

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS  
*CAMPUS* POÇOS DE CALDAS

LEDA CAROLINA CARVALHO MENEZES

**CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE GERADO NO *CAMPUS* POÇOS DE  
CALDAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS.**

Poços de Caldas / MG

2017

LEDA CAROLINA CARVALHO MENEZES

**CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE GERADO NO CAMPUS POÇOS DE  
CALDAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS.**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Alfenas – campus Poços de Caldas. Área de concentração: Monitoramento ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Felipe Ramos Turci

Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Brito de Moura

Poços de Caldas / MG

2017

M543c Menezes, Leda Carolina Carvalho.

Caracterização do efluente gerado no *campus* Poços de Caldas da Universidade Federal de Alfenas / Leda Carolina Carvalho Menezes.

– Poços de Caldas, 2017.

69 f. –

Orientador: Luiz Felipe Ramos Turci.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2017.

Bibliografia.

1. Engenharia sanitária. 2. Esgotos. 3. Efluente – Qualidade. 4. Águas residuais. I. Turci, Luiz Felipe Ramos. II. Título.

CDD: 628.1

LEDA CAROLINA CARVALHO MENEZES

**CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE GERADO NO CAMPUS POÇOS DE  
CALDAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS.**

A banca avaliadora abaixo-assinada, aprova a dissertação apresentada como parte dos requisitos do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia Ambiental da

Aprovada em: 04/07/2017

Prof<sup>o</sup>: Dr. Rafael Brito de Moura  
Instituição: UNIFAL - MG

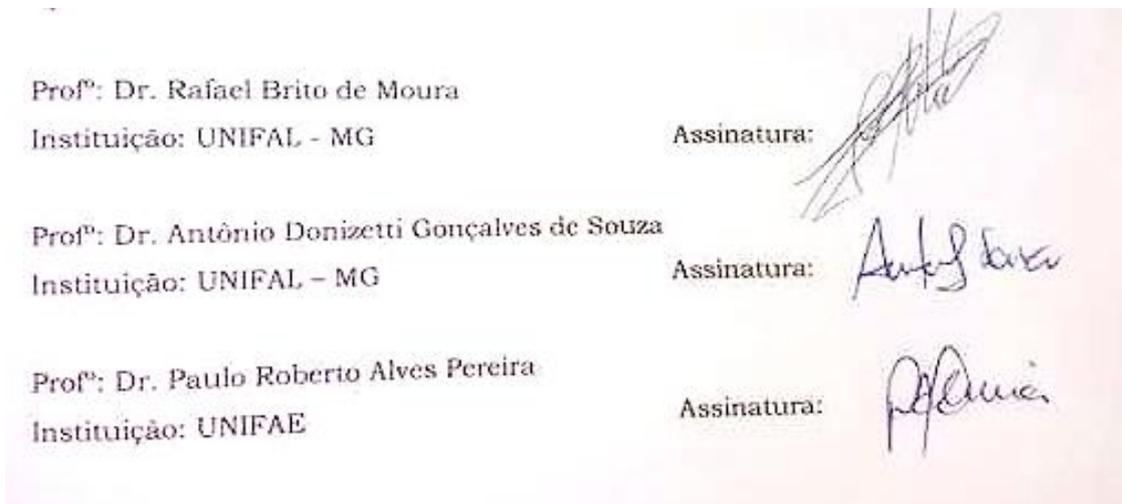
Assinatura:

Prof<sup>o</sup>: Dr. Antônio Donizetti Gonçalves de Souza  
Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura:

Prof<sup>o</sup>: Dr. Paulo Roberto Alves Pereira  
Instituição: UNIFAE

Assinatura:



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Professor Dr. Luiz Felipe Ramos Turci pela orientação durante esse trabalho e também à colaboração do co-orientador Professor Dr. Rafael Brito de Moura. Agradeço, também, ao Departamento Municipal de Água e Esgoto de Poços de Caldas pela parceria na realização de análises e pela amizade ao longo desses anos, em especial aos servidores: Silvana Vieira Martins, Paula Valéria Macedo Narcizo Pereira, Josimar dos Reis Marques, Rosemary Caetano Araújo, Ana Maria Ferreira, Maria Lúcia Esperança, Renata Maria Eugênio Pereira, Minéia Fonseca Carmargo, André Felipe Araújo, Marcos Vinícius Rocha Miranda, Ana Karolina Santos Barbosa, Lía Mara Borges, Marisa Ramos Aniceto, Luiz Renê Ballerini, Joel José Pinto, Sebastião Gabriel Santana e Jurandir. Por fim, agradeço meus pais e meus amigos pelos conselhos e incentivos ao longo dessa caminhada.

Dedico esse trabalho aos meus pais, Rita de Cássia Carvalho Menezes e Francisco de Assis Menezes.

*“A essência do conhecimento insiste em aplica-lo, uma vez possuído”  
(Confúcio)*

## RESUMO

Esse trabalho visou caracterizar o efluente gerado no *campus* Poços de Caldas da UNIFAL-MG, analisar estatisticamente como as características do efluente são influenciadas por diversas variáveis e definir valores de referência *per capita*. As análises laboratoriais foram feitas seguindo os métodos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* para determinação de demanda química de oxigênio (DQO), pH, cloretos, condutividade, nitrogênio amoniacal, sólidos totais (fixos e voláteis) e sólidos suspensos (fixos e voláteis). Além disso, foi utilizado um condutivímetro para determinação de sólidos dissolvidos. A vazão de esgoto no *campus* foi estimada através da medição do consumo de água. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando análise de variância, teste de comparação de médias Scott-Knott teste T e testes de correlação. Os resultados mostram que DQO e sólidos dissolvidos variam de acordo com os dias da semana, enquanto pH, cloreto e condutividade não sofrem essa influência. Também foi verificado que não há diferenças entre os valores médios de pH do período letivo e de férias, enquanto DQO, cloreto e condutividade têm médias estatisticamente menores em férias do que em dias letivos. Ao longo de perfis temporais foi verificado que pH, DQO, sólidos totais (fixos e voláteis) e sólidos suspensos (fixos e voláteis) não têm médias estatisticamente diferentes ao longo do dia. Os testes de correlação demonstraram que a população acadêmica não interfere diretamente no pH e nas concentrações de DQO, sólidos totais (fixos e voláteis) e sólidos suspensos (fixos e voláteis), mas interfere na quantidade de água consumida no *campus*. Além disso, o número de refeições servidas pode interferir em alguns parâmetros. Considerando todas as análises realizadas, as médias encontradas foram (em mg/l) DQO:  $625,38 \pm 347,30$ , sólidos totais:  $507,60 \pm 207,30$ , sólidos totais voláteis:  $311,90 \pm 161,10$ , sólidos totais fixos:  $205,00 \pm 120,50$ , sólidos suspensos voláteis:  $102,80 \pm 82,90$ , sólidos suspensos fixos:  $24,60 \pm 0,43$ , nitrogênio amoniacal:  $9,30 \pm 4,99$ , sólidos dissolvidos:  $399,05 \pm 172,13$ , cloreto:  $189,41 \pm 78,09$ . Para o pH a média foi  $7,07 \pm 0,59$  e para condutividade  $787,89 \pm 307,58 \mu\text{S}/\text{cm}$ . O volume estimado de geração de efluente no *campus* foi de  $9,82 \text{ m}^3/\text{dia}$ . A determinação da carga per capita de cada parâmetro analisado mostrou-se inferior aos valores de referência encontrados na literatura para esgotos domésticos. Esse resultado reflete a importância da caracterização do efluente das diversas fontes geradoras, visando a melhor determinação do tratamento a ser empregado em cada caso.

Palavras – chave: Caracterização de efluentes. Carga *per capita*. Efluente de *campus* universitário. Análises estatísticas.

## ABSTRACT

This work aimed to characterize the effluent generated at the Poços de Caldas *campus* of UNIFAL-MG, to statistically analyse how the effluent characteristics are influenced by several variables and to define per capita loadings. The laboratory analyses were done under the methods described in the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater were used to determine chemical oxygen demand (COD), pH, chlorides, conductivity, ammoniacal nitrogen, total solids (fixed and volatile) and suspended solids (fixed and volatile). In addition, a conductivimeter was used to determine dissolved solids. The sewage flow on campus was estimated by measuring water consumption. Using generated data statistical analyses were taking using analysis of variance, mean comparison tests, T-tests and correlation tests. Results shows that COD and dissolved solids vary according to the days of the week, whereas pH, chloride and conductivity do not suffer this influence. It was also verified that there are no differences between the mean values of the pH of the school and and this one of vacation period. COD, chloride and conductivity have statistically lower means in vacations than means in school days. pH, COD, total solids (fixed and volatile) and suspended solids (fixed and volatile) do not have statistically different means throughout the hours of the day. Correlation tests have shown that the academic population does not directly interfere with the pH and concentrations of COD, total solids (fixed and volatile) and suspended solids (fixed and volatile), but population interferes with the amount of water consumed on *campus*. In addition, the number of meals served can interfere with some characteristics. Considering all the analyses, the means found were (in mg / l) COD:  $625.38 \pm 347.30$ , total solids:  $507.60 \pm 207.30$ , total volatile solids:  $311.90 \pm 161.10$ , total fixed solid:  $205.00 \pm 120.50$ , volatile suspended solids:  $102.80 \pm 82.90$ , fixed suspended solids:  $24.60 \pm 0.43$ , ammoniacal nitrogen:  $9.30 \pm 4.99$ , dissolved solids:  $399,05 \pm 172.13$ , chloride:  $189.41 \pm 78.09$ . For the pH the mean was  $7.07 \pm 0.59$  and for conductivity  $787.89 \pm 307.58 \mu\text{S} / \text{cm}$ . The estimated volume of effluent generation on campus was  $9.82 \text{ m}^3 / \text{day}$ . The determination of the per capita load of each analysed parameter was lower than the reference values found in the literature for domestic sewage. This result reflects the importance of the characterization of the effluent for different generating sources, aiming at the best determination of the treatment to be used in each case.

Keywords: Wastewater characterization. *Per capita* loading. University *campus* effluent. Statistical analyses.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
3.1	DIFERENTES EFLUENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	13
3.2	A CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTO E AS UNIVERSIDADES .....	14
<b>3.3</b>	<b>PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DE EFLUENTES</b> .....	<b>16</b>
3.4	CONCENTRAÇÃO, CARGA E CARGA PER CAPITA .....	18
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
4.1	AMOSTRAGEM DO EFLUENTE .....	20
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE .....	25
4.3	QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE ESGOTO GERADO.....	25
4.4	LEVANTAMENTO DA POPULAÇÃO ACADÊMICA .....	26
4.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	28
4.6	DEFINIÇÃO DE CARGA E DE CARGA PER CAPITA.....	30
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>31</b>
5.1	ANÁLISES NO POÇO DE SUÇÃO DA E.E.E. UNIFAL.....	31
5.2	CAMPANHA I – Amostras dos dias da semana.....	32
5.3	CAMPANHA II – Perfis diários .....	41
5.4	LEVANTAMENTO DA POPULAÇÃO ACADÊMICA .....	49
5.5	LEVANTAMENTO DAS REFEIÇÕES SERVIDAS NO CAMPUS.....	51
5.6	TESTES DE CORRELAÇÃO .....	53
5.7	VOLUME DE ESGOTO PRODUZIDO .....	58
5.8	VISÃO GERAL DOS RESULTADOS .....	59
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento expressivo da urbanização observado nas últimas décadas, fica evidenciado o desequilíbrio gerado entre as atividades antrópicas e o meio ambiente. Se, por um lado, ganhou-se em novas tecnologias, facilidade e rapidez de comunicação, transporte e execução das mais diversas ações, por outro, atrelado a cada uma das atividades humanas está o consumo de recursos hídricos, a geração de resíduos sólidos e de efluentes que levam a alterações do ambiente natural.

Nesse sentido, os serviços de saneamento básico, incluindo abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, manejo de águas pluviais, gestão de resíduos sólidos dentre outros serviços correlatos, tornam-se importantes, em um primeiro momento, especialmente à saúde pública. Contudo, com o amadurecimento do conceito de sustentabilidade, é evidente a importância desses serviços para manutenção, também, do equilíbrio ambiental.

Segundo von Sperling (2005), dos  $1,36 \times 10^{18} \text{ m}^3$  de água disponível no planeta, apenas 0,8% correspondem a água doce, que podem ser utilizadas mais facilmente para abastecimento público, e, dessa fração, apenas 3% são águas superficiais, de mais fácil extração. Dessa forma, fica evidenciada a necessidade de se preservar os recursos hídricos e evitar a contaminação da pequena fração mais facilmente disponível.

Uma das formas mais significativas de degradação dos recursos hídricos é o lançamento de efluentes *in natura* nos corpos d'água. Esse lançamento direto causa alterações na qualidade da água que inviabilizam não só a utilização para abastecimento público como prejudicam os demais seres vivos que dependem do recurso.

Dentre as principais alterações nos parâmetros de qualidade de água está o aumento da turbidez (prejudicando a penetração de luz e a fotossíntese), aumento da carga de nutrientes (podendo causar eutrofização dos corpos d'água), aumento da carga orgânica e conseqüente diminuição do oxigênio dissolvido na água (prejudicando os seres aquáticos aeróbios), aumento da quantidade de organismos patogênicos presentes na água, gerando riscos a saúde pública (VON SPERLING, 2005).

Considerando o cenário nacional, os serviços de saneamento básico, no que se refere à coleta e tratamento de esgoto estão muito aquém do ideal. Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto publicado pelo Ministério das Cidades (2016), em 2014 o índice de atendimento com rede coletora de esgoto no Brasil em relação à população total era de 49,8% e em relação à população urbana de 57,6%. O índice de tratamento de esgoto em relação ao volume gerado era de 40,8% e em relação ao volume coletado era de 70,9%.

Diante desses fatores, fica evidente a importância de ações que incentivem a melhora desses índices, principalmente no que se refere ao tratamento do efluente gerado e à universalização do saneamento básico no país.

Tendo em vista que as Instituições de Ensino Superior são grandes responsáveis pela transmissão de conhecimento e dispõe de grande confiabilidade na sociedade, espera-se delas uma preocupação com a sustentabilidade e a difusão de práticas que busquem amenizar os impactos ambientais de suas ações.

Dentre esses impactos, está a geração de efluentes. A presença de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) nas universidades não só contribuiria para a amenização desses impactos como contribuiria de forma didática para a sociedade que a cerca. Além disso, essas estações tornam-se ambientes de ensino e pesquisa nas instituições que possuem cursos correlatos, como a Engenharia Ambiental. O primeiro passo, contudo, é a caracterização do efluente, buscando determinar os parâmetros básicos necessários à escolha do tratamento adequado e projeto de uma estação de tratamento, como a concentração de sólidos e matéria orgânica, o pH, a temperatura e o volume de esgoto gerado. Esses dados permitem a determinação das cargas máximas, mínimas e médias de poluente bem como a determinação da taxa de contribuição per capita para cada parâmetro, que viabiliza prever como o esgoto irá ser alterado em um cenário de aumento da população acadêmica, por exemplo.

Portanto, esse projeto visa caracterizar o esgoto do *campus* de Poços de Caldas da UNIFAL – MG, buscando correlacioná-lo com a população acadêmica, podendo assim determinar parâmetros que seriam necessários em

projetos para implantação de um sistema de tratamento. Essas determinações são importantes tanto por representar mais um avanço dentro do *campus* na solução de seus problemas ambientais e na busca pela sustentabilidade, como, também, para demonstrar que a caracterização do efluente pelas diversas fontes geradoras é fundamental na determinação e projeto do tratamento, em detrimento da utilização de valores de referência nem sempre condizentes com a realidade do empreendimento que o estão utilizando.

## 2 OBJETIVOS

Objetivo geral: Caracterizar o esgoto gerado no *campus* de Poços de Caldas da UNIFAL – MG.

Objetivos específicos:

- a) Caracterizar quantitativamente e qualitativamente o esgoto gerado no *campus* da UNIFAL - MG de Poços de Caldas;
- b) Definir parâmetros de projeto relacionados ao dimensionamento de uma ETE, calculando a contribuição *per capita* para cada parâmetro analisado.
- c) Determinar a influência dos dias da semana, horário do dia, população acadêmica e número de refeições servidas pelo restaurante universitário nas características do efluente.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 DIFERENTES EFLUENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS

As características do efluente são muito diversas e determinadas pelo uso ao qual a água foi submetida. Nas indústrias, por exemplo, essas características serão determinadas pelos produtos fabricados, os processos de fabricação e a matéria prima utilizada. No caso de esgotos domésticos, há uma caracterização típica devido às atividades comuns de uma residência. Da mesma forma, as instituições de ensino terão um esgoto característico relacionados a suas atividades. Advém daí a importância de que cada fonte geradora caracterize seu efluente (BERTOLINO et al., 2008).

Segundo Metcalf e Eddy (2003), o esgoto sanitário pode ser dividido em fraco, médio e forte dependendo da vazão média per capita de esgoto ( 750 l/hab.dia, 460 l/hab.dia, 240 l/hab.dia respectivamente) e as concentrações típicas dos diversos parâmetro são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Composição típica do esgoto doméstico.

Parâmetro	Unidade	Concentração		
		Fraco	Médio	Forte
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg/L	250	430	800
Sólidos dissolvidos	mg/L	270	500	860
Sólidos totais	mg/L	390	720	1230
Sólidos suspensos totais	mg/L	120	210	400
Sólidos suspensos fixos	mg/L	25	50	85
Sólidos suspensos voláteis	mg/L	95	160	315
Cloreto	mg/L	30	50	90

Fonte: Adaptado de Metcalf e Eddy (2003)

As características dos efluentes industriais, conforme apresentado anteriormente, variam bastante dependendo da atividade. Diversos trabalhos se propõem-se a caracterização desse tipo.

