 1997).

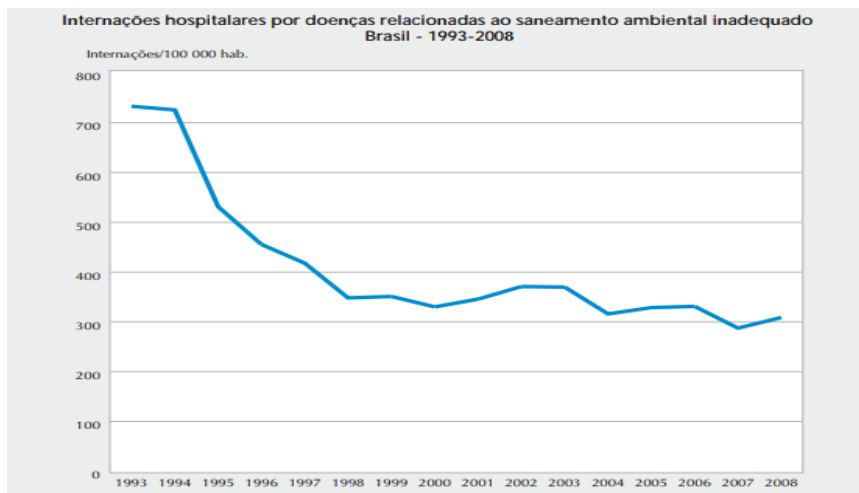
As Figuras 3 e 4 mostram o número de internações causadas pela falta de saneamento e que apesar de estarem diminuindo, ainda são considerados números expressivos.

Figura 3 - Internações hospitalares por falta de Saneamento - Mapa



Fonte: IBGE, 2011

Figura 4 - Internações hospitalares por falta de Saneamento - Gráfico



Doenças relacionadas com o saneamento ambiental inadequado (DRSAI): Diarreias, Febres Entéricas, Hepatite A, Dengue, Febre Amarela, Leishmanioses (tegumentar e visceral), Filariose Linfática, Malária, Doença de Chagas, Esquistossomose, Leptospirose, Tracoma, Conjuntivites, Micoses Superficiais, Helmintíases e Teníases.

Fonte: IBGE, 2011

3.2 Abastecimento de Água

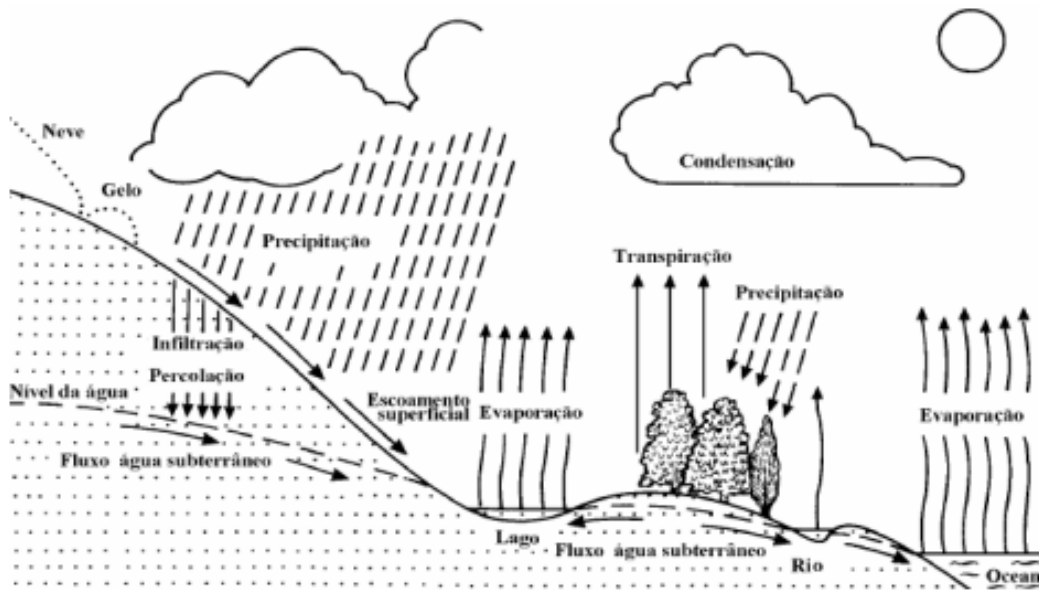
A água é um dos recursos naturais mais importantes para a conservação da qualidade de vida dos seres humanos e de todos os seres vivos, e nas últimas décadas, vem se tornando um bem escasso, afetando diretamente comunidades, populações, empresas, indústrias e países em geral, inclusive (COSTA, 2014).

Para Urban (2012), as ameaças e dificuldades para manutenção desses recursos podem se dividir em três situações: o excesso de consumo, os altos índices de desperdício em seu uso e o aumento da poluição (seja por produtos químicos oriundos da agricultura e de indústrias, como esgoto doméstico, apenas para citar alguns exemplos).

No Brasil se encontram disponíveis 12% de toda água doce do mundo, e mesmo assim existem conflitos relacionados ao seu uso e distribuição, já que 70% estão concentrados na bacia Amazônica, onde vivem apenas 7% da população e os 30% restantes estão distribuídos nas outras regiões do país, onde se concentram 93% da população brasileira (MESSIAS, 2008).

De acordo com o Ministério da Saúde, o “ciclo hidrológico” (Figura 5) é o termo usado para se referir à dinâmica permanente da água no planeta. “Descreve as etapas ou mecanismos de transferência ou movimentação da água em seus diversos estados (líquido, sólido ou gasoso), quais sejam, a precipitação, a evapotranspiração, a infiltração e o escoamento superficial” (BRASIL, 2006b).

Figura 5 - Ciclo Hidrológico



Fonte: Tucci (2001)

De acordo com o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde:

“abastecimento de água constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos” (BRASIL, 2006a).

Segundo Tsutiya (2006), o atendimento por sistema de abastecimento de água, em quantidade e qualidade adequadas, é uma das principais prioridades da população de um modo geral, pela importância que esse bem agrega em atender as necessidades de diversos setores da economia, por exemplo, e principalmente as relacionadas à saúde das comunidades.

Os seres humanos realizam a captação de água para consumo de mananciais apropriados, dependendo principalmente da facilidade de obtenção dessas águas e da sua localização geográfica favorável (GASPAROTTO, 2011).

A segurança da população pode ser ameaçada pela escassez de água e pelo estresse causado pela poluição e contaminação, afetando diretamente setores como o abastecimento público, a produção de alimentos, a saúde e a recreação. Portanto, a sustentabilidade e o cuidado com os recursos hídricos requerem uma gestão

ambiental integrada, que possibilite os usos múltiplos sem provocar a diminuição na qualidade e na quantidade de água para as populações (IBGE, 2011).

3.3 Esgotamento Sanitário

Para Fernandes (1997), sistema de esgotos é o conjunto de obras e instrumentos para coletar, transportar, tratar e dar a destinação final adequada às vazões de esgotos. Para que se obtenha êxito no esgotamento e seja feito com rapidez e segurança, é necessário a construção de um conjunto de estruturas que compreende tubulações coletoras que funcionam por gravidade, unidades de tratamento, de recalque, obras de transporte e de lançamento final para o corpo receptor, além de inúmeros órgãos acessórios que são indispensáveis para o funcionamento e operação com eficiência do sistema.

Segundo a NBR 9648 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) “esgoto sanitário é o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária” (ABNT, 1986).

Bettiol e Camargo (2000) apontam que o esgoto é constituído por líquido contendo aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de substâncias minerais e orgânicas em dissolução e em suspensão. É devido a esse percentual de 0,1% de sólidos que ocorrem os problemas de poluição das águas, sendo necessário se tratar os esgotos (BRASIL, 2006a).

Os costumes dos habitantes tem grande influência na variação de vazão do efluente de um sistema de esgoto doméstico. A vazão doméstica de esgoto é calculada em função do consumo médio diário de água de um indivíduo. Pesquisas realizadas estimam que para 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros de esgoto na rede coletora, ou seja, 80% (BRASIL, 2006a). Por isso no dimensionamento da rede coletora de esgoto usa-se um coeficiente redutor de 0,8 para a vazão de esgoto que se deseja calcular.

A capacidade da ETE será dimensionada de modo que o efluente contenha em seu meio uma carga orgânica suportável pelo corpo receptor, ou seja, que não lhe cause alterações danosas ao seu equilíbrio com o ambiente natural (FERNANDES, 1997).

3.4 Drenagem urbana de águas pluviais

Entre os serviços de saneamento, o manejo de águas pluviais em áreas urbanas pode ser considerado um dos mais importantes, no que diz respeito ao crescimento das cidades e o planejamento urbano, além de interferir também na manutenção das condições de segurança e de saúde da população. Compreende basicamente a coleta, o escoamento e a drenagem das águas das chuvas por equipamentos urbanos compostos por redes de drenagem subterrânea e superficial, bueiros, bocas de lobo, sarjetas, dispositivos dissipadores de energia e controle de vazão, e a posterior disposição dos efluentes em pontos de lançamento ou corpos receptores que tem como objetivo o escoamento rápido das águas das chuvas, atuando na prevenção de inundações, visando à segurança e à saúde dos moradores, além de permitir a ampliação do sistema viário (IBGE, 2011).

Aproximadamente 79% dos municípios possuem redes de drenagem pluvial, onde o sistema utilizado é o separador absoluto, em que a drenagem pluvial e o esgoto sanitário funcionam independentemente. Salienta-se que, mesmo em um sistema separador absoluto acabam existindo cruzamentos e interferências entre as redes, que reduzem a eficiência de ambos. Mesmo com esse percentual de atendimento de rede, o impacto da drenagem urbana ainda é significativamente alto no meio ambiente gerando consequências negativas à população (BRASIL, 2006c).

No processo de construção e crescimento dos agrupamentos populacionais, o sistema de drenagem pode ser tido como o mais afetado por problemas causados pela urbanização, tanto por causa das dificuldades de esgotamento das águas pluviais quanto em razão da interferência com os demais sistemas de infraestrutura, além de que, surgem diversos problemas que afetam diretamente a qualidade de vida da população causados pela acumulação da água na superfície do solo (BRASIL, 2006a).

Segundo Tucci e Bertoni (2003), o escoamento pluvial pode originar inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos: inundações de áreas ribeirinhas e inundações devido à urbanização, que podem ocorrer isoladamente ou combinados.

Em relação à inundação de áreas ribeirinhas, as enchentes ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio escoar pelo seu leito maior. Quando a população ocupa tal área, que são, portanto as zonas de risco, os impactos são mais frequentes e de maior magnitude. Este tipo de enchente é ocasionado por processo natural do ciclo hidrológico (TUCCI E BERTONI, 2003).

Já no caso de inundação devido à urbanização, as enchentes aumentam sua frequência e magnitude em decorrência da impermeabilização, ocupação do solo desordenada e a própria construção da rede de condutos pluviais. O desenvolvimento urbano acelerado e desenfreado pode gerar também obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e assoreamento de corpos aquáticos (TUCCI E BERTONI, 2003).

Outros problemas relacionados a inundações, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, quando associadas ao lançamento de esgoto não tratado em rios e a disposição inadequada do lixo, são que podem causar sérios problemas sanitários e de saúde pública, e com isso contribuir para disseminar doenças de veiculação hídrica, aumentando a incidência de leptospirose, de hepatites virais, de diarreias e outras (IBGE, 2011).

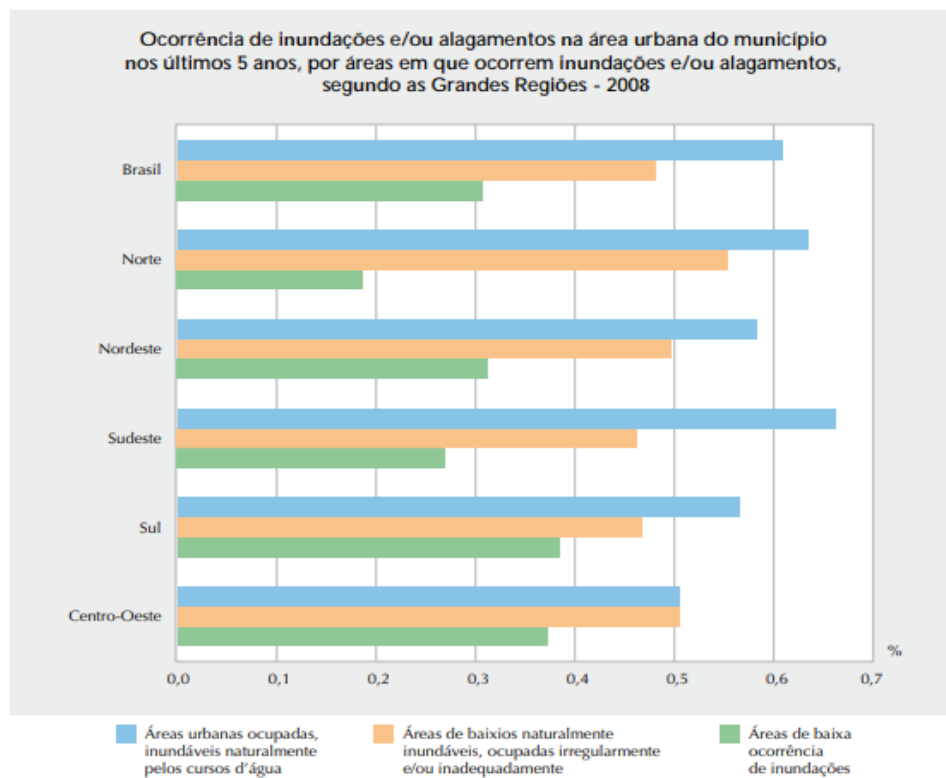
Nas Figuras 6 e 7 abaixo são destacados os principais fatores agravantes para inundações no Brasil, além de dados de inundações e alagamentos nas regiões do país.

Figura 6 - Inundações - Fatores

Percentual de municípios que sofreram inundações, segundo os fatores agravantes - Brasil - 2008	
Fatores agravantes	Percentual de municípios que sofreram inundações (%)
Dimensionamento inadequado de projeto	30,7
Obstrução de bueiros, bocas de lobo, etc.	45,1
Obras inadequadas	31,7
Ocupação intensa e desordenada do solo	43,1
Lençol freático alto	15,8
Interferência física no sistema de drenagem	18,6
Desmatamento	21,3
Lançamento inadequado de resíduos sólidos	30,7

Fonte: IBGE, 2011

Figura 7 - Ocorrência de Inundações



Fonte: IBGE, 2011

Nos sistemas de drenagem mais antigos ou cujo dimensionamento e ampliações não acompanharam da mesma forma o crescimento da área urbana e do sistema viário dos municípios, existe uma grande tendência de acumulação do material sedimentar erodido. O assoreamento do sistema de drenagem urbana atinge 40% daqueles que fazem o manejo das águas pluviais, e é uma das importantes causas do estrangulamento e deficiência do sistema de drenagem urbana, possibilitando e favorecendo inundações, que ocorrem em 43% dos municípios que realizam tal manejo. Sem o controle da erosão, o assoreamento acaba diminuindo o potencial de vazão dos corpos receptores, criando sérios problemas quando ocorrem grandes chuvas. Em 19% dos municípios com manejo de águas pluviais, existe associação entre erosão e assoreamento, e em 25% deles há uma combinação do assoreamento com inundações (IBGE, 2011).

O sistema de drenagem urbana é composto basicamente pelos seguintes dispositivos:

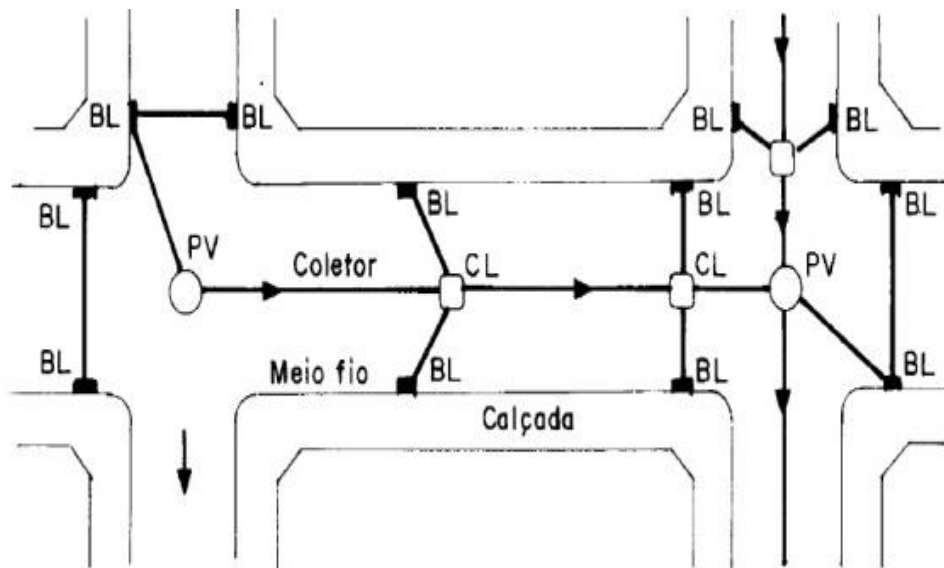
Galerias, dispositivos destinados à condução dos deflúvios que passam pela plataforma rodoviária para os coletores de drenagem, através de tubulações subterrâneas, integrando o sistema de drenagem da rodovia ao sistema urbano, fazendo com que seja permitida a livre circulação de veículos (DNIT, 2004).

Bocas-de-lobo, dispositivos responsáveis pela captação, que se encontram nas bordas dos acostamentos ou meios-fios da malha viária urbana que, através de ramais de ligação, transferem os deflúvios para as galerias ou outros coletores. Por estarem presentes em área urbana, são capeados por gelhas metálicas ou de concreto, para um melhor funcionamento e segurança (DNIT, 2004).

Poços de visita, que são caixas intermediárias que se localizam ao longo de toda rede viária com a função de inspeção e de permitir modificações seja de alinhamento, dimensões, declividade ou alterações de quedas (DNIT, 2004).

Abaixo é mostrado um esquema típico de um sistema de microdrenagem (Figura 8).

