

UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

LORRAINE BERNARDES BORGES

AVALIAÇÃO DA REUTILIZAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO DA  
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) SALTO DO  
GUIMARÃES – VOTORANTIM/SP

RIBEIRÃO PRETO  
2016

LORRAINE BERNARDES BORGES

AVALIAÇÃO DA REUTILIZAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO DA  
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) SALTO DO  
GUIMARÃES – VOTORANTIM/SP

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Professor Dr. Luciano Farias de Novaes

RIBEIRÃO PRETO  
2016

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento  
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

Borges, Lorraine Bernardes, 1988-

B732a Avaliação da reutilização do efluente tratado da Estação de  
Tratamento de Esgoto (ETE) Salto do Guimarães - Votorantim/SP /

Lorraine Bernardes Borges. - - Ribeirão Preto, 2016.

110 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto,  
UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2016.

**Lorraine Bernardes Borges**

**“AVALIAÇÃO DA REUTILIZAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO DA ESTAÇÃO  
DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) SALTO DO GUIMARÃES –  
VOTORANTIM/SP”.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientadora: Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

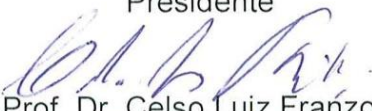
Data de defesa: 02 de setembro de 2016

Resultado: APROVADO

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes  
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP  
Presidente



Prof. Dr. Celso Luiz Franzotti  
Centro Universitário Adventista de São Paulo – UNASP



Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira  
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

Ribeirão Preto  
2016

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, Gleida e Tomé, ambos por seu apoio total, amor e dedicação.*

*Ao meu tio Shiley, por carinho e amor.*

*A Deus pelo grande privilégio de amor, que é poder ver o sol nascer a cada dia.*

## AGRADECIMENTOS

À Concessionária Águas de Votorantim S.A. pelo apoio a este esforço de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

À UNAERP pelo oferecimento de um curso com infra estrutura e professores altamente capacitados.

Aos meus pais, Gleida e Tomé, pelo apoio e amor incondicional.

Ao Sr. Alex Eduardo Jorge Macedo pelo apoio na realização do contato com a Concessionária Águas de Votorantim S/A.

Aos colaboradores da concessionária Carolina Ribeiro, Fabiana Costa, Bruna Camargo, Priscila Uwai e Dihorges Fontura pelo apoio, dedicação e companheirismo durante todo o período de execução deste trabalho.

Aos colegas Alex, Fernando, Mateus, Marcelo e Marcele, pelos momentos de alegria e apreensão que passamos juntos.

À Profa. Dra. Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato pelos conhecimentos transferidos e apoio sempre.

À Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira pela coordenação impecável desse curso.

Ao Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes, por sua orientação precisa e apoio incondicional, sem os quais não seria possível a conclusão deste trabalho.

## EPÍGRAFE

*"Todos os dias quando acordo  
Não tenho mais  
O tempo que passou  
Mas tenho muito tempo  
Temos todo o tempo do mundo Renato Russo*

*É no momento de decisões que o nosso destino é definido.  
Porque os objetivos são sonhos com data marcada, pois nenhum vento é favorável  
para quem não sabe para onde quer ir.*

## RESUMO

Os problemas de escassez de água que vários estados brasileiros estão vivenciando, influenciaram os estudos de práticas para reutilização de águas residuárias, de acordo com objetivos voltados para sustentabilidade e controle de poluição em corpos hídricos. Novas técnicas de reuso evidenciam benefício para a problemática da oferta hídrica, satisfação de demandas excessiva, desenvolvimento econômico e melhor qualidade de vida. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos, através de análises semanais, durante um período de nove meses, elaborar uma proposta de tratamento do efluente tratado visando melhorar sua qualidade para reutilização e aplicação. Com análise dos resultados, concluiu-se que a reutilização do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto Salto do Guimarães é possível, porém para a aplicação na lavagem dos veículos não é viável, comparando o custo com coagulante (produto químico), com o custo para a lavagem da frota. Levantou-se também o custo com a dosagem de cloro (hipoclorito de sódio) no tratamento terciário da estação, o levantamento da dosagem ideal, para o cumprimento das legislações vigentes. Porém, serão necessários levantamentos de custo com a implantação física e o dimensionamento para o tratamento.

**Palavras-chave:** reutilização, efluente tratado, tratamento.



## ABSTRACT

The water shortages that several Brazilian states are experiencing, influenced the study of practices for reuse of wastewater, according to targeted objectives for sustainability and pollution control in water bodies. New recycling techniques show benefit to the problem of water supply, satisfaction of excessive demands, economic development and better quality of life. Thus, this study aims to evaluate the physical and chemical parameters, through weekly tests over a period of nine months, prepare a proposal for treatment of the treated effluent to improve their quality for reuse and application. With analysis of the results, it was concluded that the reuse of treated effluent from the Sewage Treatment Salto do Guimarães is possible, but for use in the washing of vehicles is not feasible, comparing the cost with coagulant (Chemical), with the cost for washing fleet. It also raised the cost of the chlorine dosing (sodium hypochlorite) in the tertiary treatment station, lifting the ideal dosage to compliance with existing legislation. However, it will take charge of surveys with the physical layout and dimensioning for the treatment.

**Keywords:** reuse treated effluent treatment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Distribuição do consumo de água. ....	15
Figura 2. Percentual de vazão de retirada para diferentes usos no país. ....	16
Figura 3. Balanço Hídrico no Estado de São Paulo. ....	18
Figura 4. pHmetro Thermo Scientific Orion, utilizado na análise de pH. ....	31
Figura 5. Turbidímetro 2100Q – HACH, utilizado na análise de turbidez. ....	33
Figura 6. Espectrofotômetro DR 3900 – HACH, utilizado nas análises da série de nitrogênio e fosfato. ....	34
Figura 7. Medidor Multiparâmetros, utilizado para análise de Oxigênio Dissolvido. ...	41
Figura 8. Ensaio de tratabilidade do efluente da ETE Salto do Guimarães com as etapas coagulação, floculação e sedimentação. ....	43
Figura 9. Entrada do afluente bruto da ETE Salto do Guimarães. ....	46
Figura 10. Grade mecanizada no tratamento preliminar da ETE Salto do Guimarães. ....	46
Figura 11. Vista superior dos Reatores de lodos ativados por batelada sequencial alternada da ETE Salto do Guimarães. ....	47
Figura 12. Tanque de dosagem de polímero usado na desidratação do lodo no final do tratamento da ETE Salto do Guimarães. ....	47
Figura 13. Centrifugas usadas na desidratação do lodo obtido do tratamento da ETE Salto do Guimarães. ....	48
Figura 14. Lodo desidratado no final do tratamento da ETE Salto do Guimarães. ....	48
Figura 15. Desarenadores do lodo no final do tratamento da ETE Salto do Guimarães. ....	49
Figura 16. Tanque de contato com chicanas na saída do efluente tratado da ETE Salto do Guimarães. ....	49
Figura 17. Calha Parshall na saída do tratamento da ETE Salto do Guimarães. ....	50
Figura 18. Grades metálicas antigas usadas no tratamento preliminar da ETE Salto do Guimarães. ....	51
Figura 19. Novas grades em PRFV usadas no tratamento preliminar da ETE Salto do Guimarães. ....	52
Figura 20. Vista da caixa das compotas e do tanque de contato no final do tratamento da ETE Salto do Guimarães. ....	52

Figura 21. Vista da caixa das compotas e do tanque de contato da ETE Salto do Guimarães.....	53
Figura 22. Tanques de fibra para recebimento dos efluentes na entrada do tratamento da ETE Salto do Guimarães de volume igual a 20000L.....	54
Figura 23. Vista geral da disposição dos tanques na entrada do tratamento da ETE Salto do Guimarães.....	54
Figura 24. Implantação de nova infra - estrutura do sistema de automação da ETE Salto do Guimarães.....	55
Figura 25. Nova infra - estrutura para passagem dos novos cabos do sistema de automação da ETE Salto do Guimarães. ....	55
Figura 26. Tratamento preliminar sem cobertura da ETE Salto do Guimarães. ....	56
Figura 27. Sistema de cobertura do tratamento preliminar da ETE Salto do Guimarães.....	56
Figura 28. Implantação dos tubos de sucção dos gases.....	57
Figura 29. Vista do filtro de carvão ativado. ....	57
Figura 30. Limpeza do tanque (RBSA) da ETE Salto do Guimarães para montagem da malha.....	58
Figura 31. Malha difusora recuperada do tanque (RBSA) da ETE Salto do Guimarães.....	58
Figura 32. Tanque (RBSA) da ETE Salto do Guimarães com os novos módulos lamelares.....	59
Figura 33. Vista dos tubos coletores inox presentes no tanque (RBSA) da ETE Salto do Guimarães.....	59
Figura 34. Vista do supervisório (Operação ETE).....	60
Figura 35. Vista do supervisório (Operação EEE Bombeiro). ....	60
Figura 36. Painel com fotocélula para acionamento de iluminação.....	61
Figura 37. Área ampliada em utilização do Laboratório de Controle de Qualidade de Esgoto. ....	62
Figura 38. Vista da área ampliada do Laboratório de Controle de Qualidade de Esgoto. ....	62
Figura 39. Coleta da entrada da ETE Salto do Guimarães. ....	63
Figura 40. Coleta da saída da ETE Salto Guimarães.I.....	63
Figura 41. Determinação de volume do cloreto férrico.....	70

Figura 42. Determinação da concentração do cloreto férrico.....	71
Figura 43. Gráfico de determinação da concentração de PAC. ....	71
Figura 44. Gráfico da determinação do volume de PAC. ....	72
Figura 45. Gerador de Cloro.....	76
Figura 46. Proposta de caminhão para ser utilizado na concessionária, sendo o Caminhão Pipa.....	77
Figura 47. Tanque para coagulante PAC. ....	80
Figura 48. Decantadores. ....	87
Figura 49. Gráfico dos resultados das análises compostas do parâmetro de pH....	105
Figura 50. Gráfico dos resultados das análises compostas do parâmetro de DQO. ....	106
Figura 51. Gráfico dos resultados das análises compostas do parâmetro de DBO.	107
Figura 52. Gráfico dos resultados dos cálculos de eficiência da remoção da matéria orgânica (Ef.R.M.). ....	108
Figura 53. Fluxograma do ensaio em Jar Test das etapas de coagulação, floculação e sedimentação. ....	109
Figura 54. Formulário de cadeia de custódia uso no laboratório da ETE Salto do Guimarães.....	110

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Disponibilidade hídrica potencial no Brasil. ....	16
Tabela 2. Produção hídrica superficial dentro do território do Estado de São Paulo. ....	19
Tabela 3. Variáveis de água de reuso com base em normas internacionais. ....	26
Tabela 4. Parâmetros do artigo 11 do Decreto 8468/76. ....	29
Tabela 5. Parâmetros do artigo 18 do Decreto 8468/76. ....	30
Tabela 6. Primeira análise do art. 11 do Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976. .....	65
Tabela 7. Primeira análise do art. 18 do Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976. .....	66
Tabela 8. Segunda análise do art. 11 do Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976. .....	67
Tabela 9. Segunda análise do art. 18 do Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976. .....	68
Tabela 10. Ensaio com coagulante cloreto férrico. ....	69
Tabela 11. Ensaio com o coagulante policloreto de alumínio. ....	69
Tabela 12. Potencial econômico para o coagulante. ....	74
Tabela 13. Ensaio de desinfecção com hipoclorito de sódio. ....	75
Tabela 14. Lista de veículos da frota da empresa. ....	78
Tabela 15. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de janeiro 2015. ....	93
Tabela 16. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de fevereiro 2015. ....	94
Tabela 17. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de março 2015. ....	95
Tabela 18. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de abril 2015. ....	96
Tabela 19. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de maio 2015. ....	97
Tabela 20. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de junho 2015. ....	98
Tabela 21. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de julho 2015. ....	99

Tabela 22. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de agosto 2015.....	100
Tabela 23. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de setembro 2015. ....	101
Tabela 24. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de outubro 2015. ....	102
Tabela 25. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de novembro 2015. ....	103
Tabela 26. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de dezembro 2015. ....	104

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Característica da qualidade da água conforme o uso. ....	24
Quadro 2. Classificação da água por tipo e classes.....	25
Quadro 3. Parâmetros máximos para reuso de água para diferentes usos. ....	27
Quadro 4. Procedimentos utilizados para as coletas de afluente bruto e efluente tratado da ETE Salto do Guimarães.....	110

## LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

A - Largura

ai - Distância da parede e primeira chicana

af- Distância entre a última chicana e a parede

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA- Agência Nacional das Águas

°C- Graus Celsius

céls/mL- células por mililitro

Cpac - Carga de PAC

cP - Centipoise

Cetesb- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DAEE- Departamento de Água e Energia Elétrica

DBO- Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO- Demanda Química de Oxigênio

De - Diâmetro da hélice

Dt - Diâmetro do tanque

ETA- Estação de Tratamento de Água

ETE- Estação de Tratamento de Esgotos

FISPQ- Ficha de segurança de produtos químicos

g - Gravidade

g/cm<sup>3</sup> - Grama por centímetro cúbico

g/m<sup>3</sup> - Grama por metro cúbico

H - Altura total

H - Borda Livre

ha - altura da borda livre

hi - Altura do cone

hu - Altura útil

HP - Unidade de potência

IAP- Índice de Qualidade das Águas Brutas

ISO- Organização Internacional para Padronização

Kg- Quilograma



Kg/d - Quilograma por dia

Kg/m- Quilograma por metro

Kg/m.s- Quilograma por metro vezes segundo

Kg/mês- Quilograma por mês

L- comprimento

L - Litros

LI - Altura do lodo

Lp - Percurso da água

m - metro

m<sup>3</sup>/d - metro cúbico por dia

mg/L- miligrama por litro

mL- mililitro

m/s - metro por segundo

NBR- Normas Brasileiras

Nc - Número total de câmaras

NTU- Unidades Nefelométricas de turbidez

PAC - Policloreto de Alumínio

pH- Potencial Hidrogeniônico

Pc - Potência crítica

Po - Potência

Q - Vazão

QLP - Vazão média de longo período.

Q<sub>7,10</sub> - Vazão mínima anual média de 7 dias consecutivos e 10 anos de período de retorno.

Q<sub>95%</sub> - Vazão mínima de 95% de permanência no tempo.

Qt - Vazão do tanque

RBSA - Reator batelada sequencial

Re - Número de Reynolds

S - Secções de Chicanas

Sabesp- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

ST- Sólidos totais

STF Sólidos totais fixos

STV- Sólidos totais voláteis

SST- Sólidos suspensos totais  
SSF- Sólidos suspensos fixos  
SSV- Sólidos suspensos voláteis  
SDT- Sólidos dissolvidos totais  
SDF Sólidos dissolvidos fixos  
SDV- Sólidos dissolvidos voláteis  
UGRHI- Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos  
Sd - Área superficial do decantador  
Singreh- Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos  
PAC- Policloreto de alumínio  
v - velocidade superficial  
vi - velocidade inicial  
vf - velocidade final  
vm - velocidade média  
V.M.P - Valor máximo permitido  
VS- Velocidade de sedimentação  
rpm- Rotação por minuto  
rps- Rotação por segundo  
R\$/mês- Reais por mês  
T - Tempo de permanência de floculação  
Tdh - Tempo de detenção hidráulica  
THMs- Trihalometanos  
UFC/mL- Unidade formadora de colônias em 1mL  
% - Porcentagem  
 $\rho$  - Densidade  
 $\pi$  - Pi  
 $\eta$  - Rotação  
 $\varepsilon$  - Coeficiente de potência  
 $\mu$  - Viscosidade

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS .....	ii
EPÍGRAFE .....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT .....	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	vi
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE QUADROS .....	xi
LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xii
1 INTRODUÇÃO .....	12
2 OBJETIVOS .....	14
2.1 Objetivo Geral .....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3 REVISÃO DA LITERATURA .....	15
3.1 Disponibilidade Hídrica .....	15
3.2 Disponibilidade de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo .....	18
3.3 Reutilização do efluente tratado doméstico .....	20
3.4 Leis Ambientais.....	22
3.5 Qualidade e Atividade para uso da água não potável.....	24
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ETE SALTO DO GUIMARÃES.....	28
4.2 CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, ATRAVÉS DE ANÁLISES COMPOSTA SEMANAL E PONTUAL SEMESTRAL ..	28
4.2.1 Análise Pontual Semestral.....	28
4.2.2 Análises Semanais .....	30

4.3 ELABORAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE TRATAMENTO DO EFLUENTE TRATADO VISANDO MELHORAR SUA QUALIDADE PARA SUA REUTILIZAÇÃO .....	41
4.3.1 Primeira Etapa .....	42
4.3.2 Segunda Etapa .....	43
4.3.3 Coagulante .....	44
4.3.4 Hipoclorito de sódio .....	44
4.4 ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE APLICAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO NO MUNICÍPIO DE VOTORANTIM.....	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1 Caracterização da ETE Salto do Guimarães .....	45
5.1.1 Melhorias realizadas na estação de tratamento de esgoto Salto do Guimarães. ....	50
5.2 CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PARAMETROS FÍSICO – QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO AFLUENTE E EFLUENTE TRATADO DA ETE .	62
5.3 Elaboração de uma proposta de tratamento do efluente tratado .....	69
5.3.1 Ensaio de coagulação, floculação e sedimentação para o efluente tratado .....	69
5.3.2 Ensaio de Desinfecção do Efluente Tratado.....	74
5.4 ELABORAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO NO MUNICÍPIO DE VOTORANTIM.....	76
5.4.1 Viabilidade economia do sistema de reuso.....	79
6 CONCLUSÕES .....	88
REFERÊNCIAS.....	90
APÊNDICE A.....	92
APÊNDICE B.....	109
APÊNDICE C .....	110

# 1 INTRODUÇÃO

Os problemas de escassez de água vivenciados na atualidade conduzem a necessidade do desenvolvimento de estratégias que possibilitem aprimorar o estágio de desenvolvimento evidenciada na situação atual. Uma das formas de contribuir para minimização dos problemas de escassez de água envolve a utilização do conceito de desenvolvimento sustentável, que consiste na otimização dos recursos naturais para o desenvolvimento das diversas atividades humanas (MIERZWA,2002).

Na busca do desenvolvimento de atividades que estejam de acordo com os objetivos da sustentabilidade, nas quais estas devem ser economicamente viáveis, ecologicamente corretas e socialmente justas, é necessário considerar a prática do reuso de águas como uma das boas opções para a problemática da oferta hídrica, além de ser considerado como uma medida de controle da poluição, pois, com a adoção de tal prática evita-se o lançamento de esgotos nos corpos de água (MOTA, 2008).

O fenômeno da escassez não é, entretanto, atributo exclusivo das regiões áridas e semi-áridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para satisfazer demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. A bacia Alto Tietê, que abriga uma população superior a 15 milhões de habitantes e um dos maiores complexos industriais do mundo, dispõe, pela sua condição característica de manancial de cabeceira, vazões insuficientes para a demanda da Região Metropolitana de São Paulo e municípios circunvizinhos. Esta condição, tem levado à busca incessante de recursos hídricos complementares de bacias vizinhas, que trazem, como consequência direta, aumentos consideráveis de custo, além dos evidentes problemas legais e político-institucionais associados. Esta prática tende a se tornar cada vez mais restritiva, face à conscientização popular, arregimentação de entidades de classe e ao desenvolvimento institucional dos comitês de bacias afetadas pela perda de recursos hídricos valiosos (HESPANHOL, 2002).

Com o crescente aumento da população humana, eleva-se cada vez mais a pressão sobre os recursos hídricos. Isso ocorre tanto do ponto de vista da captação de volumes, cada vez maior para o consumo humano, direto, como para abastecer as diversas atividades que dão sustentação ao padrão de consumo da sociedade, como nas atividades industriais e nas atividades agrícolas, sendo esta última responsável pelo consumo de aproximadamente 70% de toda a água disponível no planeta (TELLES, 2011).

Nessas condições, o conceito de “substituição de fontes”, se mostra como a alternativa mais plausível para satisfazer as demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como abastecimento doméstico. Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas (United Nations, 1958), estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior.”

As águas de qualidade inferior, tais como esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes, se constituem hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água (HESPANHOL, 2002).

Dessa forma o uso de efluente doméstico pode ser considerado uma ferramenta para a gestão dos recursos hídricos (EMANUEL, 2011). Assim, o objeto do presente trabalho constitui avaliar o potencial de reuso do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto situada no município de Votorantim como alternativa de fonte para uso em algumas atividades que demandam água.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar estudo de viabilidade da reutilização do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Salto do Guimarães situada no município de Votorantim/SP.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

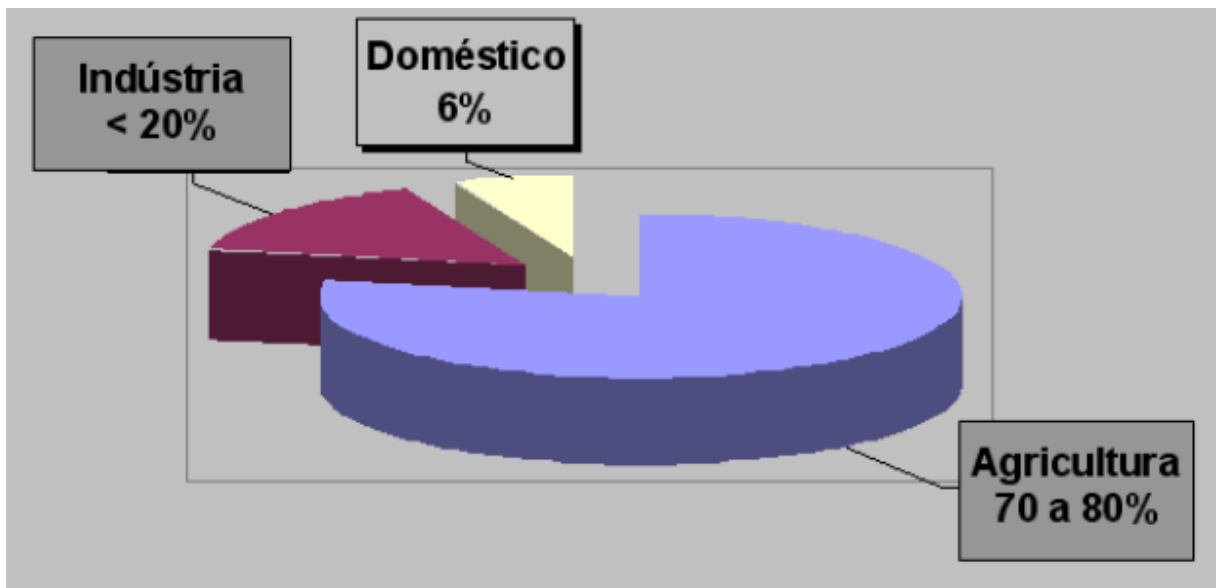
- Caracterizar a infra-estrutura ETE Salto do Guimarães;
- Caracterizar e avaliar os parâmetros físico-químicos do efluente tratado, através de análises composta semanal e pontual semestral;
- Elaborar uma proposta de tratamento terciário do efluente tratado visando melhorar sua qualidade para sua reutilização;
- Elaborar propostas de aplicação do efluente tratado no município de Votorantim em atividades que demandam água.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Sabe-se que, apesar da disponibilidade de água doce para consumo e aplicações industriais permanecer estável, o consumo se expande em níveis consideráveis. A Agenda 21 aborda o rápido crescimento da demanda de água com seu uso distribuído em 70 a 80% para a irrigação na agricultura, menos de 20% para a indústria e apenas 6% destinados ao consumo humano (SVERZUT,2010), conforme é apresentado na Figura 1.

Figura 1. Distribuição do consumo de água.

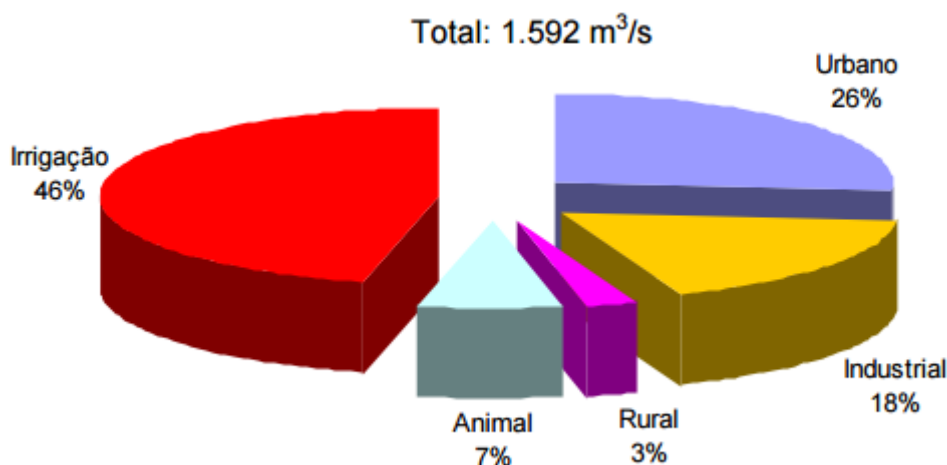


Fonte: SVERZUT, 2010.

De acordo coma ANA - Agência Nacional de água, cerca de 46% das vazões de retirada no país são destinadas à irrigação, sendo que 26% são destinados para abastecimento urbano, 18% para indústria, 7% para animal e apenas 3% para abastecimento rural, como mostra a Figura 2.



Figura 2. Percentual de vazão de retirada para diferentes usos no país.



Fonte: Caderno de Recursos Hídricos ANA, volume 2.