A caracterização do efluente gerado em uma indústria alimentícia do segmento de doces, com coletas em diferentes pontos da empresa apresentou

sólidos dissolvidos com médias entre  $187 \pm 0,03$  mg/L e  $412 \pm 1,73$ . Já o pH dessa indústria apresentou valores ácidos, com médias entre  $4,12 \pm 0,12$  e  $4,78 \pm 0,12$ . A condutividade, por sua vez, apresentou médias entre  $445 \pm 0,57$   $\mu$ S/cm e  $698 \pm 0,57$   $\mu$ S/cm (TONI et al., 2014).

Em um caso na indústria têxtil, o valor médio de demanda química de oxigênio (DQO) encontrado foi de  $667 \pm 439,01$  mg/L, para pH o valor médio foi de  $8,2 \pm 0,37$  e para sólidos suspensos totais e sólidos suspensos voláteis os valores médios foram de  $2097 \pm 488,48$  mg/L e  $54 \pm 30,67$  mg/L, respectivamente (SOLER, 2013).

Já na caracterização do efluente gerado em um abatedouro de frangos encontrou-se DQO de 1020 mg/L, sólidos totais em concentração de 1740 mg/L, sólidos suspensos totais em concentração de 1280 mg/L, sólidos suspensos voláteis em concentração de 318 mg/L, pH de 6,7 e nitrogênio amoniacal em concentração de 11,04 mg/L (SCHOENHALS et al., 2006).

### 3.2 A CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTO E AS UNIVERSIDADES

As Instituições de Ensino Superior têm papel de fundamental importância não só no fornecimento de informações e conhecimento como também no processo de desenvolvimento tecnológico. Essa capacidade pode e deve ser utilizada na construção de uma sociedade sustentável e, dessa forma, é indispensável que a própria instituição incorpore práticas de sustentabilidade (TAUCHEN; BRANDLI; 2006).

Tendo em vista que uma das consequências das atividades praticadas nos campi universitários é a geração de esgoto, torna-se importante a preocupação das instituições com essa questão, tendo em vista que a mesma tem implicações tanto sanitárias como ambientais.

Dessa forma, diversas universidades têm buscado caracterizar e implantar estações de tratamento de esgoto em seus *campi*, demonstrando sua preocupação com as questões ambientais e se afirmando como referência no quesito sustentabilidade para as cidades e demais instituições.

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) conta desde a década de 1980, com uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em seu

*Campus* Central na cidade de Natal. O sistema de tratamento utilizado é do tipo valo de oxidação, que apresenta elevada taxa de remoção de matéria orgânica e é uma alternativa eficiente quando não há disponibilidade de área para instalação da ETE. A caracterização realizada do sistema operacional demonstrou que o esgoto do *campus* é semelhante ao esgoto doméstico e que a eficiência do sistema para remoção de matéria orgânica, coliformes fecais e nitrogênio amoniacal é compatível com o indicado na literatura (BEZERRA, 2004). Além disso, todo o efluente tratado é armazenado para a irrigação do campo de futebol e da área interna da ETE (UFRN, 2015).

A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) tem um Centro Experimental de Tratamento de Esgotos (CETE – UFRJ) com uma área aproximada de 2500m<sup>2</sup>, dotada de 13 diferentes unidades capazes de tratar o esgoto sanitário de aproximadamente 500 habitantes cada uma. O sistema de tratamento é composto por reator UASB (VERSIANI, 2005).

Além disso, diversas instituições já realizaram estudos quanto a caracterização e tratabilidade de seu efluente, como a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) que encontrou valores médios de DBO e DQO de 280 e 670 mg/L respectivamente, que são concentrações típicas de esgoto doméstico (BERTOLINO, 2007).

Na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão, o valor de DQO médio encontrado foi de 648 ± 46 mg/L, sendo valores máximo de mínimo de 712 ± 46 mg/L e 564 ± 46 mg/L, respectivamente. Para o parâmetro pH os valores médio, máximo e mínimo foram de 7 ± 0,60 , 7,8 ± 0,60 e 5,8 ± 0,60, respectivamente. Nas análises de sólidos totais o valor médio encontrado foi de 637 ± 64 mg/L e os valores máximo e mínimo foram de 767± 64 mg/L e 564 ± 64 mg/L, respectivamente. Para os parâmetros sólidos totais fixos e voláteis os valores médios foram de 184 ± 44 mg/L e 463 ± 76 mg/L, respectivamente, sendo os valores máximos de 226 ± 44 mg/L para sólidos totais fixos e 584 ± 76 mg/L para sólidos totais voláteis. O valor mínimo para sólidos totais fixos foi de 145 ± 44 mg/L e para sólidos totais voláteis foi de 328 ± 76 mg/L (MARTINS, 2012).

Em um estudo do desempenho de um reator anaeróbio – aeróbio de leito fixo foi utilizado como afluente o esgoto do *campus* da Universidade de São

Paulo (USP) em São Carlos, SP. Durante as várias etapas do estudo as características do esgoto bruto apresentaram DQO médio variando de  $93 \pm 31$  mg/L a  $214 \pm 30$  mg/L de uma fase para outra. A concentração média de sólidos suspensos voláteis variaram de  $10 \pm 4$  mg/L a  $54 \pm 34$  mg/L. O pH apresentou valores médios variando entre  $7,5 \pm 0,75$  a  $7,7 \pm 0,19$  entre as fases (ABREU; ZAIAT, 2008).

Portanto, nota-se uma tendência das instituições de ensino superior no que tange a caracterização e tratabilidade de seus efluentes, passo fundamental na busca pela sustentabilidade no ambiente universitário.

### 3.3 PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DE EFLUENTES

Segundo Jordão e Pessoa (2005), o teor de matéria sólida é uma importante característica física de dimensionamento e controle de operações em unidades de tratamento de esgoto. A remoção dessa matéria sólida é fonte de uma série de operações unitárias de tratamento. Os sólidos totais do esgoto podem ser definidos como a matéria residual após evaporação a  $103^{\circ}\text{C}$ . Se este resíduo é calcinado a  $550 - 600^{\circ}\text{C}$ , as substâncias orgânicas volatilizam e as minerais permanecem em forma de cinza, o que caracterizará os sólidos voláteis e fixos.

As análises de sólidos são de fundamental importância para avaliar o potencial de reuso da água residuária e também para escolher os tipos mais adequados de processos e operações para o tratamento do esgoto. Além disso, os sólidos suspensos presentes no efluente podem formar depósitos de lodo e condições anaeróbias quando lançado sem tratamento em um corpo hídrico (METCALF; EDDY, 2003)

Uma das principais consequências da presença de matéria orgânica na água é o consumo do oxigênio ali dissolvido. Dessa forma, o parâmetro frequentemente utilizado para essa avaliação é a Demanda Química de Oxigênio (DQO). A DQO é uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica presente no efluente. Esse parâmetro mede o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação química da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

Se o efluente for lançado sem tratamento em um corpo hídrico, essa degradação da matéria orgânica irá causar a diminuição do oxigênio dissolvido no meio aquático e a formação de condições sépticas (METCALF; EDDY, 2003).

Outro parâmetro importante na caracterização de efluentes é o potencial hidrogeniônico (pH) já que se estiver fora da faixa recomendada (6,0 – 9,0) pode atrapalhar o tratamento biológico (METCALF; EDDY, 2003).

Cloretos, provenientes de esgoto sanitário ou efluentes de determinadas atividades industriais, constituem um interferente de tratamento anaeróbio e, portanto, é importante para investigação científica (CETESB, 2015).

Além disso, cloreto é um parâmetro importante também para avaliação da adequabilidade da água residuária para reuso agrícola (METCALF; EDDY, 2003)

Segundo Metcalf e Eddy (2005), o nitrogênio é um elemento complexo, devido aos vários estados de oxidação que o mesmo pode assumir. Dentre as principais formas do nitrogênio encontradas em esgotos está a amônia ( $\text{NH}_3$ ), encontrada, principalmente, em soluções com pH maiores, sendo que em pH menores, ela se encontra na forma de  $\text{NH}_4^+$ . Em conjunto com o fósforo e o carbono, o nitrogênio é fundamental para o crescimento dos organismos. Quando o efluente é lançado em um corpo hídrico sem tratamento, o excesso de nutrientes pode causar a eutrofização do ambiente aquático.

Outro parâmetro de caracterização é o volume gerado de esgoto. Determinar a vazão do efluente é uma etapa fundamental na caracterização do mesmo. Segundo von Sperling (2005) a produção de esgoto corresponde aproximadamente ao volume de água. Contudo, alguns fatores podem modificar a fração de água consumida que adentra a rede coletora de esgoto como a quantidade de água utilizada para regar jardins ou a ocorrência de infiltrações. Tipicamente, tem-se um valor de 60% a 80% do consumo de água convertido a esgoto.

Além dessas variáveis, ainda podem ser estudados diversas outras características do efluente: componentes físicos como cor, turbidez e odor; componentes químicos inorgânicos como metais, gases e nutrientes; componentes orgânicos biológicos como demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e componentes biológicos como análises de microrganismos

patogênicos: coliformes totais e fecais, principalmente (METCALF; EDDY, 2005).

### 3.4 CONCENTRAÇÃO, CARGA E CARGA PER CAPITA

Segundo von Sperling (2005), a carga de poluente de um esgoto corresponde à quantidade desse poluente (massa) por unidade de tempo, sendo.

Já a concentração per capita representa a contribuição de cada indivíduo (expressa em forma de massa de poluente) por unidade de tempo. Em geral, utiliza-se a unidade g/hab.dia.

Para esgotos domésticos brutos, os valores típicos de contribuição per capita são: 180 g/hab.dia para Sólidos Totais, 10 g/hab.dia para Sólidos Suspensos Fixos, 50 g/hab.dia para sólidos suspensos voláteis, 100 g/hab.dia para DQO, 4,5 g/hab.dia para nitrogênio amoniacal (amônia) e 6 g/hab.dia para cloretos.

Graham (2015), contudo, diz que métodos convencionais para projetar vazão e carga de poluentes utilizando projeções populacionais, carga per capita e valores já definidos de poluentes no efluentes foram considerados insuficientes em face a dinâmica populacional que se altera, esforços para economia de água e variação nas características do efluente.

Em um estudo feito em duas diferentes cidades da Palestina, a carga per capita de DQO variou de 166 – 418g/hab/.dia em uma para 155 – 202 g/hab.dia em outra e a conclusão obtida pelo autor é de que o fato desses valores serem maiores que os encontrados na literatura pode estar relacionado com os hábitos populacionais, com o consumo menor de água nessa região ou até mesmo pela influência de esgotos industriais na rede (Mahmoud, et al. 2003).

Nesse sentido também há outros trabalhos que visam caracterizar essa carga per capita local a fim de substituir os valores da literatura por outros mais precisos. Em Tehran foi encontrado valores de  $49,25 \pm 2,49$  g/hab.dia para DQO,  $20,76 \pm 2,44$  g/hab.dia para sólidos suspensos totais,  $92,23 \pm 5,68$  g/hab.dia par sólidos totais dissolvidos e  $128,96 \pm 6,69$  g/hab.dia para sólidos

totais. Os resultados obtidos também são diferentes daqueles recomendados para projetos naquela região e a existência de dados mais confiáveis é fundamental para o projeto de estações de tratamento de esgoto mais confiáveis (MESDAGHINIA et al., 2015).

Através dos resultados desses trabalhos, nota-se que diferentes locais, atividades e hábitos populacionais implicam em diferentes características de efluentes, que pode, assim, serem muito distintos dos valores de referência encontrados na literatura, já que os mesmos não seriam aplicados a certas particularidades.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos de amostragem do efluente, análises físico-químicas, obtenção e análises estatísticas dos dados serão apresentados a seguir.

### 4.1 AMOSTRAGEM DO EFLUENTE

O presente trabalho utilizou amostragem do efluente gerado na Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL – MG, *campus* Poços de Caldas, MG, conforme mostra a Figura 1.

O primeiro ponto escolhido para coleta de efluente foi o poço de sucção da bomba da Estação Elevatória de Esgoto localizada no *campus* da UNIFAL-MG (E.E.E. UNIFAL), pois nesse local é concentrado todo o efluente gerado pela universidade. O poço de sucção pode ser verificado na Figura 2.

Foram realizadas duas coletas nesse ponto, em 14/08 e 19/08/2016,. Além disso foi feito um perfil temporal em 24/08/2015, com coletas das 09h00 às 23h00, espaçadas de 2 em 2 horas. Conforme será apresentado na seção correspondente, os resultados obtidos demonstraram que esse não era um ponto de coleta representativo; o provável alto tempo de detenção do efluente no poço de sucção estaria provocando uma degradação da matéria orgânica do esgoto, que nas análises apresentaram valores de DQO muito abaixo do esperado.

O ponto de coleta foi, então, substituído pelo último poço de visita (P.V.) antes da Estação Elevatória de Esgoto localizada no *campus* da UNIFAL – MG em Poços de Caldas, já que nesse ponto também já estava concentrado todo o efluente do *campus*, vide Figuras 1 e 3. A amostragem foi realizada utilizando um balde de plástico, conforme Figura 3 e 4 e a amostra era repassada para um frasco de polietileno com o auxílio de um funil, também de plástico, e posteriormente armazenada sob refrigeração até que fossem realizadas as análises, conforme Figura 5.



Figura 1 - Imagem de satélite identificando o local da coleta  
Fonte: Google Maps (2017).



Figura 2 - Foto da parte interna do poço de sucção da EEE Unifal, mostrando o efluente  
Fonte: Da autora.



Figura 3 - Estação Elevatória de Esgoto do *campus* da UNIFAL-MG em Poços de Caldas.  
Poço de sucção circulado em vermelho e PV circulado em azul.

Fonte: Da autora



Figura 4 - Interior do PV e balde utilizado para coleta.

Fonte: Da autora.



Figura 5 - Frascos de coleta de polietileno armazenados em bolsa térmica sob refrigeração  
Fonte: Da autora.

Foram realizadas 17 amostragens do efluente do *campus* da UNIFAL-MG em Poços de Caldas. Essas amostras foram coletadas de modo que ao final da campanha se obtivesse 3 amostras referentes a cada dia da semana e 3 amostras para o período de férias. Dessa forma, denominou-se essa amostragem de Campanha I. O horário dessas coletas era referente ao primeiro período de aula da manhã, das 08h00 às 10h00. Essas amostras coletadas foram encaminhadas ao laboratório do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) onde foram realizadas análises de DQO, pH, condutividade, cloretos e sólidos dissolvidos. O período considerado de férias e de período letivo foi determinado de acordo com o calendário acadêmico da universidade.

O cronograma executado da campanha dessas amostragens está descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Cronograma da campanha I de amostragem do efluente

<b>DATA DA COLETA</b>	<b>DIA DA SEMANA</b>	<b>HORA DA COLETA</b>
26/10/2015	SEGUNDA	09h10
21/12/2015	SEGUNDA	09h00
29/02/2016	SEGUNDA	09h40
08/12/2015	TERÇA	09h10
15/03/2016	TERÇA	10h00
02/03/2016	TERÇA	09h30
04/11/2015	QUARTA	09h40
17/02/2016	QUARTA	10h00
24/02/2016	QUARTA	09h00
17/09/2015	QUINTA	09h40
15/10/2015	QUINTA	09h00
22/10/2015	QUINTA	09h30
09/10/2015	SEXTA	08h00
27/11/2015	SEXTA	08h30
11/03/2016	SEXTA	08h30
12/01/2016	FÉRIAS	08h00
21/01/2016	FÉRIAS	09h30

Fonte: Da autora

A coleta referente ao dia 21/12/2015 foi programada para ser uma amostra de férias. Contudo, foi verificado que os resultados se caracterizavam como um dia letivo, já que nesse período o campus ainda estava movimentado

com provas finais. As análises de cloreto e condutividade, portando, ficaram com apenas dois pontos amostrais, já que essas análises foram feitas apenas na Campanha I. Como durante a Campanha II, conforme descrito adiante, foram realizadas análises de DQO, pH e sólidos dissolvidos também para o período de férias, esses resultados foram utilizados para completar o 3º ponto amostral para a realização de análises estatísticas desses parâmetros na Campanha I.

Foram realizados, também, 7 perfis para cada dia da semana em período de aula e um perfil para o período de férias. As amostragens nesses perfis temporais foram realizadas de 2 em 2 horas, das 9h00 às 23h00 e denominadas de Campanha II. As análises referentes a essas amostras foram realizadas na UNIFAL – MG, *campus* Poços de Caldas. Os parâmetros analisados foram DQO, pH, sólidos totais (fixos e voláteis), sólidos suspensos (fixos e voláteis) e nitrogênio amoniacal.

O cronograma executado da campanha de amostragem dos perfis está descrito na Tabela 3.

Tabela 3 - Cronograma de coletas realizadas para a Campanha II de amostragem (perfis)

<b>DATA DA COLETA</b>	<b>DIA DA SEMANA</b>	<b>HORA DA COLETA</b>
11/04/2016	SEGUNDA	
08/12/2015	TERÇA	
30/09/2015	QUARTA	
19/11/2015	QUINTA	PERFIL 09h00 às 23h00
02/06/2016	SEXTA	
04/06/2016	SÁBADO	
03/02/2016	FÉRIAS	

Fonte: Da autora.

Para cada amostra coletada foi tomado nota sobre a ocorrência de chuva. Para a Campanha I, de coletas semanais, foi anotado se houve ou não chuva nas 24h precedentes à amostragem. Para a Campanha II, de realização dos perfis, foi anotado para cada horário de coleta se estava chovendo no momento da amostragem ou não.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

As análises que seriam realizadas em cada campanha foram definidas de acordo com os recursos dos laboratórios onde essas análises foram realizadas. Tendo em vista que o laboratório do DMAE possuía capacidade para fazer análises diferentes das realizadas na própria universidade e, essa, por sua vez estava apta a realizar outras metodologias que o DMAE não possuía, as campanhas I e II contemplaram alguns parâmetros diferentes entre si.