Figura 8 - Sistema de Microdrenagem



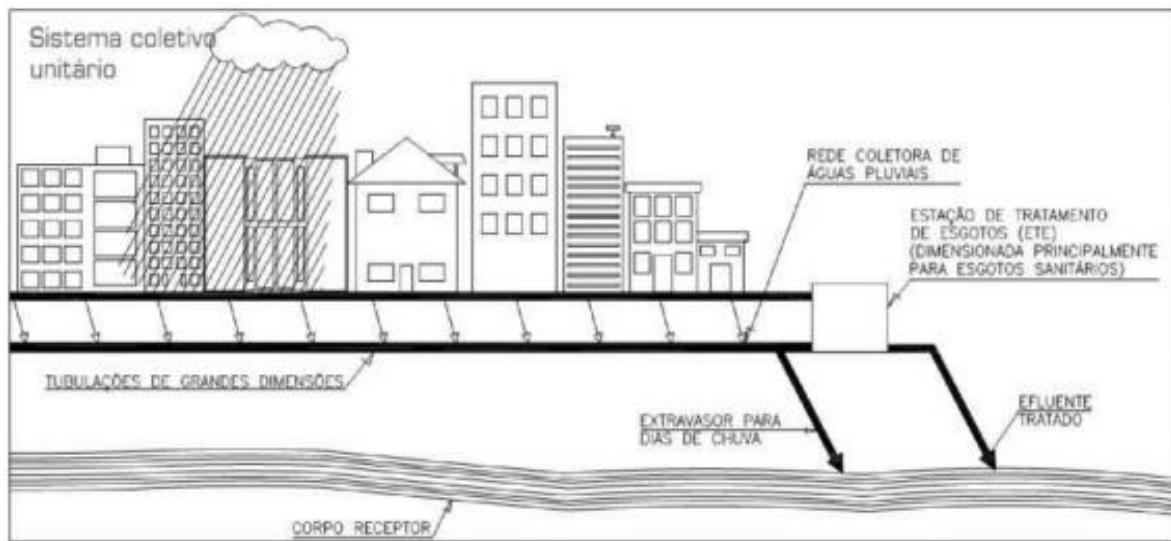
Fonte: Disponível em: <<http://profmbacelar.blogspot.com.br/2013/03/microdrenagem-cosanpa-2013.html>>

3.5 Tipos de sistema de esgoto sanitário

3.5.1 Sistema Unitário

O sistema de esgotamento unitário também chamado de sistema combinado é aquele em que as águas residuárias (domésticas e industriais), águas de infiltração (água que penetra no sistema pelo subsolo através de tubulações e órgãos acessórios comprometidos seja por desgaste pela idade ou danificados por algum outro motivo) e águas pluviais propagam-se por um sistema único, conforme apresentado na Figura 9 (SANTOS, 2013).

Figura 9 - Sistema Unitário de Esgotamento

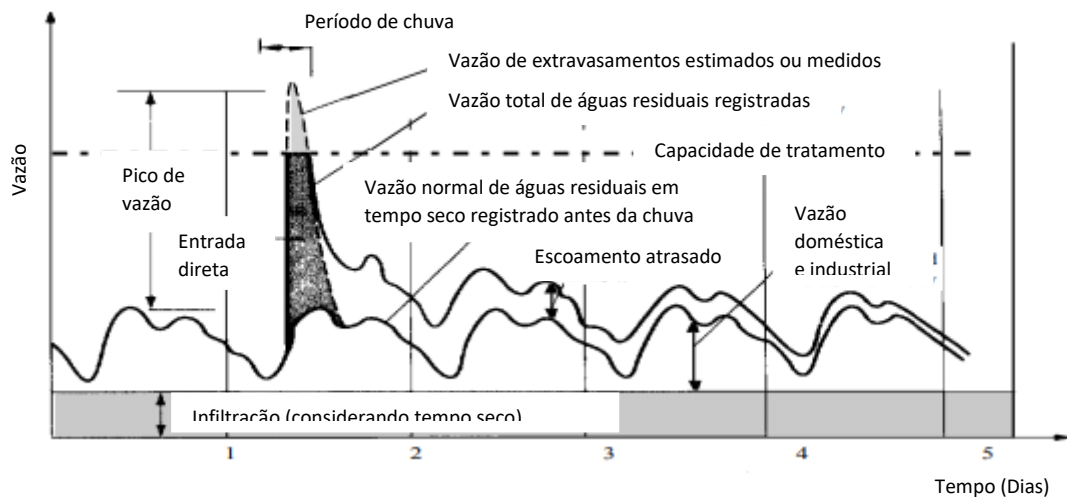


Fonte: Barros et al. (1995).

Muitas cidades principalmente de países desenvolvidos no Hemisfério Norte transportam em conjunto a drenagem pluvial e os esgotos sanitários, tendo, portanto sistemas unitários denominados de "redes unitárias" – entre as características apresentadas é que durante fortes chuvas estão sujeitas a consideráveis aumentos de vazão, o que diminui a qualidade do esgoto afluente à estação de tratamento (Ellis, 1989; Reda et al., 1996; Reda e Mello, 2003; Bernardes e Soares, 2004; Ferreira e Reda, 2005).

Na Figura 10 é apresentada uma ilustração bastante conhecida e representa as variações esperadas na vazão de esgoto nas localidades que adotam o sistema de esgoto unitário. A extremidade do pico representa o excesso do afluente de esgoto, ou seja, a parte do esgoto que não pôde ser tratada, pois ultrapassa a capacidade da Estação de Tratamento. Somente depois de certo período após a enxurrada é que a vazão de esgoto retorna aos valores normais de tempo seco, pois a influência das contribuições pluviais ainda continua na rede de esgoto e no subsolo por alguns dias (REDA, 2006).

Figura 10 - Consequências da contribuição de enxurrada em um sistema unitário de esgoto



Fonte: Metcalf e Eddy, 1991 apud Reda, 2006 (Adaptado)

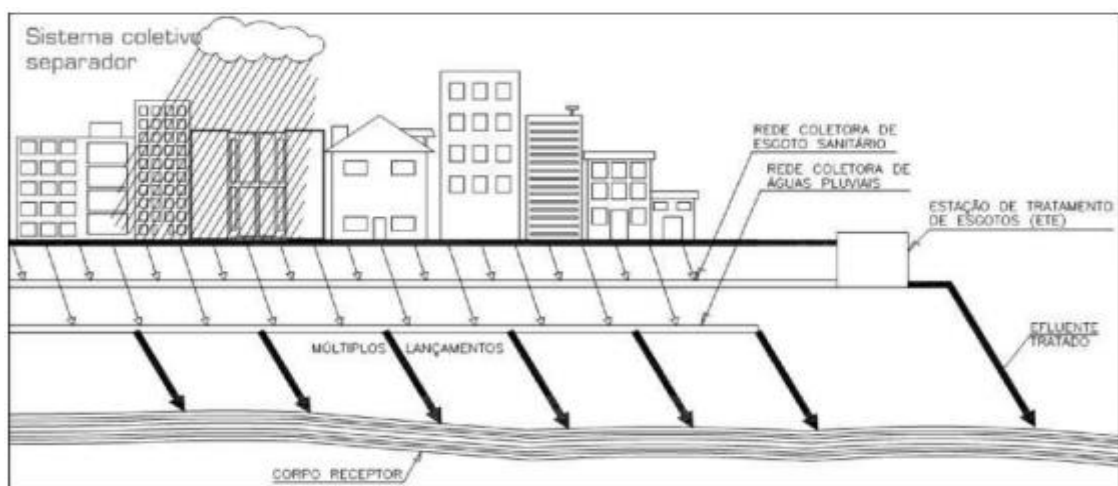
Para Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) no sistema unitário há alguns fatores importantes que devem ser considerados:

- Exige no início do processo investimento elevado, devido às grandes dimensões dos condutos bem como das obras complementares;
- As galerias de águas pluviais, que em cidades brasileiras, por exemplo, são executadas em apenas 50% ou menos das vias públicas, teriam que ser construídas em todos os logradouros, aumentando o investimento global;
- O funcionamento em vias não pavimentadas é mais precário, sendo um problema haja vista que no Brasil vias em tal situação são bastante frequentes;
- As obras são mais difíceis e de execução mais demorada;
- Em municípios cujo saneamento é operado pelas companhias estaduais, a responsabilidade da drenagem urbana é da prefeitura municipal e o sistema de esgoto da companhia estadual, o que dificulta a comunicação e, portanto o planejamento e tomada de decisões para o bom funcionamento do sistema;

3.5.2 Sistema Separador Absoluto

Já neste outro tipo de sistema, segundo Santos (2013) as águas residuárias e as águas pluviais são transportadas em um sistema de drenagem pluvial independente, como é mostrado na Figura 11, então por isso, no sistema separador absoluto não se considera a contribuição de águas pluviais por meio de ligações indevidas na rede de esgoto no dimensionamento do sistema de esgotamento sanitário em nenhuma de suas etapas, caracterizando assim a independência entre os sistemas. Dessa forma, no Brasil é adotado o sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto seguindo recomendação da NBR 9649 da ABNT (1986).

Figura 11 - Sistema Separador Absoluto de Esgotamento



Fonte: Barros et al. (1995).

Complementando, Reda (2006) afirma que as redes coletoras de esgoto no Brasil são projetadas para funcionarem como separadoras absolutas – isto é, para não receberem contribuições das águas pluviais, as quais devem ser levadas por coletores próprios até os cursos d'água. Assim, as dimensões tanto das redes, quanto das estações elevatórias, das estações de tratamento de esgoto e dos demais dispositivos acessórios, são projetadas considerando apenas as vazões sanitárias (vazão de esgoto e uma parcela de contribuição de infiltração freática que é estimada de acordo com índices locais).

Reda (2006) ainda acrescenta que à medida que instalações prediais pluviais, redes de drenagem urbana e redes de esgoto sanitário vão envelhecendo ou sofrem alterações, pode se perceber que são detectadas em maior número infiltrações de águas pluviais para dentro da rede de esgoto, portanto é extremamente necessário exercer uma gestão cada vez mais cuidadosa dos sistemas.

Para Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) o sistema separador absoluto tem como principais vantagens:

- Menor custo, pelo fato de utilizar tubos de diâmetros bem menores em relação ao sistema unitário e serem de fabricação industrial (manilhas de concreto, tubos de PVC, etc);
- Maior flexibilidade para a execução da obra por etapas, podendo priorizar as partes mais importantes, como por exemplo, a rede coletora;
- Reduzir consideravelmente o custo que se tem com a distância das águas pluviais ao corpo receptor, pois sendo o sistema separador, a água pluvial pode ser lançada em um curso d'água mais próximo, sem necessitar de tratamento, inclusive;
- Não é condicionada e não é obrigada a pavimentação das vias públicas;
- Reduzir a utilização das canalizações de grande diâmetro, visto que não é exigida a construção de galerias em todas as ruas;
- Não interferir e prejudicar a depuração dos esgotos sanitários.

Para Reda et al. (2006), como no Brasil a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é concebida para tratar somente esgoto em separado, a interferência inesperada de enxurradas pode prejudicar o tratamento, além de causar deficiências na qualidade das águas efluentes.

3.5.3 Sistema Misto ou Parcial

Conforme Santos (2013), este tipo de sistema é concebido para receber apenas uma parcela das águas pluviais, em conjunto tanto com os efluentes de esgoto como as águas de infiltração do subsolo, e são transportadas por um único sistema de coleta de esgotos. No entanto, no sistema separador parcial ou misto

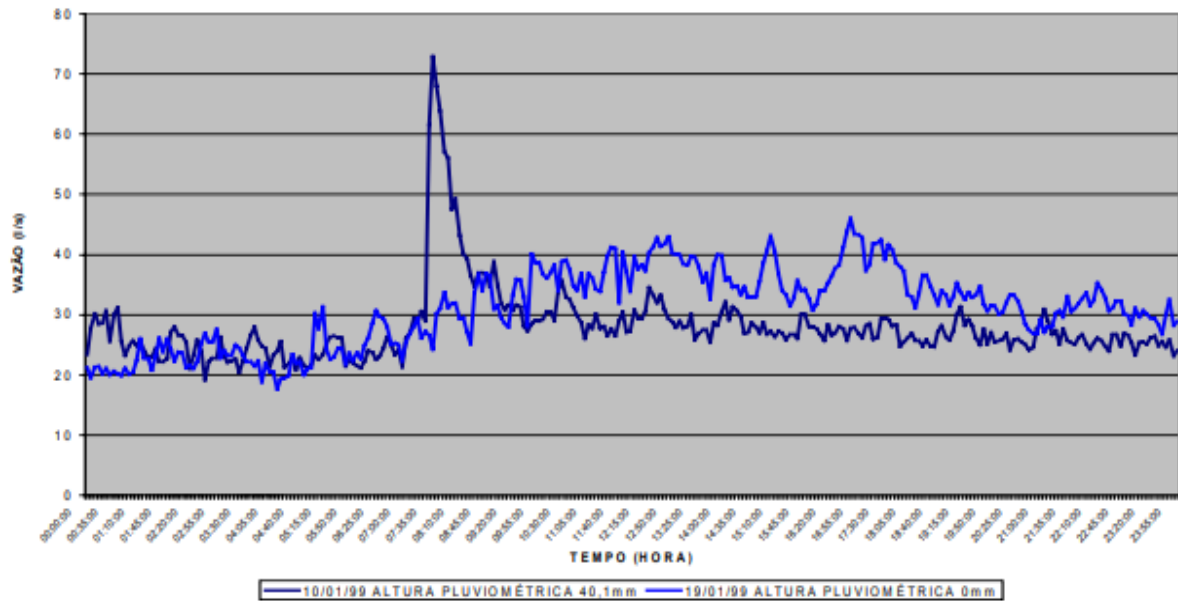
encontra-se tanto redes de esgoto quanto galerias de águas pluviais compondo o sistema.

Ainda segundo Santos (2013), este tipo de arranjo apresenta inúmeras desvantagens como o mau cheiro nas tubulações por causa do material sólido orgânico em decomposição que fica depositado ao longo da rede principalmente no período seco. Já no período chuvoso, com altos índices pluviométricos a rede de drenagem acaba extravasando, fazendo com que as águas corram pelas ruas podendo causar inundações além de danos à saúde da população em geral.

3.6 Tempo seco e tempo chuvoso

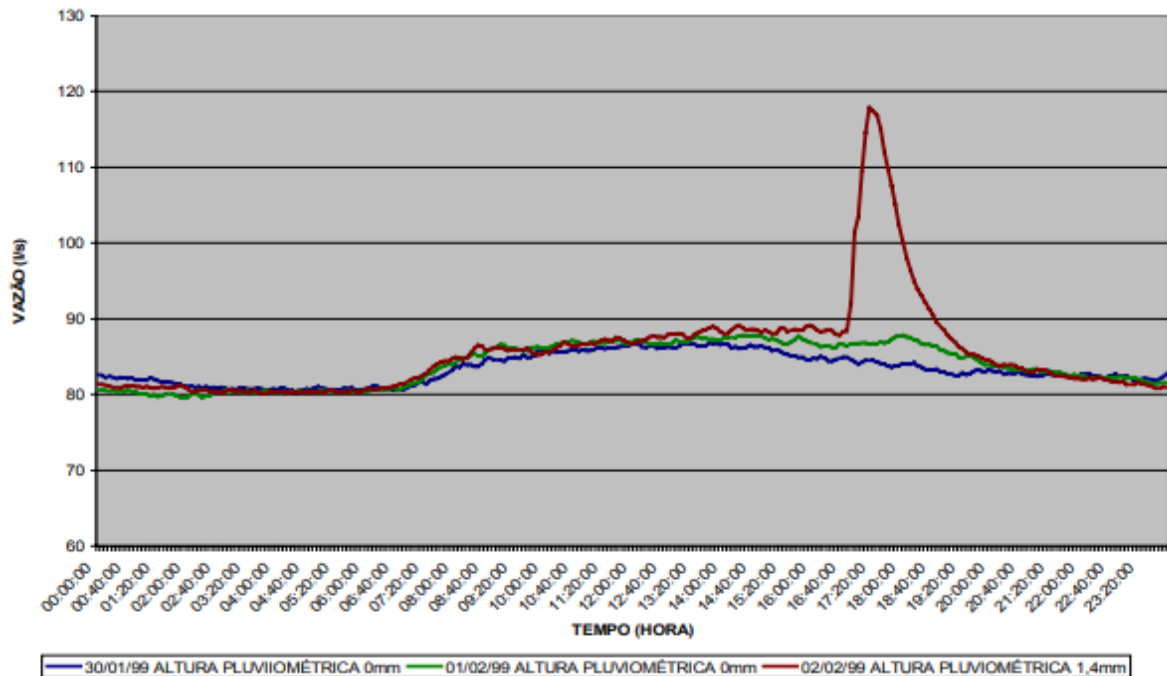
Reda e Mello (2005) afirmam que é de fácil percepção que a perspectiva de esgoto independente apresenta problemas no país. Muito em função do problema da influência da chuva na rede de esgoto, que pode ser notado em medições de vazão de esgoto realizadas em tempo seco e tempo chuvoso. Como exemplo, os autores demonstram as medições realizadas na Região Metropolitana de São Paulo, mais precisamente na rede coletora de esgoto na Zona Leste. A Figura 12 mostra que em um dia chuvoso o pico de vazão chega a ser superior ao dobro da contribuição de tempo seco de uma bacia urbana. Já na Figura 13, numa bacia maior, o dia chuvoso apresenta um pico cerca de 30% maior que a vazão de tempo seco.

Figura 12 - Variação da vazão de esgoto ao longo de um dia seco e um dia chuvoso na rede de esgoto – bacia menor na zona leste de São Paulo



Fonte: Reda e Mello (2005)

Figura 13 - Variação da vazão de esgoto ao longo de dois dias secos e um dia chuvoso na rede de esgoto - bacia maior na zona leste de São Paulo



Fonte: Reda e Mello (2005)

3.7 Problemas causados por contribuições indevidas na rede de esgoto

Reda (2006) mostra em estudos que com base em dados de medições nas redes coletoras ou nas estações de tratamento, interferências de águas pluviais causadas por chuvas têm influenciado negativamente no sistema, na alteração da vazão ou na concentração de poluentes, por exemplo, o que prejudica o processo de transporte bem como o tratamento e por conseguinte o efluente que deságua no corpo receptor.

Santos (2013) ainda cita que seja qual for o sistema de esgotamento sanitário adotado, haverá mistura de águas pluviais e residuárias, gerando problemas operacionais e de tratamento. Ainda lembra que dessa forma modifica e prejudica a operação na prática do que foi dimensionado, por exemplo, a maior variação da matéria orgânica do que se imaginava no momento da concepção, o que acaba gerando as falhas na operação do sistema como um todo.

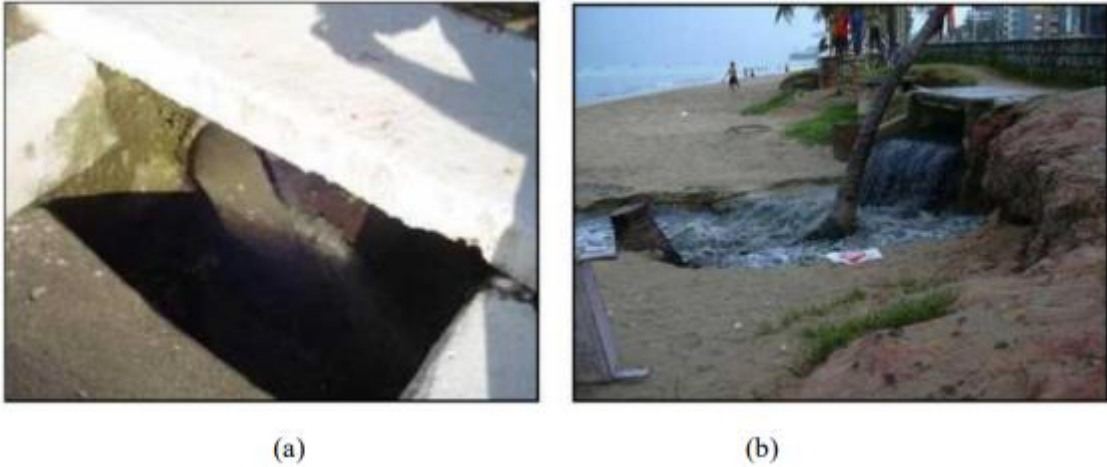
Tsutiya e Bueno (2004) relatam que a contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário pode ser extremamente variável, alcançando valores que vão de 26 a 283%, em relação à vazão máxima no período de tempo seco, já a taxa de infiltração variou de 0,15 a 12 l/s.km. A NBR 12207 da ABNT de 1989, que fala sobre projetos de interceptores de esgoto sanitário, recomenda o limite máximo para taxa de contribuição pluvial parasitária de 6 l/s.km quando não houver medições locais, portanto é perceptível que essa intromissão de água pluvial pode causar riscos a estação de tratamento e ao sistema de esgotamento sanitário.