Poderia ser afirmado que o país apresenta uma situação muito confortável com relação à disponibilidade de recursos hídricos e que a probabilidade do surgimento de qualquer conflito com relação ao uso da água seria muito remota. No entanto, no Brasil, como em qualquer outra região do Planeta, existem regiões críticas onde o problema de escassez hídrica é bastante acentuado, seja esta escassez relacionada às condições climáticas desfavoráveis, ou então, devido à grande concentração populacional em áreas urbanas, onde são desenvolvidos os mais variados tipos de atividades (MIERZWA E HESPANHOL, 2005), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Disponibilidade hídrica potencial no Brasil.

Estado	População (habitantes)	Demanda Total (m <sup>3</sup> /ano.Habitantes)	Disponibilidade Específica de Água (m <sup>3</sup> /ano.Habitantes)
Acre	483.374	144	351.977
Amapá	361.831	148	318.994
Amazonas	2.506.044	177	1.673.669
Pará	6.264.869	161	159.465
Rondônia	1.649.353	151	427.108
Roraima	340.734	194	500.989
Tocantins	1.016.879	673	120.887
<b>Região Norte</b>	<b>12.623.084</b>	<b>204</b>	<b>513.102</b>

Continua...

Tabela 1. Disponibilidade hídrica potencial no Brasil (continuação).

Estado	População (habitantes)	Demanda Total (m3/ano.Habitantes)	Disponibilidade Específica de Água (m3/ano.Habitantes)
Alagoas	2.796.375	227	1.579
Bahia	13.114.736	308	2.748
Ceará	6.915.342	363	2.239
Maranhão	5.418.080	153	15.622
Paraíba	3.415.886	288	1.348
Pernambuco	7.616.477	332	1.234
Piauí	2.810.968	404	8.818
Rio Grande do Norte	2.691.619	326	1.593
Sergipe	1.684.620	307	1.593
<b>Região Nordeste</b>	<b>46.464.103</b>	<b>302</b>	<b>4.009</b>
Espírito Santo	2.911.399	613	5.979
Minas Gerais	16.931.099	418	11.483
Rio de Janeiro	13.522.553	461	2.169
São Paulo	35.035.219	421	2.621
<b>Região Sudeste</b>	<b>68.400.270</b>	<b>436</b>	<b>4.868</b>
Paraná	8.838.903	288	13.247
Santa Catarina	5.022.885	492	12.720
Rio Grande do Sul	9.826.970	1.216	19.929
<b>Região Sul</b>	<b>23.688.758</b>	<b>716</b>	<b>15.907</b>
Distrito Federal	1.836.866	204	1.528
Goiás	4.428.021	293	36.308
Mato Grosso	2.623.374	373	198.938
Mato Grosso do Sul	2.002.684	499	34.769
Região Centro - Oeste	10.890.945	355	69.477
<b>BRASIL</b>	<b>162.067.160</b>	<b>414</b>	<b>50.162</b>

Fontes: Adaptado de MIERZWA E HESPANHOL, 2005.

Como pode ser observado pelos dados apresentados na Tabela 1, existe uma grande variação na disponibilidade específica de água entre os diversos estados que compõem o território brasileiro, constatando-se que a região mais crítica é a região nordeste, seguida pela região sudeste. Deve-se observar que, o que leva estas duas regiões a apresentarem a menor disponibilidade específica de água são distintas. Na região nordeste o fator preponderante refere-se ao próprio potencial hídrico, principalmente em função das condições climáticas da região, enquanto na região sudeste o principal fator refere-se ao número de pessoas que devem ser atendidas, ou seja, demanda excessiva (MIERZWA E HESPANHOL, 2005).

### 3.2 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

A Figura 3 demonstra o esquema do balanço hídrico dentro do território do estado de São Paulo que visa os aspectos quantitativos para as águas superficiais.

Figura 3. Balanço Hídrico no Estado de São Paulo.



Fonte: DAEE -SP (<http://www.dae.sp.gov.br/>). Acesso em: 22/07/2015.

O escoamento total (soma dos escoamentos superficial e básico) de 3.120 m³/s representa 29% da precipitação pluviométrica, sendo o máximo potencial teoricamente possível de ser explorado; entretanto, por razões de ordem econômica esse potencial se reduz na prática a cerca de 70% dessa vazão, segundo dados do DAEE-SP.

Na Tabela 2 tem-se a produção hídrica superficial, dentro do território de cada UGRH, caracterizada pela vazão média de longo período QLP e pelas vazões mínimas Q<sub>7,10</sub> e Q<sub>95%</sub>, segundo dados do DAEE-SP.

Tabela 2. Produção hídrica superficial dentro do território do Estado de São Paulo.

Unidade de Gerenciamento (UGRHI)	Área (km <sup>2</sup> )	Escoamento (1)(QLP), m <sup>3</sup> /s	Vazões Mínimas (m <sup>3</sup> /s)	
			Q <sub>7,10</sub> <sup>(2)</sup>	Q <sub>95%</sub> <sup>(3)</sup>
01 - Mantiqueira	675	22	7	10
02- Paraíba do Sul	14.444	216	72	93
03- Litoral Norte	1.948	107	27	39
04- Pardo	8.993	139	30	44
05- Piracicaba / Capivari/ Jundiá	14.178	172	43	65
06- Alto Tietê	5.868	84	20	31
07- Baixada Santista	2.818	155	38	58
08- Sapucaí / Grande	9.125	146	28	46
09- Mogi - Guaçu	15.004	199	48	72
10- Tietê / Sorocaba	11.829	107	22	39
11- Ribeira de Iguape/ Litoral Sul	17.068	526	162	229
12- Baixo PARDO / Grande	7.249	87	21	31
13- Tietê / Jacaré	11.749	97	40	50
14- Alto Paranapanema	22.689	255	84	114
15- Turvo / Grande	15.925	121	26	39
16- Tietê / Batalha	13.149	98	31	40
17- Médio Paranapanema	16.749	155	65	82
18- São José dos Dourados	6.783	51	12	16
19- Baixo Tietê	15.588	113	27	36
20- Aguapeí	13.196	97	28	41
21- Peixe	10.769	82	29	38
22- Pontal do Paranapanema	12.395	92	34	47
<b>Estado de São Paulo</b>	<b>248.191</b>	<b>3.121</b>	<b>894</b>	<b>1.260</b>
(1) Escoamento total estimado em termos de vazão média de longo período.				
(2) Vazão mínima média de 7 dias consecutivos e 10 anos de período de retorno.				
(3) Vazão mínima de 95% de permanência no tempo.				

Fonte: DAEE -SP (<http://www.daee.sp.gov.br/>). Acesso em: 22/07/2015.

Segundo dados do DAEE-SP, a vazão média (Q<sub>LP</sub>), é considerando somente a produção hídrica dentro dos limites do Estado, que alcança um valor em torno de 3.120m<sup>3</sup>/s, contudo, ao se agregarem as vazões produzidas fora do Estado de São Paulo, mas que afluem ao território paulista, tem-se um total de aproximadamente 9.800m<sup>3</sup>/s. Nem todo esse acréscimo de vazão é aproveitado no Estado, seja por falta de viabilidade econômica, seja por motivos legais (alguns rios servem de divisa interestadual, portanto há necessidade de compartilhar as disponibilidades hídricas com o Estado limítrofe). Cabe ressaltar que alguns rios interestaduais, como os rios Sapucaí, Pardo, Mogi - Guaçu, Piracicaba e Ribeira de Iguape, fluem pelo território

paulista e os recursos hídricos são provenientes da parte dessas bacias situadas fora das divisas estaduais têm, em alguns casos, peso considerável no atendimento das demandas hídricas de importantes regiões do Estado.

Os órgãos DAEE e CETESB elaboraram um diagnóstico contendo recomendações com vistas à qualidade sanitária e ambiental dos recursos hídricos no Estado de São Paulo para cada UGRHI (Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos), sendo este relatório denominado “Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2003” da CETESB. Assim, como o município de Votorantim está inserido na UGRHI 10, tem-se o seguinte diagnóstico:

- UGRHI 10: Pode-se verificar que um dos principais problemas do reservatório de Barra Bonita consiste na eutrofização de suas águas. Na água, o excesso de nutrientes é um dos motivos que favorece o crescimento acelerado de algas. Os baixos valores de IAP observados na captação de Cerquilho, relacionados com o potencial de formação de THMs, sugerem às empresas de saneamento atenção especial no processo de tratamento de água bruta, bem como adotar medidas de proteção dos mananciais. Como os valores do número de células de cianobactérias ultrapassaram 10.000 céls/ml em todos os meses de amostragem, na água bruta do reservatório Itupararanga, recomenda-se cuidados especiais no tratamento realizado pelas empresas de saneamento, bem como o monitoramento de cianotoxinas na água tratada.

Com esse diagnóstico, verifica-se que uma das principais causas de estresse e problema hídrico na maioria das UGRHIs do Estado de São Paulo é o esgoto doméstico lançado nos corpos d'água sem tratamento adequado gerando assim um cenário para estudo sobre como reutilizá-lo e aplicá-lo.

### 3.3 REUTILIZAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO DOMÉSTICO

Os processos de reuso de água é uma forma de enfrentar o problema de escassez de água, por ser um processo com tecnologia conhecida e adequado para utilização, trazendo resultados positivos tanto para o meio ambiente como para a economia.

A reutilização ou o reuso de água ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos, devido à grande necessidade de se manter o pouco de água potável disponível.

Águas residuárias são as descartadas resultantes da utilização em vários processos, como por exemplo, proveniente de banhos, da cozinha, de lavagem de pavimentos domésticos, resultantes de processos de fabricação na indústria, etc.

O reuso de efluentes pode ocorrer em fins potáveis e não potáveis. O reuso potável incorre em altos custos e riscos à saúde pública e sua prática fica condicionada a situações de extrema escassez. O reuso em fins não – potáveis pode ocorrer nas seguintes atividades: agricultura, recreacional, industrial, aquicultura, paisagismo, recarga de aquíferos e manutenção de vazão dos cursos d'água (GIORDANI, SANTOS, 2003).

A reutilização de água pode ser direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não.

O reuso indireto não planejado da água ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, estando sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico como diluição e autodepuração (MINOWA, etal. 2007).

O reuso indireto planejado da água é quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas que pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho (MINOWA, etal. 2007).

O reuso direto planejado das águas ocorre quando os efluentes, após tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação (MINOWA, etal. 2007).

Na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação, a região da MENA (países da Argélia, Bahrein, Chipre, Egito, Irã, Iraque, Jordânia, Kuwait, Líbano, Líbia, Marrocos e Saara Ocidental, Omã, Autoridades Palestina, Qatar, Arábi), que abriga 300 milhões de habitantes possuindo apenas 1% do estoque anual de água renovável do planeta, incluí o esgoto como parte do orçamento de investimento anual em água, utiliza o uso de esgoto tratado e não

tratado em conservação paisagística e na agricultura (SANTOS E MANCUSO, 2003).

No Brasil, a Sabesp desenvolve ações e tecnologias com vista a ampliar o reuso de efluentes gerados a partir do tratamento de esgotos para fins não potáveis.

A Aquapolo é o maior empreendimento para produção de água de reuso industrial, ele fornece 650L/s de água de reuso para o Polo Petroquímico da Região do ABC Paulista.

A Estação de Tratamento do município de São José do Rio Preto possui uma ETA de serviço, que uma pequena parte do seu efluente final é bombeado ao tanque de pós - aeração, após um processo de filtração, para o reservatório elevado situado na entrada da ETE, esta água, não é potável, mas pode ser aproveitada como água para várias necessidades da ETE, tais como, lavagem das estruturas, das ruas e irrigação dos gramados e plantas existentes na área da ETE, reduzindo o consumo de água. O projeto é para que seja produzido uma escala maior e fornecido também para as indústrias, num custo menor, que não necessitem de água potável.

Ao reutilizar efluentes domésticos evita-se sua disposição no meio ambiente deixando de contaminar rios e córregos, mitigando de sobremaneira a poluição hídrica (GIORDANI, SANTOS, 2003).

### 3.4 LEIS AMBIENTAIS

A legislação brasileira referente aos recursos hídricos, impulsionada pelas mudanças socioeconômicas, vem sofrendo modificações ao longo dos anos com o objetivo de disciplinar a utilização destes recursos e minimizar os conflitos pelo uso da água, principalmente aonde esses recursos são mais escassos. A Lei Federal no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SINGREH. Nesta lei já se encontram integrados alguns conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável, uso racional dos recursos hídricos e reconhecimento dos recursos naturais como bens econômicos. Em 17 de julho de 2000, o Ministério do Meio Ambiente criou a Agência Nacional de Águas (ANA) através da Lei nº 9.984, para coordenar e apoiar o SINGREH (JÚNIOR,2010).

Para o tratamento e a disposição do efluente tratado de uma Estação de Tratamento de esgoto doméstico tem-se as seguintes Resoluções, Leis e Decretos:

- Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005;
- Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011;
- Lei Nº 997, de 31 de maio de 1976;
- Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976.
- ABNT - NBR 13969/97

Segundo o Decreto 8468/76, que regulamenta a Lei nº 997/76, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do Meio Ambiente, não podem ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade.

A Resolução nº 357/2005 que foi alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Considera que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseando nos princípios da função ecológica da propriedade, da preservação, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza, considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida.

A Norma Brasileira NBR 13969/97, dispõe sobre alternativas técnicas consideradas viáveis para proceder ao tratamento complementar e disposição final de efluente. Alternativas essas que possibilitam a adequação da qualidade do efluente para situações as mais diversas e exigentes possíveis.

Mediante as leis ambientais, têm-se a obrigatoriedade do controle do efluente bruto e tratado de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), através de um Plano de Automonitoramento.

Além disso, para o desenvolvimento de um programa de gerenciamento de águas e efluentes nas indústrias, a Lei Federal 9.433, em suas seções III e IV, trata das questões relacionadas a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos (seção III) e à cobrança pelo uso dos recursos hídricos (seção IV), em que aparece o



conceito do usuário pagador. A cobrança pelo uso da água é um instrumento da legislação para a sua racionalização e conservação, que tem reflexos na competitividade das empresas e viabilização de investimentos em projetos de reuso (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

### 3.5 QUALIDADE E ATIVIDADE PARA USO DA ÁGUA NÃO POTÁVEL

Para o reuso local de esgoto tratado e a utilização local para diversas finalidades, exceto para o consumo humano, têm-se que respeitar as mínimas exigências de controle de qualidade, conforme proposto pela Agência Nacional de Águas (2005), Quadro 1.

Quadro 1. Característica da qualidade da água conforme o uso.

<b>FINALIDADE / USO</b>	<b>EXIGÊNCIAS / QUALIDADE</b>
Exigências mínimas na qualidade de água não potável para atividades afins. Adaptado de ANA, 2005. Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos	Não deve apresentar odor desagradável; Não deve conter componentes que agridem as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas; Não deve ser abrasiva; Não deve manchar superfícies; Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para refrigeração e sistema de ar condicionado	Não deve apresentar odor desagradável; Não deve ser abrasiva; Não deve manchar superfícies; Não deve deteriorar máquinas; Não deve formar incrustações.
Água para lavagem de veículos	Não deve apresentar odor desagradável; Não deve ser abrasiva; Não deve manchar superfícies; Não deve sair ou substâncias remanescentes após secagem; Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para lavagem de roupa	Deve ser incolor; Não deve ser turva; Não deve apresentar odor desagradável; Deve ser livre de algas; Deve ser livre de partículas sólidas; Deve ser livre de metais; Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos; Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Continua...

Quadro 1: Característica da qualidade da água conforme o uso (continuação).

FINALIDADE / USO	EXIGÊNCIAS / QUALIDADE
Água para uso ornamental	Deve ser incolor; Não deve ser turva; Não deve apresentar odor desagradável; Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos; Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para uso em construção civil na preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo	Não deve apresentar odor desagradável; Não deve alterar as características de resistência dos materiais; Não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais; Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Fonte: Adaptado, de SVERZUT, 2010.

A Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e respectivas destinações conforme Quadro 2.

Quadro 2. Classificação da água por tipo e classes.

TIPO	CLASSES	DESTINAÇÃO
Águas Doces	<i>Classe Especial</i>	- Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; - Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; - À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
	<i>Classe 1</i>	- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; - À proteção das comunidades aquáticas; - À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; - À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; - À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
	<i>Classe 2</i>	- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; - À proteção das comunidades aquáticas; - À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº274, de 2000; - À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; - À aquicultura e à atividade de pesca.
	<i>Classe 3</i>	- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; - À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; - À pesca amadora; - À recreação de contato secundário; - À dessedentação de animais.
	<i>Classe 4</i>	- À navegação; - À harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado, de SVERZUT, 2010.

Segundo Morelli (2005), a Sabesp aborda as variáveis da qualidade da água para diversos tipos de usos, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Variáveis de água de reuso com base em normas internacionais.

Tipos de Usos	País/Orgão	CRT (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	Colif. Fecais (NMP/100mL)	Turbidez (uT)	pH	Helmintos (Ovo/L)	Estreptococ Fecais	Óleos e Graxas (mL/L)
1	Flórida	—	<20	<5	Nd em 75% das amostras	<2	—	—	—	—
	OMS	—	—	—	<1000	—	—	<1	—	—
	Espanha	—	<25	<35	<=200	<20	6 a 9	—	<=200	—
	México	—	<30	<30	<1000	—	—	<=5	—	<15
	<b>Sabesp (proposta)</b>	<b>&gt;2</b>	<b>&lt;30</b>	<b>&lt;30</b>	<b>&lt;200</b>	<b>&lt;15</b>	<b>6 a 9</b>	—	—	<b>&lt;15</b>
2	EPA (Sugerido)	—	<10	<5	Nd	<2	6 a 9	—	—	—
	Flórida	—	<20	<5	Nd 75% das amostras	<2	—	—	—	—
	OMS	—	—	—	<200	—	—	<1	—	—
	Espanha	—	<25	<35	<=200	<20	6 a 9	—	<=200	—
	México	—	<20	<20	<240	—	—	<=1	—	<15
	<b>Sabesp (proposta)</b>	<b>&gt;2</b>	<b>&lt;30</b>	<b>&lt;30</b>	<b>&lt;200</b>	<b>&lt;15</b>	<b>6 a 9</b>	—	—	<b>&lt;15</b>
"nd"=	<i>Não detectável</i>									
"/ "=	<i>Não faz nenhuma referência</i>									
1-	<i>Lavagem de pisos, pátios e logradouros;</i>									
	<i>Desobstrução de tubulações de águas pluviais e de esgotos;</i>									
	<i>Compactação de solos;</i>									
	<i>Controle de pó em vias públicas.</i>									
2-	<i>Lavagem de veículos</i>									

Fonte: Adaptado, de MORELLI, 2005.

A Sabesp estabelece valores máximos para os parâmetros de controle, para a avaliação da qualidade do efluente a ser reutilizado sendo eles: cloro residual (CRT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos suspensos totais (SST), coliformes fecais, turbidez, pH, helmintos, estreptococ e óleos e graxas, sendo associados ao tipo de aplicabilidade, como para opção 1, o uso em lavagem de pisos e pátios, desobstrução de águas pluviais e de esgotos, compactação de solos e para a opção 2 o uso para lavagem de veículos.

Conforme a Norma Técnica Brasileira NBR 13969/97, o esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água e na irrigação dos campos agrícolas e pastagens.

Os usos estabelecidos para a reutilização devem ser estimados e avaliados de acordo com o volume a ser tratado, as condições locais, o grau de tratamento necessário, o sistema de reservação e distribuição.

Quadro 3. Parâmetros máximos para reuso de água para diferentes usos.

Classe	Uso	Parâmetros	Limites
1	Lavagem de carro e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.	Turbidez	< 5 uT
		Colif. Fecais	< 200 NMP/100mL
		SDT	200 mg/L
		pH	6 e 8
		Cloro residual	0,5 a 1,5 mg/L
2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez	< 5 uT
		Colif. Fecais	< 500 NMP/100mL
		SDT	—
		pH	—
		Cloro residual	> 0,5 mg/L
3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários.	Turbidez	< 10 uT
		Colif. Fecais	< 500 NMP/100mL
		SDT	—
		pH	—
		Cloro residual	—
4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Turbidez	—
		Colif. Fecais	< 5000 NMP/100mL
		SDT	—
		pH	—
		Cloro residual	—
		OD	> 2 mg/L

Fonte: NBR 13969/97.

Segundo a NBR 13969/97, o tipo de reuso pode abranger desde a simples recirculação de água de enxágue da máquina de lavagem, com ou sem tratamento aos vasos sanitários, até uma remoção em alto nível de poluentes para lavagens de carros, para cada finalidade há um grau de tratamento necessário, com os valores máximos permitidos de parâmetros de controle da qualidade do efluente a ser reutilizado, como, turbidez, coliformes fecais, sólidos dissolvidos totais (SDT), pH, cloro residual e oxigênio dissolvido (OD), conforme apresentado no Quadro 3.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ETE SALTO DO GUIMARÃES**

Para realizar a caracterização da ETE Salto do Guimarães foram realizadas visitas no período de janeiro a dezembro de 2015, em campo visando identificar as unidades existentes que compõem o tratamento. Desta forma, foi realizado um relatório fotográfico de todas as etapas de tratamento existentes na ETE, sendo também realizada uma descrição destas unidades.

Também foi analisado o projeto executivo contratado pela Prefeitura Municipal de Votorantim existente na Concessionária Águas de Votorantim, autorizado pela mesma para análise da concepção do tratamento.

Durante os anos de 2014 e 2015 foram realizadas diversas melhorias na ETE Salto do Guimarães, sendo que tais melhorias foram levantadas em campo e descritas na caracterização.

Foram realizadas visitas junto a CETESB de Sorocaba visando levantar informações durante o processo de licenciamento de implantação e operação da ETE.

### **4.2 CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, ATRAVÉS DE ANÁLISES COMPOSTA SEMANAL E PONTUAL SEMESTRAL**

#### **4.2.1 Análise Pontual Semestral**

As análises semestrais foram realizadas nos dois semestres do ano de 2015, sendo a primeira semestral composta dos meses de janeiro a junho e a segunda semestral dos meses de julho a dezembro em laboratórios terceirizados, sendo Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade (situado no município de Sorocaba/SP) e Keller Ambiental (situado no município de Araraquara/SP), acreditado pela ISO 17025/05, para uma caracterização semestral do sistema e confirmação da qualidade do efluente, conforme os parâmetros presentes no Decreto nº8.468, de 8 de setembro de 1976.

Conforme o Decreto nº8.468, de 8 de setembro de 1976, foram realizadas as análises do art.11 para os pontos de Montante e Jusante da ETE Salto do Guimarães e o art.18 para os pontos de Entrada e Saída da ETE Salto do Guimarães, conforme apresentado nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Parâmetros do artigo 11 do Decreto 8468/76.

<b>Parâmetros do artigo 11 do Decreto nº: 8468/76</b>			
<b>Montante e Jusante das ETE</b>			
<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>V.M.P.</b>	<b>L.Q.</b>
pH à 25 °C	UpH	5,00 - 9,00	0,10 - 13,00
Temperatura	°C	< 40,00	0,100
Arsênio	mg/L	0,20	0,000
Bário	mg/L	5,00	0,070
Cádmio	mg/L	0,20	0,001
Cromo Hexavalente	mg/L	0,10	0,010
Cromo Total	mg/L	5,00	0,005
Cianeto	mg/L	0,20	0,002
Chumbo	mg/L	0,50	0,005
Cobre	mg/L	1,00	0,009
Estanho	mg/L	4,00	0,200
Ferro Solúvel	mg/L	15,00	0,030
Fenol	mg/L	0,50	0,002
Mercúrio	mg/L	0,01	0,000
Níquel	mg/L	2,00	0,005
Prata	mg/L	0,02	0,001
Selênio	mg/L	0,02	0,005
Zinco	mg/L	5,00	0,010
DQO	mg/L	-	25,000
DBO	mg/L	60,00	2,000
Óleos e Graxas	mg/L	100,00	10,000
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	1,00	1,000
Boro	mg/L	5,00	0,002
Manganês Solúvel	mg/L	1,00	0,010
Fluoreto	mg/L	10,00	0,500

Fonte: Adaptado, do Decreto nº:8468/76.

Tabela 5. Parâmetros do artigo 18 do Decreto 8468/76.

<b>Parâmetros do artigo 18 do Decreto nº: 8468/76</b>			
<b>Entrada e Saída das ETE</b>			
<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>V.M.P.</b>	<b>L.Q.</b>
pH à 25 °C	UpH	5,00 - 9,00	0,10 - 13,00
Temperatura	°C	< 40,00	0,100
Arsênio	mg/L	0,20	0,000
Bário	mg/L	5,00	0,070
Cádmio	mg/L	0,20	0,001
Cromo Hexavalente	mg/L	0,10	0,010
Cromo Total	mg/L	5,00	0,005
Cianeto	mg/L	0,20	0,002
Chumbo	mg/L	0,50	0,005
Cobre	mg/L	1,00	0,009
Estanho	mg/L	4,00	0,200
Ferro Solúvel	mg/L	15,00	0,030
Fenol	mg/L	0,50	0,002
Mercúrio	mg/L	0,01	0,000
Níquel	mg/L	2,00	0,005
Prata	mg/L	0,02	0,001
Selênio	mg/L	0,02	0,005
Zinco	mg/L	5,00	0,010
DQO	mg/L	-	25,000
DBO	mg/L	60,00	2,000
Óleos e Graxas	mg/L	100,00	10,000
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	1,00	1,000
Boro	mg/L	5,00	0,002
Manganês Solúvel	mg/L	1,00	0,010
Fluoreto	mg/L	10,00	0,500

Fonte: Adaptado, do Decreto nº:8468/76.

#### 4.2.2 Análises Semanais

Para as análises semanais foram usados os parâmetros de controle de Qualidade do Laboratório Analítico da ETE Salto do Guimarães.