A análise de sólidos dissolvidos realizada semanalmente no laboratório do DMAE foi feita por medição através de um condutivímetro marca Orion modelo 115. As análises dos demais parâmetros, tanto no laboratório do DMAE quanto na UNIFAL-MG, foram realizadas conforme o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2012) sendo utilizadas as seguintes metodologias: 4500-H<sup>+</sup> B (pH - potenciométrico); 2540 G (Sólidos Totais) ; 2540 D (Sólidos Suspensos Totais), 2540 E (Sólidos Fixos e Voláteis) ; 5220 D ( DQO – colorimétrico) ; 4500 Cl<sup>-</sup> E (Cloro) e 4500 – NH<sub>3</sub>-C (nitrogênio amoniacal).

A análise de demanda química de oxigênio (DQO) é um método rápido, cujo resultado é apresentado em questão de horas e, por isso, foi escolhida em detrimento da análise de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), cujo resultado demora 5 dias para ser obtido. Tendo em vista a quantidade de análises realizadas nesse trabalho, praticidade e rapidez foram considerados importantes para o andamento do projeto.

## 4.3 QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE ESGOTO GERADO

O volume de esgoto gerado foi estimado através do consumo de água no *campus*.

Na UNIFAL –MG em Poços de Caldas existem oito hidrômetros (no prédio A, prédios B e E, prédio C, prédio F, prédio G, no Restaurante Universitário, na Guarita e na Casa de Lógica). A leitura desses hidrômetros foi realizada às 08h00 no dia da realização do perfil diário. Outra leitura foi realizada às 08h00

do dia seguinte. Dessa maneira, foi possível conhecer qual o consumo do *campus* em 24 horas.

Segundo von Sperling (2005), a fração da água consumida que adentra a rede coletora na forma de esgoto pode ser chamada de “Coeficiente de Retorno”, que nada mais é do que a razão entre a vazão de esgoto e a vazão de água. O valor mais usual de Coeficiente de Retorno é de 80%, adotado nesse trabalho.

Assim, através da equação abaixo, obtém-se a vazão média de esgoto no *campus*:

$$Q_{\text{esgoto}} = \frac{(L_2 - L_1)}{86400} \cdot 0,80 \quad (1)$$

em que:

$Q_{\text{esgoto}}$  = vazão média de esgoto (m<sup>3</sup>/s)

$L_1$  = Leitura do hidrômetro no dia do perfil (m<sup>3</sup>)

$L_2$  = Leitura do hidrômetro no dia seguinte (m<sup>3</sup>)

86400 = Considerando que a diferença entre as leituras representaria a vazão em um dia, essa constante é utilizada para conversão da unidade de dias para segundos.

#### 4.4 LEVANTAMENTO DA POPULAÇÃO ACADÊMICA

O levantamento da quantidade de pessoas frequentando o *campus* foi realizado para os dias das coletas descritos na Tabela 2 e também para a véspera. No caso dos perfis diários descritos na Tabela 3, a população acadêmica foi estimada para os diferentes horários de coleta e também para a véspera

O levantamento do número de alunos foi realizado através da lista de presença das disciplinas ministradas nos dias e horários considerados. Tal lista foi fornecida pelo DRGCA para os semestres de 2015/2 e 2016/1. É importante ressaltar que para o semestre 2016/1 o apontamento diário de

frequência passou a ser obrigatório. Dessa forma, o levantamento da população acadêmica para esse semestre é mais preciso que para 2015/2, o que motivou a realização de análises estatísticas separadas para cada semestre.

Para cada dia em que se realizou coleta e para as vésperas, a direção do *campus* forneceu o número de servidores efetivos em exercício. A direção do Instituto de Ciência e Tecnologia forneceu o número de servidores efetivos afastados. Assim, foi possível calcular o número de servidores efetivos que estiveram presentes no *campus* em cada dia considerado.

O levantamento do número de técnicos de laboratórios presentes em cada dia e horário considerado foi realizado através da escala de trabalho desses.

Considerou-se que os técnicos administrativos têm jornada de trabalho de 8h às 17h. O número de técnicos administrativos efetivos foi fornecido pela direção de *campus*.

Para a estimativa da população do *campus* nos horários noturnos, considerou-se que os docentes com aulas no turno noturno iniciaram sua jornada de trabalho às 13h30. Além disso, considerou-se que os docentes que tinham aula até 21h, não permaneceram no *campus* após esse horário. Considerou-se, também, que docentes com aulas no turno matutino e noturno não estiveram presentes no *campus* dentre 12h e 19h.

Finalmente, o número e escala dos funcionários terceirizados foi fornecido pela direção de *campus*.

Para o horário de almoço, das 12h15 às 14h00 a população foi estimada como sendo igual ao número de refeições servidas como almoço.

Entende-se que há uma população flutuante no *campus*, que não esteja representada por discentes, docentes e funcionários, mas que, apesar de não poder ser estimada, certamente representa uma fração mínima do total previsto.

#### 4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a Campanha I, perfil dos dias da semana, foram separadas as amostras de cada dia da semana e calculado para cada dia da semana a média e o desvio padrão para cada parâmetro analisado.

A fim de verificar a influência dos fatores “dias da semana” nas características do efluente, foram realizadas análises de variância com significância 5%, teste de comparação de média Scott- Knott. Para análise dos resíduos, no que diz respeito à normalidade, independência e homogeneidade foram realizados os testes Shapiro-Wilk, Durbin-Watson e Bartlett, respectivamente. O software utilizado para a realização dos testes foi o R.

A fim de identificar a existência de variação entre o período letivo e o de férias foi realizado um Teste T de comparação entre as médias dos dias letivos e de férias para cada parâmetro analisado.

Como análise complementar, foi verificado o efeito da ausência ou presença de chuva nas 24h precedente a coleta. Para isso, primeiramente foram utilizados os testes supracitados (análise de variância, Scott-Knott, Shapiro-Wilk, Durbin-Watson e Bartlett) e, posteriormente, foi realizada uma análise PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance Using Distance Matrices*) por ser um teste mais robusto.

Na Campanha II, primeiramente foi feito o cálculo de média e desvio padrão para as análises de cada horário de coleta. Posteriormente, o conjunto de dados como um todo foi representado através de gráficos do tipo box plot onde podem ser verificadas as seguintes informações: valor máximo, valor mínimo, média, mediana, quartil 1 (25% dos dados abaixo desse valor), quartil 2 (75% dos dados abaixo desse valor) e *outliers*, que, nesse caso foram considerados os dados que ficaram a uma distância maior de 1,5 vez a diferença entre o terceiro e o primeiro quartil.

Com o intuito de verificar a influência da variável “horário da coleta” nos parâmetros analisados na Campanha II, foram realizadas as análises de variância com significância 5% e teste de comparação de média Scott- Knott. Para análise dos resíduos, no que diz respeito à normalidade, independência

e homogeneidade foram realizados os testes Shapiro-Wilk, Durbin-Watson e Bartlett, respectivamente.

Com resultados inconclusivos, conforme demonstra as análises de resíduos, foram realizados novamente os testes acima citado com variáveis transformadas, tendo sido utilizada a Transformação de Johnson. Permanecendo inconclusivos os resultados, foi realizada uma análise PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance Using Distance Matrices*) por ser um teste mais robusto. O *software* utilizado para essas análises foi o R.

Testes de correlação entre a população acadêmica e os resultados das análises físico-químicas do efluente foram realizados de duas maneiras: 1) considerando que a população presente no *campus* em um horário de aula hipoteticamente influenciaria na análise daquele momento (a população presente no período das 08h00 às 10h00 influenciaria na análise das 09h00, a população das 10h15 às 12h00 influenciaria na análise das 11h00 e assim por diante); 2) outro teste considerando que a população acadêmica presente no *campus* em um determinado período só iria interferir no resultado das análises do período seguinte, ou seja, haveria um *delay* na resposta do efluente de 2h (a população presente no *campus* das 08h00 às 10h00 influenciaria na análise das 11h00, a população presente no *campus* das 10h15 às 12h00 influenciaria na análise das 13h00 e assim por diante).

Outro teste de correlação também foi realizado entre o número de refeições servidas no *campus* durante a janta e a análise das 23h00; entre o número de refeições servidas durante o almoço e a análise das 15h00; entre o número de cafés da manhã servidos e a análise das 11h00. Os horários a serem correlacionados foram escolhidos levando-se em conta o período todo de atividades referentes a almoço e janta.

Para as correlações que apresentaram resultados maiores que 0,70, os dados foram apresentados graficamente, bem como a linha de tendência dos mesmos e as respectivas regressões lineares, a fim de definir como uma variável se comporta em função da outra.

A ferramenta utilizada para os testes de correlação e para as regressões lineares foi o Excel®.

Com o propósito de identificar se havia variação na população acadêmica média ao longo dos dias da semana (tratamento) também foi realizada análise de variância com significância 5% e teste de comparação de média Scott- Knott. Para análise dos resíduos, no que diz respeito à normalidade, independência e homogeneidade foram realizados os testes Shapiro-Wilk, Durbin-Watson e Bartlett, respectivamente. O software utilizado para a realização dos testes foi o R. Os mesmos testes foram realizados considerando-se os horários como tratamentos e utilizando-se dados do perfil temporal. Nesta análise, os resultados também se mostraram inconclusivos, conforme apontam as análises de resíduos, os testes foram realizados novamente, dessa vez com variáveis transformadas através da Transformação de Johnson.

Por fim, a fim de se obter uma visão geral dos resultados, foi realizado o cálculo de média e desvio padrão, para cada parâmetro da caracterização do efluente, utilizando todos os dados obtidos tanto na Campanha I quanto na Campanha II.

#### 4.6 DEFINIÇÃO DE CARGA E DE CARGA PER CAPITA

Tendo sido obtidos dados como concentração média de cada parâmetro de caracterização, vazão média do efluente no *campus*, a carga de cada substância pode ser calculadas conforme metodologia descrita por von Sperling (2005):

$$carga \left( \frac{kg}{dia} \right) = \frac{concentração \left( \frac{g}{m^3} \right) \times vazão \left( \frac{m^3}{dia} \right)}{1000 \left( \frac{g}{kg} \right)} \quad (2)$$

Já a carga *per capita* é dada dividindo a carga pelo número de indivíduos contribuintes daquele efluente, dada, nesse caso, pela população média no *campus*. Tendo em vista que a população do *campus* é flutuante ao longo do dia, foi utilizado para tal cálculo o valor médio de pessoas frequentando o *campus* em cada período de 2h, sendo representados pelo período de aulas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 ANÁLISES NO POÇO DE SUCCÃO DA E.E.E. UNIFAL

Conforme citado no item 4.1. , o primeiro ponto amostral escolhido foi o poço de sucção da bomba da Estação Elevatória de Esgoto da universidade. Os resultados obtidos para as análises realizadas nesse ponto podem ser verificados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados das análises realizadas no poço de sucção da EEE Unifal

DATA DA COLETA	DIA DA SEMANA	HORA DA COLETA	CHUVA NAS ÚLTIMAS 24 HS?	pH	D.Q.O mg/L	Cloreto mg/L
14/08/2015	SEXTA	10:30	NÃO	8,27	74,0	227,0
19/08/2015	QUARTA	10:00	NÃO	8,46	65,0	230,0

Fonte: Da autora

Além disso, foi realizado um perfil, conforme apresentado na Tabela 5. Os valores máximos estão destacados em negrito e os valores mínimos estão sublinhados

Tabela 5 – Resultados das análises (perfil) do poço de sucção da EEE Unifal.

DATA	DIA	HORA	CHUVA	pH	SÓLIDOS TOTAIS			SÓLIDOS SUSPENSOS			D.Q.O mg/L
					ST (mg/L)	SVT (mg/L)	SFT (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SSF (mg/L)	
24/08/2015	SEGUNDA	09:00	NÃO	7,95	509,0	147,0	<u>362,0</u>	<u>12,0</u>	12,0	<u>0,0</u>	74,19
		11:00		7,96	490,0	97,0	393,0	16,0	8,0	8,0	61,10
		13:00		7,76	<u>404,0</u>	<u>19,0</u>	385,0	13,0	8,0	5,0	52,10
		15:00		7,83	474,0	65,0	409,0	34,0	8,0	26,0	61,92
		17:00		<u>7,65</u>	557,0	115,0	442,0	<b>35,0</b>	<u>6,0</u>	<b>29,0</b>	<u>48,82</u>
		19:00		<b>8,24</b>	<b>551,0</b>	75,0	<b>476,0</b>	31,0	7,0	24,0	54,55
		21:00		8,01	539,0	<b>156,0</b>	383,0	33,0	<b>26,0</b>	7,0	<b>76,65</b>
		23:00		8,05	544,0	152,0	392,0	15,0	15,0	<u>0,0</u>	67,65
		Média		7,93	508,5	103,2	405,2	23,6	11,2	12,4	62,13
Desvio padrão	0,18	51,8	48,7	36,9	10,4	6,7	12,0	10,16			

Os valores máximos estão destacados em negrito e os valores mínimos estão sublinhados.

Fonte: Da autora.

Pelos resultados, pôde-se observar que a matéria orgânica, expressa indiretamente pela DQO, apresentou uma média de  $62,13 \pm 10,16$  mg/L, mais baixa que o esperado, considerando os demais trabalhos estudados sobre caracterização de efluente em *campi* universitário, o que pode ser conferido no item 3.2. O provável tempo alto de detenção do efluente no poço de sucção poderia estar levando à uma degradação da matéria orgânica, o que torna esse ponto pouco representativo. Sendo assim, optou-se por mudar o ponto de coleta para o último P.V. antes da EEE Unifal.

## 5.2 CAMPANHA I – Amostras dos dias da semana

Os resultados máximos, mínimos e médios, bem como o desvio padrão de cada parâmetro analisados referentes à Campanha I, dos dias da semana, podem ser verificados nas Tabelas 6 à 8.

Tabela 6 – Resultados das análises de pH e Sól. Dis. para os dias da semana e férias.

	pH				Sól. Dissolvidos			
					mg/L			
	MÍN	MÁX	MED	DESVPAD	MÍN	MÁX	MED	DESVPAD
SEGUNDA	7,10	7,69	7,34	0,31	367,00	449,00	409,33	41,06
TERÇA	6,98	7,95	7,38	0,51	509,00	602,00	550,00	47,47
QUARTA	6,87	7,39	7,13	0,26	220,00	814,00	268,33	67,14
QUINTA	6,90	7,03	6,97	0,07	391,00	683,00	533,67	146,11
SEXTA	6,76	7,56	7,21	0,41	312,00	520,00	445,67	116,00
FÉRIAS	6,61	7,54	7,09	0,47	31,00	132,00	90,00	-

Fonte: Da autora.

Tabela 7 – Resultados da análise de DQO para os dias da semana e férias

	D.Q.O			
	mg/L			
	MÍN	MÁX	MED	DESVPAD
SEGUNDA	812,00	1246,00	992,67	225,94
TERÇA	800,00	1650,00	1131,67	454,71
QUARTA	326,00	410,00	373,33	43,00
QUINTA	900,00	1539,00	1262,33	328,00
SEXTA	286,00	458,00	385,67	89,20
FÉRIAS	28,00	261,00	151,67	117,16

Fonte: Da autora.

Tabela 8 – Resultados das análises de Cloreto e Condutividade para os dias da semana e férias

	<b>Cloreto</b> <b>mg/L</b>				<b>Condutividade</b> <b>mS/cm</b>			
	<b>MÍN</b>	<b>MÁX</b>	<b>MED</b>	<b>DESVPAD</b>	<b>MÍN</b>	<b>MÁX</b>	<b>MED</b>	<b>DESVPAD</b>
SEGUNDA	166,00	245,00	210,67	40,50	903,00	995,00	936,67	50,72
TERÇA	120,00	256,00	203,67	73,21	876,00	1106,00	1023,00	127,66
QUARTA	118,00	212,00	160,00	47,79	497,00	814,00	611,67	175,75
QUINTA	260,00	275,00	268,00	7,55	807,00	1085,00	927,67	142,58
SEXTA	172,00	254,00	209,67	41,40	502,00	1036,00	854,00	304,90
FÉRIAS	4,00	60,00	32,00	-	65,20	270,00	167,60	-

Fonte: Da autora.

A amostragem realizada no dia 21/12/2016, foi planejada para ser um resultado do período de férias. Contudo, os resultados encontrados para esse dia mostraram-se semelhantes ao período letivo (sólidos dissolvidos: 367 mg/l, DQO: 1246,00 mg/l, cloreto: 166,00 mg/l, condutividade 912,00  $\mu\text{S/cm}$ ). Tendo em vista que nessa data ainda estavam ocorrendo provas finais, concluiu-se que esse não era um dia bastante representativo para férias, e essa amostra foi utilizada como representante de uma Segunda-Feira. Como foi realizado um perfil temporal (Campanha II) para o período de férias, os resultados de pH e DQO desse perfil foram utilizados para complementar o terceiro ponto amostral. Para os demais parâmetros (condutividade, cloreto e sólidos dissolvidos), que não foram realizados no perfil, trabalhou-se, nessas análises estatísticas, com apenas dois pontos amostrais.

O parâmetro pH mostrou-se próximo à neutralidade, como pode ser observado na Figura 6.