De acordo com Santos (2013), o que se tem observado em alguns casos, com crescente frequência, é que mesmo o sistema sendo projetado para funcionar com o esgoto separado da água pluvial, pela falta de fiscalização adequada e pela dinâmica desordenada do meio urbano, ocorre na prática a interferência não só da água pluvial no esgoto, mas também o inverso, portanto essa mútua interferência acaba alterando os parâmetros de quantidade e qualidade de ambas as redes.

Na Figura 14, são mostradas situações onde os esgotos são lançados diretamente na rede de drenagem urbana, interferindo negativamente em vários aspectos, inclusive em setores como o turismo que necessitam, além de um aspecto visual mais agradável, também de um grau maior de salubridade do ambiente.

Figura 14 – (a) Ligação direta de esgoto em rede pluvial;

(b) "Língua Negra" em praia de Maceió - AL a partir da rede de drenagem local



Fonte: Peplau et al. (2006) e Pimentel et al. (2005)

Porto (1995) lembra que se imaginou durante muito tempo que a poluição dos corpos hídricos estava associada aos esgotos não tratados e aos despejos industriais. Mais tarde, notou-se que uma parcela significativa da poluição de áreas urbanas era causada pelos escoamentos superficiais das águas pluviais, pois carreavam tanto a poluição atmosférica quanto o material que ficava depositado nas áreas impermeáveis e nas redes de esgoto no período de tempo seco.

Santos (2013) ainda conclui dizendo que esse problema da interferência da água da chuva ocasionando aumento de vazão de esgoto na entrada de elevatórias e estações de tratamento bem como na própria rede de esgoto ocorrem principalmente por ligações clandestinas, defeitos nas instalações, falta de manutenção preventiva e severidade nas fiscalizações. Esse fato gera extravasamentos frequentes, também chamado by-pass, onde a vazão excedente é encaminhada aos corpos receptores sem nenhum tipo de tratamento, causando impactos negativos no meio ambiente.

4 METODOLOGIA:

4.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Mangabeira, localizada no município de João Pessoa, na Paraíba, Brasil, com latitude 7°11'79"Sul e longitude 34°50'98"Oeste, a 43 metros acima do nível do mar. A ETE pertence à Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), e faz parte do sistema de esgotamento sanitário da cidade, recebendo esgoto predominantemente doméstico dos bairros Mangabeira, Valentina Figueiredo, Cuiá e Ernesto Geisel e com capacidade de atendimento de uma população de 99.375 habitantes. A temperatura da localidade varia de 24 a 31°C e a umidade relativa do ar é de 74%, com período de chuvas que se concentram nos meses de março a agosto. A ETE é formada por três módulos de lagoas de estabilização em série, cada qual com duas lagoas anaeróbias seguidas de uma facultativa, e o efluente tratado é lançado no riacho Laranjeiras, que deságua no rio Paratibe (Cuiá). A vazão total suportada pela unidade é de 95,75 l/s por módulo, ou seja, de 287,25 l/s para os 3 (três) módulos da estação de tratamento de esgoto (OLIVEIRA JÚNIOR, 2017; MENDONÇA, 2016).

Nas figuras 15 e 16 abaixo são apresentadas a vista da planta da estação e uma vista panorâmica do entorno da localidade.

Figura 15 - Vista em planta da ETE Mangabeira



Fonte: Google Earth. Acessado em 13/03/2018

Figura 16 - Vista panorâmica da ETE Mangabeira



Fonte: Google Earth. Acessado em 13/03/2018

O sistema de alimentação é formado pelos emissários de recalque, caixa de distribuição e as tubulações que levam o esgoto às lagoas de estabilização. Os módulos 1 (um) e 2 (dois) recebem o esgoto dos bairros de Mangabeira, Cuiá e Ernesto Geisel e são misturados na caixa de distribuição, possuindo também uma

tubulação de extravasamento, que é direcionada ao módulo 3 (três). Já o esgoto do bairro Valentina Figueiredo é encaminhado diretamente ao módulo 3 (três) por uma tubulação independente. As Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) que abastecem a ETE são a de Cuiá (300mm), Mangabeira I (250mm), Mangabeira II (300mm) e Mangabeira III (400mm). Além disso, a montante de cada módulo existe um dissipador de energia. Em seguida, o sistema ainda é dotado de tratamento preliminar, composto por gradeamento, desarenador e uma calha Parshall, onde é medida a vazão afluente.

O tratamento preliminar foi dimensionado com um sistema de grades de seção $3/8 \times 1\frac{1}{2}$ " (0,95 x 3,81cm) e espaçamento de $1\frac{1}{4}$ " (3,18cm). Em seguida o efluente é direcionado para o desarenador, dividido em dois canais paralelos, com dimensões de 8,25 x 1,25m cada, e altura do depósito de areia de 0,30m, considerando um período de limpeza de 15 dias. A calha Parshall tem dimensão nominal de 9" (23cm) e capacidade máxima de 287,25 l/s (OLIVEIRA JUNIOR, 2017 apud CAGEPA, 1981).

Nas Figuras 17 a 21 são mostradas uma visão geral das lagoas de estabilização bem como as partes constituintes do tratamento preliminar e o sistema de alimentação.

Figura 17 - Sistema de Alimentação



Fonte: Do autor (2018)

Figura 18 - Gradeamento



Fonte: Do autor (2018)

Figura 19 - Desarenador (Caixa de Areia)



Fonte: Do autor (2018)

Figura 20 - Calha Parshal



Fonte: Do autor (2018)

Figura 21 - Lagoa de Estabilização



Fonte: Do autor (2018)

4.2 Dados Pluviométricos

Os dados de chuva foram obtidos através do site do Cemaden (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), onde foi selecionada a cidade de João Pessoa e a estação pluviométrica mais próxima da área de estudo, que foi a estação do Cuiá (Figura 22). Com isso obtiveram-se os dados com os valores de chuva das semanas de interesse que foram realizadas as medições de esgoto, seco e chuvoso, a fim de comparar a influência da chuva na vazão de esgoto, objeto do estudo. Portanto, os dados de chuva são usados basicamente para caracterizar o tempo como seco ou chuvoso.

Figura 22 - Localização do Posto Pluviométrico



Fonte: Cemaden. Acessado em 20/03/2018. Disponível em:
<http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>>

4.3 Medições da Vazão de Esgoto Sanitário

Foram feitas medições de vazão de esgoto na Estação de Tratamento de Mangabeira. Os dados foram coletados na calha Parshal do módulo 1 (um), à montante da lagoa de estabilização. Foram realizadas três séries de medições, duas de tempo seco e uma de tempo chuvoso. Na semana do dia 05/03/2018 ao dia 09/03/2018 realizou-se a de tempo seco, onde a estação de tratamento estava recebendo a carga máxima das elevatórias a montante, por isso foi caracterizada

como a semana padrão. Posteriormente, foram feitas mais duas medições, uma na semana do dia 02/04/2018 a 06/04/2018 com tempo seco e outra do dia 11/04/2018 a 17/04/2018 com tempo chuvoso, como pode ser comprovado através dos dados de pluviosidade, porém com a estação de tratamento não recebendo a carga normal de vazão de esgoto, visto que foram detectados problemas nas estações elevatórias de esgoto (EEE) que alimentam a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), ou seja, nessas duas semanas a vazão de esgoto se apresenta menor que a semana seca padrão. As medições foram computadas em um intervalo de 10 minutos, das 7:00 às 17:00 horas, horário possível para medição visto que foi realizada manualmente.

A Figura 23 abaixo resume os dias em que foram realizadas as medições de vazão de esgoto.

Figura 23 – Período das Medições de Vazão de Esgoto

Período das Medições de Vazão de Esgoto	
Semana de Tempo Seco Padrão	05/03/2018 a 09/03/2018
Semana de Tempo Seco	02/04/2018 a 06/04/2018
Semana de Tempo Chuvoso	11/04/2018 a 17/04/2018

Fonte: Do autor (2018)

Na Figura 24 é apresentada a régua medidora da calha Parshal, já graduada em l/s, que foi o instrumento usado para a medição da vazão de esgoto.

Figura 24 - Régua da Calha Parshal



Fonte: Do autor (2018)

4.4 Comparação entre tempo seco e tempo chuvoso

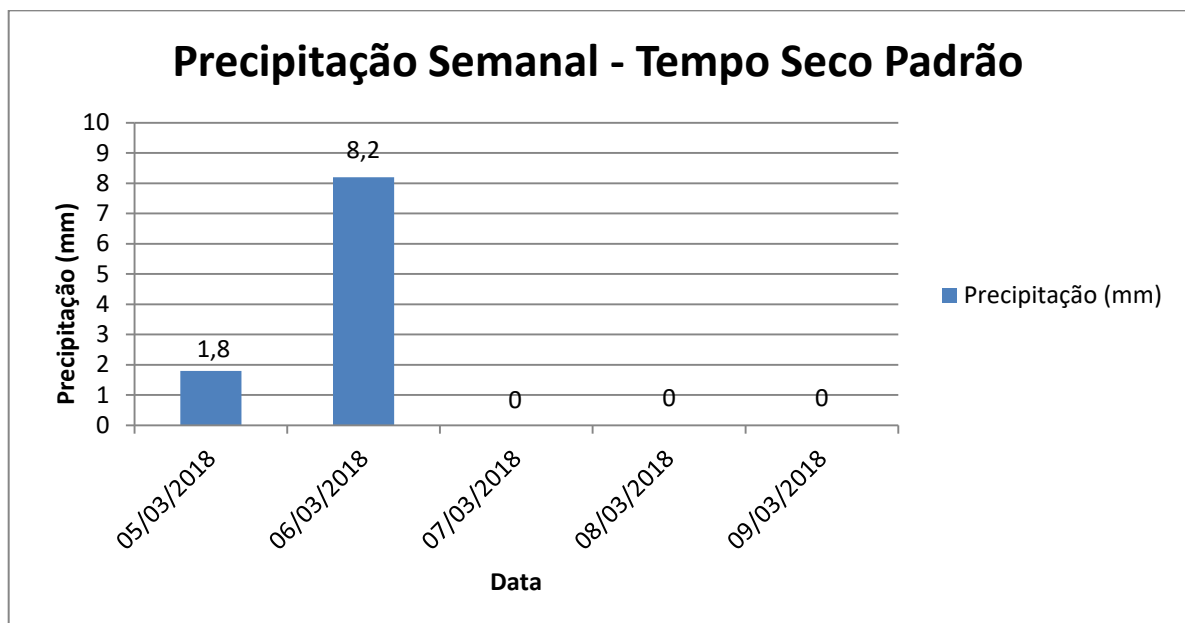
Após a medição da vazão de esgoto e a coleta dos dados pluviométricos, foi possível comparar os valores e mostrar a diferença entre tempo seco e tempo chuvoso. Foram comparadas ainda as duas semanas (tempo seco e tempo chuvoso) com a semana de tempo seco padrão. Com isso foi possível tirar conclusões sobre a interferência das águas pluviais na vazão de esgoto sanitário.

5 RESULTADOS E DISCURSÃO:

5.1 Dados Pluviométricos

Primeiramente foram obtidos os gráficos de tempo seco da semana padrão do dia 05/03/2018 ao dia 09/03/2018 como mostrado abaixo (Figura 25). A semana foi considerada seca, pois dois dias choveram uma quantidade considerada pequena (1,8 e 8,2 mm) e os outros dias não foi registrada chuva na região. Portanto o total de chuva foi de apenas 10 mm de chuva.

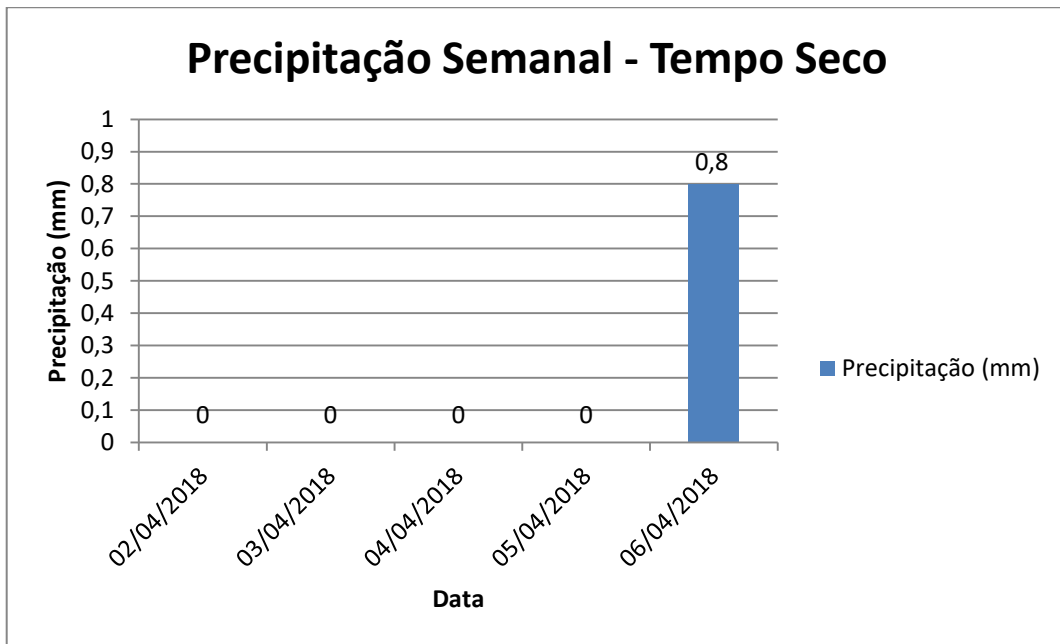
Figura 25 - Precipitação Tempo Seco Padrão



Fonte: Adaptado de Cemanden

A outra semana de tempo seco, de 02/04/2018 a 06/04/2018, apresentou um total de chuva de apenas 0,8 mm, tendo chovido apenas um dia da semana com os demais dias sem registro de chuva, como pode ser visto abaixo (Figura 26).

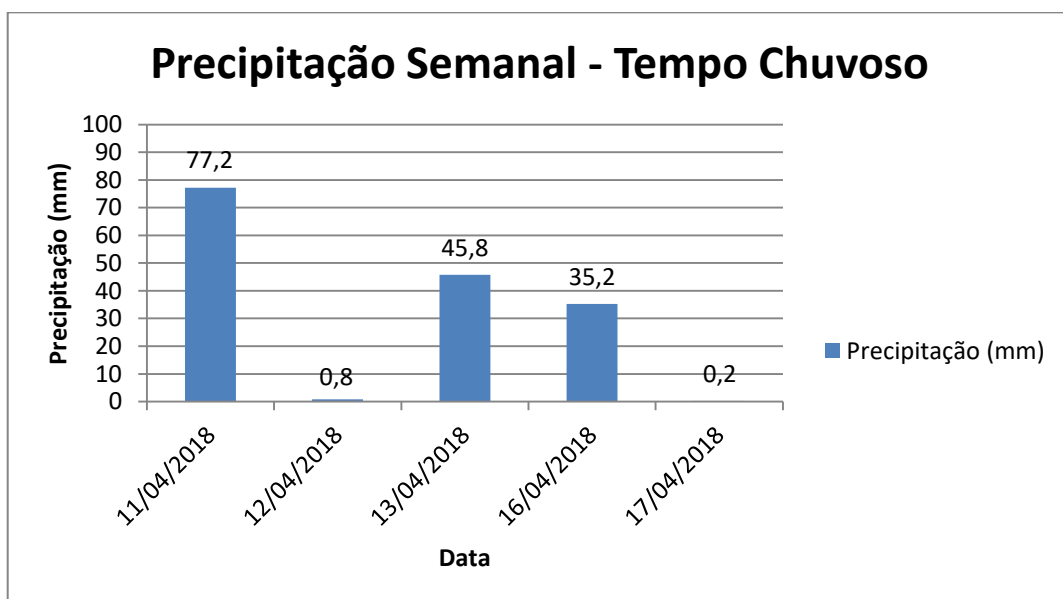
Figura 26 - Precipitação Tempo Seco



Fonte: Adaptado de Cemanden

Por fim, foi obtido o gráfico da semana do dia 11/04/2018 a 17/04/2018 que apresentou um total de chuva de 159,2 mm como mostrado na Figura 27 abaixo, portanto, podendo ser considerada como tempo chuvoso.

Figura 27 - Precipitação Tempo Chuvoso



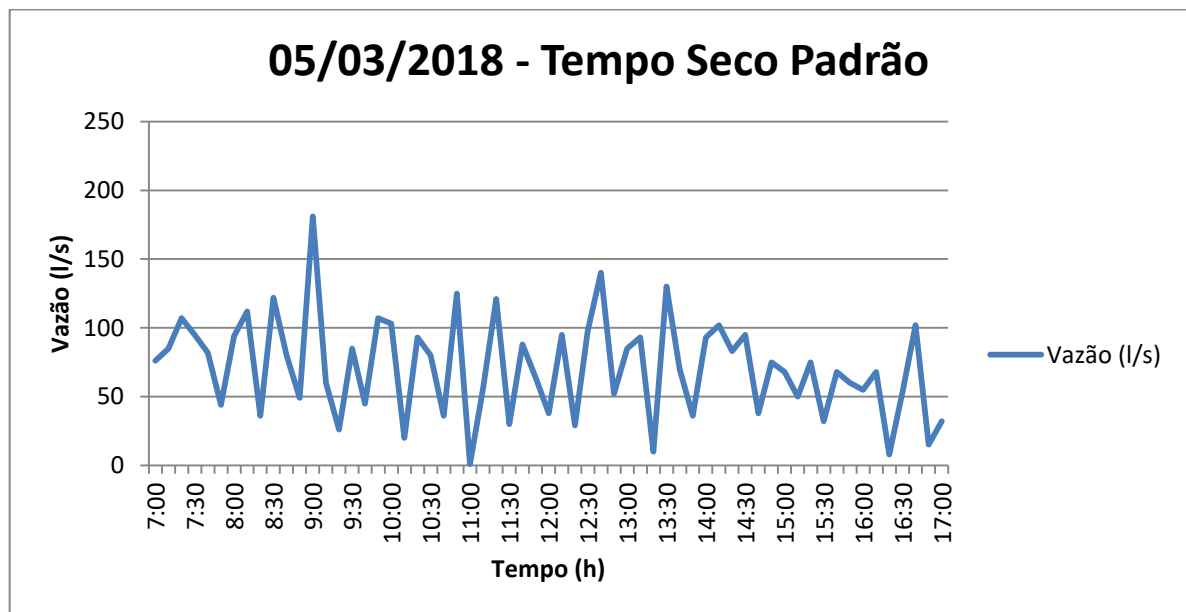
Fonte: Adaptado de Cemanden

5.2 Medições de Vazão de Esgoto Sanitário

Foram obtidos os gráficos de vazão de esgoto de acordo com a medição realizada em campo na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Mangabeira. Abaixo (Figura 28 a 32) são mostrados primeiramente os gráficos de tempo seco da semana padrão do dia 05/03/2018 ao dia 09/03/2018, respectivamente.