As coletas foram executadas, conforme os procedimentos e cuidados apresentados no Anexo C, durante um período de vinte e quatro horas (um dia

inteiro de coleta), semanalmente durante o período de 9 meses. Assim, para composição da amostra composta foram coletadas amostras a cada uma hora durante o período de 24 horas consecutivas. As amostras foram coletadas tanto na entrada da ETE como na saída, obtendo desta forma a eficiência de operação do sistema.

Os parâmetros analisados foram, pH, temperatura, turbidez, cor real, cor aparente, resíduo sedimentável, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, fosfato, sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos fixos, sólidos suspensos voláteis, sólidos dissolvidos totais, sólidos dissolvidos fixos e sólidos dissolvidos voláteis.

#### 4.2.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

As medições do pH das amostras foram realizadas conforme método do Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. A sensibilidade do aparelho utilizado nos ensaios é igual a 0,01 unidades de pH, conforme apresentado na Figura 4. Para um melhor resultado, foi medido o pH imediatamente sem alterar as condições originais da amostra, como também a temperatura. A unidade do pH é expressa em unidades °C, sendo recomendado que seja acompanhada da temperatura em que foi medida.

Figura 4. pHmetro Thermo Scientific Orion, utilizado na análise de pH.



Fonte: Autor, 2015.



#### 4.2.2.2 Temperatura

O ensaio para medição de temperatura foi baseado no método do Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

A precisão do método é na faixa de 0,05 °C e a sensibilidade do termômetro/aparelho é igual a 0,1°C. Para um melhor resultado, foi medida a temperatura imediatamente, sem alterar as condições originais da amostra. A unidade da temperatura é expressa em °C. O método de determinação da temperatura é o de laboratório e de campo.

#### 4.2.2.3 Turbidez

O ensaio para medição de turbidez foi baseado no método do Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O método de determinação de turbidez foi o nefelométrico, sendo este aplicável a amostra de água de abastecimento e águas naturais.

A precisão do método deve ser na faixa de 0,02 NTU para amostras inferiores a 1 NTU e a metodologia detecta a presença de turbidez entre 0 e 999,00 NTU.

A sensibilidade do aparelho utilizado detecta diferenças de turbidez de 0,02 unidades em águas com turbidez menor que 1 unidade. Para um melhor resultado, foi medida a turbidez imediatamente, sem alterar as condições originais da amostra, como temperatura ou pH.

O método é baseado na comparação da intensidade da luz dispersa pela amostra em condições definidas, com a intensidade da luz dispersa por uma suspensão de padrão referência. Quanto maior a intensidade da luz dispersa, maior será a turbidez da amostra. A leitura da turbidez é feita em turbidímetro que consta de um nefelômetro e é expressa em unidades de turbidez (UNT), conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5. Turbidímetro 2100Q – HACH, utilizado na análise de turbidez.



Fonte: Autor, 2015.

#### 4.2.2.4 Cor

O ensaio para medição de cor foi baseado no método de cor aparente e verdadeiro Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

A cor foi determinada pelas médias de frequência dos pacotes de onda que suas moléculas constituintes refletem. Um objeto terá determinada cor se não absorver justamente os raios correspondentes à frequência daquela cor.

A leitura foi realizada no aparelho DR 3900 com o resultado expresso em  $U_T$ , conforme Figura 6.

#### 4.2.2.5 Resíduos sedimentáveis

O método utilizado foi o cone de Imhoff – usado na determinação de resíduos sedimentáveis a ser adotado nas atividades de controle da poluição da água. O resultado é expresso em ml/L. O método apresenta sensibilidade na faixa de 1 ml/L/hora.

O ensaio foi realizado conforme Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O método baseia-se na sedimentação dos resíduos em suspensão devido a influência da gravidade.

#### 4.2.2.6 Nitrogênio Amoniacal

O ensaio foi realizado conforme Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

A presença de nitrogênio amoniacal na água pode indicar uma possível poluição por despejo doméstico. O método é aplicável a amostra de águas de abastecimento, água salgada, águas residuárias e esgotos sanitários.

Nas concentrações de 0,050 e 0,500 mg/L, o desvio padrão relativo é de 34,6 % e 4,9 % e o erro relativo é de 7,2 % e 1,0 %, respectivamente. A metodologia apresenta sensibilidade na faixa de 0,01 a 0,500 mg/L.

O procedimento utilizado foi o método HACH, com os reagentes N'TubeAmVer, Salicilato de Amônia e Cianurato de Amônia. Com leitura realizada no DR 3900 e os resultados em mg/L NH<sub>3</sub>-N, conforme Figura 6.

Figura 6. Espectrofotômetro DR 3900 – HACH, utilizado nas análises da série de nitrogênio e fosfato.



Fonte: Autor, 2015.

#### 4.2.2.7 Nitrato

O ensaio foi realizado conforme Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O método é aplicável a amostra de água de abastecimento público, águas de superfície e subterrâneas, despejos industriais e esgotos sanitários, tratados ou não.

O reagente usado para análise de nitrato foi o Nitriver 5, método HACH, a leitura foi realizada no aparelho DR 3900 com o resultado expresso em mg/L, conforme Figura 6.

A metodologia detecta a presença de nitrato entre 0 e 0,1 mg/L.

#### 4.2.2.8 Nitrito

O ensaio foi realizado conforme Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O método é aplicável a amostra de água de abastecimento público, águas de superfície e subterrâneas, despejos industriais e esgotos sanitários, tratados ou não.

O reagente usado para análise de nitrito foi o Nitriver 3, método HACH, a leitura foi realizada no aparelho DR 3900 com o resultado expresso em mg/L, conforme Figura 6.

A metodologia detecta a presença de nitrito entre 0,01 e 0,10 mg/L.

#### 4.2.2.9 Sólidos Totais

O ensaio foi realizado conforme Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O método de determinação de sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos totais voláteis foi realizado pelo método gravimétrico, com resultado expresso em mg/L.

O método é aplicável a amostra de água de abastecimento público, águas de superfície e subterrâneas, despejos industriais e esgotos sanitários, tratados ou não.

Os procedimentos para realização dos ensaios foram:

- Tomar uma cápsula de porcelana limpa, estufa a 110° C por 30 minutos;
- Transferir para dessecador por 30 minutos;
- Pesar, obtendo-se  $P_1$  ;
- Pipetar 100 mL da amostra bem homogeneizada;
- Colocar na cápsula e secar em estufa a 110° C;
- Após secar, transferir para dessecador por no mínimo 30 minutos;
- Pesar, obtendo-se  $P_2$  ;
- Tomar a cápsula com resíduo obtido e levar á mufla a 550° C, por 30 minutos;
- Retirar a cápsula;
- Transferir para dessecador por 30 min;
- Pesar, obtendo-se  $P_3$  .

Para obtenção dos Sólidos Totais (ST), adotou-se a seguinte equação:

$$ST = \frac{(P_2 - P_1)}{S} \times 1.000.000$$

Equação 01

Para obtenção dos Sólidos Totais Fixos (STF) e Sólidos Totais Voláteis (STV), adotou-se as seguintes equações:

$$STF = \frac{(P_3 - P_1)}{S} \times 1.000.000$$

Equação 02

$S = \text{Volume de amostra}$

Sólidos Totais Voláteis:

$$STV = ST - STF$$

Equação 03

*ST = Sólidos totais*

*STF = Sólidos totais fixos*

*STV = Sólidos totais voláteis*

*Resultado será dado em mg/L.*

#### 4.2.2.10 Sólidos Suspensos Totais

O ensaio foi realizado conforme Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O método de determinação de sólidos suspensos totais, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis foi realizado pelo método de filtração.

O resultado é expresso em mg/L.

Os procedimentos utilizados foram:

- Colocar uma membrana de filtração, com o auxílio de uma pinça em uma cápsula de porcelana limpa;
- Colocar na estufa a 110° C por 30 minutos;
- Colocar no dessecador por 30 minutos;
- Pesar membrana, obtendo-se P<sub>1</sub>;
- Colocar a membrana de filtração no aparelho de filtração com a pinça e acoplar aparelho a bomba de vácuo;
- Medir o volume da amostra em uma proveta e filtrar até saturação da membrana;
- Transferir a membrana com material filtrado para a cápsula e levar a secar em estufa a 110°C;
- Esfriar no dessecador;
- Pesar, obtendo-se P<sub>2</sub>;
- Tomar a cápsula com membrana e levar á mufla a 550° C, por 30 minutos;
- Colocar no dessecador até esfriar completamente (normalmente 30 minutos);
- Pesar, obtendo-se P<sub>3</sub> em mg.

Para o cálculo dos Sólidos Suspensos Totais (SST) adotou-se a seguinte equação:

$$\text{SST} = \frac{(P_2 - P_1) \times 1.000.000}{S}$$

Equação 04

Para o cálculo dos Sólidos Suspensos Fixos (SSF) adotou-se a seguinte equação::

$$\text{SSF} = \frac{(P_3 - P_1) \times 1.000.000}{S}$$

Equação 05

*S = Volume de amostra*

Para o cálculo de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) adotou-se a seguinte equação:

$$\text{SSV} = \text{SST} - \text{SSF}$$

Equação 06

**Nota:** SST= Sólidos suspensos totais;

SSF= Sólidos suspensos fixos;

SSV= Sólidos suspensos voláteis;

Resultado será dado em mg/L.

#### 4.2.2.11 Sólidos Dissolvidos Totais

O ensaio foi realizado conforme Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O método é aplicável a amostra de água de abastecimento público, águas de superfície e subterrâneas, despejos industriais e esgotos sanitários, tratados ou não.

O resultado é determinado apenas por diferença entre série de sólidos totais, fixos e voláteis e série de sólidos suspensos totais, fixos e voláteis, expresso em mg/L.

Para o cálculo dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) adotou-se a seguinte equação:

$$\text{SDT} = \text{ST} - \text{SST}$$

Equação 07

Para o cálculo dos Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF) adotou-se a seguinte equação:

$$\text{SDF} = \text{STF} - \text{SSF}$$

Equação 08

Para o cálculo dos Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV) adotou-se a seguinte equação:

$$\text{SDV} = \text{SDT} - \text{SDF}$$

Equação 09

*SDT = Sólidos dissolvidos totais*

*SDF = Sólidos dissolvidos fixos*

*SDV = Sólidos dissolvidos voláteis*

*Resultado será dado em mg/L.*

#### 4.2.2.12 Nitrogênio Total

O ensaio foi realizado conforme Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O método é aplicável a amostra de águas de abastecimento, água salgada, águas residuárias e esgotos sanitários. O procedimento usado é o do método HACH, com os reagentes Total Nitrogen Perfulfate, Salicilato de Amônia e Cianurato de Amônia, com leitura realizada no DR 3900, conforme Figura 6.



#### 4.2.2.8 Fosfato

O ensaio foi realizado conforme Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O método é aplicável a amostra de água de abastecimento público, águas de superfície e subterrâneas, despejos industriais e esgotos sanitários, tratados ou não. O método adotado foi o da HACH, com o reagente para fosfato, Phosver, leitura no aparelho DR 3900 e os resultados expressos em mg/L, conforme Figura 6.

#### 4.2.2.14 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

O ensaio foi realizado conforme Standards Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 22th edition e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O procedimento para preparo da água de diluição foi a saturação com ar comprimido da água deionizada (aumento do OD), adicionando-se para cada litro de água deionizada, 1mL de solução tampão de fosfato, 1 mL de solução de sulfato de magnésio, 1 mL de solução de cloreto de cálcio e 1 mL de solução de cloreto férrico.

Em geral, para a determinação da concentração de OD, preenche-se dois ou mais frascos com a amostra para cada uma das diluições selecionadas, anotando-se a capacidade exata do frasco.

Determina-se a concentração de OD inicial (imediatamente após a preparação das amostras), com o uso do Oxímetro, para cada uma das diluições inclusive para a amostra que só contém água de diluição, conforme Figura 7.

Levam-se os frascos de DBO restantes para a incubadora 20° C por um período determinado (normalmente 5 dias), mede-se a concentração de OD residual em cada uma das amostras.

Figura 7. Medidor Multiparâmetros, utilizado para análise de Oxigênio Dissolvido.



Fonte: Autor, 2015.

Os produtos químicos utilizados para o ensaio, foram:

- Solução de Cloreto de Cálcio e de Cloreto Férrico;
- Solução tampão de Fosfato;
- Solução de Sulfato de magnésio;
- Solução de sulfato manganoso;
- Reagente alcalino de ázida sódica e iodeto;
- Ácido Sulfúrico concentrado p.a. ( $H_2SO_4$ );
- Solução de tiosulfato de sódio 0,025N.

#### 4.3 ELABORAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE TRATAMENTO DO EFLUENTE TRATADO VISANDO MELHORAR SUA QUALIDADE PARA SUA REUTILIZAÇÃO

Visando realizar um tratamento terciário na ETE em análise, tendo a intenção de melhorar a qualidade do efluente para reutilização em atividades que demandam

água, está sendo proposto no presente trabalho um tratamento físico-químico como tratamento terciário dos efluentes tratados da ETE Salto do Guimarães. Assim, foram realizados ensaios de Jarrest seguindo o procedimento descrito na sequência.

#### 4.3.1 Primeira Etapa

Para a realização do estudo de tratabilidade, utilizou-se de um Reator de Jarros tipo Jar Test com inversor de frequência para rotação.

O efluente tratado proveniente da ETE Salto do Guimarães foi caracterizado por um período de nove meses antes dos ensaios, conforme metodologia descrita no item anterior.

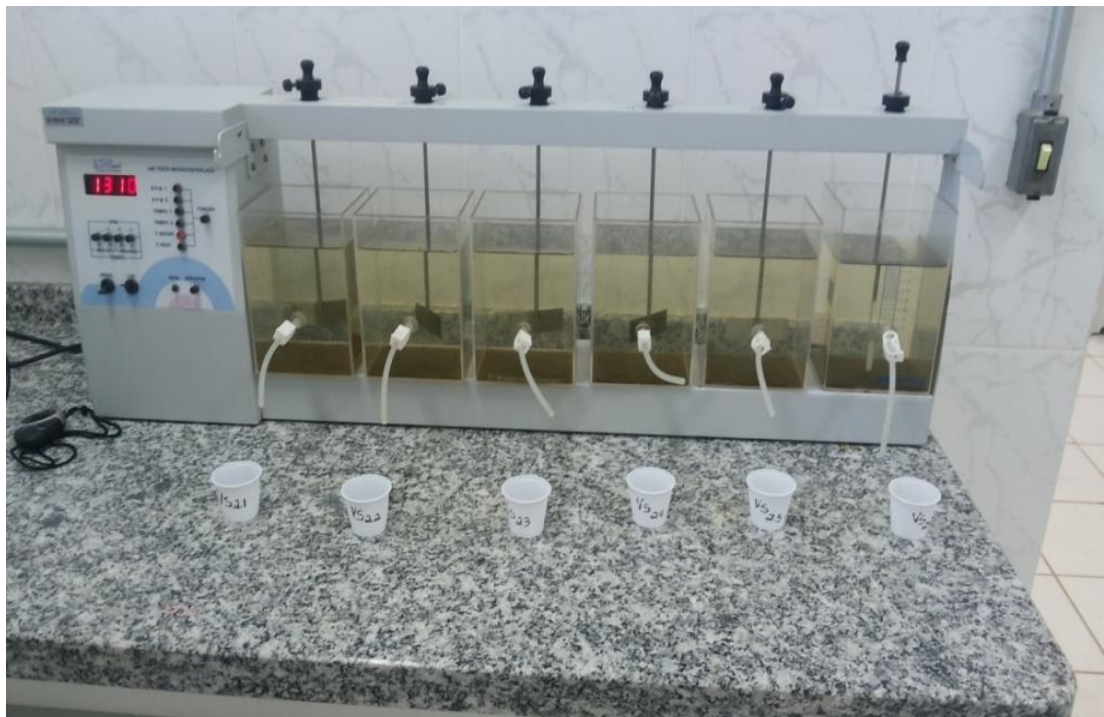
Utilizou - se os seguintes materiais para o estudo de tratabilidade:

- Jar Test;
- Cronômetro;
- Turbídímetro;
- Phmetro;
- Vidrarias Comuns.

Na realização do ensaio de coagulação e floculação, conforme Apêndice B, homogeneizou-se o efluente tratado em um reservatório, logo, retirou-se alíquotas com auxílio de um béquer e distribuiu-se frações em cada um dos 6 jarros existentes no JarTest, garantindo a homogeneidade até atingir o volume de 2 Litros por jarro. Simultaneamente, as dosagens iniciais de coagulante, foram calculadas para determinação da quantidade necessária a ser usada. Como coagulante foi utilizado o Cloreto Férrico e Policloreto de Alumínio. Adicionou-se o coagulante e disparou-se o cronômetro. A agitação rápida foi mantida a (120rpm) do início do ensaio até o tempo de 60 segundos. Passados os 60 segundos, chegou-se ao final do período de coagulação, e começou-se o início da floculação na mistura lenta (40rpm). Nesse tempo, coletou-se uma amostra de cada jarro e mediu-se o pH de coagulação de cada um deles. A agitação lenta foi até o tempo de 15 minutos (contados a partir do início do ensaio), onde o Jar Test foi desligado. Nesse tempo iniciou-se o período de sedimentação. Com 18 minutos, retirou-se alíquotas dos seis jarros, denominadas VS1, onde foram feitas as análises de pH e turbidez. Com

o tempo de 30 minutos, novamente coletou-se alíquotas dos seis jarros para análise de pH e turbidez que foram denominadas de VS2, conforme Figura 8.

Figura 8. Ensaio de tratabilidade do efluente da ETE Salto do Guimarães com as etapas coagulação, floculação e sedimentação.



Fonte: Autor, 2015.

#### 4.3.2 Segunda Etapa

Na realização do ensaio de desinfecção, dosou-se uma quantidade de cloro total conhecida e depois de um tempo de 15, 20, 30, 40 e 60 minutos (tempo de contato) efetuaram-se a leitura do cloro residual (valor máximo permitido é de 0,5 a 1,5 mg/L) e verificou-se o melhor tempo de contato e dosagem. Considerando-se para os cálculos, volume do frasco igual a 2L.

#### 4.3.3 Coagulante

Foram realizados ensaios em Jar Test, com dosagens de coagulantes (escala de bancada), utilizando-se Cloreto Férrico e Policloreto de Alumínio para avaliação da potencialidade de cada produto e o custo da dosagem.

A finalidade do tratamento é verificar a remoção de turbidez presentes ainda no efluente tratado, tendo como finalidade o reuso deste efluente para a lavagem da frota.

#### 4.3.4 Hipoclorito de sódio

Foram realizados ensaios em Jar Test, com dosagens de cloro (escala de bancada), utilizando hipoclorito de sódio para avaliação da potencialidade e do custo de dosagem.

A finalidade do tratamento é verificar a remoção de coliformes fecais presentes no efluente tratado, tendo como finalidade o reuso deste efluente para a lavagem de veículos e o enquadramento de exigência na Licença de Operação da Estação.

### 4.4 ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE APLICAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO NO MUNICÍPIO DE VOTORANTIM

Após a realização dos estudos de tratabilidade aplicado aos efluentes tratados da ETE Salto do Guimarães foram avaliados os parâmetros físico-químicos e bacteriológico do efluente tratado, visando reutilizá-los no município de Votorantim. Assim, foram comparados tais resultados junto às legislações vigentes para reutilização de águas residuárias.

Também foram avaliados os custos envolvidos no tratamento visando o reuso, tendo o objetivo de realizar uma viabilidade econômica da aplicação deste sistema. Até a presente data não foram levantados os custos da implantação física da unidade de tratamento terciário que está sendo proposto no presente trabalho, sendo que para a dissertação serão apresentados tais resultados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

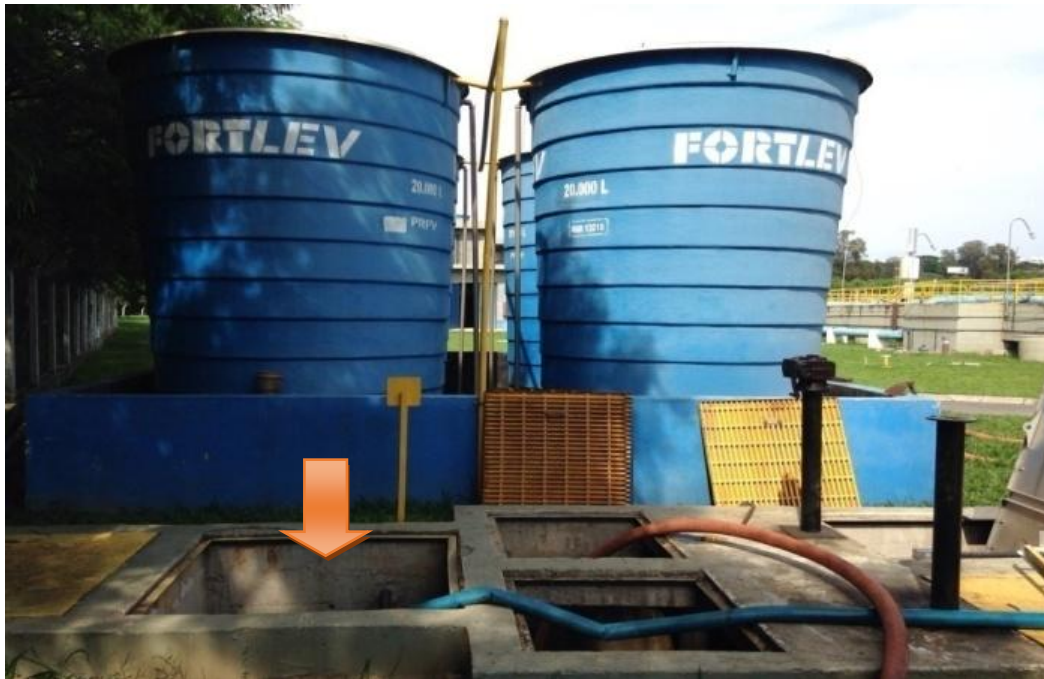
### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ETE SALTO DO GUIMARÃES

A ETE Salto do Guimarães adota um processo preliminar seguido de lodos ativados por batelada sequencial alternada. O tratamento preliminar de esgotos visa, basicamente, a remoção de sólidos grosseiros, não havendo remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Consiste em uma preparação do esgoto para o tratamento posterior, evitando obstruções e danos em equipamentos eletromecânicos. O tratamento preliminar é constituído de peneiramento e desarenação. O peneiramento objetiva a remoção de sólidos grosseiros e a desarenação a remoção de sólidos com características de sedimentação semelhante às de areia, que se introduz no esgoto principalmente devido à infiltração de água subterrânea na rede coletora de esgoto.

O tratamento biológico via sistema de lodos ativados tem por objetivo remover matéria orgânica do efluente bruto, a partir da degradação da mesma através do metabolismo de bactérias aeróbicas no reator (tanque de aeração), na presença de oxigênio. Neste reator, o esgoto afluente e o lodo ativado são misturados, agitados e aerados de forma a garantir a degradação da matéria orgânica pelas bactérias. Em seguida o efluente é separado dos lodos ativados através de decantação onde a maior parte do lodo decantado é recirculado para o tanque de aeração, de forma a manter uma concentração suficiente de micro-organismos no reator. A menor parcela do decantado (lodo excedente) é removida do sistema para manter o equilíbrio entre as taxas de reprodução e de remoção de micro-organismos. O efluente clarificado é removido por overflow, caracterizado como efluente final.

Essa estação possui, estação elevatória final, calha parshall, peneira rotativa, desarenador, rosca transportadora, tanque de aeração / decantação, adensadores de lodo e sistema de desidratação de lodo por centrífuga, conforme as Figuras 9 a 17, sua vazão é de 80 L/s.

Figura 9. Entrada do afluente bruto da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 10. Grade mecanizada no tratamento preliminar da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 11. Vista superior dos Reatores de lodos ativados por batelada sequencial alternada da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 12. Tanque de dosagem de polímero usado na desidratação do lodo no final do tratamento da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.



Figura 13. Centrifugas usadas na desidratação do lodo obtido do tratamento da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 14. Lodo desidratado no final do tratamento da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 15. Desarenadores do lodo no final do tratamento da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 16. Tanque de contato com chicanas na saída do efluente tratado da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 17. Calha Parshall na saída do tratamento da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

#### 5.1.1 Melhorias realizadas na estação de tratamento de esgoto Salto do Guimarães.

As benfeitorias realizadas na ETE Salto do Guimarães durante o período de Junho de 2012 até Dezembro de 2015, visou a melhoria no tratamento do esgoto recebida pela mesma.

Foram realizadas as seguintes intervenções de melhorias:

- Substituição de grades;
- Implantação de rede "by-pass" para limpeza do tanque de contato;
- Implantação de tanques para recebimento de efluentes industriais;
- Implantação de infraestrutura para o sistema de automação;
- Cobertura do tratamento preliminar;
- Reforma do sistema difusor de ar;
- Implantação de módulos lamelares e substituição dos coletores de esgoto tratado;

- Adequação do laboratório;
- Compra de chave do supervisor de automação da ETE;
- Restauração geral da iluminação da ETE.

Abaixo é apresentado uma breve descrição sobre cada intervenção de benfeitoria realizada nesta estação de tratamento de esgoto.

#### 5.1.1.1 Substituição de grades

Realizou-se as substituições das grades do tratamento preliminar da estação, onde as grades antigas eram metálicas e as mesma já encontravam-se corroídas devido aos danos causados por gases emitidos pelo esgoto, Figura 18.

Implantou-se novas grades de material PRFV (Plástico Revestido com Fibra de Vidro), trata-se de um material resistente, que não sofre corrosão devido aos gases. Estas grades também são fechadas, conforme Figura 19, fazendo com que o odor do esgoto bruto fique confinado dentro das instalações do tratamento preliminar evitando assim possíveis mal odores.