A DQO apresentou uma grande variabilidade. A menor média foi de  $151,67 \pm 117,16$  mg/l no período de férias, e no período letivo atingiram valores de até  $1262,33 \pm 328,00$  mg/l. Considerando o período letivo, na caracterização realizada por Bertolino et al. (2008) na Universidade Federal de Ouro Preto, os valores encontrados foram menores, sendo o ponto de amostragem com maior concentração média apresentando o valor de  $670 \pm 94$  mg/l. Contudo, observa-se que a o desvio padrão encontrado para esse parâmetro também foi alto, chegando até 302 mg/L em um determinado ponto. No estudo realizado por Martins (2012) na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, os valores

encontrados também foram menores, sendo o resultado máximo de  $712 \pm 46$  mg/l. O mesmo se verifica no trabalho de Abreu e Zaiat (2008) em que o efluente bruto da Universidade de São Paulo em São Carlos, SP, apresentou maior média de  $214 \pm 30$  mg/l. As médias e desvios padrão para DQO podem ser verificadas na Figura 7.

O parâmetro sólidos dissolvidos apresentou médias entre 81,50 mg/l para o período de férias até  $550,00 \pm 47,47$  mg/l para a máxima média letiva. As médias e desvios padrão são apresentados na Figura 8.

A condutividade apresentou valores entre  $167,60 \mu\text{S}/\text{cm}$  para o período de férias até  $1023,00 \pm 127,66 \mu\text{S}/\text{cm}$  para terças-feiras letivas. Bertolino et. al (2008) em seu trabalho encontrou médias para seus pontos de amostragem que variaram entre  $0,530 \pm 0,199$  mS/cm e  $0,758 \pm 0,081$  mS/cm. Mais uma vez, o efluente da UNIFAL-MG, *campus* Poços de Caldas, obteve valores superiores que o trabalho referenciado. As médias e desvios padrão referentes à condutividade podem ser verificados na Figura 9.

As análises de cloreto apresentaram a maior média para quinta-feira,  $268,00 \pm 7,55$  mg/l. A menor média encontrada foi para o período de férias, com resultado de 32,00 mg/l. As médias e desvios padrão para o cloreto podem ser verificadas na Figura 10.

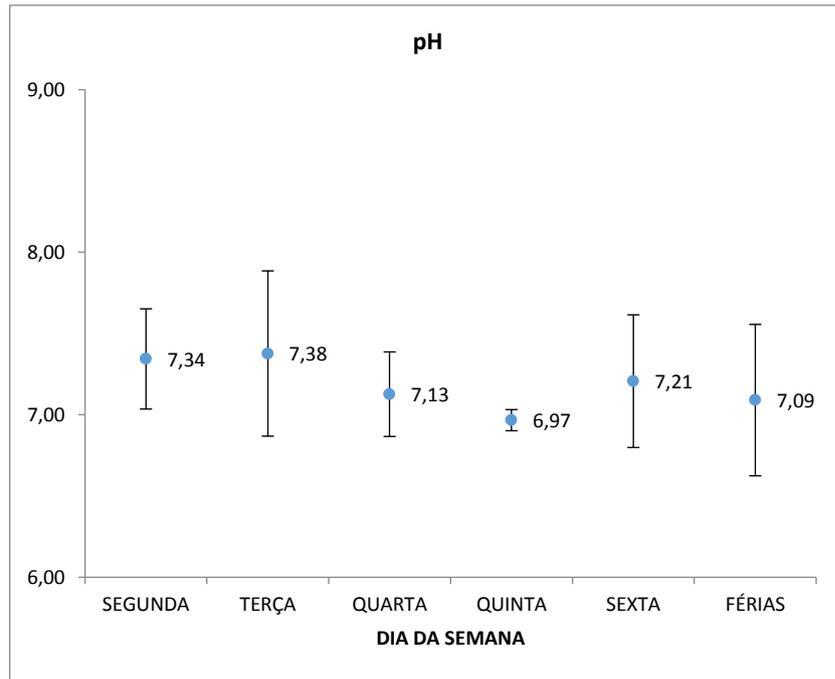


Figura 6 – Média e desvio padrão das análises realizadas para pH. Campanha I.  
Fonte: Da autora

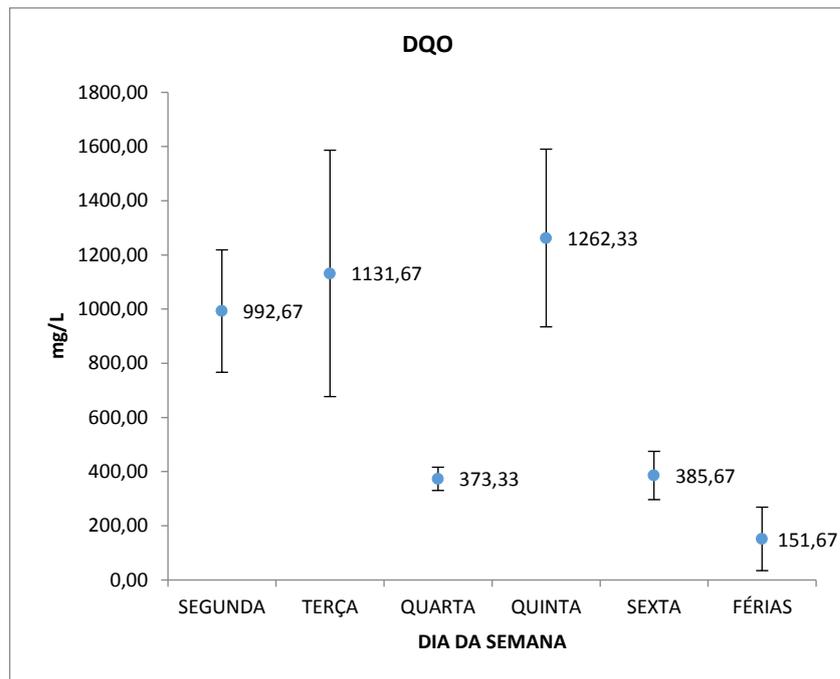


Figura 7 - Média e desvio padrão das análises realizadas para DQO. Campanha I.  
Fonte: Da autora.

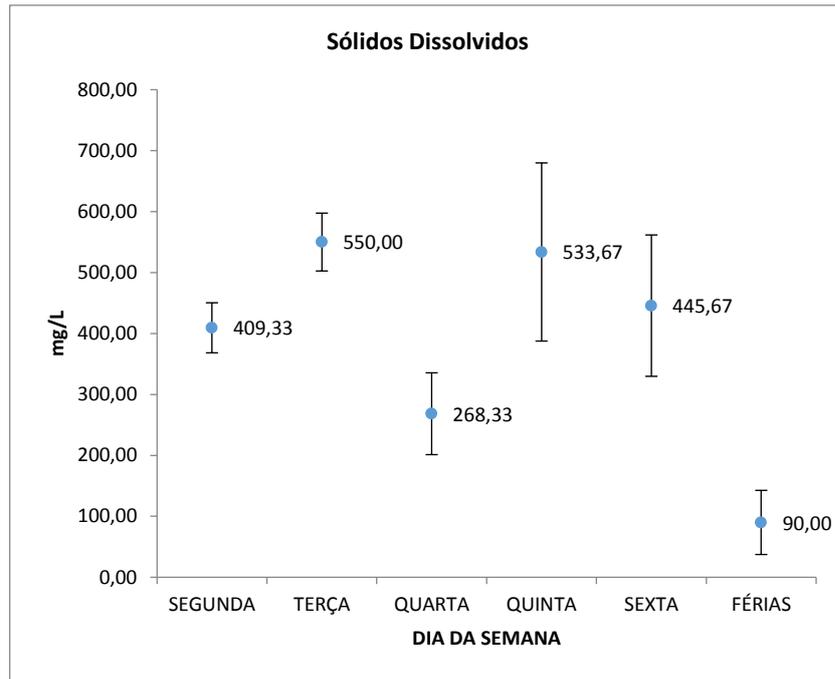


Figura 8 - Média e desvio padrão das análises realizadas para Sól. Dis. Campanha I.  
Fonte: Da autora.

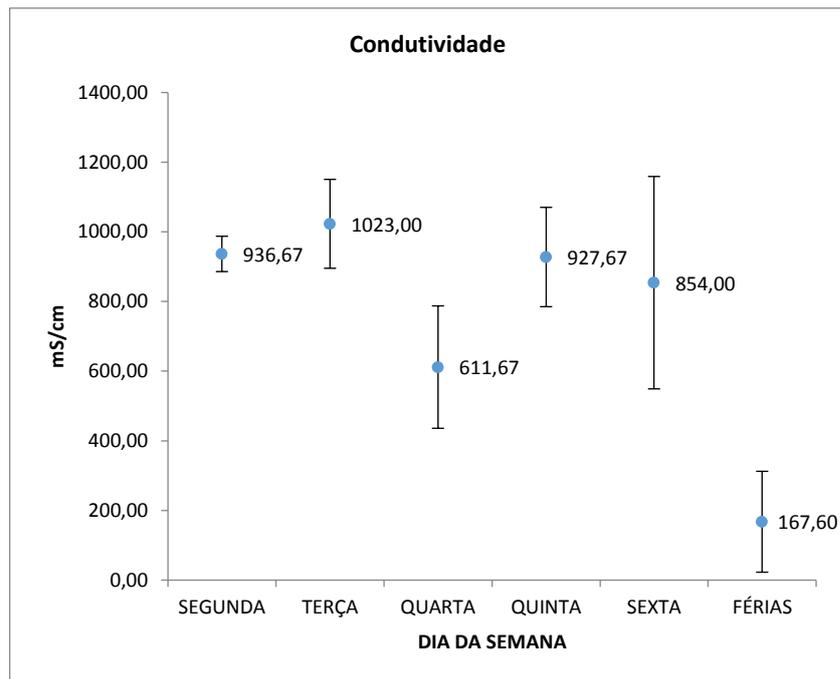


Figura 9 - Média e desvio padrão das análises realizadas para Condutividade. Campanha I.  
Fonte: Da autora.

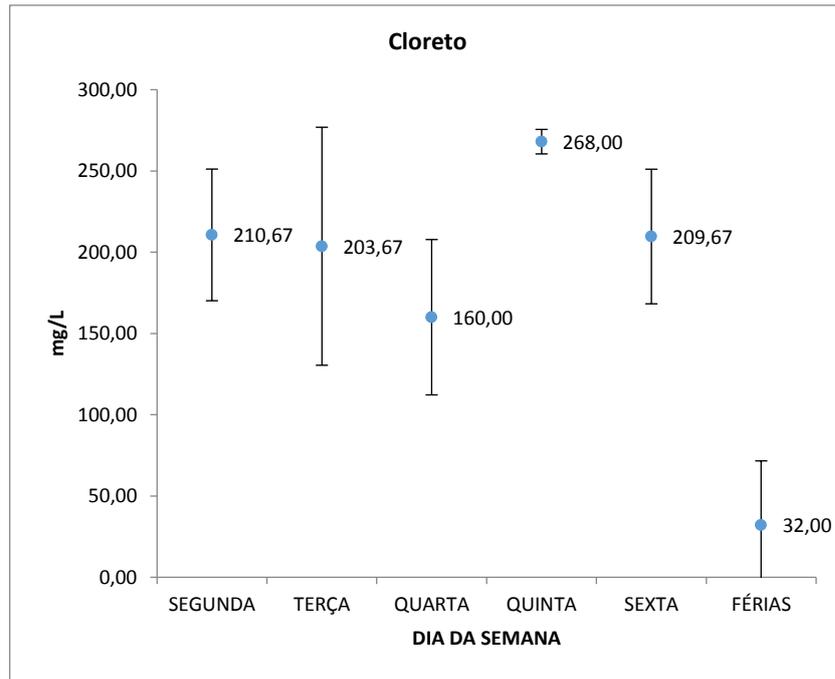


Figura 10 - Média e desvio padrão das análises realizadas para Cloreto. Campanha I.

Fonte: Da autora.

Realizou-se um teste de análise de variância, com nível de significância de 5%, apenas com os dias da semana do período letivo. Nesta análise não foram utilizados os dados de férias. Foi utilizado o software R. Os resultados encontrados são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados encontrados para a análise de variância dos parâmetros analisados em relação aos dias da semana.

Parâmetro n = 15	ANOVA	Teste de Normalidade dos Resíduos (Shapiro-Wilk)	Teste de Independência (Durbin-Watson)	Teste de Homogeneidade de Variância (Bartlett)	Grupos (Dias da Semana)
	Pr>Fc	p-valor	p-valor	p-valor	
pH	0,6055	0,8946	0,6774	0,2892	-
DQO	0,0056274	0,7644	0,5668	0,08236	a (Seg, Ter, Qui) b (Qua, Sex)
SÓLIDOS DISSOLVIDOS	0,025334	0,7647	0,2242	0,4321	a (Seg, Ter, Qui, Sex) b(Qua)
CLORETO	0,17014	0,5081	0,1081	0,2407	-
CONDUTIVIDADE	0,1351	0,3888	0,3103	0,3400	-

Nível de Significância = 5% e um n amostral com 15 observações, sendo 3 repetições para cada dia da semana.

Fonte: Da autora.

Primeiramente, pode-se observar que, para o nível de significância utilizado, os resíduos podem ser considerados normais, independentes e homogêneos, apresentando p-valores  $> 0,05$  em todos os casos. Dessa forma é possível fazer inferências a respeito dos resultados encontrados.

O teste ANOVA demonstrou que, para o nível de significância utilizado, o parâmetro pH, Cloreto e Condutividade não variam entre os dias da semana durante o período letivo, ou seja, suas médias são estatisticamente iguais.

A DQO apresentou variação entre os dias letivos, sendo segunda, terça e quinta-feira dias que apresentam maiores concentrações e quarta e sexta-feira um grupo de dias separado que apresenta menores valores médios. Realizou-se um teste T a fim de verificar se havia diferença entre as médias populacionais de segunda, terça e quinta-feira *versus* a média populacional de quarta e sexta-feira. O resultado do teste foi um P ( $T \leq t$ ) bicaudal de 0,92, maior que o nível de significância de 0,05, ou seja, não há diferença entre a população nesses grupos de dias, evidenciando que a DQO não é influenciada diretamente pela variação de pessoas frequentando *campus*.

Segundo teste Scott- Knott, o parâmetro sólidos dissolvidos não apresentou uma divisão clara entre os dias da semana, apesar de a análise de variância ter indicado que essa diferença existe. Portanto, foi realizado um teste Tukey a fim de verificar essa divisão, ficando evidenciado que a quarta-feira permanece em um grupo isolado, com menor média entre os dias da semana. Então, foi realizado um teste T a fim de verificar se há diferença entre as médias populacionais de quarta-feira *versus* os demais dias. O resultado foi P( $t \leq T$ )- bicaudal de 0,16, ou seja, maior que o nível de significância de 0,05, indicando que não há diferença entre esses dias populacionais. Esse resultado indica que essa menor média dos sólidos dissolvidos para o dia de quarta-feira não está diretamente influenciado pela variação populacional no *campus*.

Realizou-se um teste T para verificar se há diferenças nas características do efluente entre os períodos de férias e letivo. O teste foi realizado considerando todas as análises realizadas no período letivo (todos os dias da semana) *versus* as análises do período de férias. Os resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados dos testes T realizados para verificar a diferença entre as médias dos dias letivos e férias. Nível de significância: 5%.

<b>Teste</b>	<b>Média I</b>	<b>P(T&lt;=t) bicaudal</b>
pH Letivo (n =15 )	7,20	0,725170
pH Férias (n=3)	7,09	
Cloreto Letivo (n = 15)	210,40	0,029256
Cloreto Férias (n = 2)	32,0	
Condutividade Letivo (n = 15)	870,6	0,026136
Condutividade Férias (n = 2)	167,6	
DQO Letivo (n = 15)	829,13	0,000191
DQO Férias (n = 3)	151,67	
Sólidos Dissolvidos Letivo (n = 15)	441,40	0,000055
Sólidos Dissolvidos Férias (n = 2)	90,00	

Fonte: Da autora.

Pelos resultados, é possível verificar que, com exceção do pH, todos os parâmetros apresentam uma variação estatisticamente significativa entre as médias obtidas para o período letivo e o período de férias.

Essas observações também podem ser verificadas graficamente, conforme apresentado nas Figuras 4 a 8.

Considerando a classificação proposta por Metcalf e Eddy (2003), apresentada no item 3.1, para o período de férias, os parâmetros DQO e sólidos dissolvidos mostraram-se mais próximos de um esgoto doméstico fraco. Para o período letivo, considerando o parâmetro sólidos dissolvidos, o resultado para Quarta Feira mostrou-se mais próximo do esgoto fraco, enquanto os demais dias apresentaram-se próximos de um esgoto médio. Para o parâmetro DQO, Quarta e Sexta Feira mostraram-se próximos de um esgoto de fraco a médio, enquanto os demais dias apresentaram-se de médio a forte.

Tendo em vista que para todos os parâmetros foi observado que os dias Segunda, Terça e Quinta não apresentam variações entre si, foi verificado para esse grupo a influência da chuva no comportamento das características do efluente. O dado registrado na amostragem que possibilitou essa análise foi se houve ou não chuvas nas 24 horas precedentes da coleta. Os resultados das análises de variância encontram-se resumidos na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultados encontrados para a análise de variância dos parâmetros analisados em relação a ter ocorrido ou não chuva nas 24 horas precedentes da coleta.

Parâmetro	ANOVA	Teste de Normalidad e dos Resíduos (Shapiro-Wilk)	Teste de Independênci a (Durbin-Watson)	Teste de Homogeneidad e de Variância (Bartlett)	Grupos (Com ou Sem chuva nas 24hs)
	Pr>Fc	p-valor	p-valor	p-valor	
pH	0,37186	0,3307	0,6434	0,3451	Não há diferença
DQO	0,70642	0,034542	0,2021	0,9351	
SÓLIDOS DISSOLVIDOS	0,03122	0,690768	0,2177	0,5641	a(Sem Chuva) b(Com Chuva)
CLORETO	0,97933	0,05437	0,2192	0,6197	Não há diferença
CONDUTIVIDADE	0,11267	0,1181	0,1578	0,5907	Não há diferença

Nível de Significância = 5%.