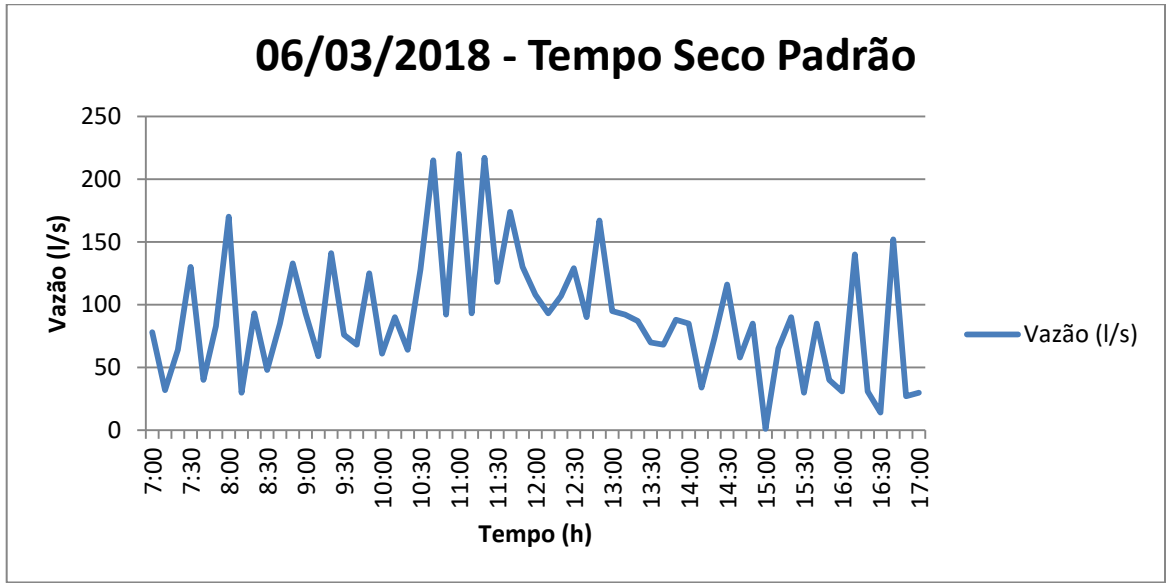
Pode-se perceber uma grande variação na vazão mesmo dentro dos 10 (dez) minutos entre uma medição e outra. Tal ponto pode ser explicado, pois o esgoto da ETE vem de elevatórias que funcionam através de sistema de bombas, automaticamente, variando a vazão à medida que uma bomba é acionada ou desligada dependendo do seu tempo de ciclo.

Figura 28 - Vazão de Esgoto do dia 05/03/2018 – Tempo Seco Padrão



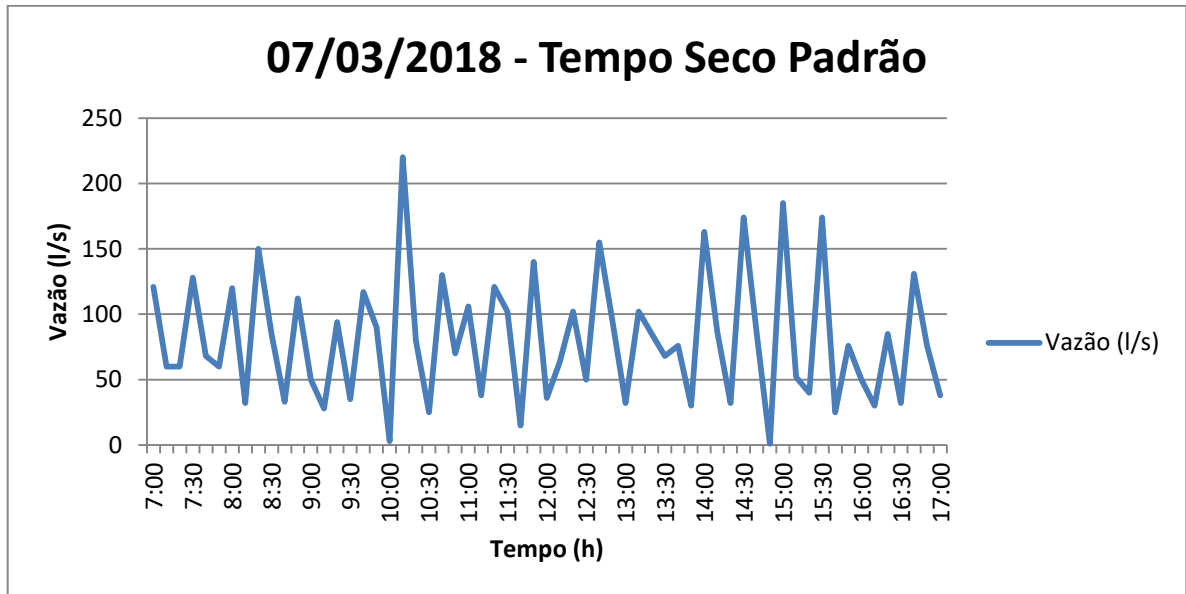
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 29 - Vazão de Esgoto do dia 06/03/2018 – Tempo Seco Padrão



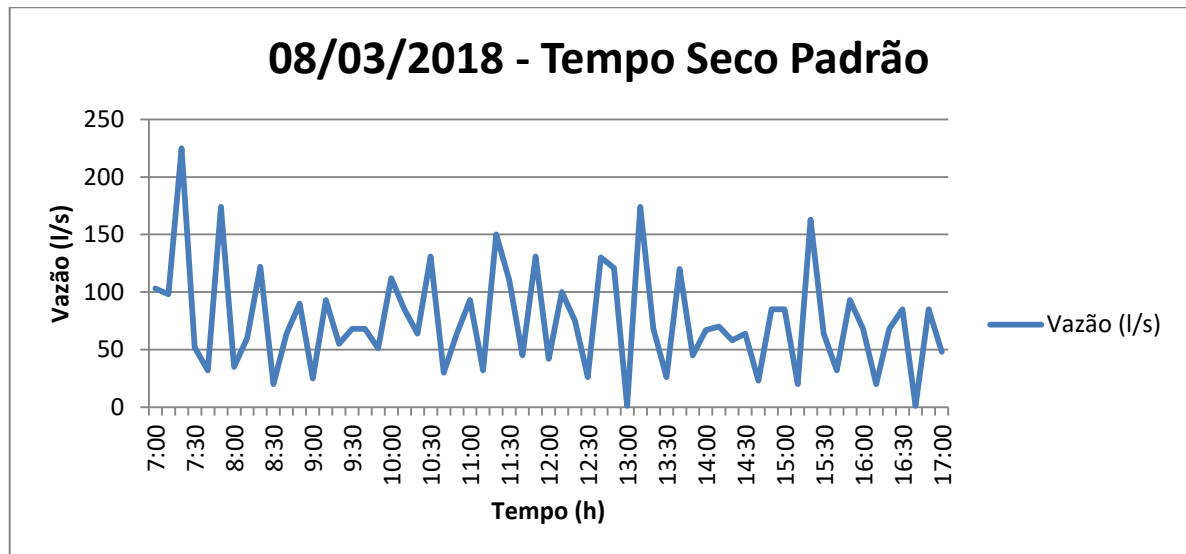
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 30 - Vazão de Esgoto do dia 07/03/2018 – Tempo Seco Padrão



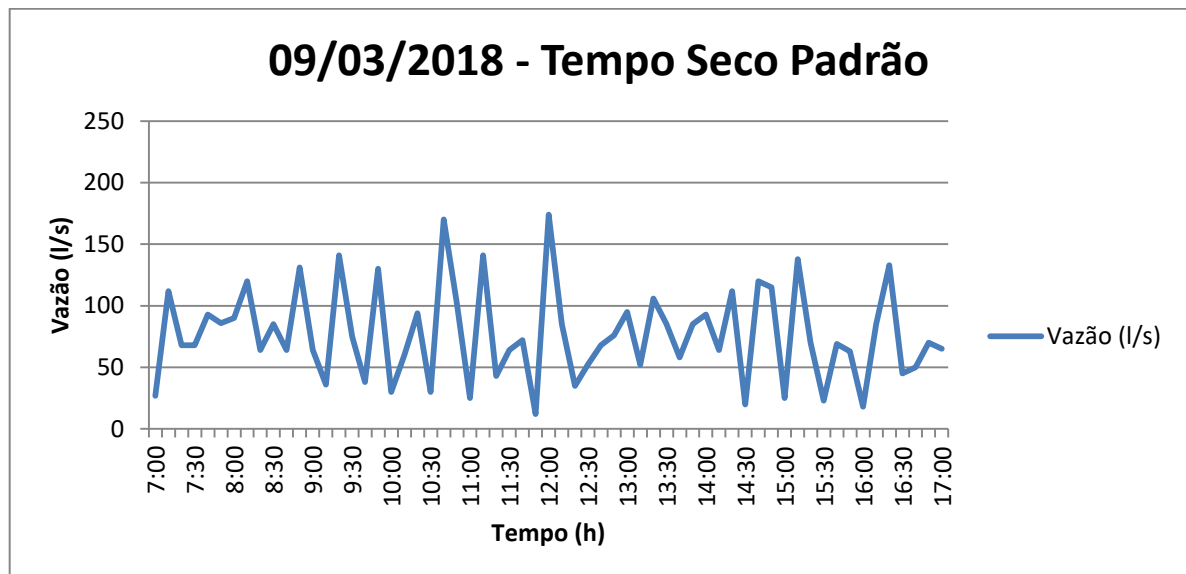
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 31 - Vazão de Esgoto do dia 08/03/2018 – Tempo Seco Padrão



Fonte: Do Autor (2018)

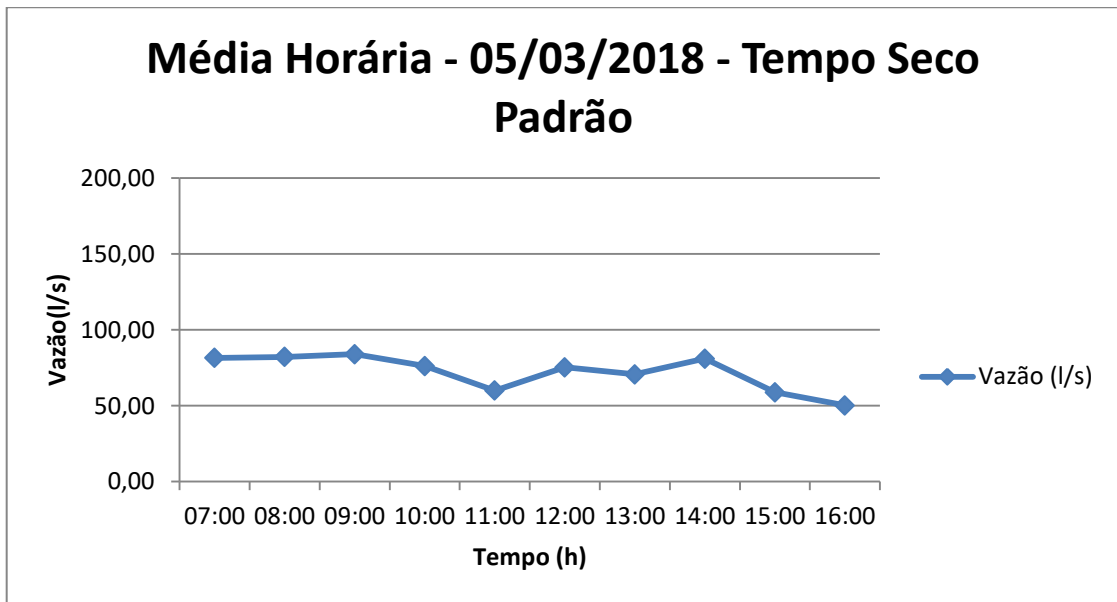
Figura 32 - Vazão de Esgoto do dia 09/03/2018 – Tempo Seco Padrão



Fonte: Do Autor (2018)

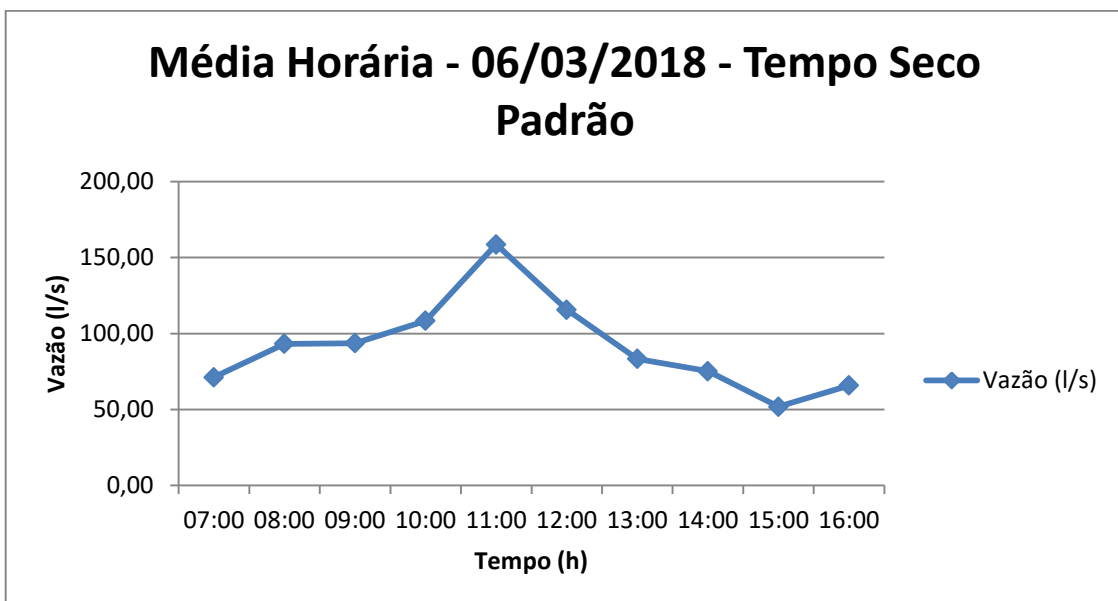
A fim de se minimizar esse efeito, foi calculada uma média horária de cada dia, como se apresenta abaixo (Figura 33 a 37), ainda para os 5 (cinco) dias de tempo seco da semana padrão, respectivamente:

Figura 33 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 05/03/2018



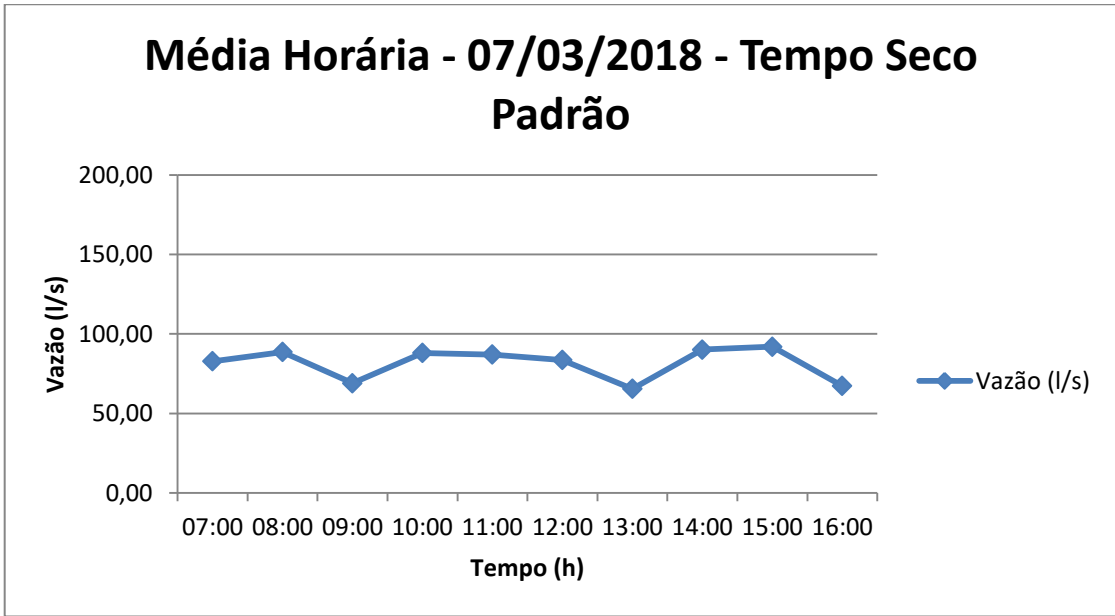
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 34 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 06/03/2018



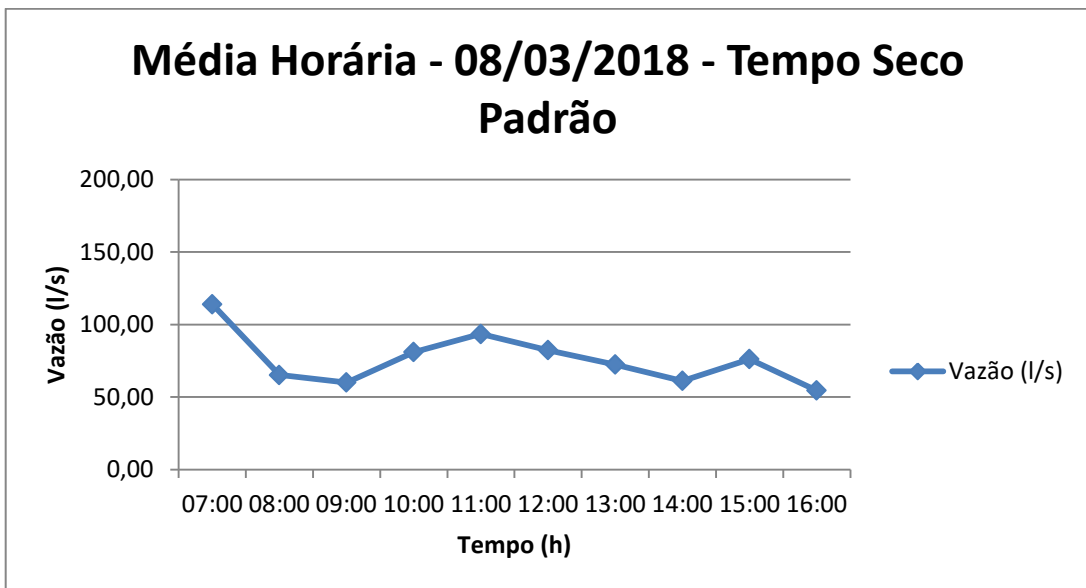
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 35 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 07/03/2018