Figura 18. Grades metálicas antigas usadas no tratamento preliminar da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 19. Novas grades em PRFV usadas no tratamento preliminar da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

#### 5.1.1.2 Implantação de rede "by-pass" para limpeza do tanque de contato

Implantou-se uma rede "by-pass" com o objetivo de se ter a possibilidade de executar serviços de limpeza no tanque de contato, último processo no tratamento de esgoto, conforme ilustrado na Figura 20.

Figura 20. Vista da caixa das compotas e do tanque de contato no final do tratamento da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Com isso, adotou-se uma solução, que foi a implantação de uma rede paralela a este tanque que através de um sistema de comportas na entrada dele, conforme Figura 21, pode-se desviar este esgoto tratado por esta nova rede, durante os serviços de limpeza, sem que houvesse a necessidade de interromper o tratamento da estação.

Figura 21. Vista da caixa das comportas e do tanque de contato da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

#### 5.1.1.3 Implantação de tanques para recebimento e efluentes industriais

A estação de tratamento de esgoto recebe efluentes provindos de uma indústria do ramo de laticínio localizada no município de Votorantim e também o chorume do aterro municipal.

Estes efluentes são descarregados pelos caminhões no tratamento preliminar juntamente com o esgoto sanitário. Porém o volume de efluentes despejados diretamente no sistema causa-se descontinuidade no processo de tratamento da ETE, pois gera-se um aumento de vazão considerável deste efluente que possui características diferentes do esgoto doméstico. Para evitar esse problema, implantou-se tanques para o recebimento desses efluentes, conforme as Figuras 22 e 23, onde aos poucos vai sendo efetuado o lançamento no tratamento em

quantidades controladas no esgoto sanitário evitando-se o que chamamos de "choque" no tratamento.

Figura 22. Tanques de fibra para recebimento dos efluentes na entrada do tratamento da ETE Salto do Guimarães de volume igual a 20000L.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 23. Vista geral da disposição dos tanques na entrada do tratamento da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

#### 5.1.1.4 Implantação de infra - estrutura para o sistema de automação.

Tendo em vista problemas que ocorriam no supervisório de operação da ETE que atrapalhavam o sistema de automação, verificou-se que a infra - estrutura do sistema estava apresentando várias falhas, onde o mesmo estava implantado com a infra - estrutura de energia elétrica, conforme ilustrado pelas Figuras 24 e 25.

Verificou-se a necessidade da execução de uma nova infra - estrutura, para separação da rede lógica (automação) da rede de energia elétrica, onde implantou-se novos cabos de automação.

Figura 24. Implantação de nova infra - estrutura do sistema de automação da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 25. Nova infra - estrutura para passagem dos novos cabos do sistema de automação da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.



#### 5.1.1.5 Cobertura do tratamento preliminar

Devido ao mal odor gerado pelos gases emitidos pelo esgoto bruto durante sua passagem no tratamento preliminar, conforme Figura 26, houve-se a necessidade de execução de uma estrutura que fosse capaz de vedar esses gases.

Implantou-se coberturas nas áreas abertas do tratamento preliminar, fazendo-se com que os gases ficassem confinados, evitando-se assim o mal odor no ambiente externo, conforme Figura 27.

Figura 26. Tratamento preliminar sem cobertura da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 27. Sistema de cobertura do tratamento preliminar da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

#### 5.1.1.6 Implantação de filtro de carvão ativado

Após a implantação da cobertura, verificou-se a necessidade de um sistema para retirar os gases que ficavam confinados no tratamento preliminar. Com isso, implantou-se um sistema onde, através de um conjunto de tubulações, realiza-se a sucção dos gases confinados no tratamento preliminar, encaminhando-se para um filtro de gás, onde este contendo componentes que retém as partículas dos gases responsáveis pelo mal odor, conforme Figuras 28 e 29.

Figura 28. Implantação dos tubos de sucção dos gases.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 29. Vista do filtro de carvão ativado.



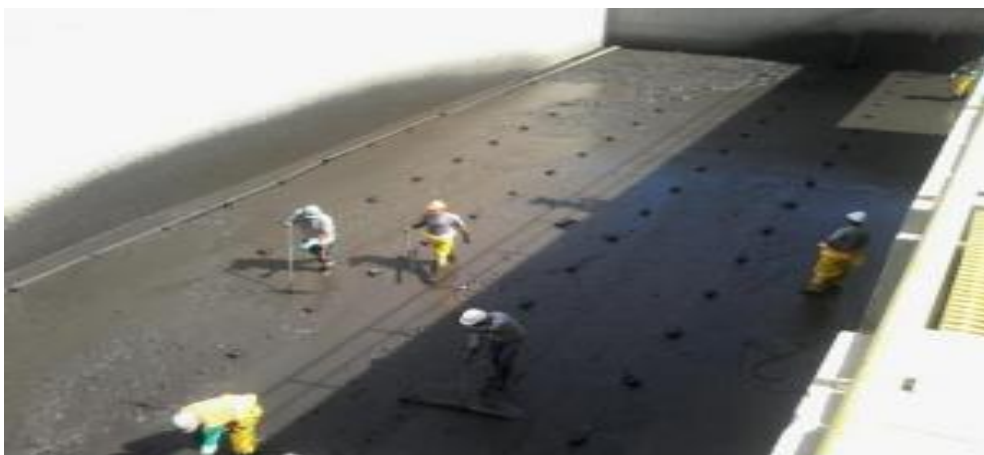
Fonte: Autor, 2015.

#### 5.1.1.7 Reforma do sistema difusor de ar

Realizou-se a reforma geral das malhas difusoras de ar de todos tanques RBSA's da ETE. Recuperou-se as membranas, e as que encontraram-se danificadas, foram substituídas por novas.

A tubulação deste sistema difusor também foi toda recuperada, haviam partes em que os tubos estavam quebrados. Com o sistema recuperado pode-se obter uma melhor eficiência na transferência de oxigênio nos tanques RBSA's, conforme Figuras 30 e 31.

Figura 30. Limpeza do tanque (RBSA) da ETE Salto do Guimarães para montagem da malha.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 31. Malha difusora recuperada do tanque (RBSA) da ETE Salto do Guimarães.

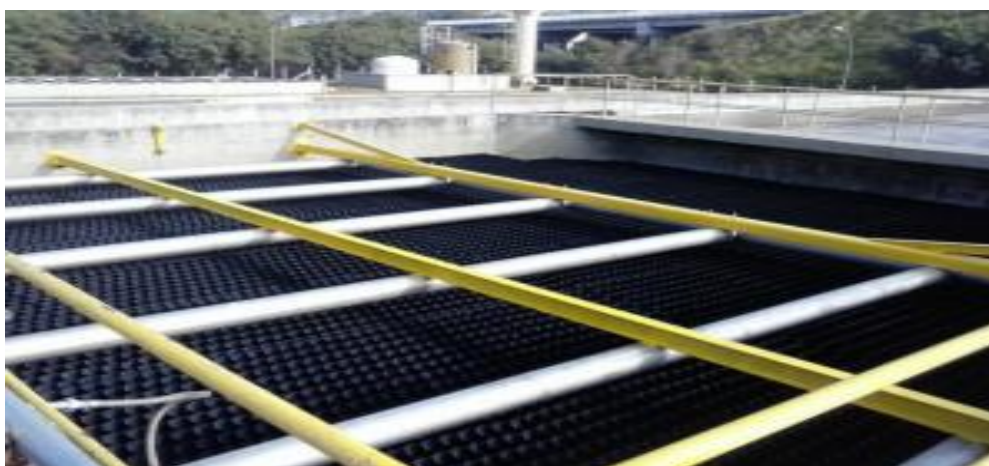


Fonte: Autor, 2015.

Os módulos lamelares encontravam-se danificados e mal dimensionados, com isso estes módulos não forneciam uma boa eficiência para o tratamento. Tendo isso, implantou-se novos módulos lamelares específicos para tratamento de esgoto nesta estação, conforme Figura 32.

Foram executados serviços de substituição da estrutura onde apoiam-se os módulos lamelares, por uma estrutura de fibra de vidro, dimensionada para suportar a carga dos mesmos. Foram substituídos os tubos coletores de esgoto tratado de PVC para inox. Os tubos antigos encontravam-se desnivelados, dificultando tanto uma saída homogênea de ar, quanto a coleta do esgoto tratado. Este favor também prejudica a eficiência do tratamento. Os novos tubos foram instalados com o nivelamento correto, corrigindo a antiga deficiência, conforme Figura 33.

Figura 32. Tanque (RBSA) da ETE Salto do Guimarães com os novos módulos lamelares.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 33. Vista dos tubos coletores inox presentes no tanque (RBSA) da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

#### 5.1.1.8 Compra de "chave" do supervisor de automação da ETE

O supervisor de operação da ETE estava inativo, pois não possuía a "chave" de acesso aos comandos deste. Desta forma teve-se que fazer a aquisição deste dispositivo que libera o acesso aos comandos desta plataforma que funciona-se como "o cérebro" da estação, Figuras 34 e 35.

Figura 34. Vista do supervisor (Operação ETE).



Fonte: Autor, 2015.

Figura 35. Vista do supervisor (Operação EEE Bombeiro).



Fonte: Autor, 2015.

#### 5.1.1.9 Restauração geral da iluminação da ETE

Realizou-se a revisão e restauração de toda iluminação externa da ETE, bem como de suas unidades.

Instalou-se sistemas com rede fotocélulas para acionamento automático das luminárias externas da estação, Figura 36.

Figura 36. Painel com fotocélula para acionamento de iluminação.



Fonte: Autor, 2015.

#### 5.1.1.10 Adequação do laboratório

Realizou-se uma reforma geral no laboratório da ETE, visando uma melhor operação dele. Atualmente esse laboratório realiza as análises de todas as estações de tratamento de esgoto do município, tanto para esgoto bruto, tratado e controle operacional, conforme Figuras 37 e 38.

Devido essa adequação do espaço físico do laboratório, foi possível a instalação de novos equipamentos e o aumento no número de análises e parâmetros.

Figura 37. Área ampliada em utilização do Laboratório de Controle de Qualidade de Esgoto.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 38. Vista da área ampliada do Laboratório de Controle de Qualidade de Esgoto.



Fonte: Autor, 2015.

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PARAMETROS FÍSICO – QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO AFLUENTE E EFLUENTE TRATADO DA ETE

No Apêndice A são apresentados os resultados das análises realizadas no afluente e efluente tratado da ETE Salto do Guimarães situada no município de Votorantim juntamente com gráficos analisando o comportamento de principais parâmetros de monitoramento como: pH, turbidez, DQO, DBO e a Eficiência de Remoção da Matéria Orgânica.

As Figuras 39 e 40 ilustram como foram efetuadas as coletas pontuais para a realização dos ensaios.

Figura 39. Coleta da entrada da ETE Salto do Guimarães.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 40. Coleta da saída da ETE Salto Guimarães.I



Fonte: Autor, 2015.



Após as coletas compostas semanais e as pontuais para os ensaios as amostras foram encaminhadas para o Laboratório Analítico de Efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto Salto do Guimarães.

Esse monitoramento teve como finalidade quantificar a eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto em variados cenários e reparos, como de chuvas intensas em determinadas semanas, reparo no processo de tratamento e arraste de lodo.

Além do monitoramento da entrada e saída da Estação de Tratamento de esgoto Salto do Guimarães foi realizado a caracterização do afluente, efluente, montante e jusante do rio Sorocaba (corpo receptor do efluente da ETE), em laboratório terceirizado e acreditado pela ISO 17025.

De acordo com o Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976, realizou-se semestralmente para montante e jusante os parâmetros de acordo com o art. 11, conforme apresentados na Tabela 6 e 8. Para o afluente e efluente os parâmetros foram de acordo com o art.18, como mostram as Tabela 7 e 9, totalizando duas amostras ao decorrer do ano de 2015 para cada ponto.

Nas análises do art. 11 do Decreto 8468/76, nos pontos de montante e jusante, os parâmetros de pH, série de metais pesados, nitrato, nitrito, amônia, óleos e graxas, não apresentaram valores fora dos permitidos pela legislação. O parâmetro de DBO apresentou no ponto de jusante um resultado acima do permitido, porém na segunda amostra semestral apresentava abaixo do valor máximo permitido.

Nas análises do art. 18 do Decreto 8468/76, nos pontos de entrada e saída, os parâmetros de pH, série de metais pesados, óleos e graxas, sólidos sedimentáveis e DBO não apresentaram valores fora dos permitidos pela legislação. Na segunda análise semestral o valor de DBO apresentou-se acima do permitido, devido a ocorrência de arraste de lodo no sistema.

Tabela 6. Primeira análise do art. 11 do Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976.

<b>RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS (MONTANTE E JUSANTE DA ETE GUIMARÃES)</b>					
<b>Nº do ponto de coleta</b>	<b>Unidades</b>	<b>V.M.P.</b>	<b>L.Q.</b>	<b>Montante</b>	<b>Jusante</b>
<b>Parâmetro /nº laudo</b>				<b>Nº 3135/2015</b>	<b>Nº 3136/2015</b>
<i>pH à 25°C</i>				7,9	7,75
<i>Temperatura</i>	°C		0,100	20,1	19,5
<i>Arsênio</i>	mgAs/L	0,10	0,002	< LQ	< LQ
<i>Bário</i>	mgBa/L	1,00	0,010	0,07	0,03
<i>Cádmio</i>	mgCd/L	0,01	0,001	0,005	0,004
<i>Cromo</i>	mgCr/L	0,05	0,010	< LQ	< LQ
<i>Cianeto</i>	mgCN/L	0,20	0,002	< LQ	< LQ
<i>Chumbo</i>	mgPb/L	0,10	0,010	< LQ	< LQ
<i>Cobre</i>	mgCu/L	1,00	0,010	0,02	< LQ
<i>Estanho</i>	mgSn/L	2,00	0,010	< LQ	< LQ
<i>Ferro</i>	mgFe/L		0,010	1,09	0,21
<i>Fenol</i>	mg/L	0,00	0,001	< LQ	< LQ
<i>Mercúrio</i>	mgHg/L	0,00	0,001	< LQ	< LQ
<i>Nitrito</i>	mgN/L	1,00	0,010	0,06	0,07
<i>Nitrato</i>	mgN/L	10,00	0,050	< LQ	< LQ
<i>Selênio</i>	mgSe/L	0,01	0,005	< LQ	< LQ
<i>Zinco</i>	mgZn/L	5,00	0,010	0,05	0,02
<i>DQO</i>	mg O2/L		25,000	< LQ	< LQ
<i>DBO</i>	mg O2/L	5,00	2,000	8	13,6
<i>Óleos e Graxas</i>		Virtualmente ausentes		Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes
<i>Amônia</i>	mgN/L		0,010	0,86	1,64
<i>Fluoreto</i>	mgF/L	1,4	0,010	0,04	0,03

Fonte: Laudo laboratório externo.

Tabela 7. Primeira análise do art. 18 do Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976.

<b>RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS (ENTRADA E SAÍDA DA ETE GUIMARÃES)</b>					
<b>Nº do ponto de coleta</b>	<b>Unidades</b>	<b>V.M.P.</b>	<b>L.Q.</b>	<b>Entrada</b>	<b>Saída</b>
<b>Parâmetro /nº laudo</b>				<b>Nº 3130/2015</b>	<b>Nº 3131/2015</b>
<i>pH à 25°C</i>				7,28	7,21
<i>Temperatura</i>	°C	< 40	0,100	23,1	24
<i>Arsênio</i>	mgAs/L	0,20	0,002	< LQ	< LQ
<i>Bário</i>	mgBa/L	5,00	0,010	0,1	0,03
<i>Cádmio</i>	mgCd/L	0,20	0,001	0,004	0,002
<i>Cromo</i>	mgCr/L		0,010	0,02	< LQ
<i>Cianeto</i>	mgCN/L	0,20	0,002	< LQ	< LQ
<i>Chumbo</i>	mgPb/L	0,50	0,010	< LQ	< LQ
<i>Cobre</i>	mgCu/L	1,00	0,010	0,03	< LQ
<i>Estanho</i>	mgSn/L	4,00	0,010	< LQ	< LQ
<i>Ferro Solúvel</i>	mgFe/L	15,00	0,010	0,12	0,07
<i>Fenol</i>	mg/L	0,50	0,001	0,17	< LQ
<i>Mercúrio</i>	mgHg/L	0,01	0,001	< LQ	< LQ
<i>Níquel</i>	mgNi/L	2,00	0,010	< LQ	< LQ
<i>Prata</i>	mgAg/L	0,02	0,005	< LQ	< LQ
<i>Selênio</i>	mgSe/L	0,02	0,005	< LQ	< LQ
<i>Zinco</i>	mgZn/L	5,00	0,010	0,1	0,03
<i>DQO</i>	mg O2/L		25,000	919	72
<i>DBO</i>	mg O2/L	60,00	2,000	460	15
<i>Óleos e Graxas</i>		100	5,000	40	5
<i>Sólidos Sedimentáveis</i>	mL/L		0,100	5	1,3
<i>Boro</i>	mgB/L	5	0,100	0,17	0,34
<i>Cromo Hexavalente</i>	mgCr/L	0,1	0,010	< LQ	< LQ
<i>Manganês Solúvel</i>	mgMn/L	1	0,010	0,6	0,53
<i>Fluoreto</i>	mgF/L	10	0,01	0,66	0,78
<b>Eficiência de Remoção da Matéria Orgânica (%) =</b>				<b>96,74</b>	

Fonte: Laudo laboratório externo.

Tabela 8. Segunda análise do art. 11 do Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976.

<b>RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS (MONTANTE E JUSANTE DA ETE SALTO DO GUIMARÃES)</b>					
<b>Nº do ponto de coleta</b>	<b>Unidades</b>	<b>V.M.P.</b>	<b>L.Q.</b>	<b>Montante</b>	<b>Jusante</b>
<b>Parâmetro /nº laudo</b>				<b>Nº 20786</b>	<b>Nº 20783</b>
		5,0 - 9,0	2,0 - 13,0	7,8	7,72
<i>pH à 25°C</i>					
<i>Odor</i>		Virtualmente ausentes	Não Objetável	Não Objetável	Não Objetável
<i>Gosto</i>		Virtualmente ausentes	Não Objetável	Não Objetável	Não Objetável
<i>Oxigênio Dissolvido</i>	mg/L	> 5,0	1	6,47	6,43
<i>Arsênio</i>	mgAs/L	0,10	0,000	< 0,0001	< 0,0001
<i>Bário</i>	mgBa/L	1,00	0,070	< 0,07	< 0,07
<i>Cádmio</i>	mgCd/L	0,01	0,001	< 0,001	< 0,001
<i>Cromo</i>	mgCr/L	0,05	0,010	< 0,005	< 0,005
<i>Cianeto</i>	mgCN/L	0,20	0,002	0,0165	0,0086
<i>Chumbo</i>	mgPb/L	0,10	0,005	< 0,005	< 0,005
<i>Cobre</i>	mgCu/L	1,00	0,009	< 0,009	< 0,009
<i>Estanho</i>	mgSn/L	2,00	0,200	< 0,2	< 0,2
<i>Fenol</i>	mg/L	0,00	0,002	< 0,002	< 0,002
<i>Mercúrio</i>	mgHg/L	0,00	0,000	< 0,0001	< 0,0001
<i>Nitrito</i>	mgN/L	1,00	0,500	< 0,5	< 0,5
<i>Nitrato</i>	mgN/L	10,00	0,500	< 0,5	< 0,5
<i>Selênio</i>	mgSe/L	0,01	0,005	< 0,005	< 0,005
<i>Zinco</i>	mgZn/L	5,00	0,100	< 0,1	< 0,1
<i>DQO</i>	mg O2/L		10,000	< 10,0	< 10,0
<i>DBO</i>	mg O2/L	5,00	2,000	< 2,0	< 2,0
<i>Cor aparente</i>	CU		5,000	< 5,0	< 5,0
<i>Sólidos Sedimentáveis</i>	mL/L	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	< 1,0	< 1,0
<i>Óleos e Graxas</i>	mg/L	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes
<i>Amônia</i>	mgN/L	0,5	0,010	0,24	< 0,05
<i>Fluoreto</i>	mgF/L	1,4	0,500	< 0,5	< 0,5
<i>Coliformes Termotolerantes (Fecal)</i>	UFC/100mL	1000	1,000	< 1,0	< 1,0

Fonte: Laudo laboratório externo.

Tabela 9. Segunda análise do art. 18 do Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976.

<b>RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS (ENTRADA E SAÍDA DA ETE SALTO DO GUIMARÃES)</b>					
<b>Nº do ponto de coleta</b>	<b>Unidades</b>	<b>V.M.P.</b>	<b>L.Q.</b>	<b>Entrada</b>	<b>Saída</b>
<b>Parâmetro /nº laudo</b>				<b>Nº 20789</b>	<b>Nº 20792</b>
<i>pH à 25°C</i>		5,0 - 9,0	2,0 - 13,0	7,39	7,28
<i>Temperatura</i>	°C	< 40	0,100	27	28
<i>Arsênio</i>	mgAs/L	0,20	0,000	< 0,0001	< 0,0001
<i>Bário</i>	mgBa/L	5,00	0,070	< 0,07	< 0,07
<i>Cádmio</i>	mgCd/L	0,20	0,001	< 0,001	< 0,001
<i>Cromo Hexavalente</i>	mgCr/L	0,10	0,010	< 0,01	< 0,01
<i>Cromo Total</i>	mgCr/L	5,00	0,005	< 0,005	< 0,005
<i>Cianeto</i>	mgCN/L	0,20	0,002	< 0,002	< 0,002
<i>Chumbo</i>	mgPb/L	0,50	0,005	< 0,005	< 0,005
<i>Cobre</i>	mgCu/L	1,00	0,009	< 0,009	< 0,009
<i>Estanho</i>	mgSn/L	4,00	0,200	< 0,2	< 0,2
<i>Ferro Solúvel</i>	mgFe/L	15,00	0,030	< 0,03	< 0,03
<i>Fenol</i>	mg/L	0,50	0,002	0,036	< 0,002
<i>Mercúrio</i>	mgHg/L	0,01	0,000	< 0,0001	< 0,0001
<i>Níquel</i>	mgNi/L	2,00	0,005	< 0,005	< 0,005
<i>Prata</i>	mgAg/L	0,02	0,001	< 0,001	< 0,001
<i>Selênio</i>	mgSe/L	0,02	0,005	< 0,005	< 0,005
<i>Zinco</i>	mgZn/L	5,00	0,010	< 0,1	< 0,1
<i>DQO</i>	mg O2/L		25,000	1791,5	1023,16
<i>DBO</i>	mg O2/L	60,00	2,000	895,5	476,61
<i>Óleos e Graxas</i>		100	10,000	59,56	22
<i>Sólidos Sedimentáveis</i>	mL/L	1	1,000	< 1,0	< 1,0
<i>Boro</i>	mgB/L	5	0,002	< 0,002	< 0,002
<i>Manganês Solúvel</i>	mgMn/L	1	0,010	< 0,01	< 0,01
<i>Fluoreto</i>	mgF/L	10	0,5	< 0,5	< 0,5
<b>Eficiência de Remoção da Matéria Orgânica (%) =</b>				<b>46,78</b>	

F

Fonte: Laudo laboratório externo.

### 5.3 ELABORAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE TRATAMENTO DO EFLUENTE TRATADO

#### 5.3.1 Ensaio de coagulação, floculação e sedimentação para o efluente tratado

Foram realizados dois ensaios para a verificação do potencial do tratamento físico-químico do efluente tratado. No primeiro ensaio utilizou-se como coagulante o cloreto férrico e no segundo ensaio o policloreto de alumínio (PAC), com a turbidez do afluente bruto igual a 254 NTU.

Nas Tabelas 10 e 11 estão apresentados os valores obtidos nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação.

Nas Figuras 41 e 42 são apresentados os gráficos obtidos com os dois ensaios. Observa-se a eficiência de remoção da turbidez com o coagulante PAC, em comparação com o cloreto férrico.

Tabela 10. Ensaio com coagulante cloreto férrico.

ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO COAGULANTE								
COAGULANTE: CLORETO FÉRRICO								
Concentração= 4mg/L								
Jarro	Cloreto Férrico		pH de coagulação	Turbidez (NTU)		Cor (uH)	Fosfato (mg/L)	Alcalinidade (mg/L)
	V (mL)	C (mg/L)		VS1	VS2			
1	30	60	6,66	9,07	4,16	98	10,8	107
2	32,5	65	6,66	8,32	3,72	92	7	105
3	35	70	6,65	7,02	3,66	93	8,6	104
4	37,5	75	6,64	7,13	3,99	91	5,4	104
5	40	80	6,62	8,81	3,39	87	4,6	105
6	42,5	85	6,62	7,27	3,09	75	4,6	106

Fonte: Autor, 2015.

Tabela 11. Ensaio com o coagulante policloreto de alumínio.

ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO COAGULANTE								
COAGULANTE: Policloreto de Alumínio								
Concentração= 4mg/L								
Jarro	PAC		pH de coagulação	Turbidez (NTU)		Cor (uH)	Fosfato (mg/L)	Alcalinidade (mg/L)
	V (mL)	C (mg/L)		VS1	VS2			
1	30	60	7,17	9,75	2,67	61	8	125
2	32,5	65	7,11	7,37	2,51	65	7,8	124
3	35	70	7,08	5,7	2,45	65	13,8	125
4	37,5	75	7,16	8,79	2,63	65	7,8	125
5	40	80	7,14	7,49	2,74	60	11,8	124
6	42,5	85	7,04	4,25	2,23	58	7,2	125

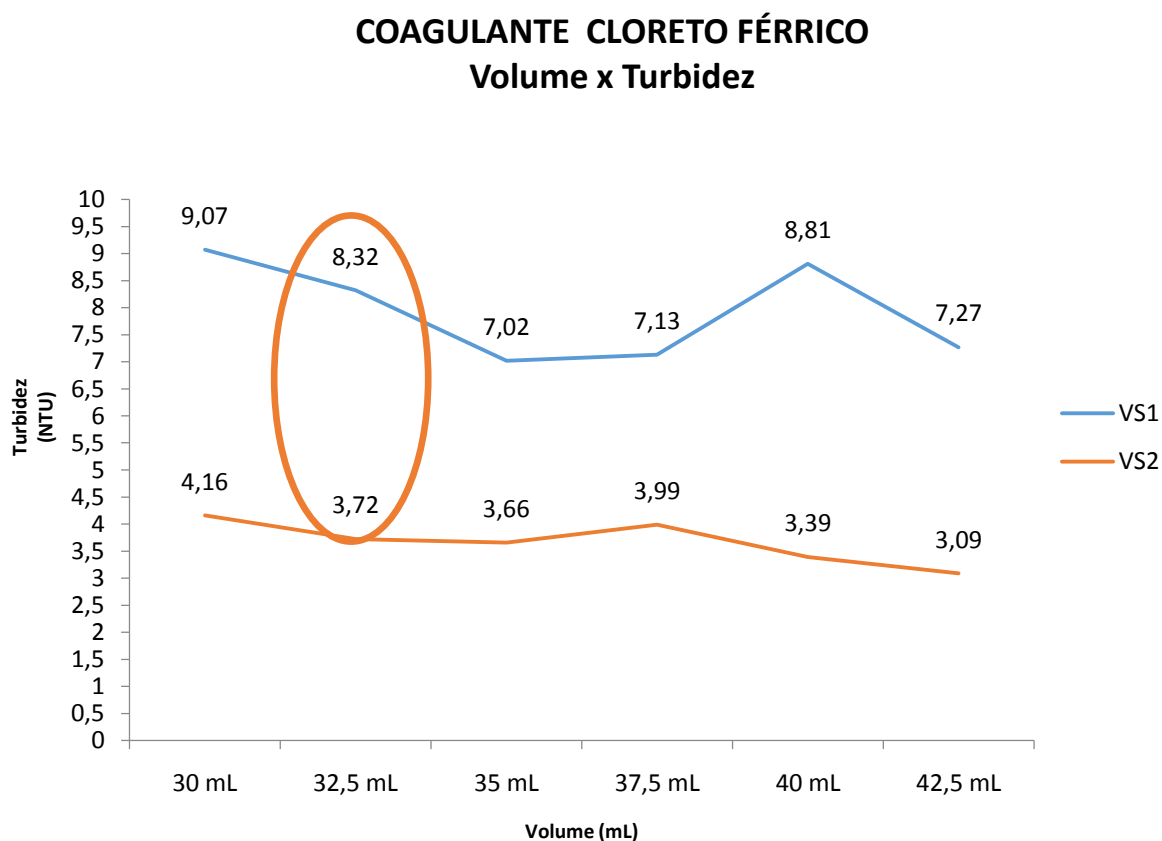
Fonte: Autor, 2015.

Os pontos que representam as condições para maior remoção de turbidez usando cloreto férrico e policloreto de alumínio estão destacados em negrito.

Para a escolha do melhor ponto usou-se o critério de remoção de turbidez, de acordo com a NBR 13969, turbidez <5,0 NTU e também o custo / benefício com a escolha da dosagem ideal e do tipo de coagulante, conforme as Figuras 41 a 44, que demonstram a melhor condição de dosagem.

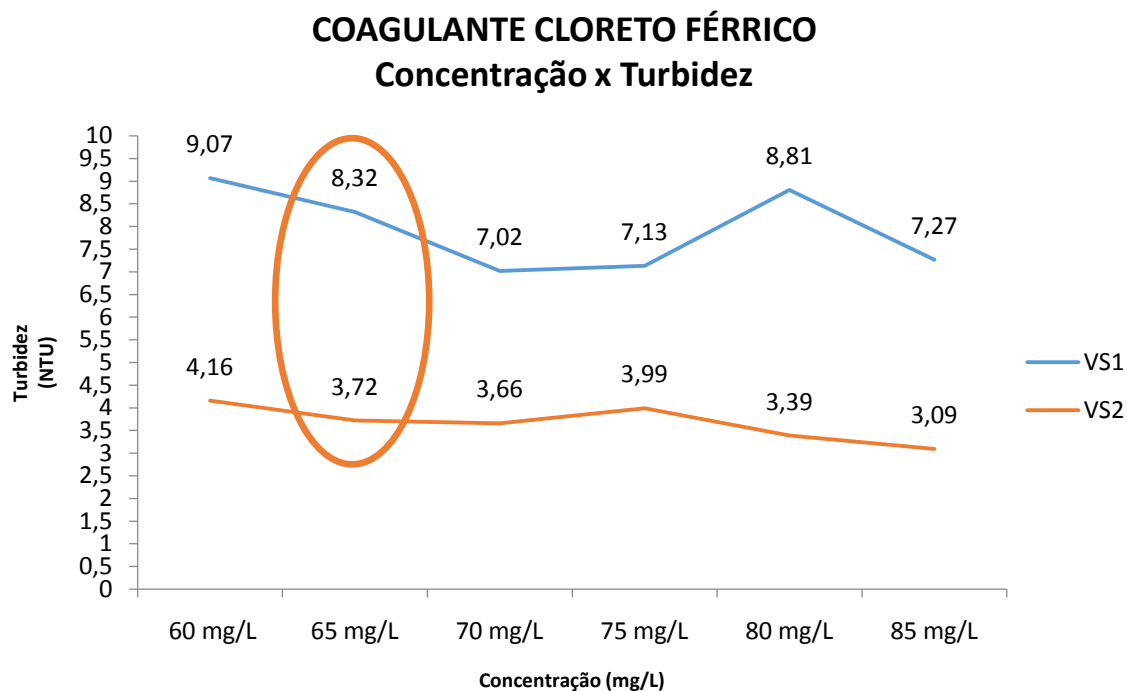
A dosagem ideal escolhida de cada coagulante foi: PAC: jarro 1; Cloreto férrico: jarro 2, pois apresentam valores de turbidez abaixo de 5,0 NTU e menores volumes de dosagem de coagulante, apresentando assim um menor custo com produto químico.

Figura 41. Determinação de volume do cloreto férrico.



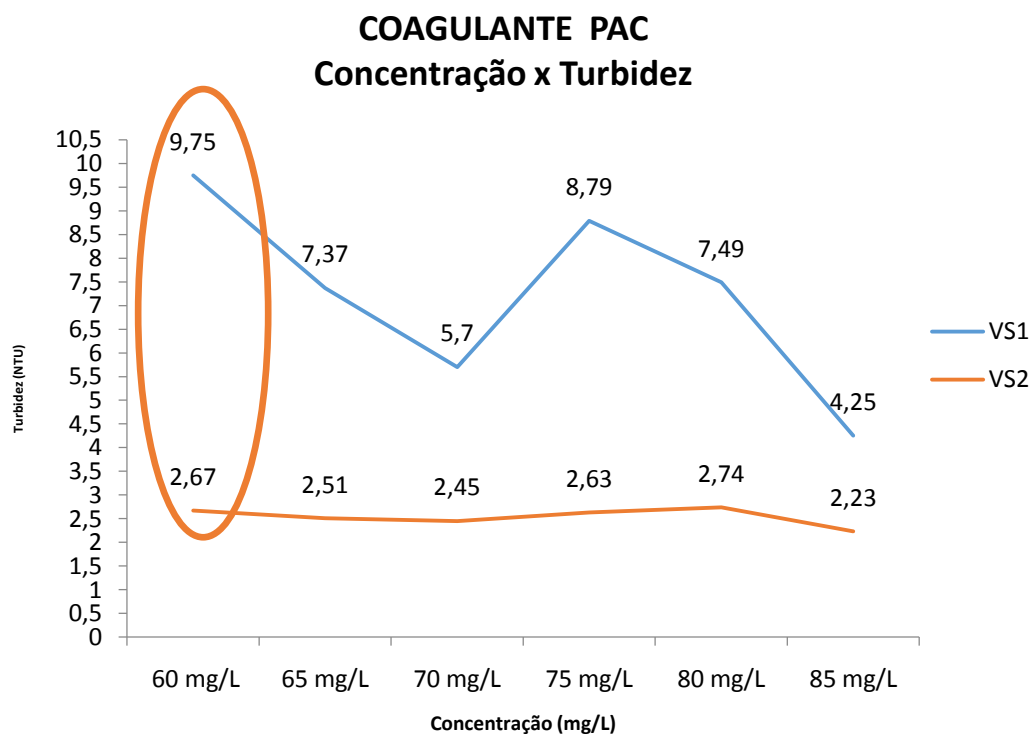
Fonte: Autor, 2015.

Figura 42. Determinação da concentração do cloreto férrico.



Fonte: Autor, 2015.

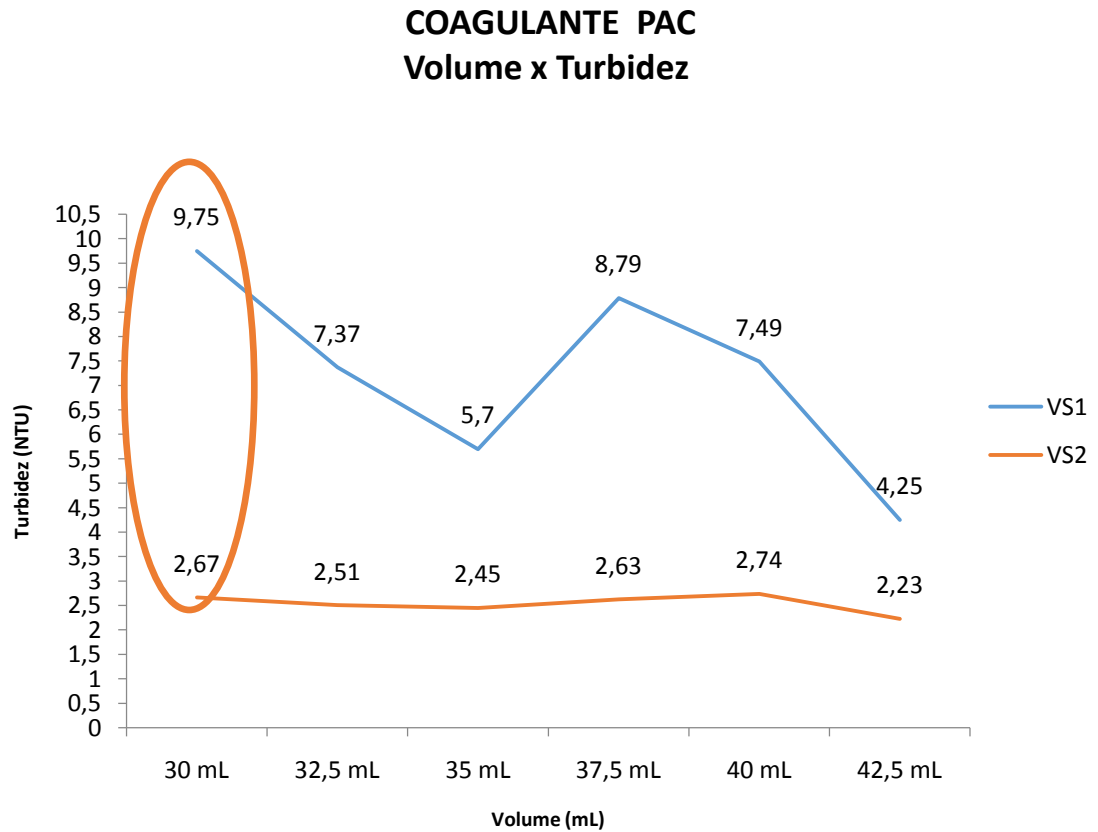
Figura 43. Gráfico de determinação da concentração de PAC.



Fonte: Autor, 2015.



Figura 44. Gráfico da determinação do volume de PAC.



Fonte: Autor, 2015.

Entre o tipo de coagulante, levantou-se o custo para cada um e o potencial econômico, de acordo com a dosagem ideal escolhida.

Os cálculos realizados para o levantamento estão descritos na sequência:

a- Cálculo de dosagem volumétrica para o coagulante:

$$Dv = ((Cc * Q)/d)$$

Equação 10

Sendo  $D_v$  ( $m^3/h$ ) a dosagem volumétrica,  $C_c$  (mg/L) a concentração ideal do coagulante escolhida no ensaio,  $Q$  ( $m^3/h$ ) a vazão de outorga da estação e  $d$  (mg/L) densidade do coagulante (dado retirado da FISPQ do produto).

b- Cálculo de dosagem mássica para o coagulante:

$$D_m = D_v * d \quad \text{Equação 11}$$

O  $D_m$  (Kg/L) corresponde a dosagem mássica,  $D_v$  ( $m^3/h$ ) a dosagem volumétrica e  $d$  (mg/L) densidade do coagulante (dado retirado da FISPQ do produto).

c- Cálculo de dosagem mássica no tempo de 10s:

$$T * x = m * t_d \quad \text{Equação 12}$$

Sendo  $T$ (s) o tempo de uma hora que é igual a 3600s,  $m$ (Kg) a massa por uma hora,  $t_d$ (s) tempo de dosagem do coagulante igual a 10 segundos e  $x$  (Kg/10s) o resultado da massa usada para dosagem de 10 segundos.

d- Custo por massa (Kg) usado na dosagem num tempo de 10 segundos:

$$M * y = x * P \quad \text{Equação 13}$$

Um quilograma  $M$  (kg),  $x$  sendo a massa encontrada no cálculo anterior para a dosagem num tempo de 10 segundos,  $P$  (R\$) preço do coagulante para um quilograma e  $y$  o custo (R\$) para a massa utilizada em um tempo de dosagem de 10 segundos.

Sendo o resultado de  $y$  em 10 segundos convertidos para uma hora, valor encontrado multiplicado por 24 horas, resultando em um dia e considerando um mês tendo 30 dias, resultado do custo com o coagulante em um mês.

e- Massa (Kg) usada do coagulante por mês (considerando o mês tendo 30 dias):

- x sendo a massa (Kg) encontrada para dosagem num tempo de 10 segundos convertida para o tempo de 1 hora e depois multiplicada por 24 horas, que corresponde a quantidades de hora de 1 dia. Resultado esse expresso em Kg/dia, que multiplicado por 30 dias, corresponde a total de dias de 1 mês, o resultado será expresso em Kg/mês.

Optou-se pelo coagulante Policloreto de Alumínio por apresentar melhor custo / benefício para a empresa, apresentando uma diferença para o Cloreto Férrico de R\$2.851,20/mês, conforme Tabela 12.

Tabela 12. Potencial econômico para o coagulante.

<b>Coagulante</b>	<b>Preço (R\$/Kg)</b>	<b>Quantidade necessária por mês (kg/mês)</b>	<b>Custo (R\$/mês)</b>
Cloreto Férrico	1,29	13.504,32	17.366,40
Policloreto de Alumínio	1,17	12.415,68	14.515,20

Fonte: Autor, 2015.

### 5.3.2 Ensaio de Desinfecção do Efluente Tratado

Foram realizados dois ensaios para a determinação da concentração do hipoclorito de sódio para a desinfecção do efluente tratado, de acordo com a NBR 13969/96, que ressalta o valor máximo permitido de residual de cloro entre 0,5 a 1,5 mg/L, conforme resultados apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Ensaio de desinfecção com hipoclorito de sódio.

Ensaio de Desinfecção															
Hipoclorito de de sódio: C= 10mg/L															
	Vol	Conc	TC	CLR	TC	CLR	TC	CLR	TC	CLR	TC	CLR	Coliformes	Coliformes	Contagem
	(mL)	(mg/L)	(min)	(mg/L)	(min)	(mg/L)	(min)	(mg/L)	(min)	(mg/L)	(min)	(mg/L)	Totais	Fecais	(UFC/mL)
1º Ensaio	0,5	2,5	15	0,14	20	0,12	30	0,11	40	0,09	60	0,17	Presença	Presença	594
	1	5	15	0,09	20	0,14	30	0,13	40	0,11	60	0,19	Presença	Presença	550
	2	10	15	0,05	20	0,2	30	0,18	40	0,18	60	0,31	Presença	Presença	209
	3	15	15	0,13	20	0,21	30	0,25	40	0,21	60	0,25	Presença	Ausência	141
	4	20	15	0,21	20	0,31	30	0,22	40	0,30	60	0,33	Ausência	Ausência	152
	5	25	15	0,40	20	0,42	30	0,39	40	0,49	60	0,50	Ausência	Ausência	140
2º Ensaio	6	30	15	0,61	20	0,59	30	0,57	40	0,64	60	0,52	Presença	Presença	256
	7	35	15	0,78	20	0,69	30	0,82	40	0,71	60	0,62	Presença	Presença	115
	8	40	15	0,82	20	0,83	30	0,83	40	0,92	60	0,70	Presença	Presença	84
	9	45	15	0,89	20	0,93	30	0,94	40	0,98	60	1,05	Ausência	Ausência	52
	10	50	15	0,93	20	1,03	30	1,03	40	1,00	60	1,21	Ausência	Ausência	45
	15	75	15	1,31	20	1,76	30	1,50	40	1,70	60	1,68	Ausência	Ausência	32

Legenda:  
 Vol= Volume  
 Conc= Concentração  
 TC= Tempo de contato  
 CLR= Cloro Residual

Fonte: Autor, 2015.

Verificou-se que a concentração de 50mg/L de hipoclorito de sódio deixou um residual de cloro de 0,93 mg/L, valor dentro da legislação vigente, juntamente com os coliformes totais e fecais onde apresentou ausência neste valor de residual, com um resultado de contagem igual a 32 UFC/mL abaixo do valor máximo permitido.

O custo estimado, conforme os cálculos realizados (Apêndice B), é de R\$14.205,60/mês com o hipoclorito de sódio.

Outra alternativa seria o uso de um Gerador de cloro (hipoclorito de sódio), conforme Figura 45, opção já implantada em uma estação do município.

Para uma estação de vazão máxima de 40L/s o custo gerado por mês com o gerador de cloro na etapa do processo de desinfecção é de R\$2.500,00/mês.

A estação tem um consumo de 40L/h do cloro produzido, com um cloro residual final de 1,2 a 1,6mg/L.

Para a ETE Guimarães o custo estimado seria de aproximadamente R\$5.000,00/mês, com o cloro residual dentro da legislação, NBR 13969/96.

Figura 45. Gerador de Cloro.



Fonte: Autor, 2015.

#### 5.4 ELABORAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO NO MUNICÍPIO DE VOTORANTIM

Uma das alternativas para reutilização dessa água de reuso seria na lavagem da frota de veículos da Concessionária Águas de Votorantim. Na Tabela 14, consta a lista de veículos que a concessionária possui e o custo para a lavagem da frota.

O custo atual para a lavagem de toda a frota (veículos leves e pesados) é em torno de R\$2.000,00/mês. Essa lavagem é realizada por terceiro no estabelecimento denominado Lava - Rápido. Na Tabela 14 é apresentada a relação de veículos existente na frota da Empresa Águas de Votorantim.

Outra opção também levantada para o reuso seria para a lavagem das áreas (pisos) das unidades da Empresa Águas de Votorantim, tais como pátios, ETA, ETE e reservatórios, sendo transportado por caminhão Pipa, conforme Figura 46. Também há potencialidade de utilizar a água de reuso em limpeza de tubulações de

esgoto sanitário quando necessita realizar desentupimento e manutenções preventivas.

Figura 46. Proposta de caminhão para ser utilizado na concessionária, sendo o Caminhão Pipa.



Fonte: Autor, 2015.

Tabela 14. Lista de veículos da frota da empresa.

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>MODELO</b>	<b>COR</b>
	VOLKSWAGEM	GOL 1.6	BRANCO
	VOLKSWAGEM	GOL 1.6	BRANCO
	VOLKSWAGEM	GOL 1.6	BRANCO
	VOLKSWAGEM	GOL 1.0	BRANCO
	VOLKSWAGEM	GOL 1.0	BRANCO
	FIAT	STRADA	BRANCO
	FIAT	STRADA	BRANCO
	FIAT	STRADA	BRANCO
	FIAT	STRADA	BRANCO
	FIAT	STRADA	BRANCO
	FIAT	STRADA	BRANCO
	FIAT	STRADA	BRANCO
	FIAT	STRADA	BRANCO
	FIAT	STRADA	BRANCO
	FIAT	STRADA	BRANCO
	FIAT	STRADA	BRANCO
	FIAT	FIORINO	BRANCO
	FIAT	FIORINO	BRANCO
	FIAT	FIORINO	BRANCO
	FIAT	FIORINO	BRANCO
	FIAT	FIORINO	BRANCO
	FIAT	FIORINO	BRANCO
	VOLKSWAGEM	KOMBI	BRANCO
	VOLKSWAGEM	POLO SEDAN	PRETO
	TOYOTA	HILUX 4X4	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
	HONDA	CARGO 125	BRANCO
PIROQUINHA	SAF DIESEL	IVECO DAILY	BRANCO
PROÁGUA 8.000	MERCEDES BENZ	ATEGO 1719	BRANCO
GUINDASTE/MUNK	MERCEDES BENZ	ATEGO 1719	BRANCO
COMBINADO/VAC-ALL	MERCEDES BENZ	ATEGO 1719	BRANCO
BASCULANTE	MERCEDES BENZ	ATEGO 1719	BRANCO
RETROESCAVADEIRA	NEW HOLAND	4X2	AMARELO
RETROESCAVADEIRA	NEW HOLAND	4X4	AMARELO
CAMINHÃO ABERTO	VOLKSWAGEM	VW/8.120 EURO3	BRANCO
Total de veículos leves:		<b>37</b>	
Total de veículos pesados:		<b>8</b>	
Total de veículos da frota:		<b>45</b>	

Fonte: Autor, 2015.

#### 5.4.1 Viabilidade economia do sistema de reuso

Para verificação da viabilidade economia do sistema de reuso, analisou-se a área de construção existente na estação para verificação das possíveis melhorias para implantação.

Conforme descrito anteriormente, foi possível constatar a necessidade de implantar um tratamento físico-químico para proporcionar uma qualidade do efluente tendo como meta a sua reutilização. Desta forma, está sendo proposto a implantação das seguintes etapas para realizar o tratamento terciário:

- construção de um tanque para preparo do coagulante;
- utilização da Calha Parshall existente na saída da ETE a ser utilizada no processo de mistura rápida;
- construção de um floculador hidráulico (processo de floculação);
- construção dois decantadores (processo de sedimentação).

Na sequência é apresentada memorial de cálculo para o dimensionamento das infra - estruturas propostas para serem implantadas como tratamento terciário na ETE Salto do Guimarães.

Para o dimensionamento da Estação de Tratamento do Efluente Tratado para reuso, utilizou-se a vazão (Q) igual a 40L/s, 50% da vazão total da ETE Salto do Guimarães. Adotou-se a utilização desta vazão em função da demanda de água a ser utilizada no reuso da própria concessionária. Assim, foi considerado a quantidade de efluente a reutilizar igual a 4320m<sup>3</sup>/d.

- Dimensionamento do Tanque para Preparo de Coagulante;
- 

Na Figura 47 é apresentado o esquemático do tanque de preparo de coagulante. Os dados adotados foram:

Dados PAC:

Dosagem otimizada, obtida por ensaio em Jar Test: 60g/m<sup>3</sup>;

Pureza: 10%;

Densidade ( $\rho$ ): 1,3g/m<sup>3</sup>;



Viscosidade ( $\mu$ ): 1,0cP ou 0,001Kg/m.s;

Carga de PAC ( $C_{pac}$ );

Volume da Solução ( $V_{sol}$ );

$$C_{pac} = \text{Concentração} * \text{Vazão (Qt)}$$

Equação 14

$$C_{pac} = 259,2 \text{Kg/d}$$

$$V_{sol} = (C_{pac} * 100) / (\text{Pureza} * \rho)$$

Equação 15

$$V_{sol} = 1,994 \text{m}^3/\text{d}$$

Dados do tanque:

Dt: Diâmetro do tanque

hu: Altura útil

H: Altura total

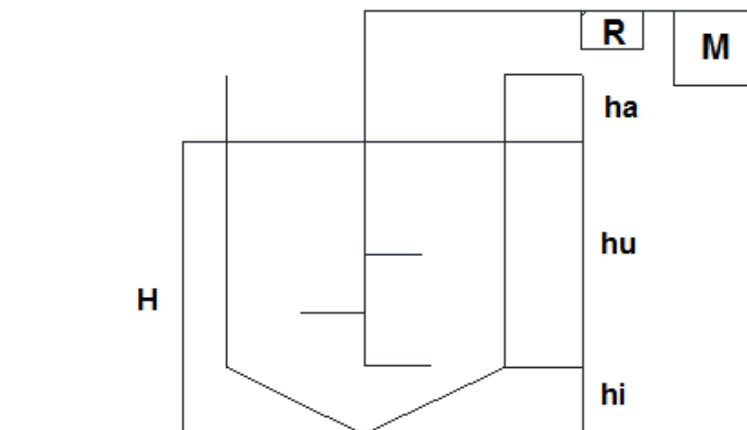
hi: Altura do cone

ha: altura da borda livre

Dt = hu

Hélice de 3 pás (200rpm)

Figura 47. Tanque para coagulante PAC.



Fonte: Autor, 2015.