Fonte: Da autora.

Para os parâmetros pH, sólidos dissolvidos, cloreto e condutividade foi verificado, no nível de significância trabalhado, que os resíduos são normais, homogêneos e independentes. Para o parâmetro DQO, não foi verificado que os resíduos são normais, não sendo possível realizar inferências sobre ele. Como resultado, pode-se observar que apenas o parâmetro sólidos dissolvidos apresentou diferença entre os dias em que houve chuva nas 24 horas anteriores à coleta e os dias em que não houve. Com a ocorrência de chuva observou-se uma média menor do que os dias em que não choveu (419,75 mg/L e 560,0 mg/L respectivamente). Para os demais parâmetros, a chuva não representou uma interferência significativa. Considerando que o sistema de drenagem urbana e esgotamento sanitário costuma ser independentes, a possível interferência da chuva nos efluente do *campus* pode ser devido a fatores como infiltrações ao longo da rede ou até mesmo a interferências na coleta, tendo em vista que a tampa de concreto do poço de visita era aberta na noite anterior à coleta e substituída por uma tampa de compensado, o que pode ter permitido a entrada de um certo volume de água de chuva dentro do poço. Além disso, esta é apenas uma análise complementar, uma vez que se tinha conhecimento da ocorrência de chuva no dia anterior à coleta, mas não se planejou um estudo sistemático para avaliar a influência do fator chuva. Realizou-se, ainda uma análise PERMANOVA, que apresentou um p-valor =

0,18, ou seja, de acordo com essa análise, as observações realizadas não sofrem interferência do fator chuva.

### 5.3 CAMPANHA II – Perfis diários

Para a Campanha II foram avaliadas as características do efluente (DQO e Série de Sólidos) ao decorrer dos horários de aula. Primeiramente foram calculadas as médias e desvios padrão para cada horário de coleta, o que pode ser observado na Tabela 12. As maiores médias identificadas estão destacadas em negrito e as menores médias estão sublinhadas

Tabela 12 – Médias e desvios padrão das análises realizadas na Campanha II. As maiores médias estão destacadas de negrito e as menores estão sublinhadas.

Horário	pH		DQO		Sólidos Totais		Sólidos Voláteis Totais	
	Média	Desvio Padrão	Média (mg/l)	Desvio Padrão	Média (mg/l)	Desvio Padrão	Média (mg/l)	Desvio Padrão
09:00	<u>6,59</u>	0,55	<b>903,535</b>	417,032	<b>601,86</b>	345,15	<b>431,29</b>	303,25
11:00	7,15	0,47	645,200	237,172	449,00	127,17	<u>266,67</u>	88,27
13:00	7,06	0,55	571,201	224,404	481,57	228,48	300,00	155,39
15:00	6,81	0,58	744,559	221,680	539,80	75,77	326,25	47,88
17:00	6,65	1,10	521,920	146,335	580,60	210,70	310,75	96,85
19:00	7,16	0,62	393,430	189,959	424,83	198,72	246,60	137,98
21:00	<b>7,22</b>	0,39	<u>343,544</u>	119,863	<u>408,50</u>	63,33	226,80	105,22
23:00	7,16	0,46	566,501	186,677	590,83	225,78	353,40	66,22
Horário	Sólidos Fixos Totais		Sólidos Suspensos Totais		Sólidos Suspensos Voláteis		Sólidos Suspensos Fixos	
	Média (mg/l)	Desvio Padrão	Média (mg/l)	Desvio Padrão	Média (mg/l)	Desvio Padrão	Média (mg/l)	Desvio Padrão
09:00	<u>170,57</u>	69,61	100,00	49,92	89,93	41,55	10,07	12,65
11:00	199,17	99,42	119,70	89,18	95,32	83,71	24,39	24,93
13:00	222,33	167,92	<u>79,60</u>	67,15	<u>67,49</u>	66,54	12,11	9,58
15:00	232,25	27,37	<b>249,35</b>	177,12	<b>196,35</b>	126,61	53,00	87,29
17:00	218,25	124,72	116,50	50,99	99,66	43,79	<u>3,47</u>	1,92
19:00	194,60	94,48	186,23	148,87	90,94	104,77	49,87	64,03
21:00	215,00	71,86	143,78	79,30	110,72	77,57	<b>33,07</b>	57,92
23:00	<b>313,25</b>	208,41	81,36	66,05	68,16	65,56	13,20	20,96

Fonte: Da autora.

Para o parâmetro DQO, o valor máximo encontrado para toda a Campanha II foi 1498,40 mg/L para o horário das 09h00, o dia da coleta correspondente a esse resultado é terça-feira. O valor mínimo identificado foi 101,65 mg/L para o horário das 13h00 e o dia referente a esse resultado é sábado. Para esse parâmetro não foi identificado nenhum *outlier* dentro do conjunto de dados. Essas informações podem ser visualizadas na Figura 11.

Nas análises realizadas para o parâmetro pH, os valores máximos identificados foram 8,00 para o horário das 13h00 e para o horário das 21h00, ambos os resultados obtidos para uma quarta-feira. O valor mínimo identificado foi 4,51 para o horário das 17h00, tendo a amostragem sido feita em uma terça-feira. Para esse parâmetro também não foram identificados *outliers*. O box plot representando os dados das análises de pH pode ser visualizado na Figura 12.

O parâmetro Sólidos Totais apresentou seu valor máximo no horário das 09h00, 1254 mg/l. Esse resultado máximo foi obtido em uma terça-feira onde as observações de campo denotam a presença de muita lama no PV, provavelmente proveniente de chuvas fortes que ocorriam no período de coleta. O valor mínimo observado foi referente às 9h00 de um sábado, 221 mg/l. Nesse caso também não foram identificados *outliers*. Essas informações podem ser visualizadas na Figura 13.

Considerando as análises de Sólidos Voláteis Totais, o valor máximo observado é referente ao horário das 09h00, 965 mg/l, sendo esse valor referente a uma terça-feira. Conforme citado, as observações de campo nesse horário denotam a presença de bastante lama no PV, possivelmente proveniente da chuva forte no período. O valor mínimo identificado é referente a coleta das 09h00 de um sábado, cujo resultado é de 97mg/l. Para esse caso nenhum *outlier* foi identificado. O box plot representado as informações em questão pode ser visualizado na Figura 14.

O valor de 580,00 mg/l foi o máximo encontrado nas análises de Sólidos Fixos Totais. Esse resultado é referente ao horário das 23h00 de uma Quinta-Feira. Nas anotações de campo da coleta desse dia também consta que no momento da coleta havia a presença de lama e água de chuva no PV, além disso consta nas anotações de campo que choveu forte após às 19h00. No

resultado referente às 13h00 foi obtido o resultado de 92,00 mg/l. A coleta correspondente a esse resultado foi realizada em uma segunda-feira. Nesse caso também não foram encontrados *outliers*. As informações podem ser visualizadas na Figura 15.

Continuando com a série de sólidos, em relação aos Sólidos Suspensos Totais, o maior valor identificado é de 486,67 mg/l, referente ao horário das 15h00. Essa coleta é referente ao perfil da terça-feira, em que, conforme citado, havia presença de muita lama no PV. O valor mínimo encontrado corresponde à coleta das 23h00 do perfil de férias: 3,33 mg/l. conforme pode ser visualizado na Figura 14, para os dados referentes aos resultados das análises das 09h00, foi identificado um *outlier*, cujo valor corresponde a 206,67 mg/l. Esse valor foi obtido também no perfil da coleta de terça-feira. Essas informações podem ser visualizadas na Figura 16.

Para as análises de Sólidos Suspensos Voláteis também foi identificado um *outlier*, referente a análise das 09h00 do perfil de terça-feira, sendo o resultado de 174,67 mg/l. O valor máximo encontrado dentre todos os dados é de 383,33 mg/l, referente a análise das 15h00 do perfil de férias. O valor mínimo identificado foi de 2,90 mg/l para a coleta das 13h00 de um perfil de sábado. Essas informações podem ser visualizadas na Figura 17.

O valor de 223,33 mg/l foi o máximo identificado nas análises de Sólidos Suspensos Fixos. Esse resultado é referente à amostra das 15h00 do perfil de terça-feira. Foi identificado o resultado de 0,00 às 23h00 dos perfis de férias e do perfil de quinta-feira. Também foi identificado o resultado de 0,00 mg/l no perfil de sábado, na coleta das 11h00. Não foi identificado nenhum *outlier* nesse caso. As informações podem ser visualizadas na Figura 18.

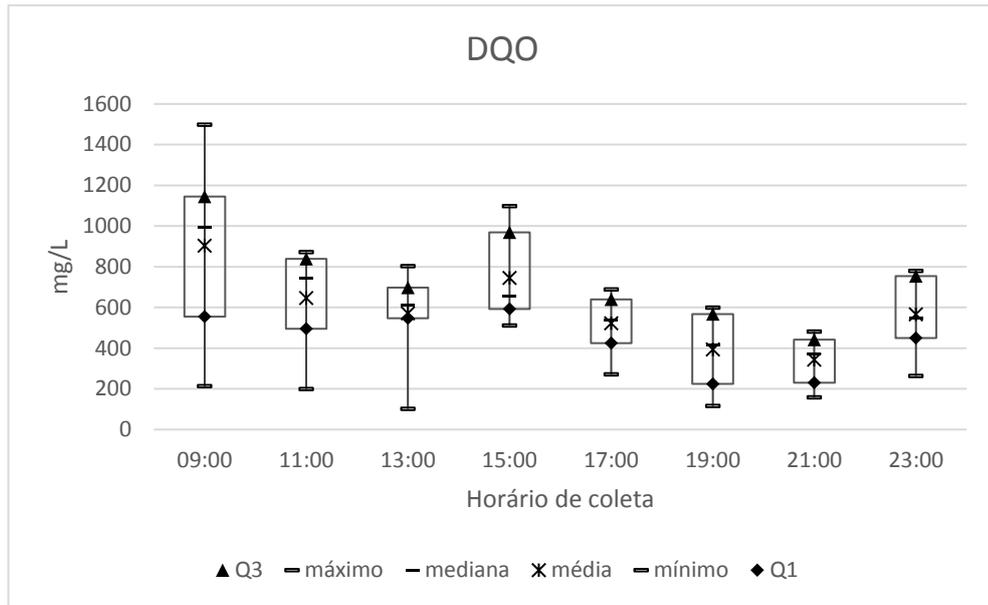


Figura 11 – Box Plot para análises de DQO – Campanha II.

Fonte: Da autora.

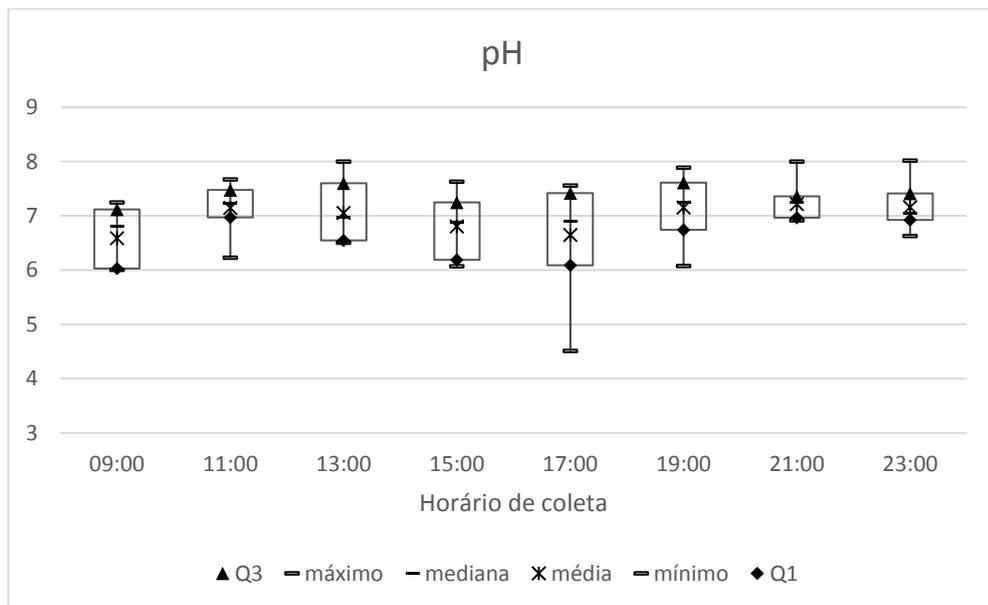


Figura 12 - Box Plot para análises de pH – Campanha II.

Fonte: Da autora.

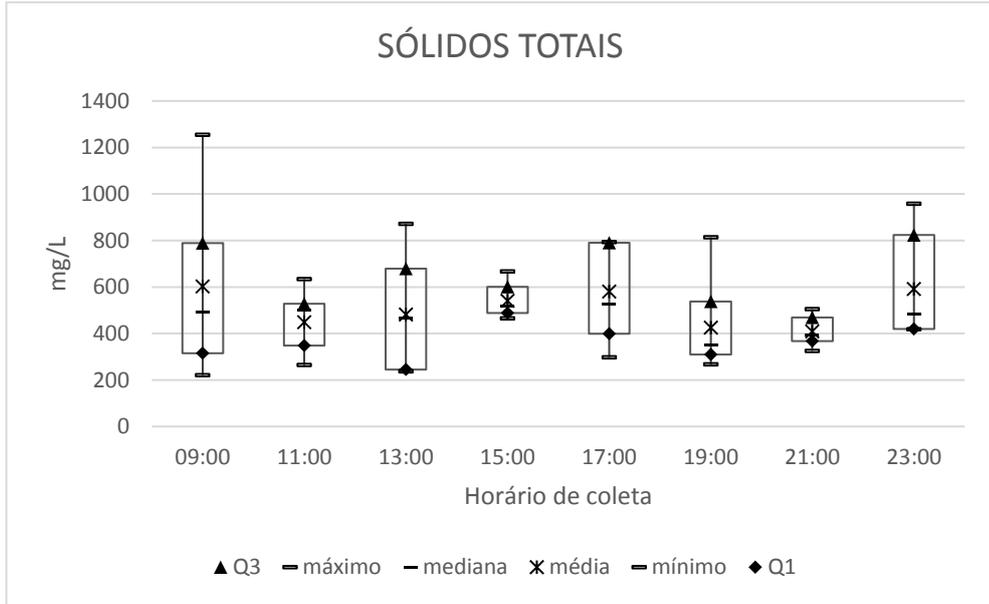


Figura 13 - Box Plot para análises de Sólidos Totais – Campanha II.  
 Fonte: Da autora.

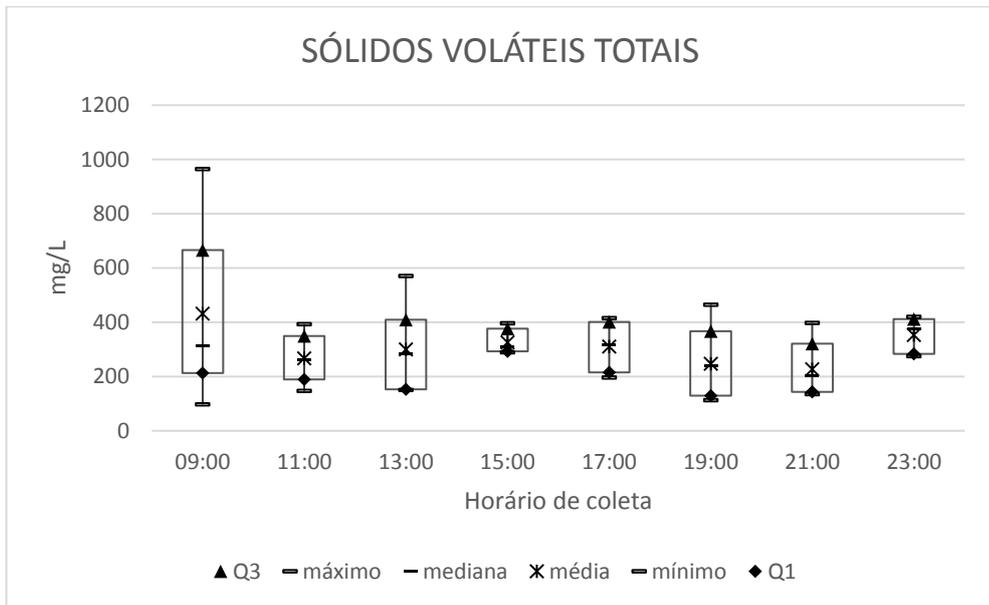


Figura 14 - Box Plot para análises de Sólidos Voláteis Totais – Campanha II.  
 Fonte: Da autora.