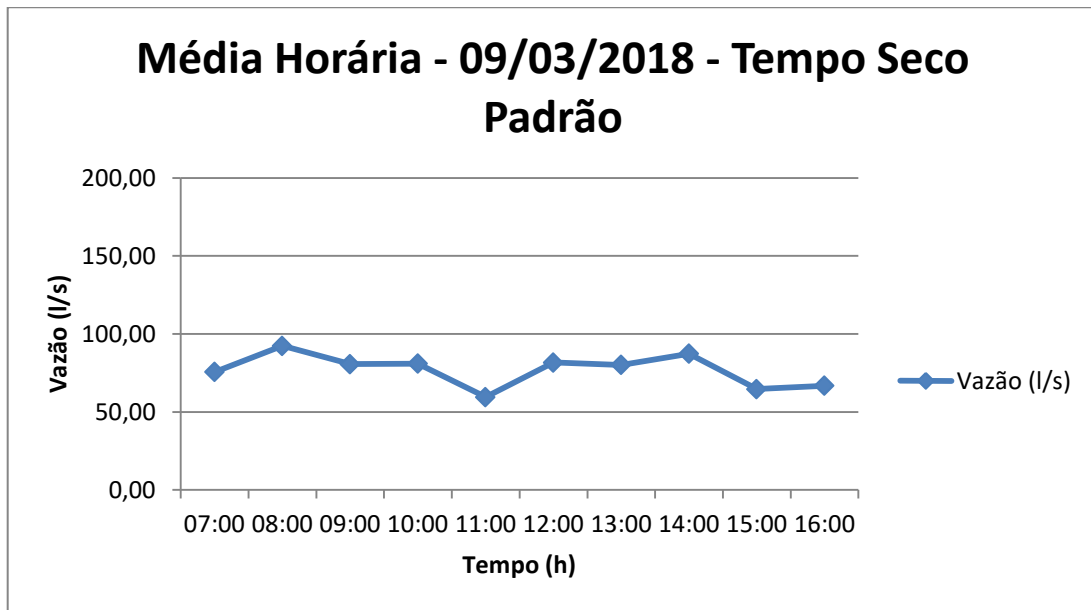
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 36 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 08/03/2018



Fonte: Do Autor (2018)

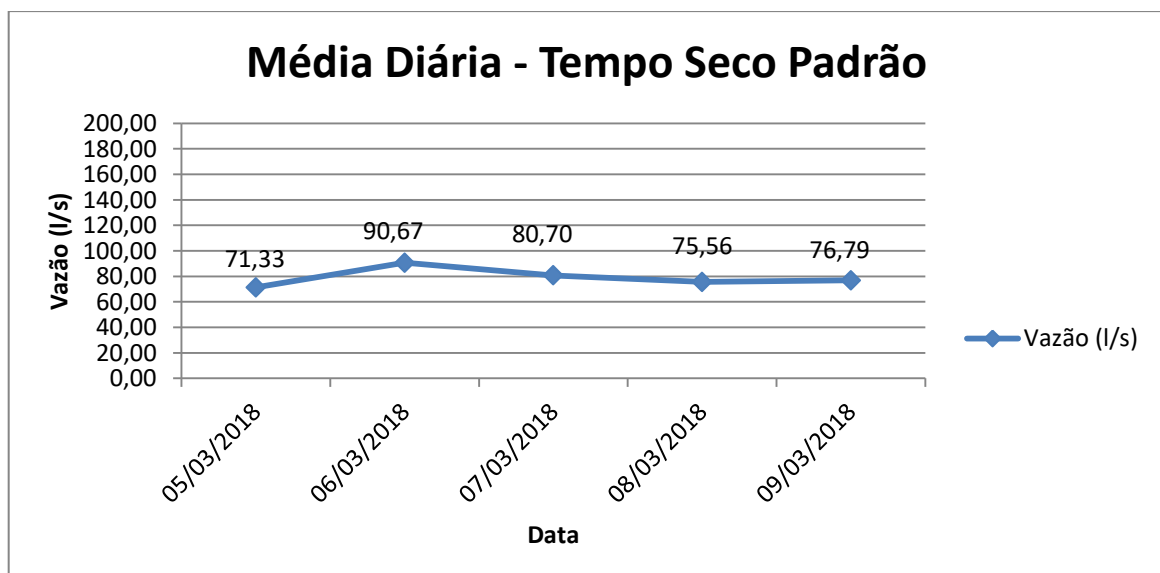
Figura 37 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 09/03/2018



Fonte: Do Autor (2018)

Após a média horária, pôde ser encontrada a média diária da semana em questão, como se verifica no gráfico abaixo (Figura 38).

Figura 38 - Média Diária de Vazão de Esgoto de Tempo Seco Padrão

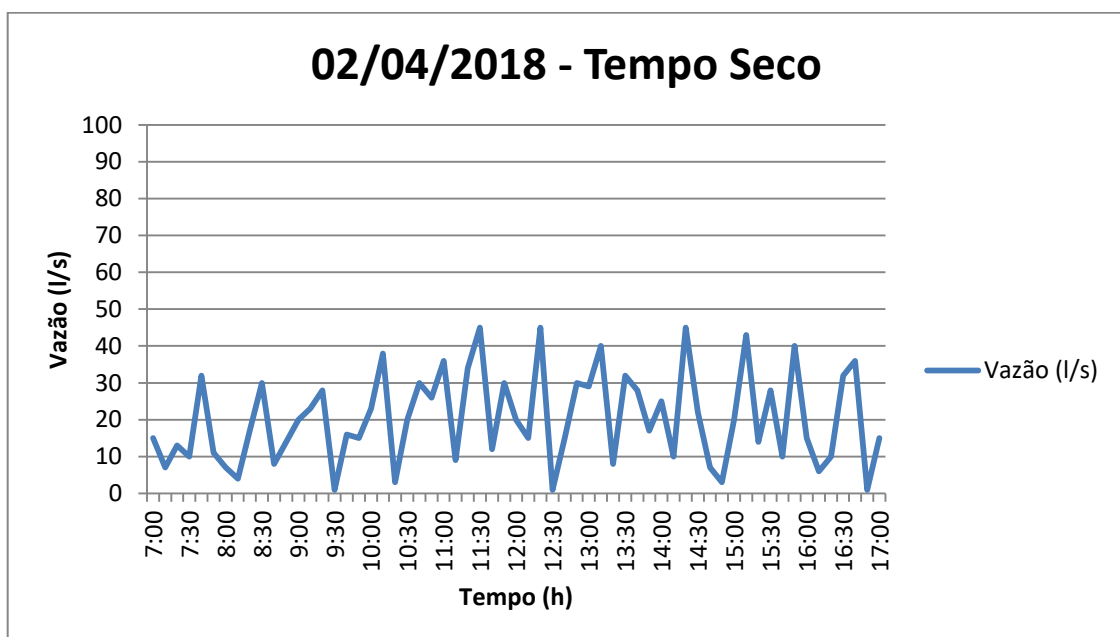


Fonte: Do Autor (2018)

Finalizando então, foi obtida a média da vazão de esgoto para a semana de tempo seco padrão, que foi de 79,01 l/s.

Na sequência do estudo, foram feitas mais duas medições de vazão de esgoto, uma para tempo seco e outra para tempo chuvoso, considerando a baixa de vazão ocasionada pelos problemas ocorridos nas estações elevatórias de esgoto. Primeiro foram coletados os dados da semana seca do dia 02/04/2018 a 06/04/2018 como mostrado nos gráficos abaixo (Figura 39 a 43), respectivamente.

Figura 39 - Vazão de Esgoto do dia 02/04/2018 – Tempo Seco



Fonte: Do Autor (2018)

Figura 40 - Vazão de Esgoto do dia 03/04/2018 – Tempo Seco

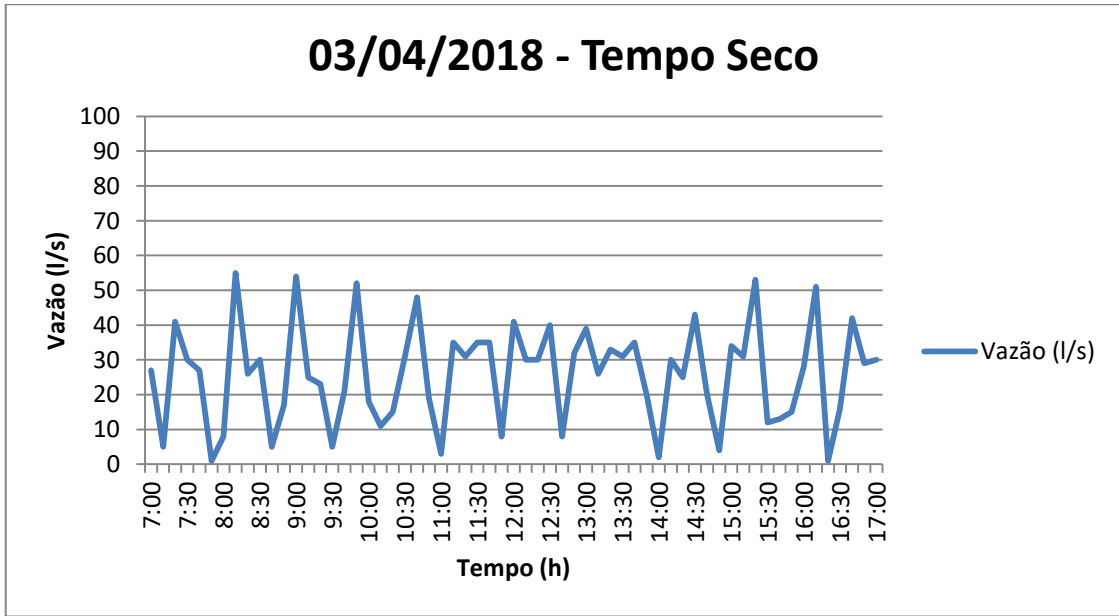
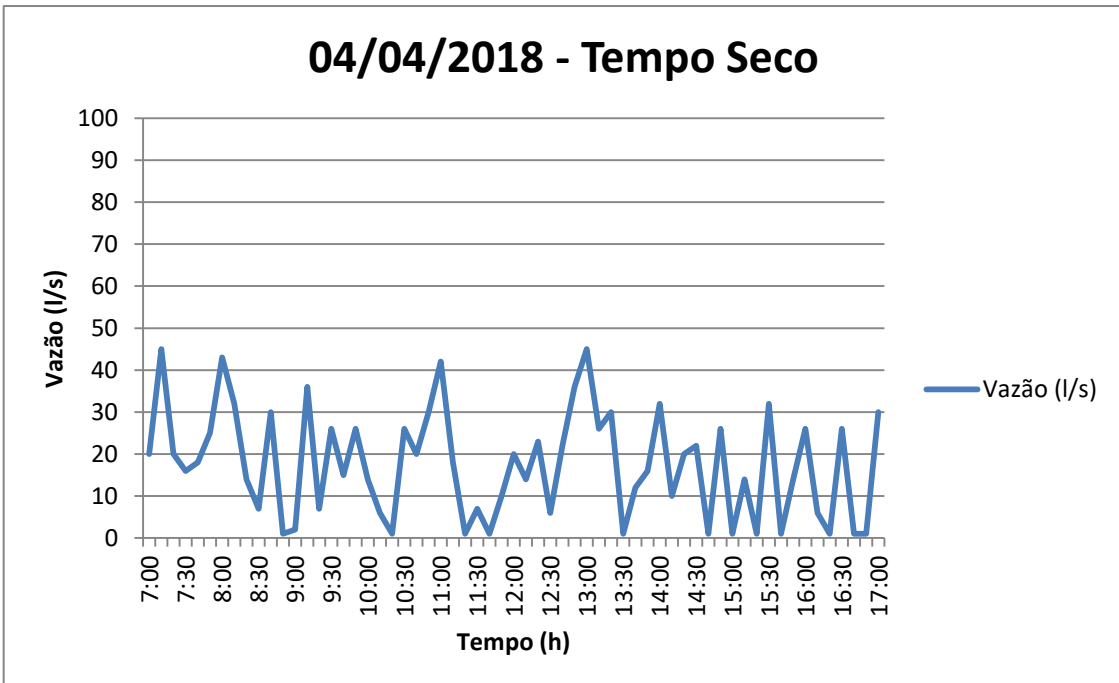


Figura 40 - Vazão de Esgoto do dia 03/04/2018 – Tempo Seco

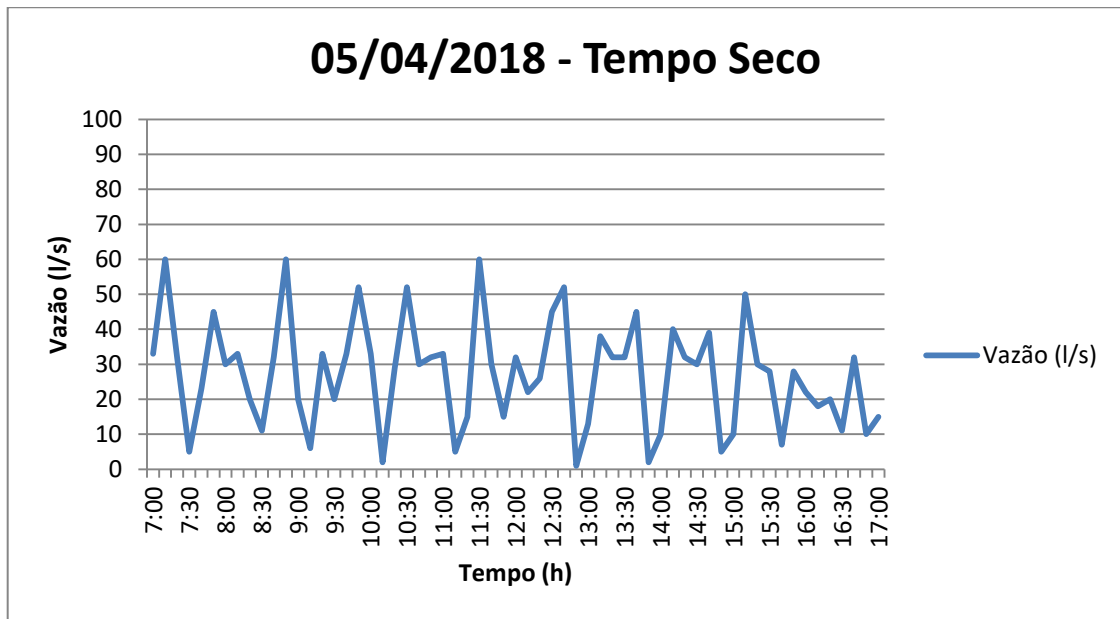
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 41 - Vazão de Esgoto do dia 04/04/2018 – Tempo Seco



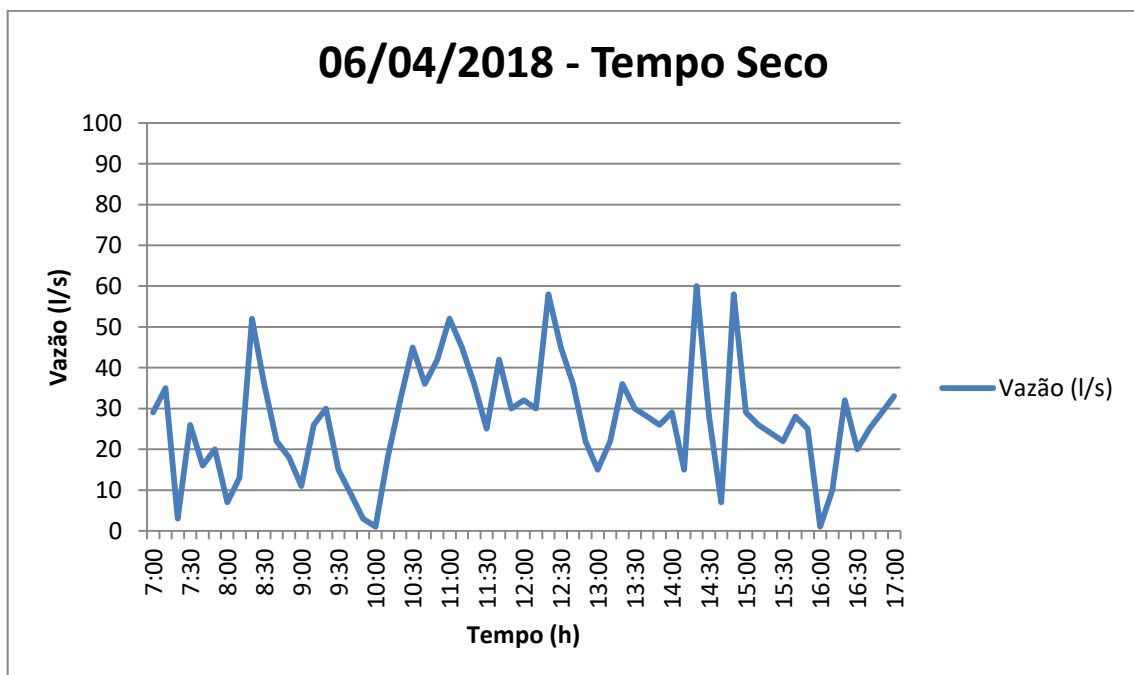
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 42 - Vazão de Esgoto do dia 05/04/2018 – Tempo Seco



Fonte: Do Autor (2018)

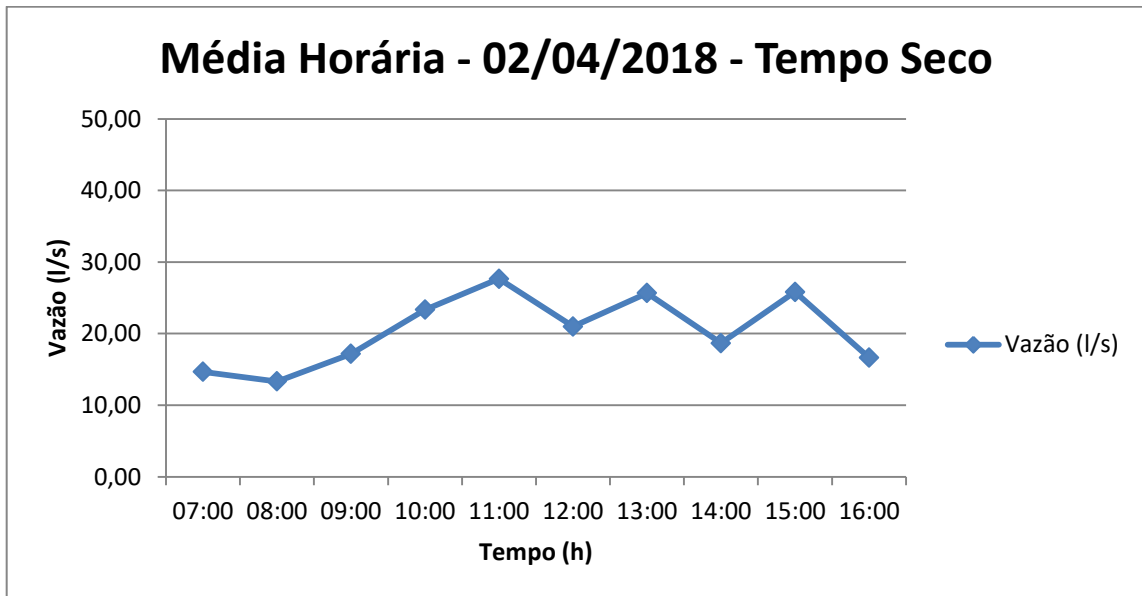
Figura 43 - Vazão de Esgoto do dia 06/04/2018 – Tempo Seco