Para o Segundo Dorst:

$$Dt=Du$$

Hélice de 3 pás

$$\eta = 200\text{rpm}$$

$$Dt = ((4 * V_{sol}) / \pi)^{1/3}$$

Equação 16

$$Dt = 1,364\text{m}$$

$$Dt = h_u$$

$$h_i = 0,1 * Dt$$

Equação 17

$$h_i = 0,136\text{m}$$

OBS: Para critério de projeto adotar aproximadamente 0,30m para  $h_a$ .

$$H = h_i + h_u + h_a$$

Equação 18

$$H = 1,8\text{m}$$

- Cálculo da Potência do Motor:

Dados:

$$\eta = 200\text{rpm ou } 3,3 \text{ rps}$$

$$\rho = 1,3\text{g/cm}^3 \text{ ou } 1300\text{Kg/m}^3$$

$$\mu = 1,0\text{cP ou } 0,001\text{Kg/m.s}$$

$\epsilon$  = Coeficiente de potência para hélice - 3pás = 0,31

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Para o Segundo Dorst:

$$D_e = Dt/4$$

Equação 19

$$D_e = 0,341\text{m}$$

Dt: diâmetro do tanque

De: diâmetro da hélice

- Cálculo do Número de Reynolds:

$$Re = ((\eta * De^2 * \rho) / \mu)$$

$$Re = 497640$$

Equação 20

Observação: Para critério de projeto.

$Re \leq 10^6$  não precisa diminuir o volume do tanque.

$Re \geq 10^6$  dividir em dois tanques.

- Cálculo da Potência (Po):

$$Po = (\varepsilon * \rho * \eta^3 * De^5) / g$$

$$Po = 6,82 \text{ Kg.m/s}$$

Equação 21

Para Tanque Ideal é necessário corrigir a potência (Pc).

$$Pc = (((Dt/De) * (hu/De)) / ((Dt/De) * (hu/De)))$$

$$Pc = 15,03 \text{ Kg.m/s}$$

$$Pc = 0,20 \text{ HP}$$

Equação 22

Para critério de projeto, segundo Brown:

$$Dt/De = 3,0$$

$$hu/De = 2,7 \text{ a } 3,9$$

Adotar 3,3

$$1 \text{ HP} = 75 \text{ Kg.m/s}$$

- Dimensionamento de uma câmara de Floculação hidráulica de escoamento horizontal;

O tempo de permanência (de floculação) obtido em otimização de Jar Test foi igual a 15min, sendo adotado este parâmetro no presente trabalho. Assim, foi possível calcular o volume necessário para o tanque de floculação:

- Cálculo do volume do floclador:

$$Q=V/T \qquad \text{Equação 23}$$
$$V=45\text{m}^3$$

em que:

Q = Vazão;

V = Volume;

T = Tempo.

- Cálculos das secções das chicanas (S):

Dados:

Velocidade média ( $v_m$ ): 0,40m/s;

Velocidade inicial ( $v_i$ ): 0,60m/s;

Velocidade final ( $v_f$ ): 0,20m/s;

$$S_m= Q/v_m \qquad \text{Equação 24}$$
$$S_m=0,125\text{m}^2$$

$$S_i = Q/v_i$$

Equação 25

$$S_i = 0,083 \text{m}^2$$

$$S_f = Q/v_f$$

Equação 26

$$S_f = 0,250 \text{m}^2$$

Observação: A distância média entre as chicanas deve variar de 0,60m a 0,80m, adotaram igual a 0,70m.

$$H_i = S_m/a_m$$

Equação 27

$$H_i = 0,179 \text{m}$$

Esta dentro, pois o valor encontra-se  $0,1 \leq h_i \leq 0,2$ ;

Distância entre a parede e a 1ª chicana:

$$a_i = S_i/h_i$$

Equação 28

$$a_i = 0,464 \text{m}$$

Distância entre a última chicana e a parede:

$$a_f = S_f/h_i$$

Equação 29

$$a_f = 1,40 \text{m}$$

- Cálculo do comprimento (L) da chicana:

Adotou-se a largura (A) sendo igual a 3,0m.

$$L = (V / (H_i * A))$$

Equação 30

$$L = 84\text{m}$$

- Cálculo do número total de câmaras:

$$N_c = L / a_m$$

Equação 31

$$N_c = 120 \text{ câmaras}$$

- Cálculo do percurso da água ( $L_p$ ):

$$L_p = v_m * T_{dh}$$

Equação 32

$$L_p = 360\text{m}$$

Confirmação do  $L_p$ :

$$L_p = N_c * A$$

Equação 33

$$L_p = 360\text{m}$$

- Cálculo da profundidade com borda livre (H):

$$H = h_i + h_a$$

Equação 34

$$H = 0,479\text{m}$$

- Dimensionamento dos Decantadores;

Na Figura 48 é apresentado o esquemático dos decantadores dimensionados no presente trabalho.

Para o Tempo de detenção hidráulico ( $T_{dh}$ ) adotou-se 9 horas e 2 decantadores, sendo obtido os seguintes cálculos:

$$V_d = Q * T_{dh}$$

Equação 35

$$V_d = 1620\text{m}^3$$

$$V_{di} = Vd/2$$
$$V_{di} = 810 \text{m}^3$$

Equação 36

- Cálculo do Comprimento (Ld) do decantador:

Para a velocidade de escoamento superficial (v), adotou-se 0,00265m/s;

$$Ld = v * T$$
$$Ld = 85,86 \text{m}$$

Equação 37

Obs: não podendo ser diferente de 5% do L da câmara floculada.

- Cálculo da área superficial do Decantador(Sd):

$$S_{di} = V_{di} / Ld$$
$$S_{di} = 9,43 \text{m}^2$$

Equação 38

- Cálculo da largura (A) do decantador:

Para o cálculo da profundidade útil (Hu) adotar entre 2,5 e 5,5m, optou-se por adotar Hu igual a 5,0m.

$$A = Sd / Hu$$
$$A = 1,886 \text{m}$$

Equação 39

Conferência:  $L/10 \leq A \text{ largura} \leq L/3$ ;

p- Cálculo da altura de lodo:

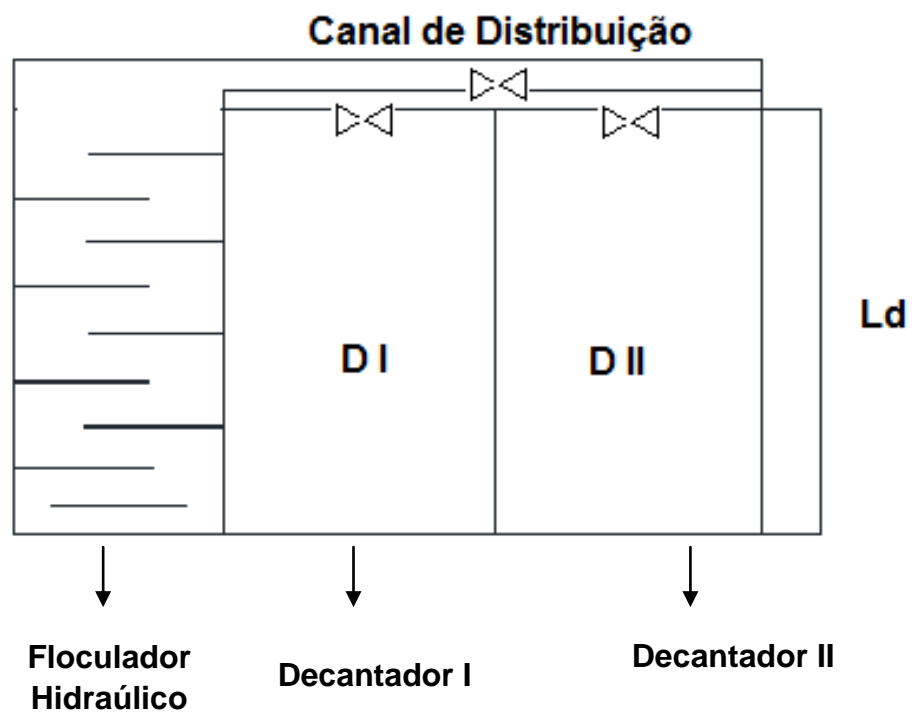
$$Ht = Hu + Ha + LI$$

Equação 40

$$LI = 0,5m$$

$$Ht = 5,80m$$

Figura 48. Decantadores.



Fonte: Autor, 2015.



## 6 CONCLUSÕES

De posse dos resultados e levantamentos pode -se concluir que:

- A ETE Salto do Guimarães possui tratamento preliminar, primário e secundário, não possuindo ainda o tratamento terciário, viabilizando assim uma proposta para o mesmo.
- As intervenções de melhorias executadas na ETE Salto do Guimarães apresentou uma melhora nos mal odores no tratamento preliminar, limpeza do sistema, recebimento de efluentes industriais sem causar possíveis danos na qualidade e eficiência do tratamento, pois a estação mantém sua vazão de entrada constante, 80 L/s, melhora no sistema de automação e também na eficiência de transferência de oxigênio nos reatores (sistema de aeração) e remoção da matéria orgânica.
- Na caracterização do efluente tratado não apresentou nenhum parâmetro acima do valor máximo permitido pela legislação vigente, art. 18 do Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976, o monitoramento semanal da estação verificou-se alteração em seu desempenho devido a chuvas intensas e arraste de lodo, porém manteve-se com a remoção de turbidez abaixo 100NTU.
- O efluente tratado da ETE Salto do Guimarães apresenta potencial de serem reutilizados após um tratamento físico - químico e desinfecção, pois não apresenta parâmetros de metais pesados e óleos e graxas fora dos valores máximos permitidos, mesmo com as alterações climáticas.
- Nas análises compostas semanais, conforme os gráficos em Anexo A, o parâmetros de pH do efluente tratado variou entre 6,6 a 7,6, estando dentro da faixa de pH de coagulação para o coagulante PAC. O parâmetro de turbidez apresentou 90% das amostras abaixo de 100NTU. O parâmetro de DBO apresentou resultados igual e abaixo de 60mg/L e eficiência da matéria orgânica acima de 80%.
- Na realização do estudo de tratabilidade do efluente tratado, percebe-se que os valores dos parâmetros de pH, turbidez, coliformes totais, coliformes fecais e contagem (bactérias heterotróficas) ficaram dentro da faixa proposta pela SABESP, tais valores já indicam a viabilidade do reuso para a lavagem das áreas da empresa

e da frota de veículos. Houve também uma considerável remoção do teor de fosfato no efluente tratado, visando assim a Licença de Operação.

- Definiu-se a dosagem ideal de oxidante para desinfecção do efluente, hipoclorito de sódio, conforme solicitação da licença de operação da estação, com o residual do cloro, coliformes totais, coliformes fecais e contagem dentro da legislação vigente e também a opção do uso de um gerador de cloro para um melhor custo benefício.

- O tratamento do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto Salto do Guimarães seguida de coagulação e floculação, dosando-se Cloreto Férrico e Policloreto de Alumínio (PAC) mostrou-se eficiente na remoção de turbidez. Na viabilidade econômica o coagulante policloreto de alumínio apresentou um melhor custo/benefício e uma econômica de R\$2.851,20.

- Os custos com o coagulante mostrou-se que não seria viável a reutilização do efluente tratado apenas para a lavagem da frota da concessionária devido ser considerado um custo baixo que a mesma tem com a lavagem de seus veículos. No entanto estão sendo realizados estudos de aplicação deste efluente em outros locais, visando viabilizar a implantação de reuso no município de Votorantim.

- Está sendo proposta a implantação de um sistema de tratamento terciário para aplicar o reuso dos efluentes da ETE estudada, conforme resultados obtidos em bancada de laboratório no presente trabalho. Assim, estão sendo consideradas as seguintes etapas no tratamento terciário: construção de um tanque (volume igual a  $1,9 \text{ m}^3$ ) para preparo do coagulante, utilização da Calha Parshall existente na saída da ETE a ser utilizada como processo de mistura rápida, construção de um floculador hidráulico (volume igual a  $45 \text{ m}^3$ ) e construção de dois decantadores (volume unitário igual a  $810 \text{ m}^3$ ).

## REFERÊNCIAS

APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21th edition, Washington, USA, 2005.

BRASIL, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13969, 1996.

BRASIL, Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, março de 2005.

BRASIL, Resolução nº. 430, de 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, março de 2011.

BRASIL, Lei Estadual nº. 997, de 31 de maio de 1976, Constituição do Estado de São Paulo, maio de 1976.

BRASIL, Decreto Estadual 8468, de 08 de setembro de 1976, Governo do Estado de São Paulo, setembro de 1976.

BRASIL, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, agosto de 1981.

BRASIL, Lei Federal nº. 9433, de 08 de janeiro de 1997. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, janeiro de 1997.

BRASIL, Lei Federal nº. 9984, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, julho de 2000.

Caderno de Recursos Hídricos, Agência Nacional de Água - ANA.

HESPANHOL, I. *Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos, Artigo Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Out/Dez, 2002.

GIORDANI, S., SANTOS, D.C. *Possibilidade de reúso dos efluentes domésticos gerados nas Bacias do Alto Iguaçu e Alto Ribeiro - Região de Curitiba - Paraná*, Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v.19, n.19, p. 06-14, jan./jun. 2003.

JUNIOR, N. M. R. *Tratamento da Água de Lavagem de Cana por Coagulação, Floculação e Sedimentação*. Dissertação de Mestrado Universidade de Ribeirão Preto, SP, 2010.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. *Água na indústria e reúso*. São Paulo. Oficina de Textos, 2005.

MIERZWA, J.C. *O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria estudo de caso da Kodak Brasileira*. Tese de Doutorado Escola Técnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2002.

MINOWA, C.; IWASHITA, N.D.; SETUGUTI, A.J.; MORI, S.L.; CHUANG, K.L. *Reuso da Água*. PHD - Água em Ambientes Urbanos Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2007.

MORELLI, E. B. *Reuso de água na lavagem de veículos*, Dissertação de Mestrado EPUSP - São Paulo, 2005. 92p.

MOTA, S. *Gestão Ambiental de Recursos Hídricos*. 3ª ed., atual. e rev. Rio de Janeiro: ABES, 343p., 2008.

SANTOS, H. F.dos, MANCUSO, P.C.S. *A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. Reúso da Água*. Universidade de São Paulo / Faculdade de Saúde Pública, ABES, 2003.

SVERZUT, L. J. *Avaliação da Potencialidade do Reuso de Água, Estudo de casos: Indústria de Laticínios e Universidade*. Dissertação de Mestrado Universidade de Ribeirão Preto, SP, 2010.

Plano Estadual Recursos Hídricos ; *Relatório de Disponibilidade Hídrica*, 2004.

Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica. Acesso em:  
<<http://www.daee.sp.gov.br/>>

Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, Cetesb, 2003.

TELLES, D.A. Água na agricultura e pecuária. In: REBOÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Orgs.) *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras. p. 305-337. 2006.

## **APÊNDICE A**

Série de resultados da amostragem realizado durante o período de janeiro a dezembro de 2015, dos pontos de afluente bruto e efluente tratado e os gráficos para análises dos parâmetros de pH, turbidez, DQO, DBO e a Eficiência da Remoção da Matéria Orgânica (Ef.R.M.).

Tabela 15. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de janeiro 2015.

Mês: JANEIRO/2015		Data da coleta:	08/01/2015			15/01/2015			21/01/2015			27/01/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	7,06	7,39		7,08	7,35		7,32	7,35		7,19	7,29		7,16	7,35	
Temperatura <sup>(2)</sup>	°C	≤ 40	25,60	24,50		23,30	23,00		29,00	28,50		21,10	21,30		24,75	24,33	
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	297,00	30,30		492,00	29,00		167,00	18,50		282,00	16,80		309,50	23,65	
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	2,50	1,30		0,10	1,50		1,00	0,00		2,00	1,90		1,40	1,18	
DQO	mg/L		610,00	122,00		880,00	95,00		290,00	69,00		433,00	18,00		553,25	76,00	
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	311,00	51,00	83,60	208,00	45,00	78,37	64,00	36,00	43,75	218,00	114,00	47,71	200,25	61,50	63,36
Nitrogênio Total	mg/L	50	38,00	21,00		37,00	23,00		27,00	24,00		45,00	17,00		36,75	21,25	
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	18,00	11,50		31,80	16,30		15,50	12,50		11,80	8,30		19,28	12,15	
Nitrato	mg/L	10	9,10	10,90		5,90	7,60		3,40	2,30		6,40	11,80		6,20	8,15	
Nitrato	mg/L	1	0,05	0,25		0,02	0,28		0,00	0,00		0,00	0,03		0,02	0,14	
Fósforo Total	mg/L	0,03	12,27	22,20		18,15	14,88		9,14	31,73		4,31	4,18		10,97	18,25	
ST	mg/L	1000	438,00	620,00		1098,00	746,00		—	—		606,00	412,00		714,00	592,67	
STF	mg/L		272,00	508,00		542,00	554,00		—	—		346,00	334,00		386,67	465,33	
STV	mg/L		166,00	112,00		556,00	192,00		—	—		260,00	192,00		327,33	165,33	
SST	mg/L	300	251,00	64,00		370,00	36,00		—	—		153,00	13,00		258,00	37,67	
SSF	mg/L		153,00	18,00		130,00	3,00		—	—		55,00	2,00		112,67	7,67	
SSV	mg/L	50	98,00	46,00		240,00	33,00		—	—		98,00	11,00		145,33	30,00	
SDT	mg/L		187,00	556,00		728,00	710,00		—	—		453,00	399,00		456,00	555,00	
SDF	mg/L		119,00	490,00		412,00	551,00		—	—		291,00	332,00		274,00	457,67	
SDV	mg/L		68,00	66,00		316,00	159,00		—	—		162,00	181,00		182,00	135,33	
<b>Legenda</b>																	
Potencial Hidrogeniônico - pH																	
Resíduo Sedimentável - RS																	
Sólidos Totais - ST																	
Sólidos Totais Fixos - STF																	
Sólidos Totais Voláteis - STV																	
Sólidos Suspensos Totais - SST																	
Sólidos Sususpensos Fixos - SSF																	
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																	
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																	
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																	
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																	
Demanda Química de Oxigênio - DQO																	
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																	
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																	
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																	
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																	
Afluente Bruto - Af.B																	
Efluente Tratado - Ef.T																	

Fonte: Autor, 2015.

Tabela 16. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de fevereiro 2015.

Mês: FEVEREIRO/2015		Data da coleta:	03/02/2015			10/02/2015			19/02/2015			24/02/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	7,07	7,38		7,11	7,27		7,28	7,17		6,91	7,24		7,09	7,27	
Temperatura <sup>(2)</sup>	-C	≤ 40	19,60	20,90		20,20	19,50		20,10	18,80		20,20	18,80		20,03	19,50	
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	240,00	29,50		233,00	27,70		165,00	17,30		225,00	52,10		215,75	31,65	
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	1,70	2,50		1,90	3,00		1,20	0,20		1,00	0,00		1,45	1,43	
DQO	mg/L		730,00	178,00		502,00	148,00		435,00	102,00		623,00	160,00		572,50	147,00	
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	498,00	51,00	89,76	171,00	25,00	85,38	241,00	79,00	67,22	306,00	56,00	81,70	304,00	52,75	81,01
Nitrogênio Total	mg/L	50	43,00	23,00		29,00	25,00		31,00	16,00		44,00	26,00		36,75	22,50	
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	26,00	14,30		14,60	13,00		3,60	7,30		41,80	21,10		21,50	13,93	
Nitrato	mg/L	10	7,20	12,30		4,80	8,70		4,50	18,40		6,60	20,50		5,78	14,98	
Nitrito	mg/L	1	0,02	0,29		0,10	0,32		0,04	0,92		0,13	0,60		0,07	0,53	
Fósforo Total	mg/L	0,03	6,85	13,84		5,22	8,88		13,71	6,92		6,53	8,23		8,08	9,47	
ST	mg/L	1000	1210,00	558,00		1098,00	592,00		726,00	442,00		606,00	412,00		910,00	501,00	
STF	mg/L		754,00	422,00		542,00	480,00		508,00	366,00		346,00	334,00		537,50	400,50	
STV	mg/L		456,00	136,00		556,00	112,00		218,00	76,00		260,00	192,00		372,50	129,00	
SST	mg/L	300	130,00	39,00		370,00	53,00		83,00	34,00		153,00	13,00		184,00	34,75	
SSF	mg/L		23,00	5,00		130,00	8,00		9,00	6,00		55,00	2,00		54,25	5,25	
SSV	mg/L	50	107,00	34,00		240,00	45,00		74,00	28,00		98,00	11,00		129,75	29,50	
SDT	mg/L		1080,00	519,00		728,00	539,00		643,00	408,00		453,00	399,00		726,00	466,25	
SDF	mg/L		731,00	417,00		412,00	472,00		499,00	360,00		291,00	332,00		483,25	395,25	
SDV	mg/L		349,00	102,00		316,00	67,00		144,00	48,00		162,00	181,00		242,75	99,50	
<b>Legenda</b>																	
Potencial Hidrogeniônico - pH																	
Resíduo Sedimentável - RS																	
Sólidos Totais - ST																	
Sólidos Totais Fixos - STF																	
Sólidos Totais Voláteis - STV																	
Sólidos Suspensos Totais - SST																	
Sólidos Suspensos Fixos - SSF																	
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																	
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																	
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																	
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																	
Demanda Química de Oxigênio - DQO																	
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																	
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																	
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																	
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																	
Afluente Bruto - Af.B																	
Efluente Tratado - Ef.T																	

Fonte: Autor, 2015.

Tabela 17. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de março 2015.

Mês: MARÇO/2015		Data da coleta:	03/03/2015			10/03/2015			17/03/2015			24/03/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	7,24	7,37		7,43	7,31		7,26	7,21		7,16	7,41		7,27	7,33	
Temperatura <sup>(2)</sup>	-C	≤ 40	17,60	20,10		18,80	18,70		19,50	20,60		15,40	13,20		17,83	18,15	
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	219,00	49,00		150,00	17,30		162,00	21,50		249,00	24,10		195,00	27,98	
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	1,00	4,00		1,00	1,50		0,50	0,10		1,30	0,30		0,95	1,48	
DQO	mg/L		486,00	232,00		488,00	109,00		491,00	104,00		609,00	94,00		518,50	134,75	
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	96,00	22,00	77,08	257,00	105,00	59,14	234,00	46,00	80,34	385,00	30,00	92,21	243,00	50,75	77,19
Nitrogênio Total	mg/L	50	40,00	31,00		42,00	28,50		40,00	21,00		48,00	27,00		42,50	26,88	
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	30,20	20,90		26,00	14,20		33,70	10,70		27,80	13,20		29,43	14,75	
Nitrato	mg/L	10	8,80	12,70		7,80	13,30		3,50	23,70		8,50	22,00		7,15	17,93	
Nitrito	mg/L	1	0,09	0,53		0,11	0,30		0,07	0,68		0,09	0,57		0,09	0,52	
Fósforo Total	mg/L	0,03	8,36	14,23		7,05	13,84		6,92	4,70		7,05	8,29		7,34	10,27	
ST	mg/L	1000	970,00	652,00		562,00	498,00		758,00	666,00		940,00	774,00		807,50	647,50	
STF	mg/L		652,00	504,00		316,00	394,00		468,00	476,00		566,00	566,00		500,50	485,00	
STV	mg/L		318,00	148,00		246,00	104,00		290,00	190,00		374,00	208,00		307,00	162,50	
SST	mg/L	300	163,00	82,00		118,00	58,00		154,00	38,00		193,00	40,00		157,00	54,50	
SSF	mg/L		13,00	5,00		19,00	8,00		13,00	5,00		17,00	6,00		15,50	6,00	
SSV	mg/L	50	150,00	77,00		99,00	50,00		141,00	33,00		176,00	34,00		141,50	48,50	
SDT	mg/L		807,00	570,00		444,00	440,00		604,00	628,00		747,00	734,00		650,50	593,00	
SDF	mg/L		639,00	499,00		297,00	386,00		455,00	471,00		549,00	560,00		485,00	479,00	
SDV	mg/L		168,00	71,00		147,00	54,00		149,00	157,00		198,00	174,00		165,50	114,00	
<b>Legenda</b>																	
Potencial Hidrogeniônico - pH																	
Resíduo Sedimentável - RS																	
Sólidos Totais - ST																	
Sólidos Totais Fixos -STF																	
Sólidos Totais Voláteis - STV																	
Sólidos Suspensos Totais -SST																	
Sólidos Suspensos Fixos - SSF																	
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																	
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																	
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																	
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																	
Demanda Química de Oxigênio - DQO																	
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																	
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																	
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																	
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																	
Afluente Bruto - Af.B																	
Efluente Tratado - Ef.T																	

Fonte: Autor, 2015.



Tabela 18. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de abril 2015.