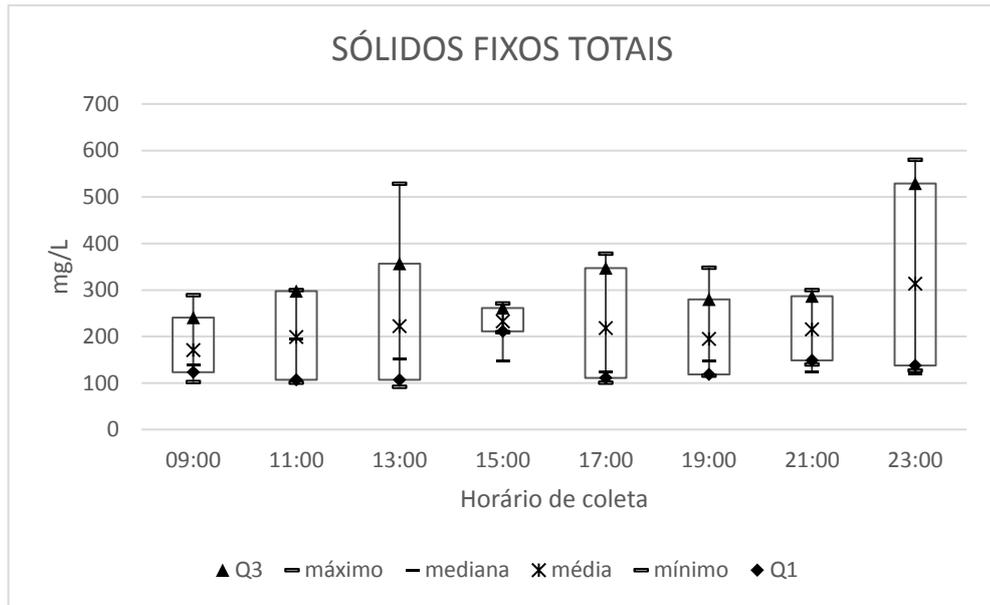


Figura 15 - Box Plot para análises de Sólidos Fixos Totais – Campanha II.  
Fonte: Da autora.

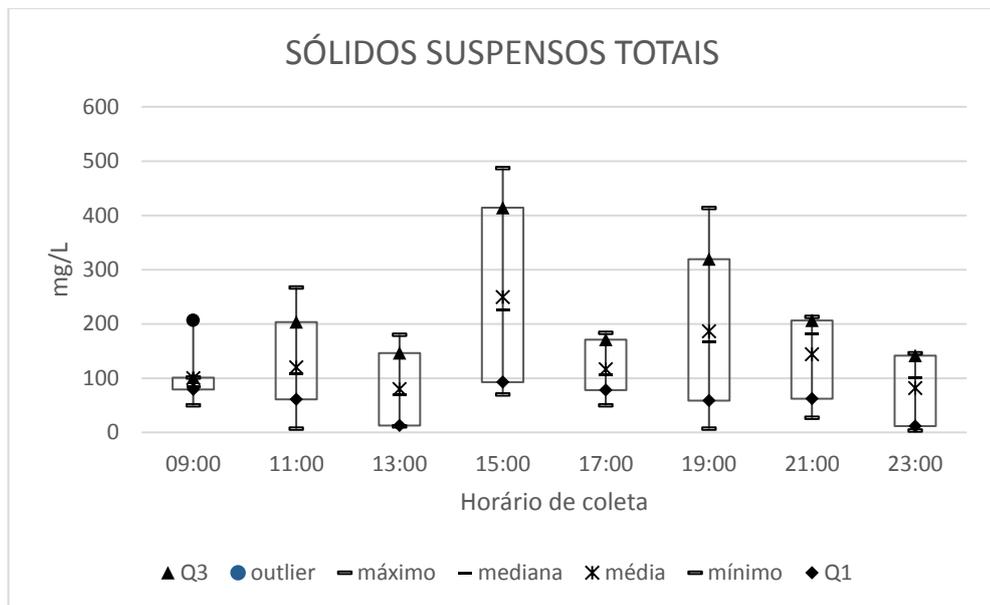


Figura 16 - Box Plot para análises de Sólidos Suspensos Totais – Campanha II.  
Fonte: Da autora.

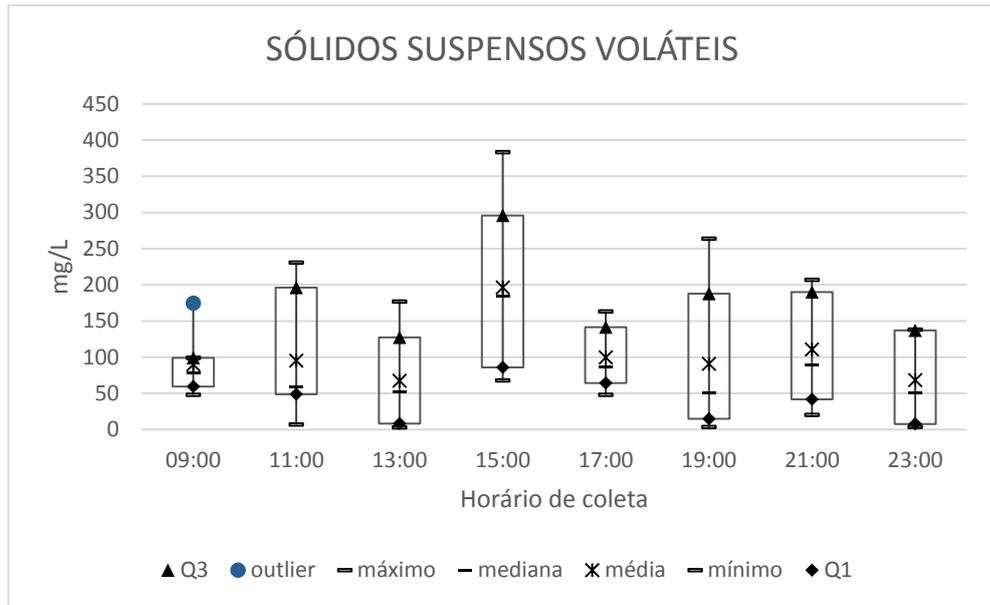


Figura 17 - Box Plot para análises de Sólidos Suspensos Voláteis – Campanha II.  
Fonte: Da autora.

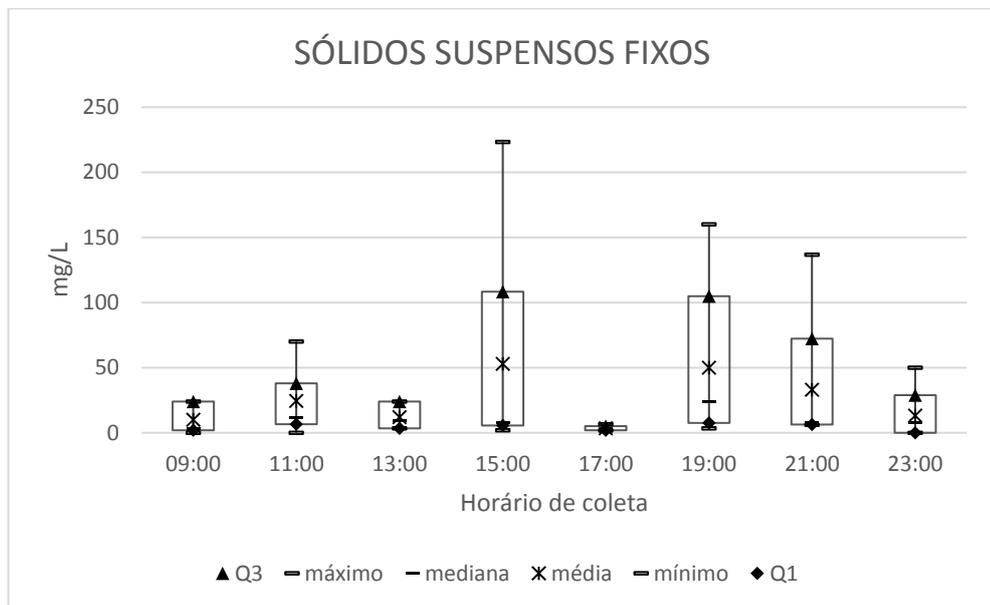


Figura 18 - Box Plot para análises de Sólidos Suspensos Voláteis – Campanha II.  
Fonte: Da autora.

As análises de variância a fim de identificar diferenças entre os horários, destacando períodos do dia com maior ou menor concentração dos parâmetros analisados podem ser verificadas na Tabela 13.

Tabela 13 – Análise de variância considerando os diferentes horários de coleta.

	ANOVA		Teste de Normalidade dos Resíduos (Shapiro-Wilk)	Teste de Independência (Durbin-Watson)	Teste de Homogeneidade de Variância (Bartlett)	Grupos de horários
	N	Pr>Fc	p-valor	p-valor	p - valor	
<b>pH</b>	43	0,2478	0,0361	0,2231	0,1938	-
<b>DQO</b>	43	0,0088	0,0237962	0,0001454	0,1987	a (9h, 15h) ; b (11h, 13h, 23h, 17h, 19h, 21h)
<b>Sól. Tot.</b>	41	0,64185	0,1849411	0,008905	0,0604	-
<b>Sól. Voláteis</b>	34	0,10223	0,102236	0,653	0,05543	-
<b>Sólidos Fixos</b>	32	0,45559	0,1346026	0,01196	0,01989	-
<b>Sól. Suspensos</b>	40	0,19499	0,2953908	0,0056	0,08776	-
<b>Sól. Susp. Voláteis</b>	38	0,70414	0,01226867	0,00973	0,6988	-
<b>Sól. Susp. Fixos</b>	41	0,3167	0,000005	0,4475	0,0000002	-

Nível de significância = 5%.

Fonte: Da autora.

Como pôde ser observado, apenas para o parâmetro DQO foi possível identificar diferenças médias entre os horários, contudo, o teste de Durbin-Watson indicou que os resíduos não são independentes (p-valor < significância), ou seja, para o nível de significância de 5% não é possível inferir que essa diferença entre os horários de fato ocorra.

Para o parâmetro Sólidos Voláteis, pôde ser verificado que, para o nível de significância de 5%, não há a influência do fator horário. Ou seja, em média esse parâmetro não varia ao longo do dia.

Para os demais parâmetros, apesar de haver indicativo de que não há diferenças nas médias ao longo do dia, os testes dos resíduos não permitem que sejam feitas inferências (p-valor < significância), considerando a significância de 5%.

Devido aos resultados inconclusivos, foi realizado uma transformação de variáveis. Os resultados obtidos para a realização do mesmo teste de variância com as variáveis transformadas foram conclusivos apenas para o parâmetro pH ( $Pr > F_c = 0,27616$ ; Shapiro-Wilk = 0,3501214; Durbin-Watson = 0,1289 e Bartlett = 0,9176) e a inferência realizada é de que, para o nível de significância de 5%, não há variação de pH ao longo dos horários do dia.

Tendo em vista que mesmo após a realização da transformação de variáveis alguns parâmetros ainda ficaram com resultados inconclusivos, foi realizado uma análise PERMANOVA, que apresentou um resultado de 0,09, ou seja, maior que o nível de significância de 0,05, indicando que para esse nível de significância, nenhum parâmetro analisado sofre influência do fator horário.

#### 5.4 LEVANTAMENTO DA POPULAÇÃO ACADÊMICA

Seguindo a metodologia descrita para levantamento da população acadêmica, foram obtidos os seguintes resultados apresentados nas Tabelas 14, 15 e 16.

Tabela 14 – População acadêmica estimada para os dias de segunda, terça e quarta-feira.

HORÁRIO	SEGUNDA - FEIRA				TERÇA - FEIRA			QUARTA - FEIRA			
	26/10/2015	21/12/2015	29/02/2016	11/04/2016	08/12/2015	02/03/2015	15/03/2016	30/09/2015	04/11/2015	17/02/2016	24/02/2016
08:00 - 10:00	459	471	482	535	519	530	530	461	451	487	496
10:15 - 12:15	450	462	530	532	479	535	535	489	486	478	506
12:15 - 14:00	158	24	143	160	80	226	163	248	115	123	203
14:00 - 16:00	354	366	251	243	150	146	146	205	208	559	591
16:00 - 18:00	397	409	349	354	347	428	428	468	466	641	665
19:00 - 21:00	644	644	561	540	504	629	629	558	563	504	634
21:15 - 23:15	530	533	554	513	630	528	528	589	551	455	506

Fonte: Da autora.

Tabela 15 – População acadêmica estimada para os dias de quinta, sexta-feira e sábado.

HORÁRIO	QUINTA - FEIRA				SEXTA - FEIRA				SÁBADO
	19/11 /2015	17/09 /2015	15/10 /2015	22/10 /2015	09/10 /2015	27/11 /2015	11/03 /2016	02/06 /2016	04/06 /2016
08:00 - 10:00	429	444	420	421	496	471	382	446	125
10:15 - 12:15	433	447	435	426	511	491	304	426	168
12:15 - 14:00	163	150	169	192	113	123	133	172	0
14:00 - 16:00	362	376	382	366	450	449	468	460	
16:00 - 18:00	435	443	434	441	385	392	453	531	
19:00 - 21:00	623	623	615	626	468	476	334	387	
21:15 - 23:15	493	501	503	495	351	352	248	270	

Fonte: Da autora.

Tabela 16 – População acadêmica estimada para as datas de férias.

HORÁRIO	FÉRIAS		
	12/01/2016	21/12/2015	03/02/2016
08:00 - 10:00	73	82	105
10:15 - 12:15	73	82	105
12:15 - 14:00	3	24	29
14:00 - 16:00	83	92	115
16:00 - 18:00	83	92	115
19:00 - 21:00			
21:15 - 23:15			

Fonte: Da autora.

Também foi estimada a população acadêmica presente no *campus* nas vésperas das datas da coleta, a fim de se executar os testes de correlação entre essa informação e as análises do efluente. A população acadêmica na véspera, no horário das 23h, segue na Tabela 17.

Tabela 17 – População acadêmica estimada para as vésperas dos dias de coleta

DATA	POPULAÇÃO ACADÊMICA ÀS 23h	DATA	POPULAÇÃO ACADÊMICA ÀS 23h
07/12/2015	533	16/09/2015	580
01/03/2015	557	14/10/2015	591
14/03/2016	538	21/10/2015	589
29/09/2015	617	08/10/2015	501
03/11/2015	614	26/11/2015	499
16/02/2016	375	10/03/2015	531
23/02/2016	527	01/06/2016	549
18/11/2015	570	03/06/2016	257

Fonte: Da autora.

Realizou-se uma análise de variância a fim de verificar a influência do dia da semana na população acadêmica. O p-valor resultante foi de 0,0057768, ou seja, menor que o nível de significância de 0,05. O teste de Scott – Knott apresentou uma divisão em que o dia de sábado aparece separado dos demais, com uma média populacional menor. Contudo, o teste de Shapiro – Wilker demonstrou que os resíduos não eram normais, sendo esses resultados, então, inconclusivos. Foi realizado uma transformação de variáveis a fim de normalizar os dados, o p-valor encontrado foi de 0,01283, ou seja, menor que o nível de significância de 0,05. O teste de Scott-Knott indicou que o dia de sábado estaria em um grupo separado dos demais, com menor média populacional. Contudo, o teste de Shapiro-Wilker apresentou que, mesmo assim, os resíduos não eram normais, ou seja, esses resultados são inconclusivos.

Também foi realizado uma análise de variância a fim de verificar a influência dos horários na população acadêmica. O p-valor resultante foi de  $8,26 \times 10^{-27}$  e os grupos formados pelo teste de Scott-Knott foi de a(19:00 – 21:00) , b(21:00 – 23:15; 10:15 – 12:00; 08:00 – 10:00; 16:00 – 18:00; 14:00 – 16:00), c(12:15 – 14:00), sendo o grupo a o de maior média populacional e o grupo b de menor média populacional. Foi realizada uma transformação de variáveis, a fim de normalizar os dados, e o resultado da análise de variância com os dados foi de  $4,94 \times 10^{-20}$  e os grupos formados pelo teste de Scott-Knott foram: a(19:00 – 21:00) , b(21:00 – 23:15; 10:15 – 12:00; 08:00 – 10:00; 16:00 – 18:00), c (14:00 – 16:00), d(12:15 – 14:00), contudo o teste de Shapiro-Wilker mostrou que ainda assim os resíduos não são normais, sendo esses resultados inconclusivos.

## 5.5 LEVANTAMENTO DAS REFEIÇÕES SERVIDAS NO CAMPUS

O número de refeições servidas no *campus*, na data das coletas e também nas vésperas, foram disponibilizadas pelo Restaurante Universitário e separadas por café da manhã, almoço e janta e seguem na Tabela 18.

Tabela 18 – Número de refeições servidas pelo Restaurante Universitário em datas de interesse.

<b>DATA</b>	<b>CAFÉ</b>	<b>ALMOÇO</b>	<b>JANTAR</b>	<b>TOTAL</b>	<b>DATA</b>	<b>CAFÉ</b>	<b>ALMOÇO</b>	<b>JANTAR</b>	<b>TOTAL</b>
9/9/15	76	216	154	446	21/1/16	0	33	3	36
10/9/15	92	187	121	400	2/2/16	0	31	6	37
16/9/15	44	202	113	359	3/2/16	0	29	5	34
17/9/15	64	150	147	361	16/2/16	51	65	86	202
23/9/15	95	266	142	503	17/2/16	43	123	72	238
21/9/15	82	166	144	392	21/2/16	0	0	0	0
29/9/15	97	141	174	412	23/2/16	70	110	149	329
30/9/15	89	248	157	494	24/2/16	65	203	156	424
8/10/15	74	146	134	354	28/2/16	0	0	0	0
9/10/15	90	113	92	295	29/2/16	74	143	193	410
14/10/15	85	226	134	445	1/3/16	74	160	165	399
15/10/15	49	169	131	349	2/3/16	80	226	147	453
21/10/15	46	171	121	338	10/3/16	79	214	176	469
22/10/15	74	192	103	369	11/3/16	55	133	121	309
25/10/15	0	0	0	0	14/3/16	79	178	178	435
26/10/15	74	158	129	361	15/3/16	77	163	163	403
3/11/15	39	83	43	165	22/3/16	84	220	165	469
4/11/15	50	115	72	237	3/4/16	0	0	0	0
6/11/15	0	0	0	0	4/4/16	63	158	152	373
18/11/15	94	205	118	417	10/4/16	0	0	0	0
19/11/15	69	163	116	348	11/4/16	55	160	168	383
27/11/15	73	123	98	294	25/4/16	59	138	135	332
7/12/15	38	131	110	279	26/4/16	69	179	171	419
8/12/15	28	80	83	191	25/5/16	55	141	52	248
16/12/15	12	68	15	95	26/5/16	0	0	0	0
17/12/15	11	37	23	71	9/5/16	59	158	161	378
20/12/15	0	0	0	0	10/5/16	78	149	136	363
21/12/15	0	24	0	24	1/6/16	55	188	111	354
11/1/16	0	3	0	3	2/6/16	51	172	139	362
12/1/16	0	3	0	3	3/6/16	32	123	85	240
20/1/16	0	30	3	33	4/6/16	29	0	0	29

Fonte: Da autora.