Fonte: Do Autor (2018)

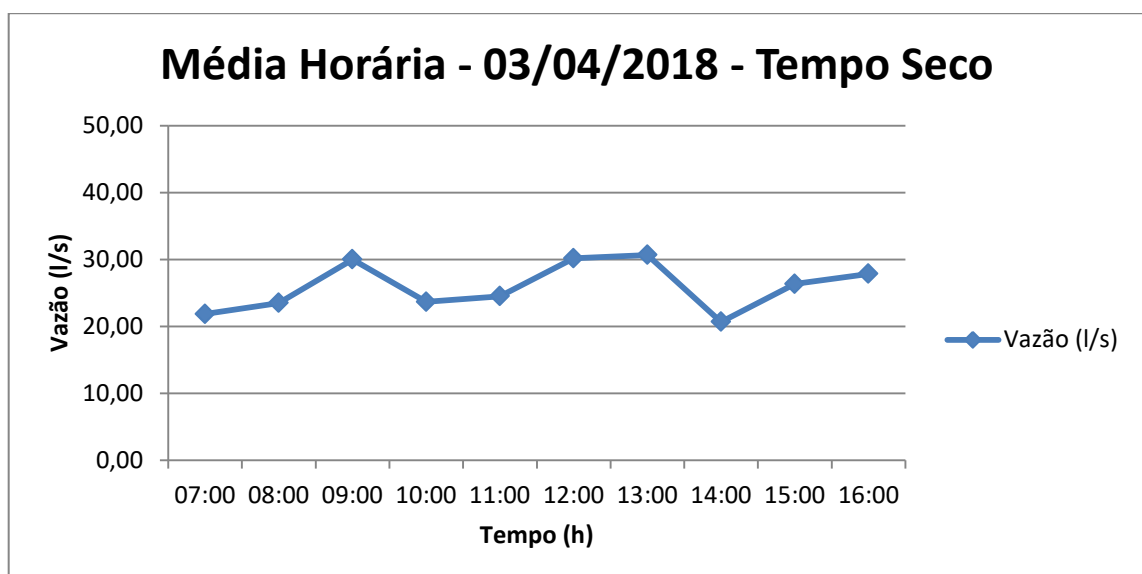
Com isso, foi calculada a média horária, assim como para a semana padrão a fim de minimizar as variações apresentadas dentro de uma mesma hora, e os gráficos são apresentados abaixo (Figura 44 a 48), para os cinco dias de tempo seco, respectivamente:

Figura 44 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 02/04/2018



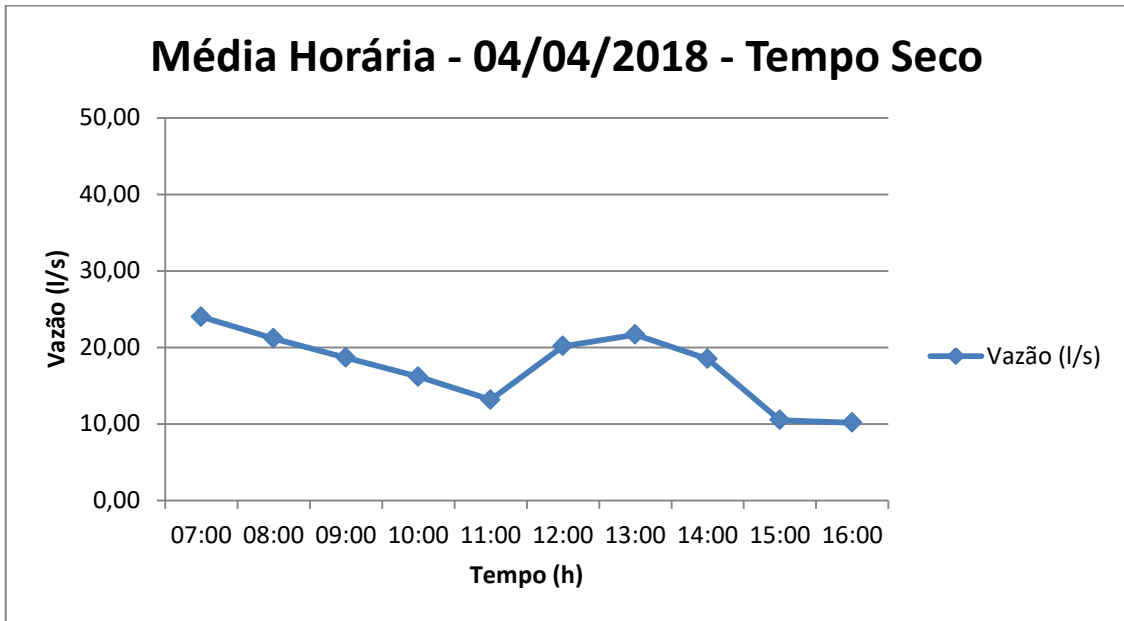
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 45 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 03/04/2018



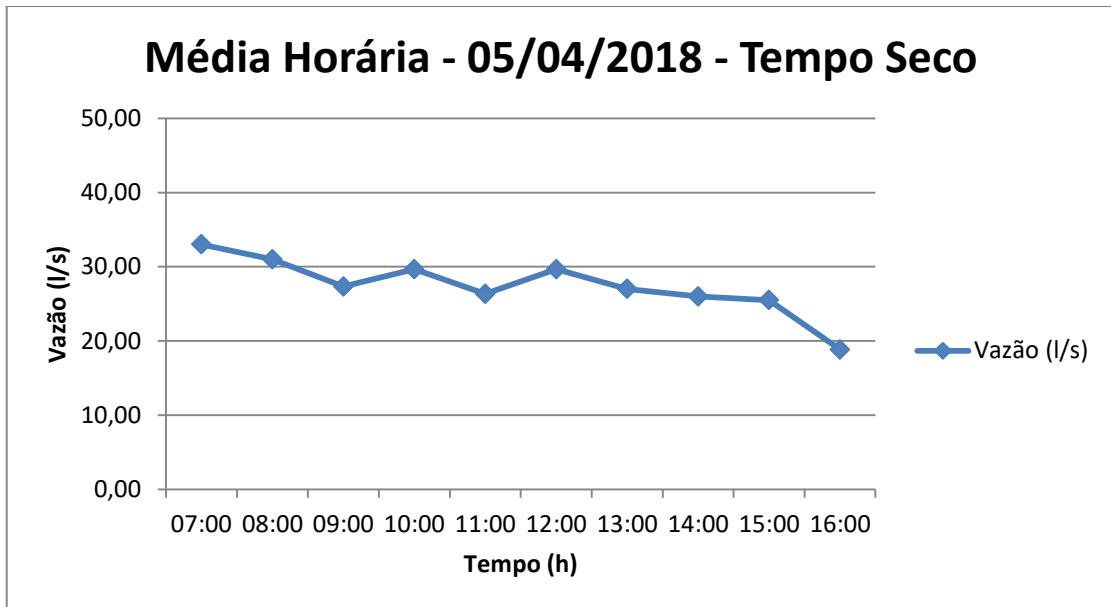
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 46 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 04/04/2018



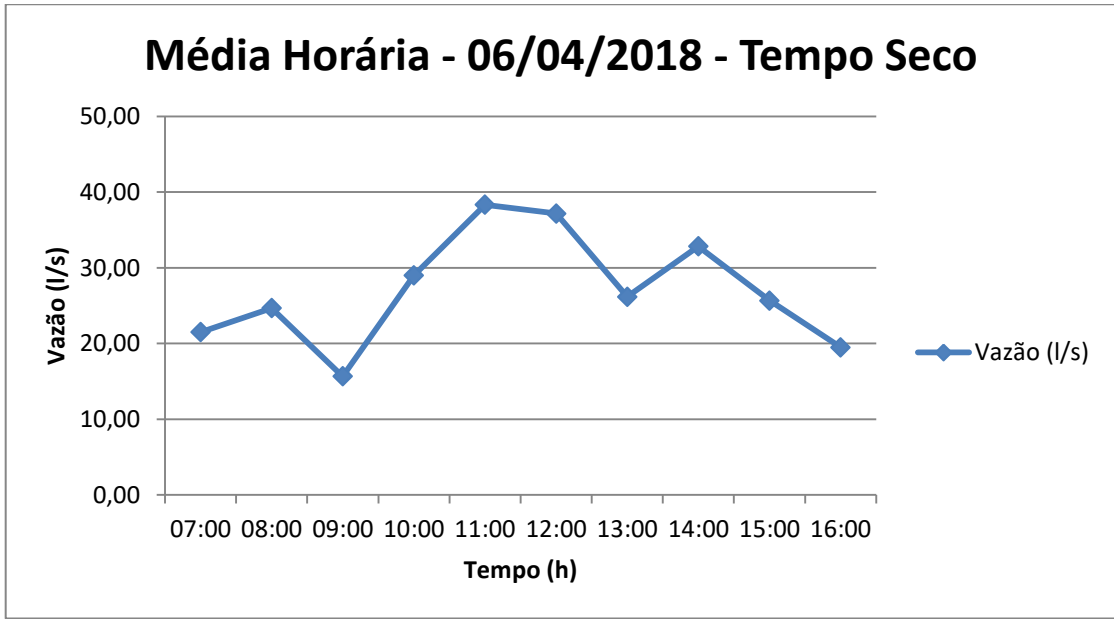
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 47 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 05/04/2018



Fonte: Do Autor (2018)

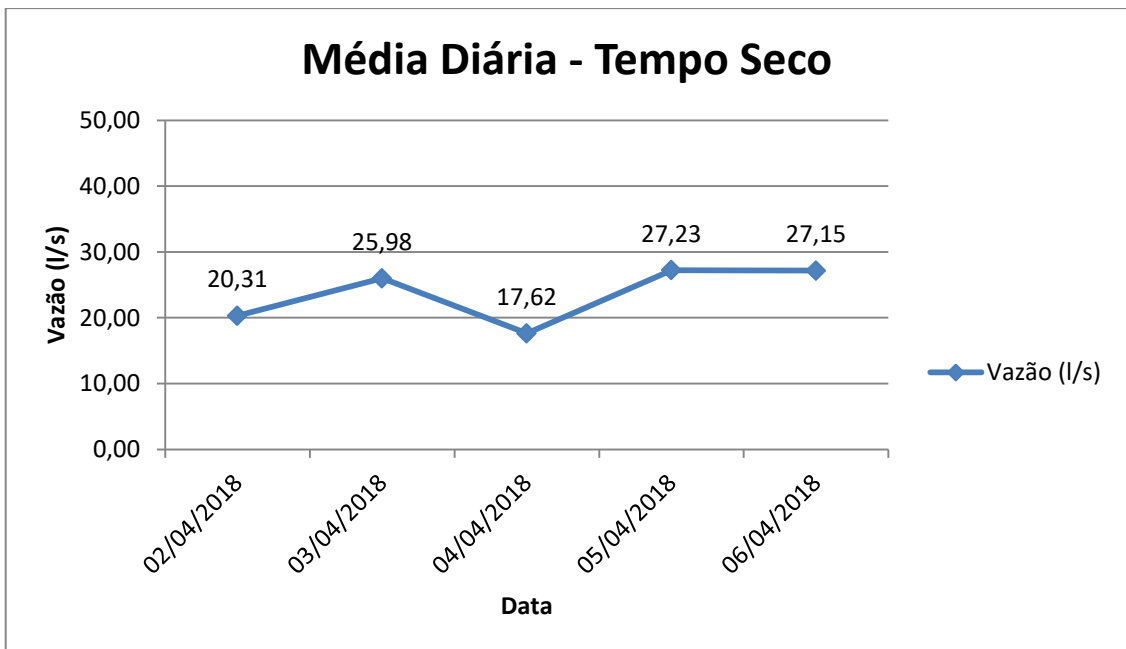
Figura 48 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 06/04/2018



Fonte: Do Autor (2018)

A partir da média horária, foi encontrada a média diária, como se verifica no gráfico abaixo (Figura 49).

Figura 49 - Média Diária de Vazão de Esgoto de Tempo Seco

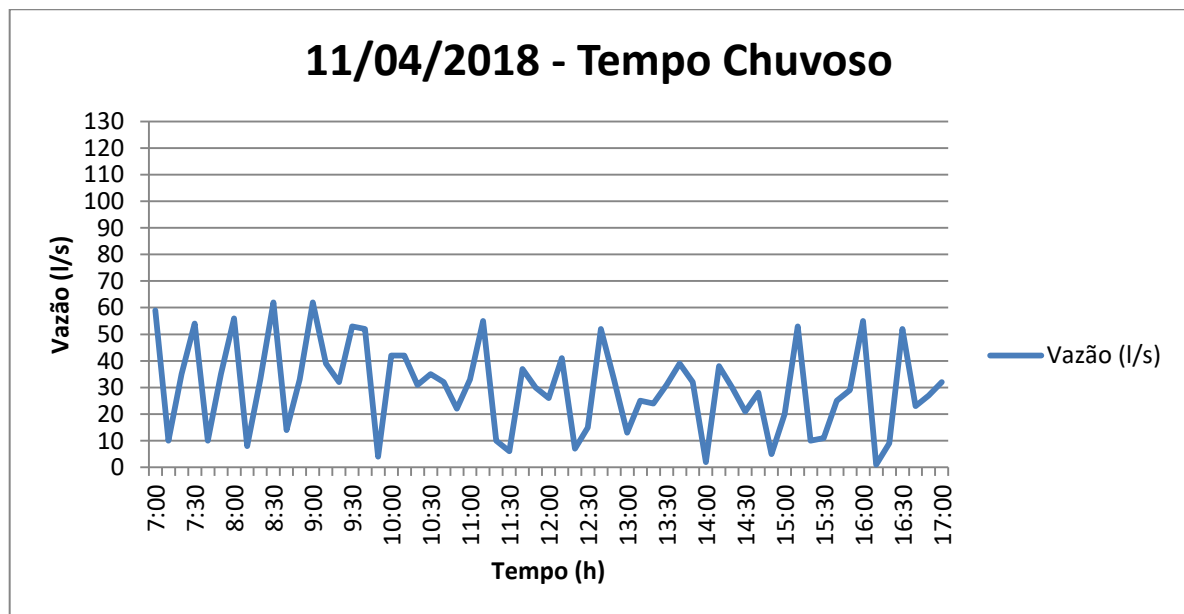


Fonte: Do Autor (2018)

Assim, foi obtida a média da vazão de esgoto para a semana de tempo seco, que foi de 23,66 l/s.

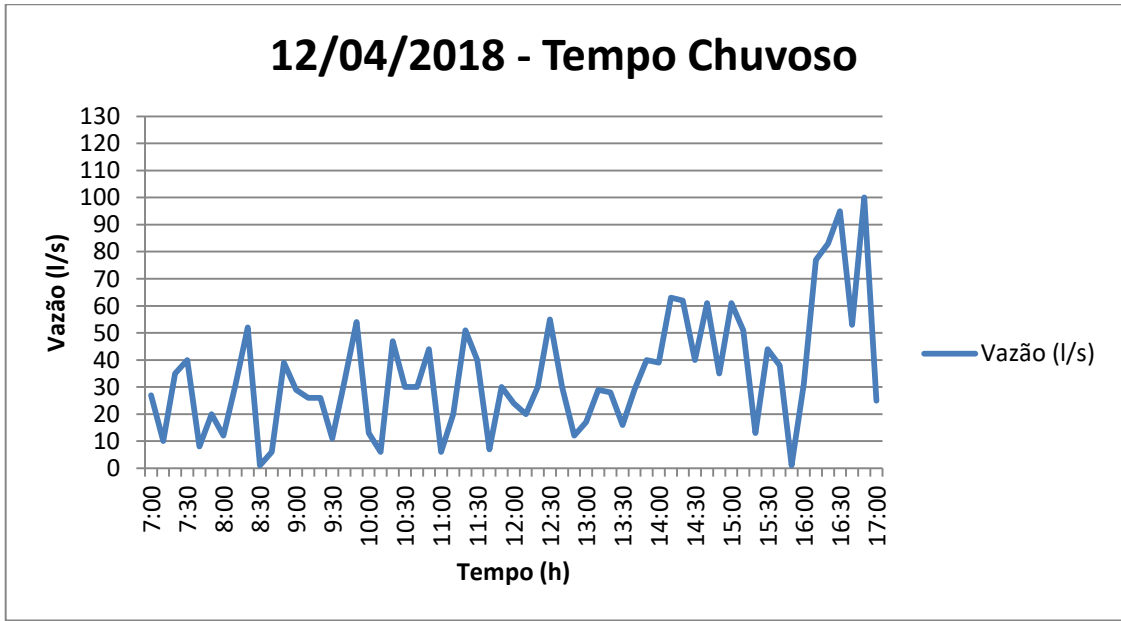
Posteriormente à semana de tempo seco, mediu-se a vazão de esgoto para a semana de tempo chuvoso de 11/04/2018 a 17/04/2018 (excluindo sábado e domingo) como é mostrado abaixo (Figura 50 a 54).