Mês: ABRIL/2015		Data da coleta:	01/04/2015			07/04/2015			14/04/2015			22/04/2015			28/04/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	7,14	7,25		7,63	7,46		7,15	7,36		7,38	7,17		7,40	7,27		7,34	7,30	
Temperatura <sup>(2)</sup>	-C	≤ 40	14,60	12,20		13,50	13,60		13,00	19,00		13,60	19,70		11,70	11,70		13,28	15,24	
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	247,00	29,90		173,00	8,08		297,00	31,40		205,00	10,60		272,00	26,40		238,80	21,28	
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	2,00	0,30		1,00	0,10		2,00	1,50		2,10	0,50		2,00	0,20		1,82	0,52	
DQO	mg/L		618,00	68,00		674,00	72,00		769,00	180,00		525,00	74,00		721,00	113,00		661,40	101,40	
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	508,00	45,00	91,14	296,00	30,00	89,86	389,00	61,00	84,32	229,00	30,00	86,90	394,00	71,00	81,98	363,20	47,40	86,84
Nitrogênio Total	mg/L	50	55,00	20,00		67,00	25,00		65,00	35,00		46,00	28,00		69,00	52,00		60,40	32,00	
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	35,00	10,90		64,80	14,80		1,40	0,90		29,60	10,50		46,60	20,10		35,48	11,44	
Nitrato	mg/L	10	9,40	20,20		5,00	19,50		11,90	4,80		4,80	7,10		6,10	15,60		7,44	13,44	
Nitrato	mg/L	1	0,09	0,09		0,02	0,14		0,04	0,29		0,02	0,36		0,04	0,36		0,04	0,25	
Fósforo Total	mg/L	0,03	5,35	13,64		24,41	14,36		22,20	12,40		1,43	1,49		8,75	11,55		12,43	10,69	
ST	mg/L	1000	1134,00	520,00		852,00	588,00		706,00	506,00		706,00	506,00		606,00	412,00		800,80	506,40	
STF	mg/L		550,00	392,00		432,00	440,00		458,00	370,00		458,00	370,00		346,00	334,00		448,80	381,20	
STV	mg/L		584,00	128,00		420,00	148,00		248,00	136,00		248,00	136,00		260,00	192,00		352,00	148,00	
SST	mg/L		225,00	44,00		231,00	80,00		224,00	32,00		224,00	32,00		153,00	13,00		211,40	40,20	
SSF	mg/L	300	22,00	6,00		25,00	16,00		44,00	4,00		44,00	4,00		55,00	2,00		38,00	6,40	
SSV	mg/L	50	203,00	38,00		206,00	64,00		180,00	28,00		180,00	28,00		98,00	11,00		173,40	33,80	
SDT	mg/L		909,00	476,00		621,00	508,00		482,00	474,00		482,00	474,00		453,00	399,00		589,40	466,20	
SDF	mg/L		528,00	386,00		407,00	424,00		414,00	366,00		414,00	366,00		291,00	332,00		410,80	374,80	
SDV	mg/L		381,00	90,00		214,00	84,00		68,00	108,00		68,00	108,00		162,00	181,00		178,60	114,20	
<b>Legenda</b>																				
Potencial Hidrogeniônico - pH																				
Resíduo Sedimentável - RS																				
Sólidos Totais - ST																				
Sólidos Totais Fixos - STF																				
Sólidos Totais Voláteis - STV																				
Sólidos Suspensos Totais - SST																				
Sólidos Suspensos Fixos - SSF																				
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																				
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																				
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																				
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																				
Demanda Química de Oxigênio - DQO																				
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																				
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																				
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																				
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																				
Afluente Bruto - Af.B																				
Efluente Tratado - Ef.T																				

Fonte: Autor, 2015.

Tabela 19. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de maio 2015.

Mês: MAIO/2015		Data da coleta:	04/05/2015			12/05/2015			19/05/2015			26/05/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	7,45	6,97		7,27	7,20		7,33	7,26		6,95	6,96		7,25	7,10	
Temperatura <sup>(2)</sup>	°C	≤ 40	13,90	16,10		8,60	9,70		14,70	14,50		25,80	25,70		15,75	16,50	
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	290,00	13,80		184,00	5,98		210,00	21,50		215,00	5,77		224,75	11,76	
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	1,50	0,10		1,00	0,00		1,50	1,10		2,50	0,00		1,63	0,30	
DQO	mg/L		487,00	60,00		624,00	45,00		555,00	101,00		748,00	77,00		603,50	70,75	
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	263,00	17,00	93,54	313,00	12,00	96,17	295,00	40,00	86,44	440,00	24,00	94,55	327,75	23,25	92,67
Nitrogênio Total	mg/L	50	59,00	34,00		49,00	27,00		51,00	27,00		61,00	26,00		55,00	28,50	
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	41,10	10,00		45,30	20,80		41,90	19,40		46,50	11,10		43,70	15,33	
Nitrato	mg/L	10	4,60	28,00		16,20	23,00		6,10	17,00		7,20	14,60		8,53	20,65	
Nitrito	mg/L	1	0,02	0,78		0,25	0,35		0,03	0,44		0,05	0,51		0,09	0,52	
Fósforo Total	mg/L	0,03	5,88	3,66		0,40	0,71		12,01	9,01		5,48	6,53		5,94	4,97	
ST	mg/L	1000	672,00	428,00		700,00	432,00		732,00	698,00		822,00	602,00		731,50	540,00	
STF	mg/L		390,00	340,00		426,00	350,00		392,00	450,00		414,00	380,00		405,50	380,00	
STV	mg/L		282,00	88,00		274,00	82,00		340,00	248,00		408,00	222,00		326,00	160,00	
SST	mg/L	300	229,00	25,00		180,00	27,00		168,00	33,00		229,00	20,00		201,50	26,25	
SSF	mg/L		87,00	4,00		22,00	2,00		19,00	4,00		17,00	2,00		36,25	3,00	
SSV	mg/L	50	142,00	21,00		158,00	25,00		149,00	29,00		212,00	18,00		165,25	23,25	
SDT	mg/L		443,00	403,00		520,00	405,00		564,00	665,00		593,00	582,00		530,00	513,75	
SDF	mg/L		303,00	336,00		404,00	348,00		373,00	446,00		397,00	378,00		369,25	377,00	
SDV	mg/L		140,00	67,00		116,00	57,00		191,00	219,00		196,00	204,00		160,75	136,75	
<b>Legenda</b>																	
Potencial Hidrogeniônico - pH																	
Resíduo Sedimentável - RS																	
Sólidos Totais - ST																	
Sólidos Totais Fixos -STF																	
Sólidos Totais Voláteis - STV																	
Sólidos Suspensos Totais -SST																	
Sólidos Suspensos Fixos - SSF																	
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																	
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																	
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																	
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																	
Demanda Química de Oxigênio - DQO																	
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																	
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																	
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																	
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																	
Afluente Bruto - Af.B																	
Efluente Tratado - Ef.T																	

Fonte: Autor, 2015.

Tabela 20. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de junho 2015.

Mês: JUNHO/2015		Data da coleta:			01/06/2015			09/06/2015			17/06/2015			24/06/2015			30/06/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%		
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	7,01	6,94		6,81	6,70		6,68	6,63		6,78	6,72		6,82	6,84		6,82	6,77			
Temperatura <sup>(2)</sup>	°C	≤ 40	19,30	19,60		13,00	13,00		19,30	18,90		10,90	10,70		20,90	18,60		16,68	16,16			
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	180,00	12,30		324,00	14,80		306,00	310,00		337,00	20,70		229,00	17,30		275,20	75,02			
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	1,50	0,20		2,50	0,50		0,00	28,00		2,00	1,20		3,00	8,00		1,80	7,58			
DQO	mg/L		688,00	86,00		854,00	88,00		884,00	747,00		670,00	116,00		747,00	279,00		768,60	263,20			
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	550,00	26,00	95,27	466,00	23,00	95,06	427,00	263,00	38,41	392,00	64,00	83,67	329,00	85,00	74,16	432,80	92,20	77,32		
Nitrogênio Total	mg/L	50	57,00	27,00		52,00	17,00		65,00	55,00		57,00	69,00		52,00	28,00		56,60	39,20			
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	42,00	11,00		33,80	15,60		40,80	6,80		43,90	17,10		35,50	17,80		39,20	13,66			
Nitrato	mg/L	10	9,40	5,60		10,00	6,40		8,90	8,00		1,20	1,50		6,30	5,00		7,16	5,30			
Nitrito	mg/L	1	0,03	0,39		0,13	0,92		0,03	0,36		0,02	0,07		0,04	1,05		0,05	0,56			
Fósforo Total	mg/L	0,03	1,61	2,57		5,97	6,04		6,82	4,11		1,29	1,30		20,89	13,71		7,32	5,55			
ST	mg/L	1000	766,00	516,00		852,00	588,00		874,00	972,00		752,00	492,00		896,00	660,00		828,00	645,60			
STF	mg/L		456,00	400,00		432,00	440,00		430,00	516,00		446,00	386,00		560,00	436,00		464,80	435,60			
STV	mg/L		310,00	116,00		420,00	148,00		444,00	456,00		306,00	106,00		336,00	224,00		363,20	210,00			
SST	mg/L	300	179,00	18,00		231,00	80,00		241,00	479,00		216,00	36,00		226,00	142,00		218,60	151,00			
SSF	mg/L		16,00	3,00		25,00	16,00		40,00	135,00		26,00	5,00		30,00	25,00		27,40	36,80			
SSV	mg/L	50	163,00	15,00		206,00	64,00		201,00	344,00		190,00	31,00		196,00	117,00		191,20	114,20			
SDT	mg/L		587,00	498,00		621,00	508,00		633,00	493,00		536,00	456,00		670,00	518,00		609,40	494,60			
SDF	mg/L		440,00	397,00		407,00	424,00		390,00	381,00		420,00	381,00		530,00	411,00		437,40	398,80			
SDV	mg/L		147,00	101,00		214,00	84,00		243,00	112,00		116,00	75,00		140,00	107,00		172,00	95,80			
<b>Legenda</b>																						
Potencial Hidrogeniônico - pH																						
Resíduo Sedimentável - RS																						
Sólidos Totais - ST																						
Sólidos Totais Fixos -STF																						
Sólidos Totais Voláteis - STV																						
Sólidos Suspensos Totais - SST																						
Sólidos Suspensos Fixos - SSF																						
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																						
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																						
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																						
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																						
Demanda Química de Oxigênio - DQO																						
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																						
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																						
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																						
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																						
Afluente Bruto - Af.B																						
Efluente Tratado - Ef.T																						

Fonte: Autor, 2015.

Tabela 21. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de julho 2015.

Mês: JULHO/2015		Data da coleta:	06/07/2015			14/07/2015			21/07/2015			28/07/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	6,99	6,67		6,73	6,81		7,38	7,55		7,40	6,84		7,13	6,97	
Temperatura <sup>(2)</sup>	-C	≤ 40	17,00	16,90		15,20	16,00		11,10	13,20		9,30	18,60		13,15	16,18	
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	212,00	19,70		319,00	16,50		192,00	68,70		278,00	17,30		250,25	30,55	
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	2,00	1,50		2,00	0,50		2,50	5,50		2,50	8,00		2,25	3,88	
OD	mg/L	≥ 5,0	0,59	4,19		0,17	5,00		2,74	5,93		3,00			1,63	3,78	
DQO	mg/L		806,00	169,00		266,00	41,00		477,00	197,00		420,00	279,00		492,25	171,50	
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	319,00	56,00	82,45	249,00	13,00	94,78	219,40	78,19	64,36	323,47	85,00	73,72	277,72	58,05	78,83
Nitrogênio Total	mg/L	50	87,00	39,00		37,00	30,00		59,00	27,00		56,00	28,00		59,75	31,00	
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	59,00	22,10		35,50	29,90		34,90	18,80		35,70	17,80		41,28	22,15	
Nitrato	mg/L	10	5,90	4,20		3,80	0,40		2,90	0,00		6,90	5,00		4,88	2,40	
Nitrito	mg/L	1	0,06	0,83		0,03	0,01		0,11	0,26		0,02	1,05		0,06	0,54	
Fósforo Total	mg/L	0,03	6,07	16,32		1,48	1,61		6,23	7,21		1,99	13,71		3,94	9,71	
ST	mg/L	1000	1970,00	538,00		1044,00	600,00		848,00	594,00		778,00	616,00		1160,00	587,00	
STF	mg/L		486,00	260,00		414,00	232,00		488,00	390,00		412,00	436,00		450,00	329,50	
STV	mg/L		1484,00	278,00		630,00	368,00		360,00	204,00		366,00	180,00		710,00	257,50	
SST	mg/L	300	324,00	68,00		250,00	35,00		175,00	102,00		207,00	116,00		239,00	80,25	
SSF	mg/L		58,00	12,00		20,00	5,00		20,00	19,00		19,00	24,00		29,25	15,00	
SSV	mg/L	50	266,00	56,00		230,00	30,00		155,00	83,00		188,00	92,00		209,75	65,25	
SDT	mg/L		1646,00	470,00		794,00	565,00		673,00	492,00		571,00	500,00		921,00	506,75	
SDF	mg/L		428,00	248,00		394,00	227,00		468,00	371,00		393,00	412,00		420,75	314,50	
SDV	mg/L		1218,00	222,00		400,00	338,00		205,00	121,00		178,00	88,00		500,25	192,25	
<b>Legenda</b>																	
Potencial Hidrogeniônico - pH																	
Resíduo Sedimentável - RS																	
Sólidos Totais - ST																	
Sólidos Totais Fixos -STF																	
Sólidos Totais Voláteis - STV																	
Sólidos Suspensos Totais -SST																	
Sólidos Suspensos Fixos - SSF																	
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																	
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																	
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																	
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																	
Demanda Química de Oxigênio - DQO																	
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																	
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																	
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																	
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																	
Afluente Bruto - Af.B																	
Efluente Tratado - Ef.T																	

Fonte: Autor, 2015.

Tabela 22. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de agosto 2015.

Mês: AGOSTO/2015		Data da coleta:	04/08/2015			12/08/2015			18/08/2015			25/08/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	7,47	7,51		7,35	7,51		7,30	7,41		7,30	7,29		7,36	7,43	
Temperatura <sup>(2)</sup>	-C	≤ 40	11,30	13,40		8,40	11,90		12,60	16,80		11,60	21,30		10,98	15,85	
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	326,00	26,00		299,00	66,10		217,00	65,30		263,00	16,80		276,25	43,55	
Cor Real	uH	≤ 75	413,00	62,00		680,00	97,00		335,00	69,00		238,00	101,00		416,50	82,25	
Cor Aparente	uH		2230,00	820,00		2415,00	910,00		1320,00	770,00		1970,00	510,00		1983,75	752,50	
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	2,50	8,00		8,00	10,00		2,10	14,00		2,50	6,00		3,78	9,50	
OD	mg/L	≥ 5,0	1,49	6,44		2,27	6,28		2,05	5,75		2,64	7,59		2,11	6,52	
DQO	mg/L		820,00	221,00		1006,00	332,00		584,00	289,00		666,00	177,00		769,00	254,75	
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	506,57	121,60	76,00	491,40	158,78	67,69	227,57	89,46	60,69	338,85	103,68	69,40	391,10	118,38	68,44
Nitrogênio Total	mg/L	50	62,00	20,00		69,00	41,00		54,00	24,00		53,00	33,00		59,50	29,50	
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	23,40	18,30		37,60	22,20		30,60	13,70		46,40	15,50		34,50	17,43	
Nitrato	mg/L	10	8,80	1,10		10,30	1,20		3,40	1,10		0,00	1,40		5,63	1,20	
Nitrito	mg/L	1	0,04	0,27		0,04	0,08		0,02	0,04		0,04	0,03		0,03	0,11	
Fósforo Total	mg/L	0,03	6,79	9,99		7,25	7,31		13,32	16,32		16,19	9,27		10,89	10,72	
ST	mg/L	1000	884,00	662,00		1086,00	732,00		814,00	663,00		606,00	412,00		847,50	617,25	
STF	mg/L		456,00	450,00		556,00	418,00		494,00	490,00		346,00	334,00		463,00	423,00	
STV	mg/L		428,00	212,00		530,00	314,00		320,00	173,00		260,00	192,00		384,50	222,75	
SST	mg/L	300	292,00	151,00		340,00	267,00		252,00	217,00		153,00	13,00		259,25	162,00	
SSF	mg/L		30,00	27,00		84,00	50,00		28,00	92,00		55,00	2,00		49,25	42,75	
SSV	mg/L	50	262,00	124,00		256,00	217,00		224,00	125,00		98,00	11,00		210,00	119,25	
SDT	mg/L		592,00	511,00		746,00	465,00		562,00	446,00		453,00	399,00		588,25	455,25	
SDF	mg/L		426,00	423,00		472,00	368,00		466,00	398,00		291,00	332,00		413,75	380,25	
SDV	mg/L		166,00	88,00		274,00	97,00		96,00	48,00		162,00	181,00		174,50	103,50	
<b>Legenda</b>																	
Potencial Hidrogeniônico - pH																	
Resíduo Sedimentável - RS																	
Sólidos Totais - ST																	
Sólidos Totais Fixos -STF																	
Sólidos Totais Voláteis - STV																	
Sólidos Suspensos Totais -SST																	
Sólidos Suspensos Fixos - SSF																	
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																	
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																	
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																	
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																	
Demanda Química de Oxigênio - DQO																	
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																	
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																	
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																	
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																	
Afluente Bruto - Af.B																	
Efluente Tratado - Ef.T																	

Fonte: Autor, 2015.

Tabela 23. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de setembro 2015.

Mês: SETEMBRO/2015		Data da coleta:	01/09/2015			08/09/2015			16/09/2015			22/09/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	7,42	7,49		7,55	7,29		6,86	7,24		7,10	7,34		7,23	7,34	
Temperatura <sup>(2)</sup>	-C	≤ 40	12,90	12,50		8,60	10,50		22,80	20,20		21,10	19,60		16,35	15,70	
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	114,00	247,00		245,00	19,10		375,00	37,70		234,00	34,20		242,00	84,50	
Cor Real	uH	≤ 75	205,00	161,00		300,00	50,00		765,00	81,00		800,00	180,00		517,50	118,00	
Cor Aparente	uH		610,00	1010,00		1220,00	250,00		2810,00	459,00		1550,00	510,00		1547,50	557,25	
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	1,00	20,00		1,00	0,50		5,00	1,00		1,90	1,00		2,23	5,63	
OD	mg/L	≥ 5,0	1,20	5,86		7,15	8,47		0,40	6,02		0,59	6,08		2,34	6,61	
DQO	mg/L		485,00	290,00		274,00	40,00		1190,00	120,00		582,00	108,00		632,75	139,50	
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	144,00	37,00	74,31	115,56	15,47	86,61	479,40	82,49	82,79	383,84	75,00	80,46	280,70	52,49	81,04
Nitrogênio Total	mg/L	50	42,00	51,00		21,00	9,00		45,00	14,00		40,00	20,00		37,00	23,50	
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	31,10	21,00		14,60	0,80		30,00	12,00		32,60	18,60		27,08	13,10	
Nitrato	mg/L	10	3,60	1,50		3,10	3,80		13,00	1,80		12,20	5,90		7,98	3,25	
Nitrito	mg/L	1	0,01	0,03		0,02	0,30		0,05	0,16		0,04	0,05		0,03	0,14	
Fósforo Total	mg/L	0,03	9,40	17,63		2,94	2,28		8,16	10,05		9,47	6,07		7,49	9,01	
ST	mg/L	1000	—	—		560,00	330,00		922,00	504,00		662,00	464,00		714,67	432,67	
STF	mg/L		—	—		350,00	80,00		444,00	406,00		318,00	232,00		370,67	239,33	
STV	mg/L		—	—		210,00	250,00		478,00	98,00		344,00	232,00		344,00	193,33	
SST	mg/L	300	—	—		213,00	39,00		391,00	68,00		282,00	58,00		295,33	55,00	
SSF	mg/L		—	—		101,00	6,00		49,00	8,00		31,00	6,00		60,33	6,67	
SSV	mg/L	50	—	—		112,00	33,00		342,00	60,00		251,00	52,00		235,00	48,33	
SDT	mg/L		—	—		347,00	291,00		531,00	436,00		380,00	406,00		419,33	377,67	
SDF	mg/L		—	—		249,00	74,00		395,00	398,00		287,00	226,00		310,33	232,67	
SDV	mg/L		—	—		98,00	217,00		136,00	38,00		93,00	180,00		109,00	145,00	
<b>Legenda</b>																	
Potencial Hidrogeniônico - pH																	
Resíduo Sedimentável - RS																	
Sólidos Totais - ST																	
Sólidos Totais Fixos -STF																	
Sólidos Totais Voláteis - STV																	
Sólidos Suspensos Totais -SST																	
Sólidos Suspensos Fixos - SSF																	
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																	
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																	
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																	
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																	
Demanda Química de Oxigênio - DQO																	
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																	
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																	
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																	
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																	
Afluente Bruto - Af.B																	
Efluente Tratado - Ef.T																	

Fonte: Autor, 2015.

Tabela 24. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de outubro 2015.

Mês: OUTUBRO/2015		Data da coleta:	01/10/2015			07/10/2015			14/10/2015			21/10/2015			28/10/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	6,85	7,19		6,86	7,24		7,08	7,24		4,29	7,08		6,99	7,29		6,41	7,21	
Temperatura <sup>(2)</sup>	-C	≤ 40	23,30	20,30		22,80	20,20		12,90	18,00		20,20	19,30		19,20	19,50		19,68	19,46	
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	262,00	92,60		375,00	37,70		266,00	22,40		839,00	31,70		259,00	22,80		400,20	41,44	
Cor Real	uH	≤ 75	287,00	72,00		765,00	81,00		670,00	88,00		80,00	89,00		385,00	102,00		437,40	86,40	
Cor Aparente	uH		1620,00	240,00		2810,00	459,00		2010,00	370,00		4330,00	820,00		2010,00	215,00		2556,00	420,80	
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	2,00	5,00		5,00	1,00		2,00	0,20		6,00	2,00		1,50	0,00		3,30	1,64	
OD	mg/L	≥ 5,0	2,11	9,22		0,40	6,02		4,75	6,17		5,81	6,84		0,30	5,35		2,67	6,72	
DQO	mg/L		640,00	208,00		1190,00	120,00		684,00	90,00		916,00	126,00		768,00	108,00		839,60	130,40	
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	454,60	172,37	62,08	479,40	82,49	82,79	385,05	47,99	87,54	437,25	91,93	78,98	299,95	30,45	89,85	411,25	85,05	84,79
Nitrogênio Total	mg/L	50	46,00	24,00		45,00	14,00		42,00	17,00		54,00	26,00		41,00	28,00		45,60	21,80	
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	24,60	20,10		30,00	12,00		23,50	13,60		23,30	17,20		31,20	20,10		26,52	16,60	
Nitrato	mg/L	10	4,10	0,80		13,00	1,80		16,00	2,1		1,90	2,30		4,20	5,80		7,84	#VALOR!	
Nitrito	mg/L	1	0,02	0,03		0,05	0,16		0,04	0,42		0,18	0,24		0,02	1,70		0,06	0,51	
Fósforo Total	mg/L	0,03	1,91	2,11		12,50	15,40		2,20	21,60		22,80	36,00		22,50	34,00		12,38	21,82	
ST	mg/L	1000	716,00	578,00		922,00	504,00		768,00	442,00		1046,00	478,00		870,00	534,00		864,40	507,20	
STF	mg/L		338,00	398,00		444,00	406,00		386,00	364,00		544,00	418,00		520,00	480,00		446,40	413,20	
STV	mg/L		378,00	180,00		478,00	98,00		382,00	78,00		502,00	60,00		350,00	54,00		418,00	94,00	
SST	mg/L	300	218,00	146,00		391,00	68,00		220,00	43,00		515,00	67,00		290,00	51,00		326,80	75,00	
SSF	mg/L		16,00	26,00		49,00	8,00		26,00	5,00		195,00	17,00		43,00	10,00		65,80	13,20	
SSV	mg/L	50	202,00	120,00		343,00	59,00		194,00	38,00		312,00	50,00		247,00	42,00		259,60	61,80	
SDT	mg/L		498,00	432,00		531,00	436,00		548,00	399,00		531,00	411,00		580,00	483,00		537,60	432,20	
SDF	mg/L		322,00	372,00		395,00	398,00		360,00	359,00		349,00	401,00		477,00	470,00		380,60	400,00	
SDV	mg/L		176,00	60,00		135,00	39,00		188,00	40,00		190,00	10,00		103,00	12,00		158,40	32,20	
<b>Legenda</b>																				
Potencial Hidrogeniônico - pH																				
Resíduo Sedimentável - RS																				
Sólidos Totais - ST																				
Sólidos Totais Fixos -STF																				
Sólidos Totais Voláteis - STV																				
Sólidos Suspensos Totais -SST																				
Sólidos Suspensos Fixos - SSF																				
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																				
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																				
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																				
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																				
Demanda Química de Oxigênio - DQO																				
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																				
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																				
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																				
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																				
Afluente Bruto - Af.B																				
Efluente Tratado - Ef.T																				

Fonte: Autor, 2015.

Tabela 25. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de novembro 2015.