## 5.6 TESTES DE CORRELAÇÃO

Conforme descrito na metodologia, os testes de correlação entre os parâmetros de caracterização do efluente e a população acadêmica foram feitos de duas maneiras: o primeiro considera que a população presente no *campus* em um período (das 14h00 às 16h00, por exemplo), hipoteticamente influencia na análise do seu período correspondente (15h00, nesse exemplo). A outra análise considera que a população presente no *campus* em um momento (das 14h00 às 16h00, por exemplo) hipoteticamente terá um *delay* em sua influência de 2h, sendo, então, o seu resultado percebido na coleta do período seguinte (17h, nesse exemplo) sendo que a análise das 09h00 estaria influenciada hipoteticamente pela população acadêmica do último período de aulas do dia anterior (21h00 às 23h00).

Contudo, os resultados dos testes de correlação apresentaram valores muito baixos, ou seja, uma correlação fraca. Nesse caso, há indícios de que a população acadêmica que circula pelo *campus* não interfere direta e fortemente nas características físico-químicas do efluente gerado na universidade.

Esses resultados podem ser verificados na Tabela 19, os mais expressivos estão marcados em negrito.

Tabela 19 – Análises de correlação entre a população acadêmica do campus e os parâmetros de caracterização do esgoto gerado na Universidade.

<b>Parâmetro</b>	<b>Comparação</b>	<b>Correlação</b>
pH	População presente no campus x Análise do horário referente	0,12
	População presente no campus 2h antes x análise do efluente ( <i>delay</i> )	0,24
Sólidos Totais	População presente no campus x Análise do horário referente	0,22
	População presente no campus 2h antes x análise do efluente ( <i>delay</i> )	0,22
Sólidos Voláteis Totais	População presente no campus x Análise do horário referente	0,19
	População presente no campus 2h antes x análise do efluente ( <i>delay</i> )	0,23
Sólidos Fixos Totais	População presente no campus x Análise do horário referente	0,17
	População presente no campus 2h antes x análise do efluente ( <i>delay</i> )	0,18
Sólidos Suspensos Totais	População presente no campus x Análise do horário referente	0,17
	População presente no campus 2h antes x análise do efluente ( <i>delay</i> )	0,02
Sólidos Suspensos Voláteis	População presente no campus x Análise do horário referente	0,09
	População presente no campus 2h antes x análise do efluente ( <i>delay</i> )	-0,01
Sólidos Suspensos Fixos	População presente no campus x Análise do horário referente	0,15
	População presente no campus 2h antes x análise do efluente ( <i>delay</i> )	0,06
DQO	População presente no campus x Análise do horário referente	0,15
	População presente no campus 2h antes x análise do efluente ( <i>delay</i> )	0,16
Nitrogênio Amoniacal	População presente no campus x Análise do horário referente	-0,12
	População presente no campus 2h antes x análise do efluente ( <i>delay</i> )	-0,15

Fonte: Da autora.

A correlação entre as refeições servidas no *campus* e os parâmetros de caracterização do efluente foram feitas de três maneiras: correlacionando o

número de cafés da manhã que foram servidos com as análises das 11h00, o número de almoços servidos com as análises das 15h e o número de jantares servidos com as análises das 23h. Os resultados obtidos são expostos na Tabela 20.

Tabela 20 – Análises de correlação entre as refeições servidas no restaurante universitário e os parâmetros de caracterização do esgoto gerado na Universidade.

<b>Parâmetro</b>	<b>Comparação</b>	<b>Correlação</b>
pH	Refeições servidas (café da manhã) x Análise das 11h	<b>0,88</b>
	Refeições servidas (almoço) x Análise das 15h	-0,08
	Refeições servidas (janta) x Análise das 23h	0,43
Sólidos Totais	Refeições servidas (café da manhã) x Análise das 11h	0,36
	Refeições servidas (almoço) x Análise das 15h	-0,09
	Refeições servidas (janta) x Análise das 23h	0,40
Sólidos Voláteis Totais	Refeições servidas (café da manhã) x Análise das 11h	0,20
	Refeições servidas (almoço) x Análise das 15h	-0,13
	Refeições servidas (janta) x Análise das 23h	0,16
Sólidos Fixos Totais	Refeições servidas (café da manhã) x Análise das 11h	0,23
	Refeições servidas (almoço) x Análise das 15h	-0,03
	Refeições servidas (janta) x Análise das 23h	0,38
Sólidos Suspensos Totais	Refeições servidas (café da manhã) x Análise das 11h	-0,02
	Refeições servidas (almoço) x Análise das 15h	<b>-0,71</b>
	Refeições servidas (janta) x Análise das 23h	0,34
Sólidos Suspensos Voláteis	Refeições servidas (café da manhã) x Análise das 11h	-0,02
	Refeições servidas (almoço) x Análise das 15h	<b>-0,78</b>
	Refeições servidas (janta) x Análise das 23h	0,16
Sólidos Suspensos Fixos	Refeições servidas (café da manhã) x Análise das 11h	-0,01
	Refeições servidas (almoço) x Análise das 15h	-0,31
	Refeições servidas (janta) x Análise das 23h	0,62
DQO	Refeições servidas (café da manhã) x Análise das 11h	-0,07
	Refeições servidas (almoço) x Análise das 15h	-0,25
	Refeições servidas (janta) x Análise das 23h	<b>0,87</b>

Fonte: Da autora.

Pode-se observar na Tabela 20 que em 4 situações o índice de correlação de Pearson apresentou-se como forte, acima de 0,70: pH às 11h00 e número de refeições servidas no café da manhã, Sólidos Suspensos Totais às 15h00 e número de almoços servidos; Sólidos Suspensos Voláteis às 15h00 e número de almoços servidos e DQO às 23h00 e número de jantares servidos. Para

esses casos, os dados foram apresentados graficamente abaixo, bem como suas respectivas linhas de tendência e as regressões lineares.

Para o parâmetro pH, a correlação apresentou-se positiva, ou seja, quanto maior o número de refeições servidas no café da manhã, maior o pH às 11h00. Essas informações podem ser verificadas na Figura 19.

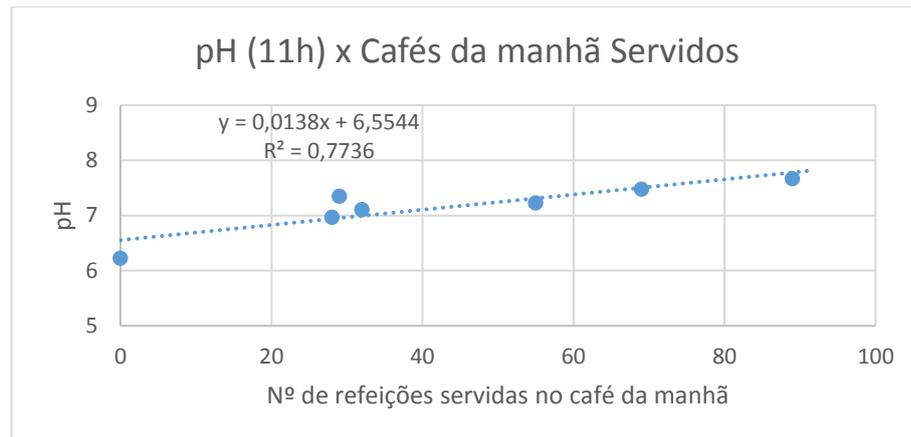


Figura 19 – Regressão linear para a situação pH (11h) e almoços servidos no Restaurante Universitário

Fonte: Da autora.

Para o parâmetro sólidos suspensos totais, a correlação apresentou-se negativa, ou seja, quanto maior o número de refeições servidas no *campus*, menor a concentração desse parâmetro no efluente. Conforme apresentado na Figura 20.

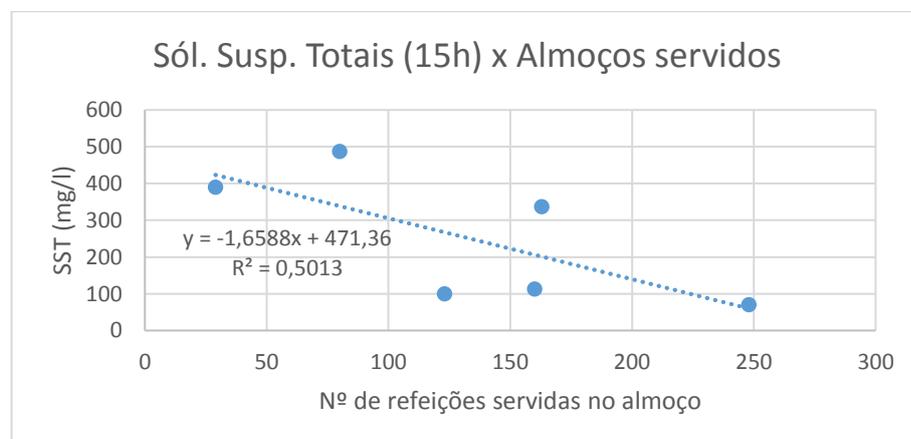


Figura 20 – Regressão linear para a situação Sólidos Suspensos Totais (15h) e almoços servidos no Restaurante Universitário

Fonte: Da autora.

Para o parâmetro sólidos suspensos voláteis a correlação também se apresentou negativa. A regressão linear pode ser observada na Figura 21.

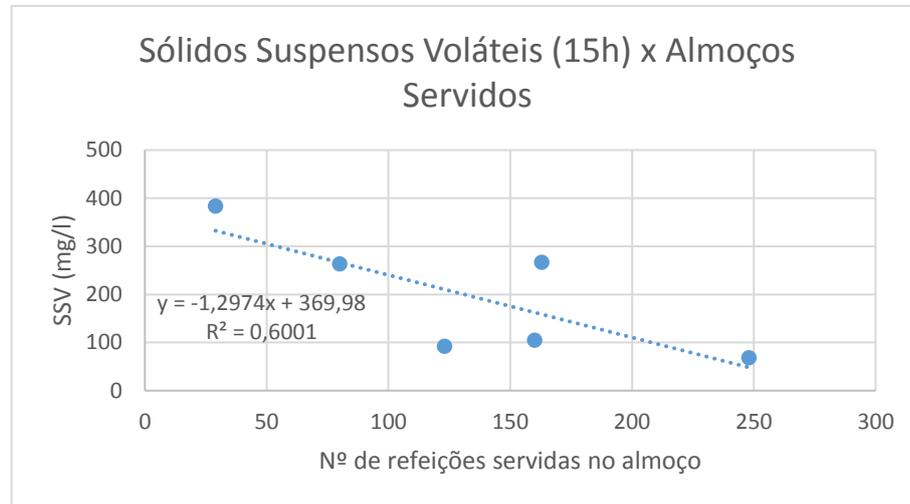


Figura 21 – Regressão linear para a situação Sólidos Suspensos Voláteis (15h) e almoços servidos no Restaurante Universitário.

Fonte: Da autora.

Considerando que os resíduos sólidos são separados na cozinha do Restaurante Universitário, a exemplo dos resíduos orgânicos que seguem posteriormente para compostagem, essa correlação negativa apresentada pelos Sólidos Totais e Voláteis pode estar relacionada ao aumento da utilização de água nas atividades da cozinha, que conseqüentemente aumentará a vazão de esgoto, sem contudo aumentar a concentração desses parâmetros por não estarem sendo lançados sólidos nas pias do restaurante universitário.

No caso da DQO, a correlação apresentou-se positiva, ou seja, quanto maior o número de jantares servidos, maior a concentração de DQO no efluente às 23h. A regressão linear pode ser observada na Figura 22.

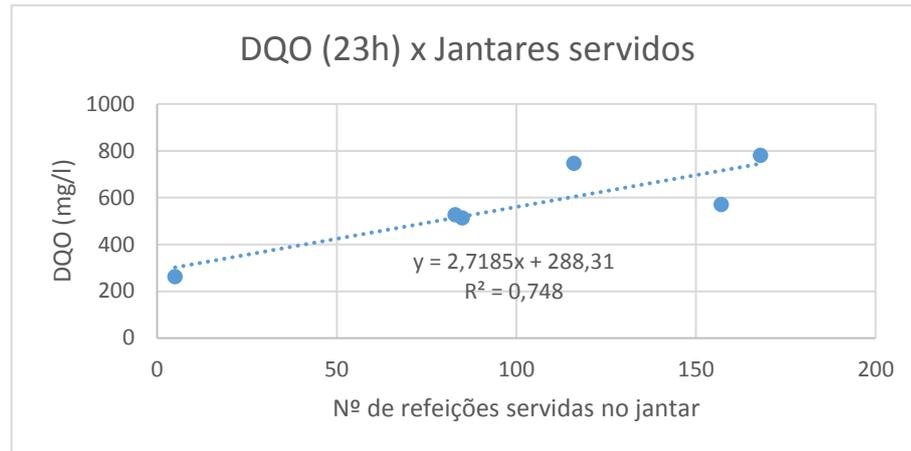


Figura 22– Regressão linear para a situação DQO (23h) e jantares servidos no Restaurante Universitário.

Fonte: Da autora.

## 5.7 VOLUME DE ESGOTO PRODUZIDO

Conforme metodologia descrita, o volume de esgoto gerado no *campus* da UNIFAL-MG em Poços de Caldas, foi estimado através do consumo de água. Foi observado que a variação do consumo de água acompanha a variação da população média frequentando o *campus* nos dias de medição. Os resultados são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Volumes consumido de água, estimativa do volume de esgoto e média da população acadêmica frequentando o *campus* em cada data.

DATA	VOLUME CONSUMIDO DE ÁGUA (m³)	VOLUME DE ESGOTO ESTIMADO (M³)	POLULAÇÃO MÉDIA ACADÊMICA
30/09/2015	20,190	16,152	431
19/11/2015	13,060	10,448	319
08/12/2015	11,770	9,416	387
03/02/2016	7,820	6,256	94
11/04/2016	12,649	10,119	411
02/06/2016	11,515	9,212	384
04/06/2016	8,941	7,153	97
MÉDIA	12,28	9,82	

Fonte: Da autora.

Realizou-se um teste de correlação entre o volume consumido de água e a população média acadêmica de cada dia, chegando ao valor de 0,7389, ou

seja, há uma correlação forte positiva: quanto mais alunos frequentam o *campus* mais água é gasta.

Na caracterização feita por Bertolino (2007), o volume médio diário produzido na Universidade Federal de Ouro Preto, *campus* Morro do Cruzeiro, foi de 290 m<sup>3</sup>, esse resultado foi obtido com medições realizadas através de um vertedor triangular instalado no canal de lançamento do esgoto no corpo hídrico. Contudo, deve-se levar em consideração que o *campus* em que o estudo foi realizado conta com 14 prédios e a população acadêmica é constituída por 5632 pessoas.

Segundo Metcalf e Eddy (2005), se considerarmos uma escola com cafeteria nos Estados Unidos, o consumo de água seria de 60 l/estudante.dia. Essa vazão média para uma instituição com cerca de 1300 alunos teria um consumo de 78 m<sup>3</sup> por dia.

No *campus* da UNIFAL-MG, portanto, foi verificado que o consumo de água é mais baixo em relação aos referenciais citados. As características do *campus* corroboram com esse resultado por diversos fatores: o *campus* é relativamente novo, tem menos de 10 anos, possui apenas 4 cursos de graduação e não possui alojamentos estudantis. A tendência é que, com o crescimento do *campus*, esse consumo de água aumente. Contudo, salienta-se a importância de medidas e ações educativas que faça com que esse consumo seja sempre o menor possível, visando a sustentabilidade.

## 5.8 VISÃO GERAL DOS RESULTADOS

A fim de se obter uma caracterização geral do efluente gerado no *campus*, foi realizado o cálculo das médias e dos desvios padrão considerando todas as análises realizadas, tanto na Campanha I como na Campanha II. Além disso foram realizados os cálculos da vazão média de esgoto, através do consumo de água, e o cálculo da população acadêmica média no *campus* em cada horário, considerando todas as estimativas realizadas conforme Tabelas 15 a 17. Os resultados obtidos estão relacionados na Tabela 22.

Tabela 22 – Visão geral dos resultados com média de todas as análises realizadas, desvio padrão, carga e carga per capita de cada parâmetro.

<b>Média diária de geração de efluente= 9,82 m<sup>3</sup></b>					
<b>Média da população acadêmica em cada horário = 434</b>					
<b>Parâmetro</b>	<b>Nº de análises</b>	<b>Média (mg/l)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Carga (kg/dia)</b>	<b>Carga per capita (g/hab.dia)</b>
DQO	69	625,38	347,30	3,410	7,86
Sólidos Totais	49	507,60	207,30	2,036	4,69
Sólidos Voláteis Totais	42	311,90	161,10	1,582	3,65
Sólidos Fixos Totais	40	205,00	120,50	1,183	2,73
Sólidos Suspensos Totais	48	134,50	106,86	1,049	2,42
Sólidos Suspensos Voláteis	46	102,80	82,90	0,814	1,88
Sólidos Suspensos Fixos	49	24,60	43,86	0,431	0,99
Nitrogênio Amoniacal	16	9,30	4,99	0,049	0,11
Sólidos Dissolvidos	17	399,05	172,13	1,690	3,89
Cloreto	17	189,41	78,09	0,767	1,77
<b>Parâmetro</b>	<b>Nº de análises</b>	<b>Média (uS/cm)</b>	<b>Desvio Padrão</b>		
Condutividade	17	787,89	307,58		
<b>Parâmetro</b>	<b>Nº de análises</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>		
pH	69	7,07	0,59		

Fonte: Da autora.