Figura 50 - Vazão de Esgoto do dia 11/04/2018 – Tempo Chuvoso



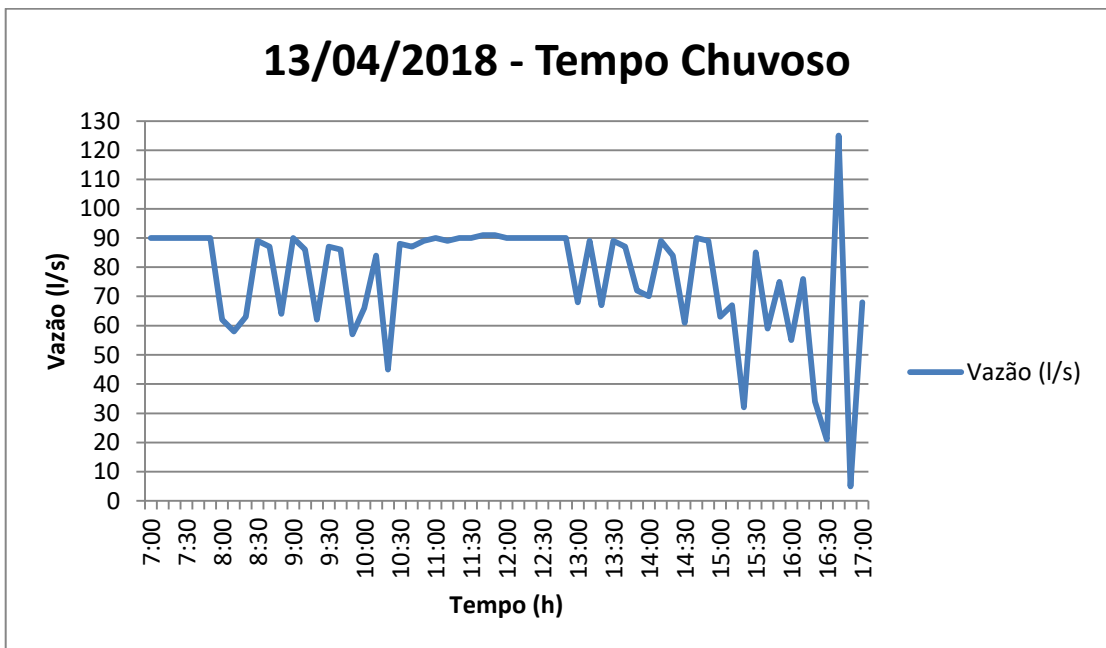
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 51 - Vazão de Esgoto do dia 12/04/2018 – Tempo Chuvoso



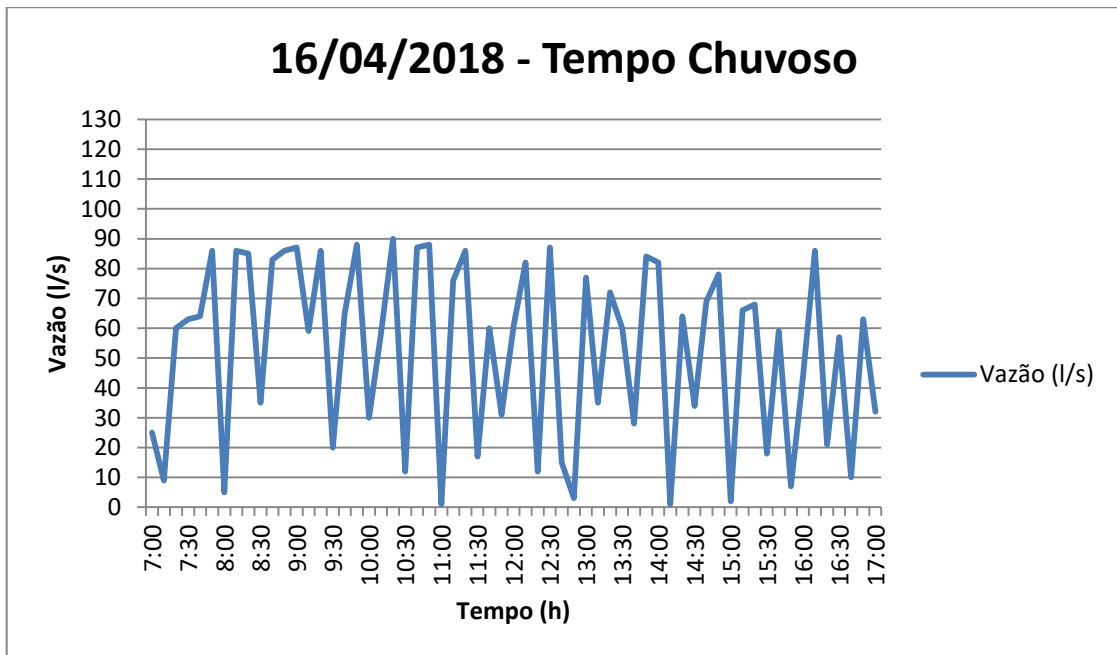
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 52 - Vazão de Esgoto do dia 13/04/2018 – Tempo Chuvoso



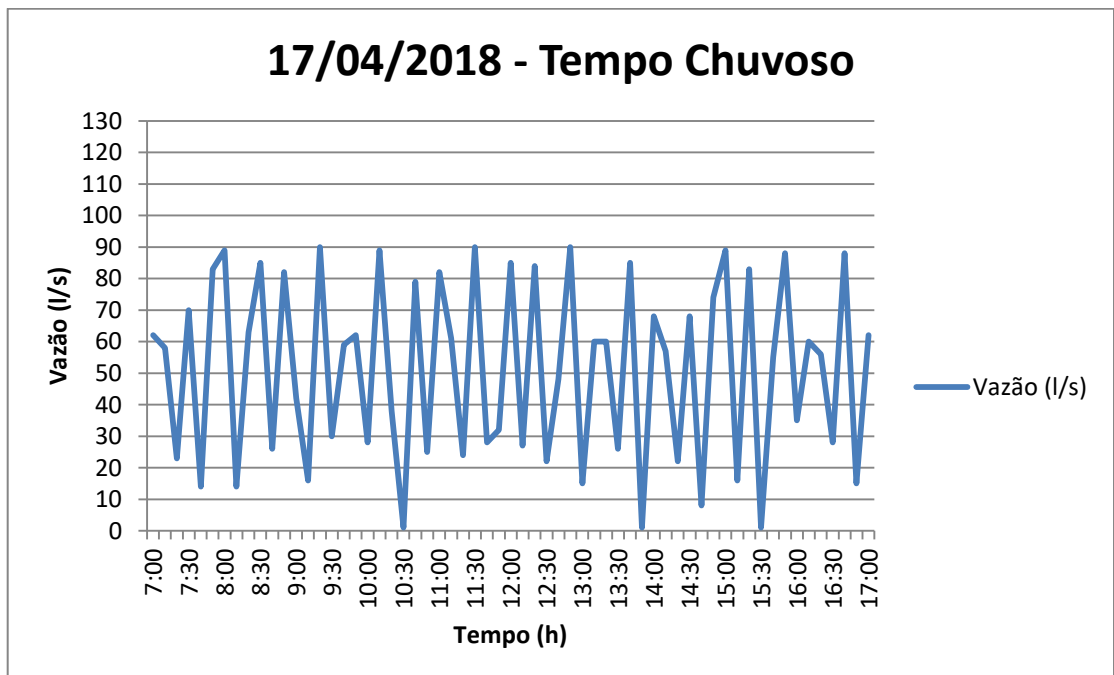
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 53 - Vazão de Esgoto do dia 16/04/2018 – Tempo Chuvoso



Fonte: Do Autor (2018)

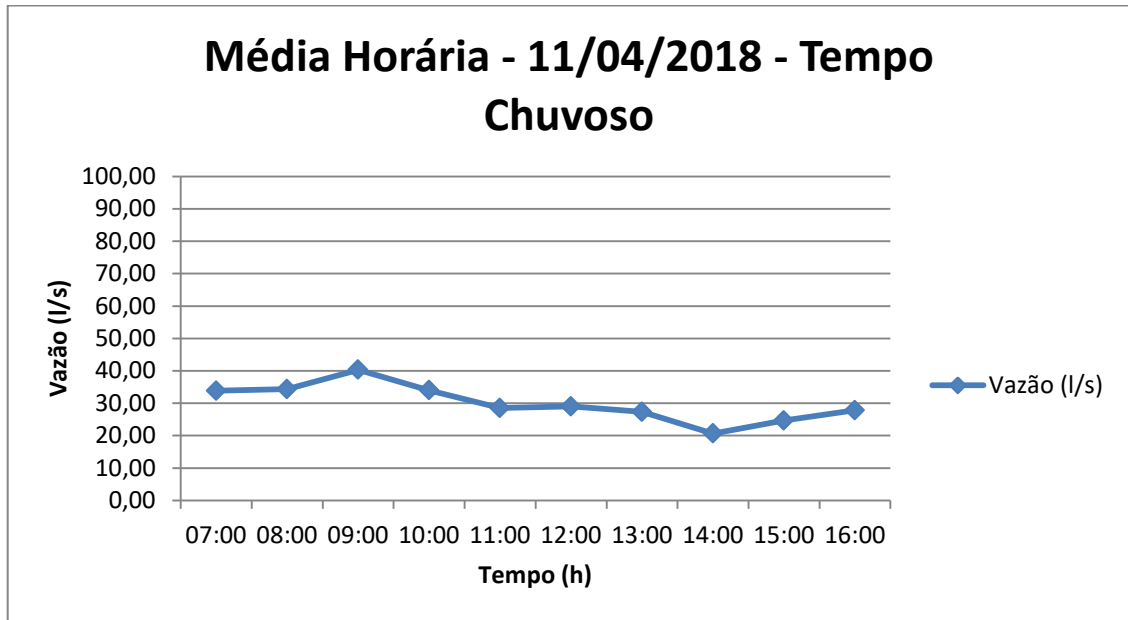
Figura 54 - Vazão de Esgoto do dia 17/04/2018 – Tempo Chuvoso



Fonte: Do Autor (2018)

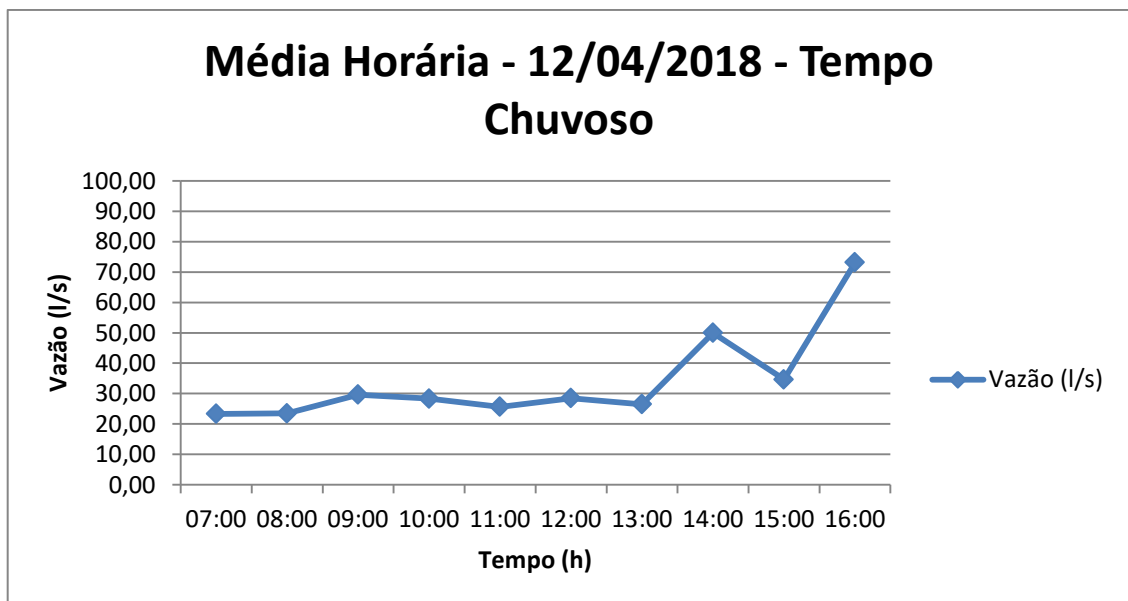
Em seguida foi calculada a média horária novamente para um melhor entendimento dos dados, como se apresenta abaixo (Figura 55 a 59), para os cinco dias de tempo chuvoso, respectivamente:

Figura 55 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 11/04/2018



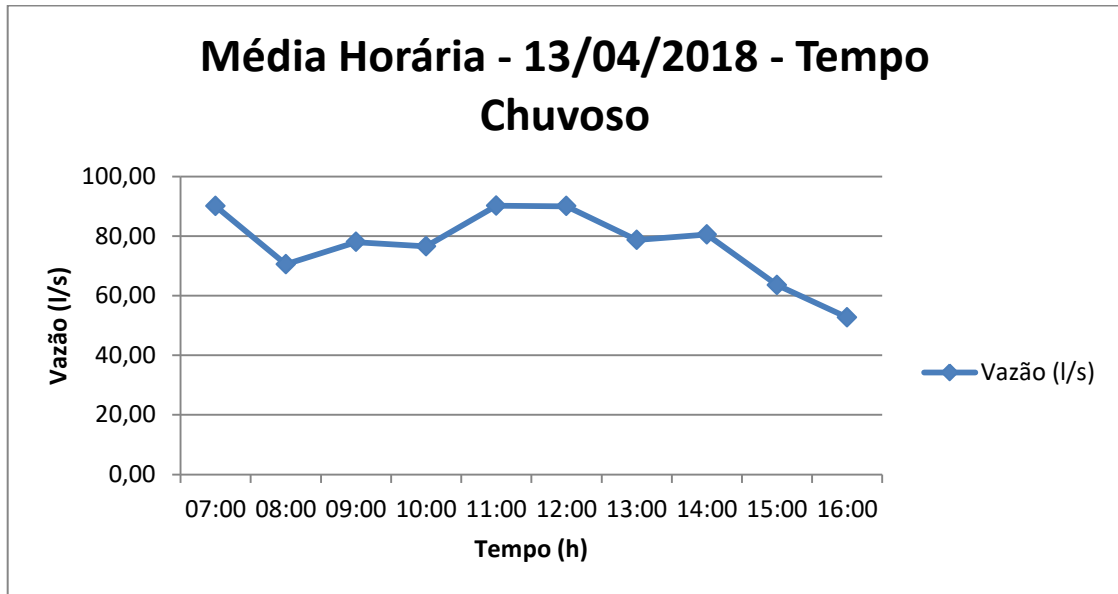
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 56 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 12/04/2018



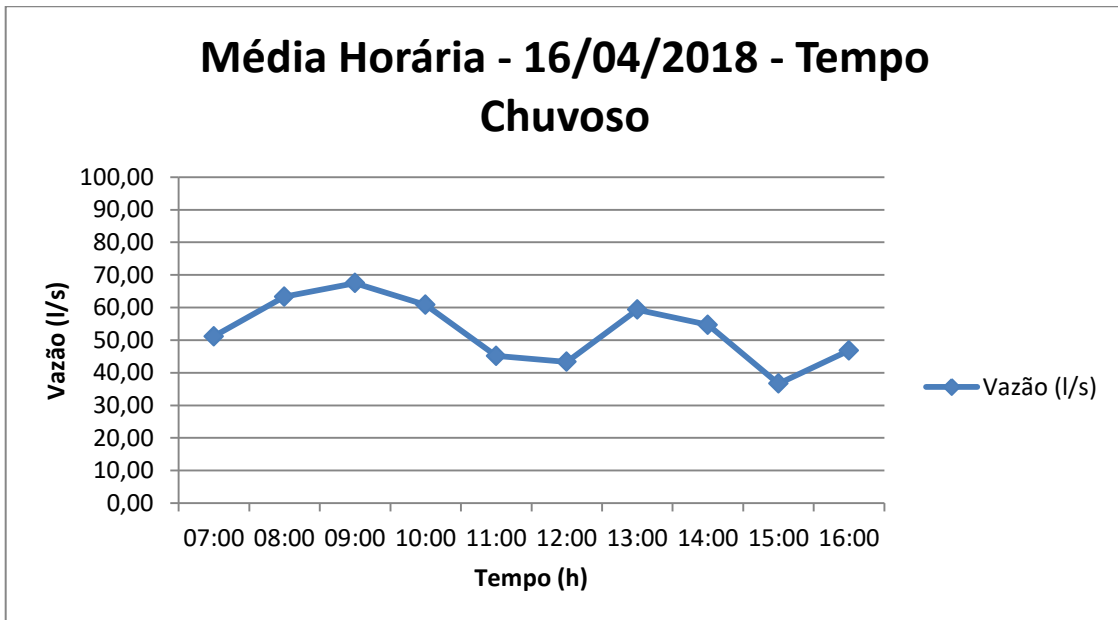
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 57 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 13/04/2018



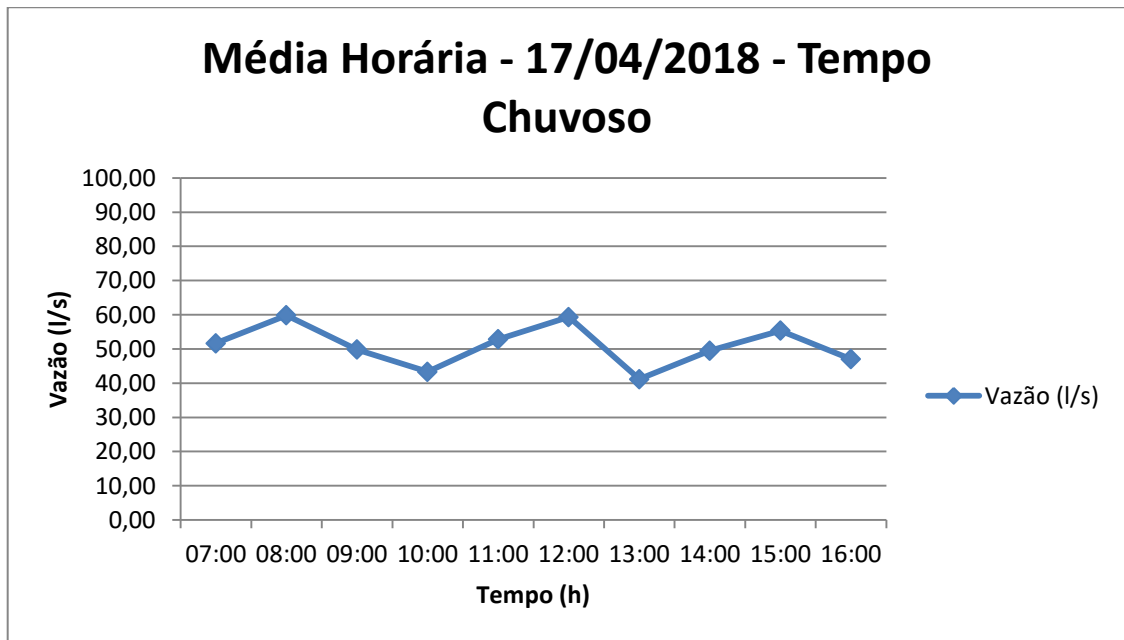
Fonte: Do Autor (2018)

Figura 58 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 16/04/2018



Fonte: Do Autor (2018)

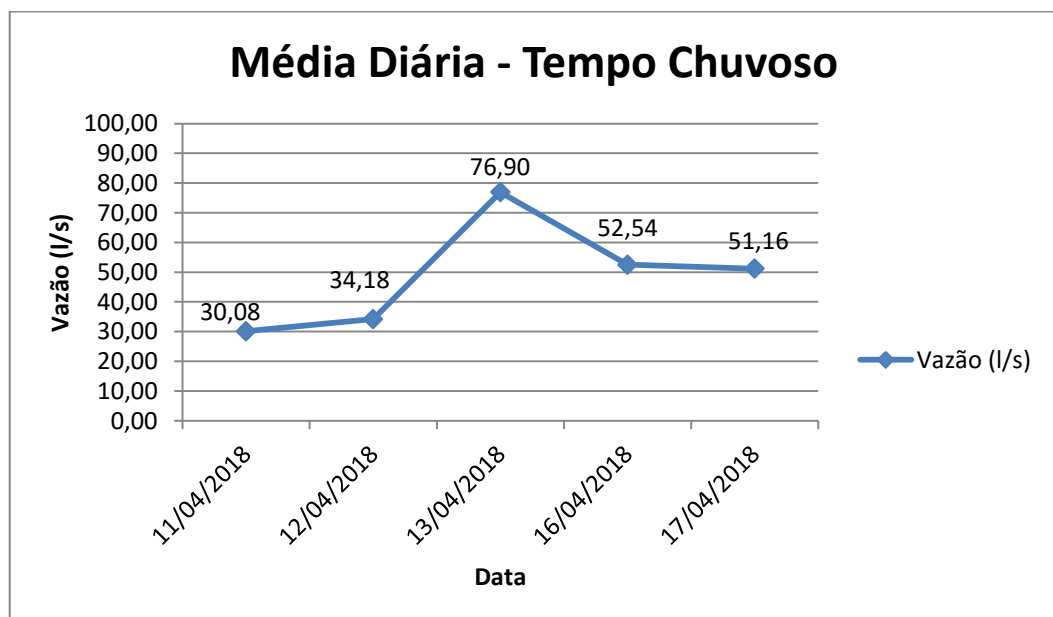
Figura 59 - Média Horária da Vazão de Esgoto do dia 17/04/2018



Fonte: Do Autor (2018)

Novamente, a partir da média horária, foi encontrada a média diária, como se verifica no gráfico abaixo (Figura 60).