Segundo von Sperling (2005), para esgotos domésticos brutos, os valores típicos de contribuição per capita são: 180 g/hab.dia para Sólidos Totais, 10 g/hab.dia para Sólidos Suspensos Fixos, 50 g/hab.dia para sólidos suspensos voláteis, 100 g/hab.dia para DQO, 4,5 g/hab.dia para nitrogênio amoniacal (amônia) e 6 g/hab.dia para cloretos

Pode-se perceber, então que os valores encontrados para o *campus* Poços de Caldas da UNIFAL – MG ficaram muito aquém dos valores constantes na literatura para esgotos domésticos brutos, ou seja, uma Estação de Tratamento de Esgoto que fosse projetada para o *campus* seguindo esses parâmetros não estaria adequada com a realidade, o que poderia comprometer o processo de tratamento. Ao que ficou evidenciado nesse estudo, essa disparidade entre os resultados encontrados no *campus* Poços de Caldas da UNIFAL-MG com o proposto na literatura está relacionado ao consumo de água e o volume estimado de esgoto produzido nessa instituição de ensino,

que é bem menor do que a utilizada na determinação dos valores de referência, como descrito no item 3.1.

Além disso, fica evidenciado que a população acadêmica não influi diretamente nas concentrações de componentes do efluente gerado no *campus*, salientando que os dados de população acadêmica utilizados nesse estudo são estimados.

Os valores mínimos e máximos encontrados para cada parâmetro, bem como do desvio padrão são apresentados na Tabela 22.

TABELA 22 – Valores máximos, mínimos e desvio padrão encontrados considerando todas as análises realizadas, tanto na Campanha I quanto na Campanha II.

<b>Parâmetro</b>	<b>Máximo (mg/l)</b>	<b>Mínimo (mg/l)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
DQO	1650,00	28,00	347,30
Sólidos Totais	1254,00	221,00	207,30
Sólidos Totais Voláteis	965,00	97,00	161,10
Sólidos Totais Fixos	580,00	0,00	120,50
Sólidos Suspensos Totais	486,67	3,33	106,86
Sólidos Suspensos Voláteis	383,33	2,90	82,90
Sólidos Suspensos Fixos	223,33	0,00	43,86
Nitrogênio Amoniacal	16,80	0,00	4,99
Sólidos Dissolvidos	683,00	31,00	172,13
Cloreto	275,00	4,00	78,09
<b>Parâmetro</b>	<b>Máximo (uS/cm)</b>	<b>Mínimo (uS/cm)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Condutividade	1106,00	65,20	307,58
<b>Parâmetro</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Desvio Padrão</b>
pH	8,02	4,51	0,59

Fonte: Da autora.

Para o parâmetro DQO, o valor máximo encontrado foi maior do que o valor encontrado por Martins (2012) na caracterização do *campus* Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que foi de  $712 \pm 46$  mg/l. O mesmo aconteceu para os parâmetros Sólidos Totais e Sólidos Totais Fixos, cujos valores máximos no trabalho de Martins (2012) foram de  $767 \pm 64$  mg/l e  $226 \pm 44$  mg/l, respectivamente. No caso dos Sólidos Totais Voláteis e pH,

os valores máximos encontrados para a UNIFAL-MG foram maiores do que os encontrados por Martins (2012):  $584 \pm 76$  mg/l e  $7,80 \pm 0,6$ , respectivamente.

Em se tratando dos valores mínimos, no *campus* Poços de Caldas, MG, os valores de DQO, Sólidos Totais, Sólidos Totais Fixos e Voláteis forma todos menores do que os encontrados por Martins (2012), o que provavelmente se deve ao fato de que no presente estudo foram realizadas análises no período de férias, o que não foi executado pelo trabalho referenciado.

É importante citar que os laboratórios de análises da universidade possuem um programa de recolhimento de resíduos, ou seja, os reagentes provenientes das atividades devem ser separados para destinação final adequada e não descartados na rede de esgoto. A interferência que atividades como a lavagem de vidrarias possa a exercer na característica final do efluente na universidade poderia ser verificada com a caracterização específica do efluente dos prédios laboratoriais, conforme será sugerido adiante.

## 6 CONCLUSÃO

Com as análises realizadas do efluente gerado pelo *campus* Poços de Caldas da UNIFAL-MG, foi possível observar que a população acadêmica não influencia diretamente na concentração de componentes do efluente, mas ficou constatado que a variação da população acadêmica influi diretamente no consumo de água da instituição e, dessa forma, no volume gerado de esgoto.

Foi observado, também, que o número de refeições servidas pelo Restaurante Universitário está correlacionado com o pH e com a concentração de sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis e DQO em diferentes horários. Isso evidencia que as atividades do restaurante influenciam nas características finais do *campus*.

Os resultados de carga *per capita* dos diversos parâmetros analisados ficaram muito aquém dos encontrados na literatura para esgoto sanitário, o que pode estar relacionado com o consumo menor de água pela instituição e, conseqüentemente, da geração de esgoto, do que o utilizado para cálculo dos valores de referência. Dessa forma, fica evidenciado que a utilização de valores de referência de esgoto doméstico para a universidade ocorreria em falhas de dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Esgoto.

Os resultados demonstram que é necessária a caracterização das diversas fontes geradoras de efluente, sendo elas indústrias, instituições ou regiões urbanas com hábitos diferenciados, a fim de se obter valores de referência que levem em conta as particularidades de cada gerador. Essa caracterização tornaria os projetos de Estações de Tratamento de Esgoto mais fidedignas, melhorando a operação e a eficiência das mesmas.

Por fim, conclui-se que os objetivos estabelecidos para esse trabalho foram atingidos, entendendo que tal projeto deve servir como um precursor para os trabalhos voltados ao tratamento de efluentes gerado pela própria universidade e do projeto e instalação de uma estação de tratamento no *campus*.

## 7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista que os dados de população acadêmica utilizados nesse trabalho foram estimados, sugere-se que novos trabalhos de caracterização sejam feitos utilizando dados mais precisos de população acadêmica. A quantificação da população acadêmica pode ser realizada através da instalação de uma catraca no *campus*, por exemplo.

A vazão de esgoto utilizada nesse estudo também foi estimada, utilizando como dado inicial o consumo de água na Universidade. Sugere-se, então, para futuros trabalhos, que a vazão seja de fato medida. Essa medida pode ser feita, por exemplo, através da instalação de dispositivos medidores de vazão em um ponto onde todo o efluente do *campus* está concentrado (na chegada da Estação Elevatória de Esgoto - E.E.E. UNIFAL-MG) ou até mesmo em pontos chave de cada prédio, permitindo conhecer quanto cada setor da Universidade gera de efluente.

Como ficou evidenciado, a quantidade de refeições servidas pelo Restaurante Universitário influi em algumas características do esgoto gerado no *campus*. Devido a isso, seria interessante um estudo onde a amostragem do efluente fosse separada por prédio da Universidade. Dessa forma, poderia se conhecer como cada atividade contribui individualmente para a composição final do efluente (prédios de aula e seus sanitários, atividades do restaurante universitário, efluentes gerados pelos laboratórios, e assim por diante).

Recomenda-se a realização de análises cinéticas do efluente gerado no *campus*, através de testes cinéticos aeróbios e anaeróbios a fim de se determinar os parâmetros de biodegradabilidade do esgoto em estudo.

Por fim, sugere-se o projeto e implantação de uma estação de tratamento de efluentes na universidade, a fim de que o espaço seja utilizado não só para sua atividade fim na amenização de impactos das atividades do *campus*, mas também como um ambiente didático a ser utilizado pelas disciplinas correlatas ministradas no *campus* e também como exemplo à sociedade.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, S. B.; ZAIAT, M. Desempenho de reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo no tratamento de esgoto sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, n.2, p.181-188, 2008.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington, D.C: APHA, 2012.
- BERTOLINO, S.M. **Caracterização e tratabilidade dos esgotos produzidos pelo Campus da Universidade Federal de Ouro Preto – MG**. 2007. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)- Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, Ouro Preto, 2007.
- BERTOLINO, S.M. et al. Caracterização e biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia dos esgotos produzidos em campus universitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, n.3,p.271-277, 2008.
- BEZERRA, A.H. **Caracterização do sistema operacional da estação de tratamento de esgoto da UFRN**. 2004. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações em Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADE, 2016
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Cloreto**. Disponível em: < [http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/aguasinteriores/variaveis/aguas/variaveis\\_quimicas/cloreto.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/aguasinteriores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/cloreto.pdf) > . Acesso em: 11 maio 2015.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Condutividade**. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#condutividade> > . Acesso em: 14 jun. 2015.
- GRAHAM, D.M.; et al.. Developing reliable and defensible wastewater load projections for San Francisco’s Major capital program. **Water Environment Federration**, p. 2048-2064, 2015.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3.ed.. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

MAHMOUD, N. et al.. Sewage characterization as a tool for application of anaerobic treatment in Palestine. **Environmental Pollutin**, v. 126, p. 115-122, 2003

MARTINS, J. E. M. **Avaliação do Comportamento de um reator UASB tratando esgotos sanitários da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão**.2012.104f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Campo Mourão. 2012.

MESDAGHINIA, A. et al. The estimation of per capita loadings of domestic wastewater in Tehran. **Journal of Environmental Health, Science e Engineering**, v.13, n.25, 2015.

METCALF, EDDY. **Wastewater Engineering: treatment and reuse**. 4.ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

SCHOENHAL, M.; SENA, R. F.; JOSÉ; H. J. Avaliação da eficiência do processo de coagulação/flotação aplicado como tratamento primário de efluentes de abatedouros de frangos. **Engenharia Ambiental**, v.3, n.2, p.005-024, 2006.

SOLER, C.R. **Tratamento de efluente de indústria têxtil por reator biológico com leito móvel**. 2013. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, 2013.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L.L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para a implantação em campus universitário. **Gestão e Produção**, v.13, n.3, p.503-515, set-dez 2006.

TONI, J. C. V.; Caracterização física e química dos efluentes líquidos gerados na indústria alimentícia na região de Marília, SP. **Revista Analytica**, n.69, p.58-66, 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. **Estação de Tratamento de Esgoto**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.ufrn.br/ete/>>. Acesso em: 07 jun. 2015.

VERSIANI, B.M. **Desempenho de um Reator UASB Submetido a diferentes condições operacionais tratando esgotos sanitários do campus da UFRJ**. 2005. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. v.1.

## APÊNDICE A - Resultados das análises da Campanha I.

<b>DATA DA COLETA</b>	<b>DIA DA SEMANA</b>	<b>HORA DA COLETA</b>	<b>pH</b>	<b>Sól. Dissolvidos mg/L</b>	<b>D.Q.O mg/L</b>	<b>Cloreto mg/L</b>	<b>Condutividade mS/cm</b>
26/10/2015	SEGUNDA	09:10	7,69	449,0	812,0	245,0	903,0
21/12/2015	SEGUNDA	09:00	7,24	367,0	1246,0	166,0	912,0
29/02/2016	SEGUNDA	09:40	7,1	412,0	920,0	221,0	995,0
08/12/2015	TERÇA	09:10	7,2	509,0	1650,0	256,0	876,0
15/03/2016	TERÇA	10:00	7,95	539,0	800,0	235,0	1106,0
02/03/2015	TERÇA	09:30	6,98	602,0	945,0	120,0	1087,0
04/11/2015	QUARTA	09:40	7,39	240,0	384,0	118,0	497,0
17/02/2016	QUARTA	10:00	6,87	220,0	326,0	150,0	524,0
24/02/2016	QUARTA	09:00	7,12	345,0	410,0	212,0	814,0
17/09/2015	QUINTA	09:40	6,97	527,0	1348,0	260,0	1085,0
15/10/2015	QUINTA	09:00	7,03	683,0	1539,0	275,0	891,0
22/10/2015	QUINTA	09:30	6,9	391,0	900,0	269,0	807,0
09/10/2015	SEXTA	08:00	7,3	312,0	286,0	172,0	502,0
27/11/2015	SEXTA	08:30	7,56	505,0	413,0	203,0	1036,0
11/03/2016	SEXTA	08:30	6,76	520,0	458,0	254,0	1024,0
PERFIL FÉRIAS	FÉRIAS	08:00	7,12	107,0	261,0		
12/01/2016	FÉRIAS	08:00	7,54	31,0	166,0	4,0	65,2
21/01/2016	FÉRIAS	09:30	6,61	132,0	28,0	60,0	270,0

## APÊNDICE B – Resultados das análises da Campanha II.

(continua)

DATA	DIA DA SEMANA	HORA DA COLETA	SÓLIDOS TOTAIS			SÓLIDOS SUSPENSOS			D.Q.O	N
			ST (mg/L)	SVT (mg/L)	SFT (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SSF (mg/L)	mg/L	mg/L
30/09/2015	QUARTA	09:00	652,00	512,00	140,00	79,00	79,00	0,00	993,74	1,12
		11:00	634,00	334,00	300,00	61,00	49,00	12,00	494,83	11,20
		13:00	679,00	151,00	528,00	62,00	38,00	24,00	612,12	16,80
		15:00	520,00	289,00	231,00	70,00	68,00	2,00	623,69	11,76
		17:00	793,00	415,00	378,00	50,00	48,00	2,00	579,08	6,72
		19:00	813,00	465,00	348,00	76,00	26,00	50,00	557,61	14,56
		21:00	381,00	135,00	246,00	98,00	90,00	8,00	428,75	15,68
		23:00	779,00	403,00	376,00	20,00	12,00	8,00	570,82	12,32
19/11/2015	QUINTA	09:00	789,00	666,00	123,00	50,00	48,00	2,00	1054,73	0,00
		11:00	528,00	257,00	271,00	108,00	70,00	38,00	742,07	10,64
		13:00	871,00	571,00	300,00	13,33	10,00	3,33	698,40	11,20
		15:00	667,00	396,00	271,00	336,67	266,67	70,00	511,50	11,76
		17:00	297,00	196,00	101,00	166,67	163,33	3,33	270,45	2,80
		19:00	445,00	268,00	177,00	210,00	50,00	160,00	326,34	7,84
		21:00	505,00	205,00	300,00	200,00	63,33	136,67	158,66	5,60
		23:00	958,00	378,00	580,00	136,67	136,67	0,00	745,56	8,40
08/12/2015	TERÇA	09:00	1254,00	965,00	289,00	206,67	174,67	32,00	1498,40	9,28
		11:00	348,00			266,67	230,67	36,00	838,14	4,99
		13:00	237,00						668,70	
		15:00	465,00			486,67	263,33	223,33	1098,40	
		17:00	787,00			183,33			623,29	
		19:00	343,00			413,33			114,99	
		21:00	457,00						336,82	
		23:00	525,00						527,22	
03/02/2016	FÉRIAS	09:00	493,00	252,00	241,00	83,33	59,33	24,00	555,33	
		11:00	500,00	203,00	297,00	66,67	58,67	8,00	768,43	
		13:00	471,00	287,00	184,00	76,67	66,67	10,00	547,47	
		15:00	535,00	317,00	218,00	390,00	383,33	6,67	619,08	
		17:00	525,00	271,00	254,00	90,00	86,67	3,33	495,06	
		19:00	324,00	113,00	211,00	6,67	3,33	3,33	261,00	
		21:00	385,00	245,00	140,00	26,67	20,00	6,67	254,01	
		23:00	418,00	291,00	127,00	3,33	3,33	0,00	262,75	
11/04/2016	SEGUNDA	09:00	315,00	213,00	102,00	101,00	99,00	2,00	1145,00	
		11:00	264,00	147,00	117,00	203,00	196,30	6,70	872,48	
		13:00	245,00	153,00	92,00	180,00	176,70	3,30	802,99	
		15:00				112,89	104,89	8,00	925,56	
		17:00				121,88	119,88	2,00	687,63	
		19:00	267,00	146,00	121,00	287,90	263,90	24,00	598,65	
		21:00	325,00	151,00	174,00	181,46	173,46	8,00	481,12	

(conclusão)

DATA	DIA DA SEMANA	HORA DA COLETA	SÓLIDOS TOTAIS			SÓLIDOS SUSPENSOS			D.Q.O mg/L
			ST (mg/L)	SVT (mg/L)	SFT (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SSF (mg/L)	
11/04/2016	SEGUNDA	23:00	445,00	275,00	170,00	100,99	50,99	50,00	779,76
03/06/2016	SEXTA	09:00	489,00	314,00	175,00	98,75	95,45	3,30	865,10
		11:00	502,00	393,00	109,00	125,79	55,79	70,00	602,00
		13:00	467,00	355,00	112,00	134,68	110,68	24,00	567,08
		15:00	512,00	303,00	209,00	99,88	91,88	8,00	689,12
		17:00	501,00	361,00	140,00	87,12	80,42	6,70	476,01
		19:00	357,00	241,00	116,00	123,49	111,49	12,00	501,98
		21:00	398,00	398,00	0,00	212,79	206,79	6,00	401,90
		23:00	420,00	420,00	0,00	145,79	137,79	8,00	512,90
04/06/2016	SÁBADO	09:00	221,00	97,00	124,00	81,24	74,04	7,20	212,45
		11:00	367,00	266,00	101,00	6,79	6,79	0,00	198,46
		13:00	401,00	283,00	118,00	10,90	2,90	8,00	101,65
		15:00							
		17:00							
		19:00							
		21:00							
		23:00							