Figura 60 - Média Diária de Vazão de Esgoto de Tempo Chuvoso



Fonte: Do Autor (2018)

Assim, para finalizar obteve-se como resultado a média da vazão de esgoto para a semana de tempo chuvoso, que foi de 48,97 l/s.

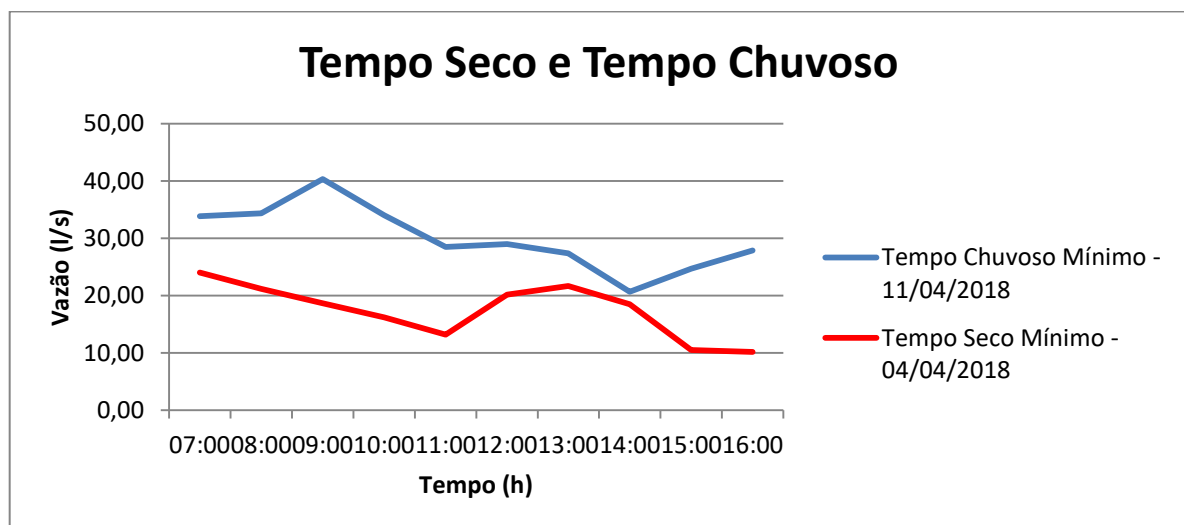
5.3 Comparação entre tempo seco e tempo chuvoso

Analisando os resultados foi possível comparar a semana seca, cuja média de vazão de esgoto foi de 23,66 l/s com a semana chuvosa, cuja média foi de 48,97 l/s, resultando assim em um aumento de 107% da vazão de esgoto. Tal valor confirma a hipótese de influência da água pluvial na vazão da rede de esgotamento sanitário.

Foi avaliado ainda o déficit de vazão das semanas de tempo seco e tempo chuvoso em relação à semana de tempo seco padrão, diminuição causada por problemas nas Estações Elevatórias de Esgoto a montante da ETE em estudo, como dito anteriormente. Para a semana seca, foi observada uma redução de 70,06% na vazão de esgoto, já em relação à semana chuvosa, a diminuição foi menor, mas ainda de 38,02%.

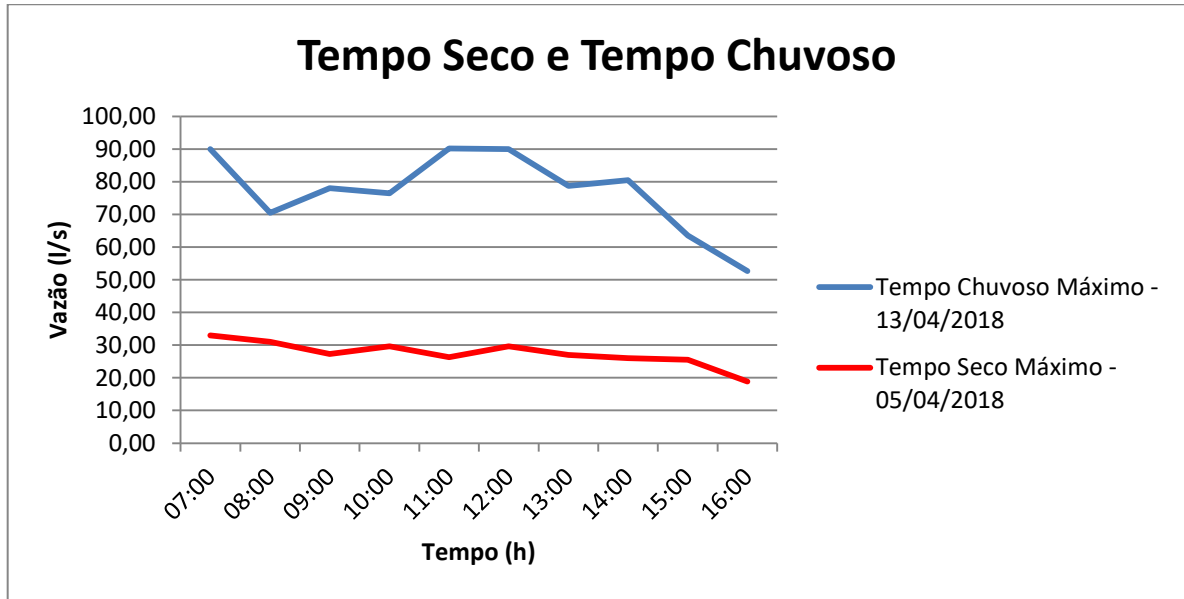
Para uma melhor ilustração, foi feito um gráfico comparativo entre o dia de menor vazão de tempo seco e o dia de menor vazão do tempo chuvoso (Figura 61) e outro gráfico com o dia de maior vazão de tempo seco e o dia de maior vazão de tempo chuvoso (Figura 62).

Figura 61 - Comparação entre Tempo Seco Mínimo e Tempo Chuvoso Mínimo



Fonte: Do Autor (2018)

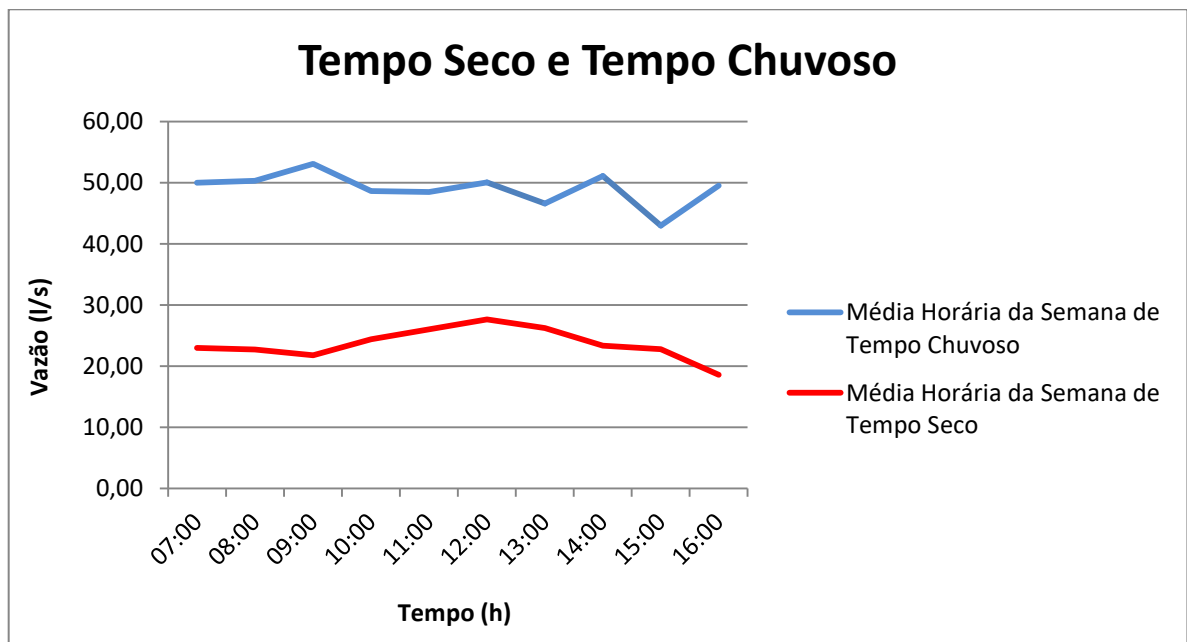
Figura 62 - Comparação entre Tempo Seco Máximo e Tempo Chuvoso Máximo



Fonte: Do Autor (2018)

Por fim, comparou-se através de gráfico a média horária da semana de tempo seco com a média horária da semana de tempo chuvoso (Figura 63).

Figura 63 – Média Horária da Semana de Tempo Seco e Tempo Chuvoso



Fonte: Do Autor (2018)

6 CONCLUSÃO

O trabalho buscou estimar a interferência das águas pluviais na vazão de esgoto da rede afluyente a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Mangabeira na cidade de João Pessoa – PB. A partir dos resultados e da análise dos dados obtidos permitiu-se tirar algumas conclusões.

O aumento de 107% no valor da vazão de esgoto quando foi comparada a semana de tempo seco em relação à semana de tempo chuvoso mostra o crescimento da vazão durante o período de chuva e, portanto a influência da água pluvial na rede de esgoto sanitário.

Portanto o sistema que é previsto na norma brasileira como separador absoluto e que é dimensionado desta forma, acaba não funcionando como tal por causa da interligação entre água pluvial e esgoto sanitário. Isso acaba gerando consequências tanto na rede de esgotamento sanitário como no sistema de maneira geral, diminuindo sua eficiência e qualidade.

Com os problemas nas Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) foi possível comparar uma semana de tempo seco padrão (totalmente funcionando) com as demais semanas de tempo seco e tempo chuvoso (com problemas operacionais). A queda na vazão de esgoto em 70,06% e 38,02% respectivamente, para tempo seco e chuvoso, mostra a importância de o sistema estar funcionando plenamente, pois abaixo de sua capacidade normal a operação se torna onerosa. A maior diferença percentual da vazão de esgoto apresentada para a semana de tempo seco em relação à semana de tempo chuvoso confirma a influência das águas pluviais no sistema de esgotamento sanitário.

6.1 Recomendações

Uma recomendação sugerida seria a medição automatizada da vazão de esgoto, que não foi possibilitada nesse trabalho. Tal medição poderia captar um maior número de dados e por um maior período de tempo (24 horas por dia ao longo de meses, por exemplo).

Outra recomendação seria o monitoramento da vazão de esgoto a montante de uma Estação Elevatória de Esgoto (EEE). O processo poderia diminuir as interferências nas Estações de Tratamento causadas pelas Elevatórias, pelo mecanismo cíclico de acionamento e desligamento das bombas, e passaria a medir a intervenção apenas na própria rede de esgoto sanitário sendo possível, talvez, mostrar melhor a interferência e influência da água da chuva na vazão da rede de esgoto.

Mais estudos devem ser realizados para que se obtenham mais dados que comprovem a situação estudada nesse trabalho. Outras localidades e mais variáveis, como indicadores de qualidade, podem ser estudadas aumentando assim as informações sobre o assunto. Tal fato poderia ser usado pelos projetistas para um melhor dimensionamento do sistema de esgoto sanitário como um todo, envolvendo suas diversas partes, o que tornaria mais realista o projeto e com um melhor custo benefício para a população.

7 REFERÊNCIAS:

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Estudo de concepção de sistema de esgoto sanitário – NBR 9648**. Rio de Janeiro, 1986.

BACELAR, FLAVIO. **Microdrenagem – COSANPA**. 2013. 1 ilustração. Disponível em: < <http://profmbacelar.blogspot.com.br/2013/03/microdrenagem-cosanpa-2013.html>>. Acesso em: 11 de fev. 2018.

BARROS, R. T. V. et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para Municípios, Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p. 1 ilustração

BERNARDES, R.S.; SOARES, S.R.A. **Esgotos Combinados e Controle da Poluição - Estratégia para Planejamento do Tratamento da Mistura de Esgotos Sanitários e Águas Pluviais**. Brasília, DF: CAIXA (ed.: Caixa Econômica Federal), 2004. 160p. (Série Alternativas Tecnológicas - Saneamento Ambiental)

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Embrapa. Jaguariúna, 2000. 312 p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006a. 408 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos a saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b. 252p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. **Caderno setorial de recursos hídricos: saneamento / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos**. Brasília: MMA, 2006c. 68 p.

COSTA, Leonardo. **Contribuições para um modelo de gestão da água para a produção de bens e serviços a partir do conceito de pegada hídrica / L. Costa**. São Paulo. 2014. 180p.

DIAS, A. P.; KLIGERMAN, D. C.; COHEN, S. C. análise da interconexão entre os sistemas de esgotos sanitário e pluvial da cidade do rio de janeiro. In: Congresso Brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, ABES, 24. 2 a 7 set. 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: 2007, 11p.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 030/2004 – ES. Drenagem - Dispositivos de drenagem pluvial urbana – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR, 2004.

ELLIS, J.B. **The management and control of urban runoff quality.** Jour. Instit. of Wat. and Environmental Management, v.3, n.2, p.116-24, 1989.

FERNANDES, Carlos. **Esgotos Sanitários.** Ed. Univ./UFPB: João Pessoa, 1997. 435p. Reimpressão Jan/2000.

FERREIRA, M. P.; REDA, A. L. L. Perturbação na vazão e na qualidade do esgoto afluente a ETE: Observações na Região Metropolitana de São Paulo durante tormentas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 22-24 nov. 2005, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos-ABRH, 2005. 13p. Disponível em <<http://www.abrh.org.br>>.

FESTI, A. V. Águas de chuva na rede de esgoto sanitário - suas origens, interferências e consequências. IN: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., Campo Grande, set 2005. **Anais...** Campo Grande: ABES 2005.

GASPAROTTO, Felipe Augusto. **Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba – SP.** Piracicaba, 2011. 89 p.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de Saneamento 2011.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011. cap. 3. Saneamento e meio ambiente. 268p. : mapas.

LOBO, Luiz. **Saneamento básico: em busca da universalização / Luiz Lobo sp.** Brasília : Ed. do Autor, 2003. 228p.

MENDONÇA, S. R. Avaliação de desempenho e diagnóstico operacional da ETE Mangabeira / Sérgio Rolim Mendonça. – João Pessoa: Ideia, 2017. 62p.

MESSIAS, T. G. **Influência da toxidade da água e do sedimento dos rios São Joaquim e Ribeirão Claro na bacia do Corumbataí.** 2008. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse.** 3.ed. revis. G. Tchobanoglous; G.; F. L.Burton. New York: McGraw-Hill, 1991. 1338p. 1 ilustração.

OLIVEIRA JÚNIOR, L. H. R. de. **Uso do filtro de areia na adequação do efluente da ETE mangabeira para ultrafiltração.** 2017. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

PEPLAU, G. R.; et al. **Caracterização de Bacias Urbanas para Implantação de Estrutura de Monitoramento. Estudo de Caso: Riacho Reginaldo - Maceió/AL.** In: VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 8., Gravatá-PE. Out.2006, ABRH, 2006. 1 ilustração.

PIMENTEL, I. M. C.; CALLADO, N. H.; PEDROSA, V. A. **Drenagem Urbana e a Balneabilidade das Praias de Maceió/AL.** In XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 16., João Pessoa. Nov. 2005, ABRH, 2005. 1 ilustração.

PORTO, M. F. A. **Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas.** In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T.B (org). **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: ABRH/ Editora da UFRGS, 1995, p 387-428.

REDA, A.L.L. **Gestão de qualidade da água em sistema fluvial durante tormenta - Parte I: reconhecendo um problema no sistema de esgoto.** In: Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 13. 6–8 nov. 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006. 10p.

REDA, A.L.L.; BECK, M.B.; ZINGEREVITZ, I. **Dynamic river water-quality models: a tool to protect rivers from the increasing trend in combined storm-sewage discharges in tropical climates - the MCSTR scheme.** In: REGIONAL [AMERICAS] CONFERENCE ON GLOBAL CHANGE, 4-6 dez. 1995, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: USP, IEA, 1996. p.115-116.

REDA, A. L. L.; MELLO, G. S. L. Esgoto unitário “não-intencional”: futuro ameaçado por tormentas ou desafio para o planejador no futuro? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 23-27 nov. 2003, Curitiba. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos-ABRH, 2003. 16p. “Desafios à gestão da água no limiar do século XXI”. Disponível em <<http://www.acquacon.com.br>>. Acesso em: 15/02/2018.

REDA, A. L. L.; MELLO, G. S. L. Drenagem de tormentas urbanas: Impacto sobre vazão e qualidade do esgoto coletado. In: Encontro Estadual de Saneamento Ambiental, 5. 1-2 jun. 2005. Lins. **Anais...** Lins: AESABESP, 2005. 13p.

REDA, A.L.L.; PACHECO, C.V.; GIROLDO, F.Z. Gestão de qualidade da água em sistema fluvial durante tormenta - Parte II: significância da simulação dinâmica em rios tropicais. In: Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 13. 6–8 nov. 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006. 12p.

SANTOS, Q. R. **Avaliação da influência da precipitação na rede de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto.** Feira de Santana / Quelle Rebouças dos Santos. - Feira de Santana, 2013. p. 76.

SILVA, P. V. A Importância da água para a percepção turística na Bacia do Rio Formoso em Bonito-MS / Priscila Vargas da Silva. - Presidente Prudente : [s.n], 2015. 258 f. : il.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água.** 3ª edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. Esgoto Sanitário.** Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1999.

TSUTIYA, M. T.; BUENO, R. C. R. Contribuição de Águas Pluviais em Sistema de Esgoto Sanitário no Brasil. In: Seminários Redes de Esgoto Sanitários e Galerias de Águas Pluviais: Interferências e Interconexões. São Paulo. 2004.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora UFRGS, 2001. 943p. 1 ilustração.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (organizadores). **Inundações Urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

URBAN, T. Falta de água na Terra é preocupação presente e futura. 2012.
Disponível em: <<http://hugoprado.blogspot.com.br/2012/05/falta-de-agua-na-terra-e-preocupacao.html>>. Acesso em: 06 de fev. 2018.