Mês: NOVEMBRO/2015			Data da coleta:			04/11/2015			11/11/2015			18/11/2015			25/11/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%			
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	6,91	7,28		6,98	6,94		6,52	7,23		7,01	7,26		6,86	7,18				
Temperatura <sup>(2)</sup>	-C	≤ 40	18,10	20,80		16,20	16,50		19,70	22,20		23,50	23,30		19,38	20,70				
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	356,00	16,40		266,00	58,30		257,00	18,90		236,00	15,40		278,75	27,25				
Cor Real	uH	≤ 75	245,00	61,00		595,00	49,00		210,00	65,00		271,00	60,00		330,25	58,75				
Cor Aparente	uH		2280,00	171,00		2290,00	440,00		910,00	480,00		1405,00	138,00		1721,25	307,25				
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	2,00	0,00		1,50	3,00		2,50	0,20		2,00	0,30		2,00	0,88				
OD	mg/L	≥ 5,0	0,89	6,26		0,49	5,74		2,00	5,92		0,44	6,41		0,96	6,08				
DQO	mg/L		470,00	73,00		720,00	121,00		526,00	74,00		528,00	44,00		561,00	78,00				
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	231,20	10,26	95,56	716,45	155,28	78,33	336,88	49,43	85,33	228,16	40,34	82,32	378,17	63,83	85,38			
Nitrogênio Total	mg/L	50	33,00	23,00		41,00	23,00		28,00	21,00		38,00	20,00		35,00	21,75				
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	18,10	14,60		17,50	9,30		26,70	14,20		36,00	11,30		24,58	12,35				
Nitrato	mg/L	10	4,60	3,90		22,50	7,60		0,70	1,60		0,60	3,30		7,10	4,10				
Nitrito	mg/L	1	0,02	0,08		0,06	0,32		0,01	0,30		0,01	0,24		0,03	0,23				
Fósforo Total	mg/L	0,03	8,00	15,80		4,24	29,50		13,60	10,80		23,76	30,81		12,40	21,73				
ST	mg/L	1000	680,00	482,00		1010,00	666,00		746,00	484,00		908,00	492,00		888,00	547,33				
STF	mg/L		420,00	320,00		596,00	462,00		472,00	360,00		400,00	324,00		489,33	382,00				
STV	mg/L		260,00	162,00		414,00	204,00		274,00	124,00		508,00	168,00		398,67	165,33				
SST	mg/L	300	330,00	31,00		252,00	95,00		233,00	28,00		236,00	24,00		240,33	49,00				
SSF	mg/L		126,00	5,00		26,00	22,00		33,00	7,00		42,00	3,00		33,67	10,67				
SSV	mg/L	50	204,00	26,00		226,00	73,00		200,00	21,00		194,00	21,00		206,67	38,33				
SDT	mg/L		350,00	451,00		758,00	571,00		513,00	456,00		672,00	468,00		647,67	498,33				
SDF	mg/L		294,00	315,00		570,00	440,00		439,00	353,00		358,00	321,00		455,67	371,33				
SDV	mg/L		56,00	136,00		188,00	131,00		74,00	103,00		314,00	147,00		192,00	127,00				
<b>Legenda</b>																				
Potencial Hidrogeniônico - pH																				
Resíduo Sedimentável - RS																				
Sólidos Totais - ST																				
Sólidos Totais Fixos - STF																				
Sólidos Totais Voláteis - STV																				
Sólidos Suspensos Totais -SST																				
Sólidos Suspensos Fixos - SSF																				
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																				
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																				
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																				
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																				
Demanda Química de Oxigênio - DQO																				
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																				
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																				
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																				
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																				
Afluente Bruto - Af.B																				
Efluente Tratado - Ef.T																				

Fonte: Autor, 2015.

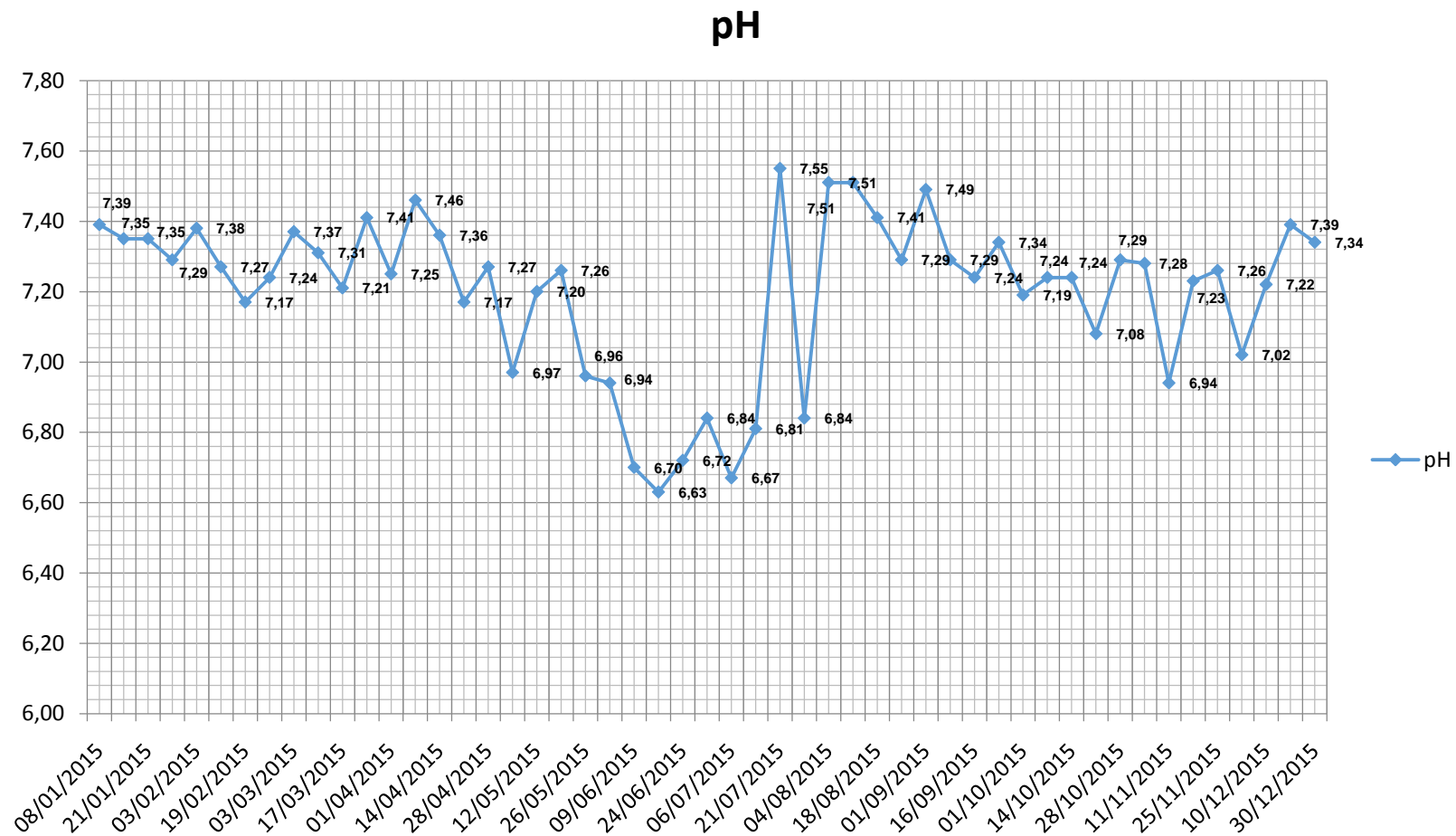


Tabela 26. Controle das análises semanais compostas da ETE Salto do Guimarães referente ao mês de dezembro 2015.

Mês: DEZEMBRO/2015		Data da coleta:			02/12/2015			10/12/2015			16/12/2015			23/12/2015			30/12/2015			MÉDIA DO MÊS		
Parâmetros	Unidade	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%	Af.B	Ef.T	Rend.%		
pH <sup>(2)</sup>		5 a 9	6,87	7,02		6,54	7,22		7,06	7,39		6,89	7,34		6,84	7,24		6,84	7,24			
Temperatura <sup>(2)</sup>	-C	≤ 40	22,90	23,40		20,50	20,90		15,20	19,20		15,20	17,00		18,45	20,13		18,45	20,13			
Turbidez <sup>(2)</sup>	NTU	≤ 100	288,00	50,60		86,70	47,90		318,00	6,50		125,00	87,70		204,43	48,18		204,43	48,18			
Cor Real	uH	≤ 75	256,00	78,00		570,00	108,00		136,00	55,00		143,00	68,00		276,25	77,25		276,25	77,25			
Cor Aparente	uH		2025,00	386,00		4180,00	331,00		1200,00	127,00		865,00	610,00		2067,50	363,50		2067,50	363,50			
RS <sup>(2)</sup>	mL/L	≤ 1,0	2,00	0,50		12,00	0,50		1,70	0,10		0,40	5,00		4,03	1,53		4,03	1,53			
OD	mg/L	≥ 5,0	0,79	3,38		1,15	4,65		2,30	6,50		3,26	5,86		1,88	5,10		1,88	5,10			
DQO	mg/L		748,00	163,00		1860,00	106,00		698,00	63,00		166,00	155,00		868,00	121,75		868,00	121,75			
DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	mg/L	60 mg/L ou 80%	393,40	62,57	84,10	329,00	49,00	85,11	417,00	54,00	87,05	38,00	21,00	44,74	294,35	46,64	75,25	294,35	46,64	75,25		
Nitrogênio Total	mg/L	50	65,00	30,00		35,00	22,00		53,00	26,00		28,00	39,00		45,25	29,25		45,25	29,25			
Nitrogênio Amoniacal <sup>(3)</sup>	mg/L	20	35,00	16,20		32,00	20,30		29,60	11,50		12,80	22,70		27,35	17,68		27,35	17,68			
Nitrato	mg/L	10	0,70	3,20		1,80	0,20		1,00	0,60		0,30	1,20		0,95	1,30		0,95	1,30			
Nitrato	mg/L	1	0,02	0,69		0,02	0,03		0,04	0,09		0,01	0,05		0,02	0,21		0,02	0,21			
Fósforo Total	mg/L	0,03	16,84	81,60		12,27	15,01		12,66	21,67		8,00	18,25		12,44	34,13		12,44	34,13			
ST	mg/L	1000	762,00	480,00		1274,00	532,00		862,00	476,00		304,00	436,00		800,50	481,00		800,50	481,00			
STF	mg/L		366,00	378,00		376,00	394,00		350,00	400,00		184,00	254,00		319,00	356,50		319,00	356,50			
STV	mg/L		396,00	102,00		898,00	138,00		512,00	76,00		120,00	182,00		481,50	124,50		481,50	124,50			
SST	mg/L	300	264,00	59,00		723,00	54,00		351,00	33,00		146,00	158,00		371,00	76,00		371,00	76,00			
SSF	mg/L		31,00	19,00		20,00	1,00		72,00	6,00		47,00	36,00		42,50	15,50		42,50	15,50			
SSV	mg/L	50	233,00	40,00		703,00	52,00		278,00	27,00		99,00	122,00		328,25	60,25		328,25	60,25			
SDT	mg/L		498,00	421,00		551,00	478,00		511,00	443,00		158,00	278,00		429,50	405,00		429,50	405,00			
SDF	mg/L		335,00	359,00		356,00	393,00		278,00	394,00		137,00	218,00		276,50	341,00		276,50	341,00			
SDV	mg/L		163,00	62,00		195,00	86,00		234,00	49,00		21,00	60,00		153,25	64,25		153,25	64,25			
<b>Legenda</b>																						
Potencial Hidrogeniônico - pH																						
Resíduo Sedimentável - RS																						
Sólidos Totais - ST																						
Sólidos Totais Fixos - STF																						
Sólidos Totais Voláteis - STV																						
Sólidos Suspensos Totais - SST																						
Sólidos Suspensos Fixos - SSF																						
Sólidos Suspensos Voláteis - SSV																						
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT																						
Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF																						
Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV																						
Demanda Química de Oxigênio - DQO																						
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO																						
1)- V.M.P. - Valor Máximo Permitido																						
2)- Decreto 8468/76, Artigo 18																						
3)- Resolução Conama 430, Artigo 16																						
Afluente Bruto - Af.B																						
Efluente Tratado - Ef.T																						

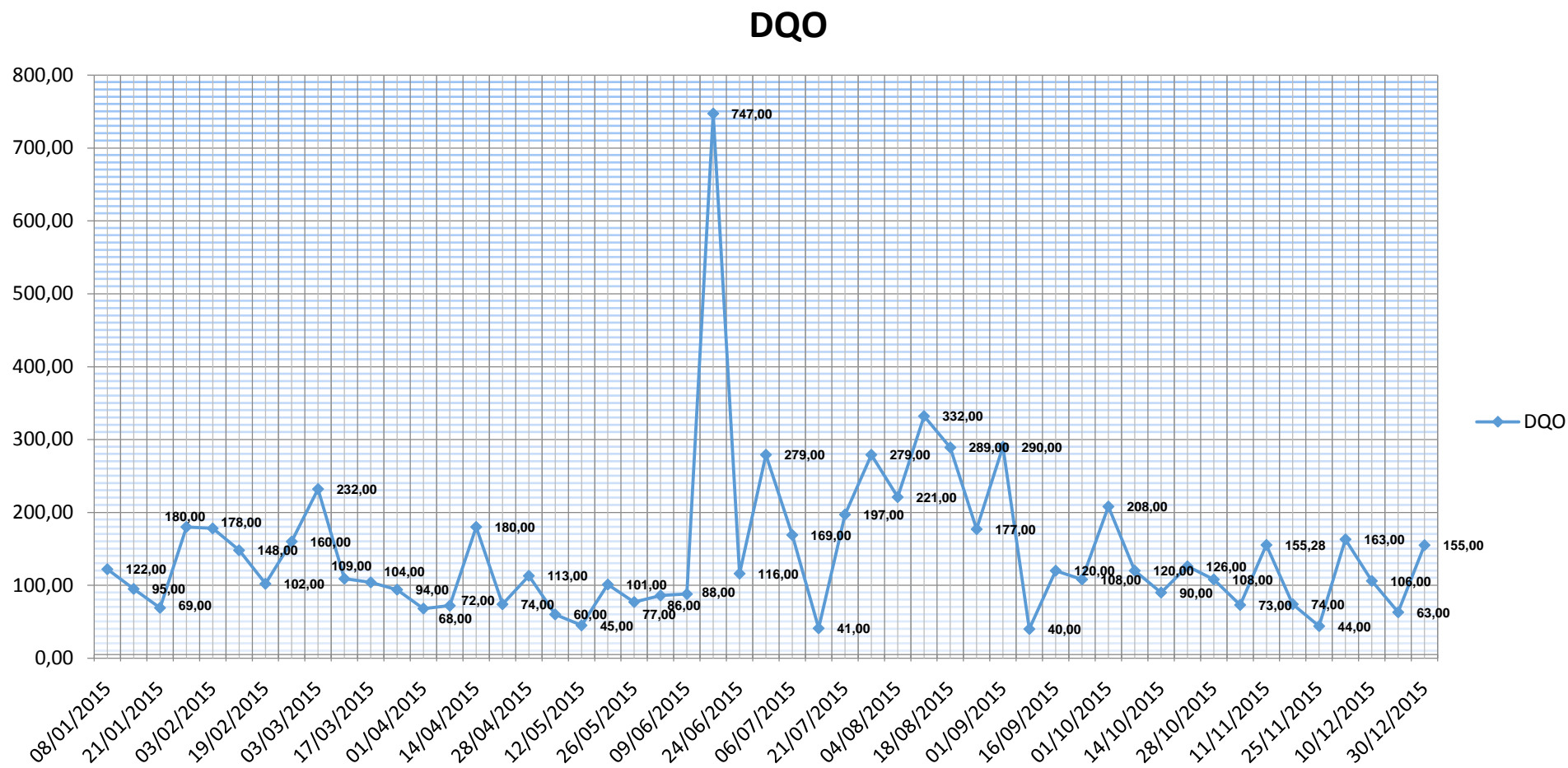
Fonte: Autor, 2015.

Figura 49. Gráfico dos resultados das análises compostas do parâmetro de pH.



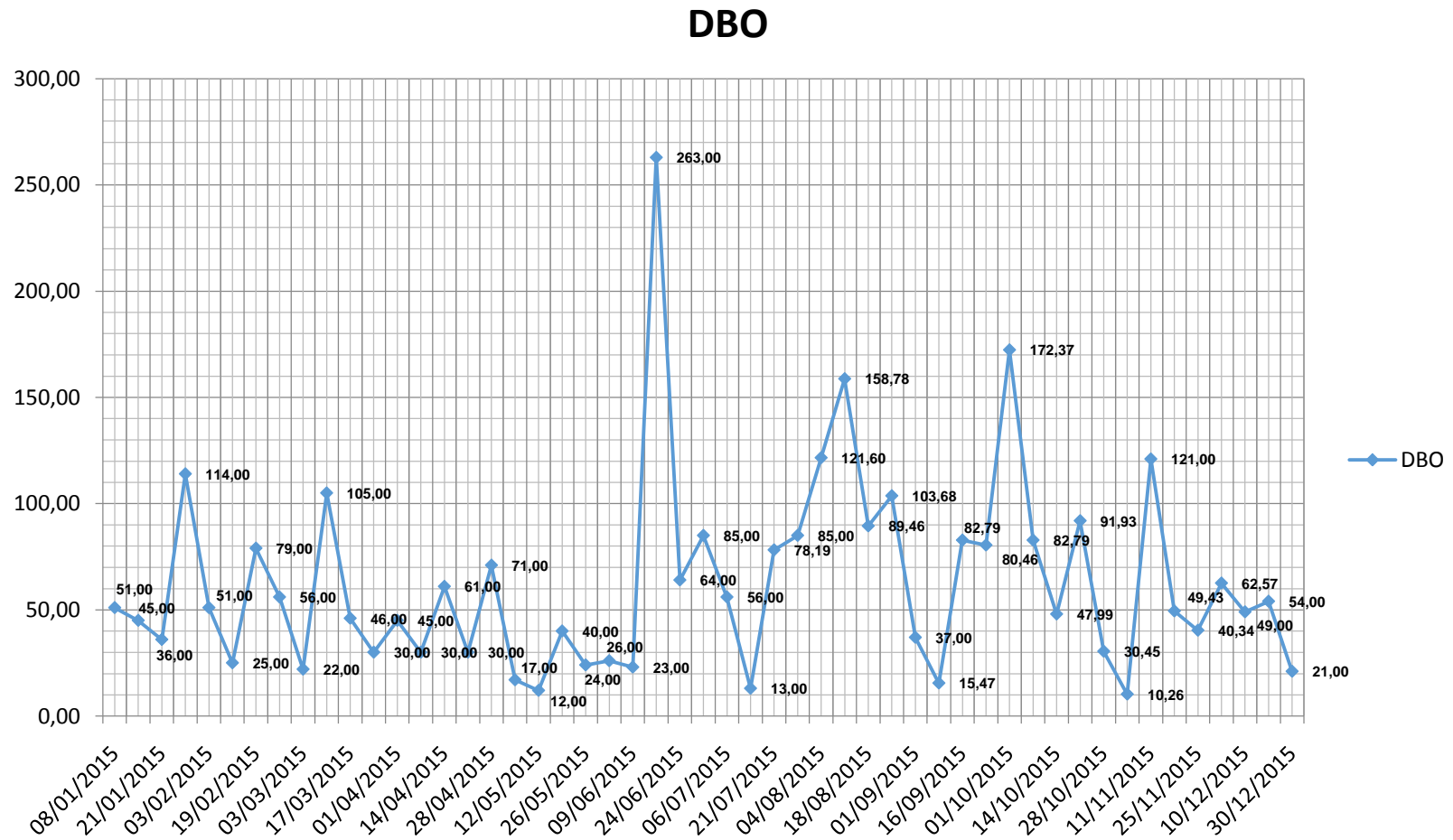
Fonte: Autor, 2015.

Figura 50. Gráfico dos resultados das análises compostas do parâmetro de DQO.



Fonte: Autor, 2015.

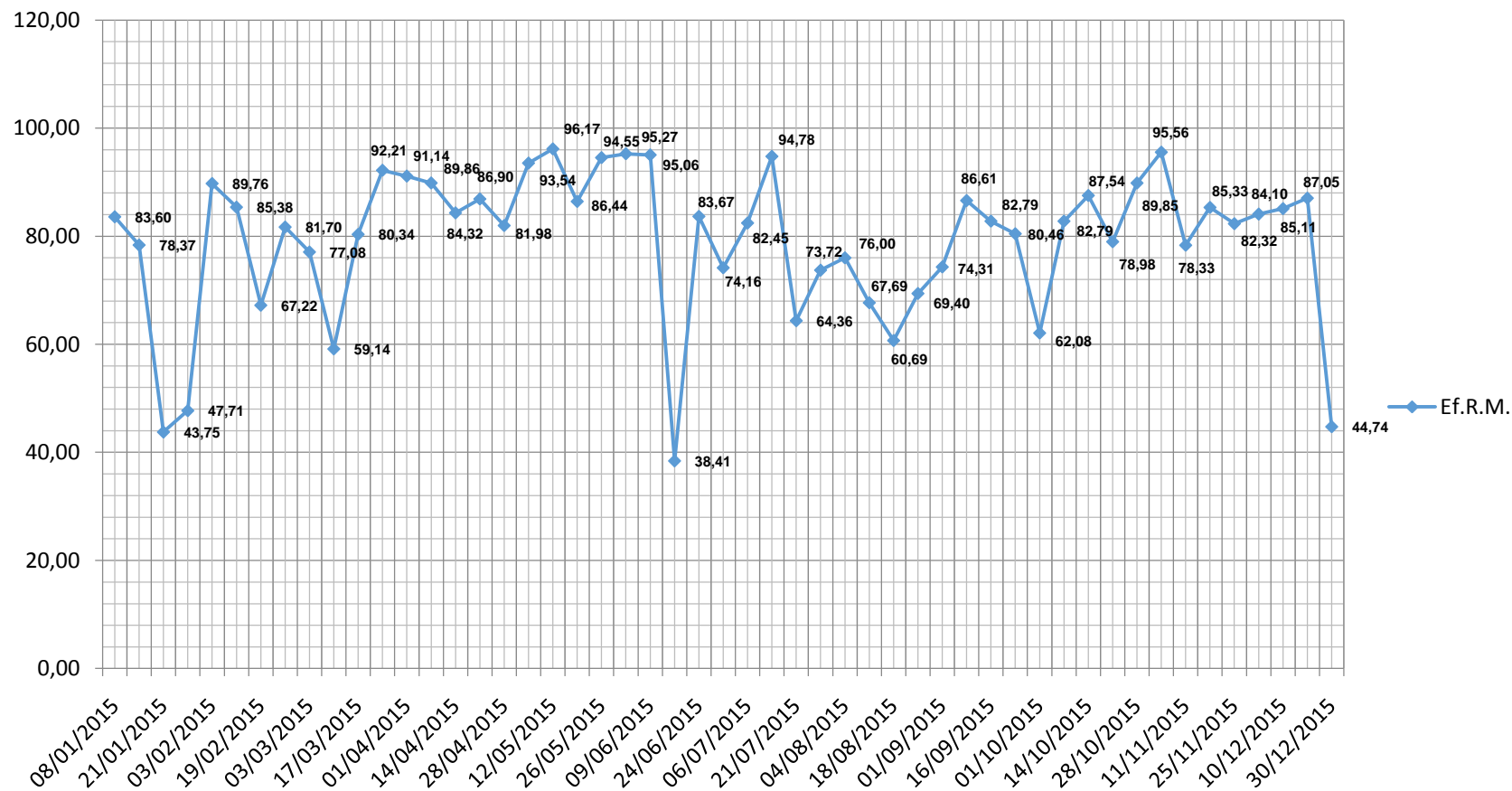
Figura 51. Gráfico dos resultados das análises compostas do parâmetro de DBO.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 52. Gráfico dos resultados dos cálculos de eficiência da remoção da matéria orgânica (Ef.R.M.).

### Ef.R.M.

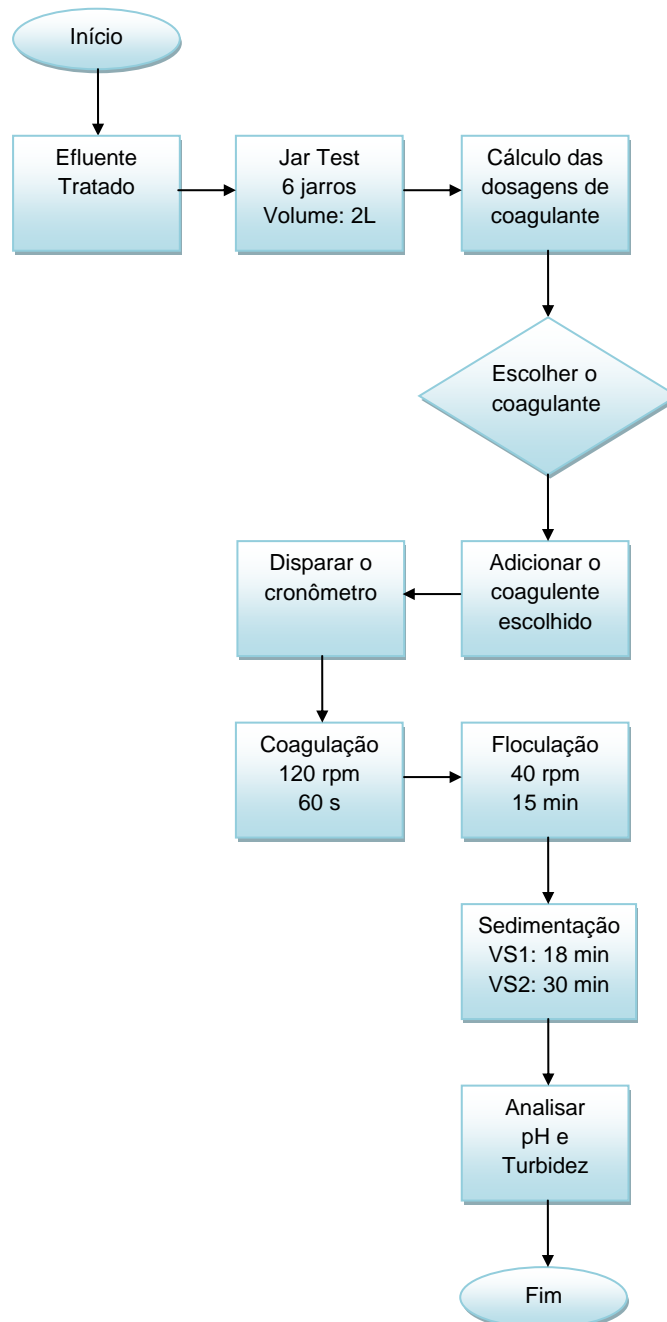


Fonte: Autor, 2015.

## APÊNDICE B

Fluxograma do ensaio de coagulação, floculação e sedimentação do efluente tratado com dois tipos de coagulantes, sendo eles, o cloreto férrico e o policloreto de alumínio.

Figura 53. Fluxograma do ensaio em Jar Test das etapas de coagulação, floculação e sedimentação.



Fonte: Autor, 2015.

## APÊNDICE C

Segue abaixo os cuidados, conforme figura 54, e os procedimentos, citados no quadro 4, utilizados nas coletas compostas do afluente bruto e efluente tratado da ETE Salto do Guimarães.

Quadro 4. Procedimentos utilizados para as coletas de afluente bruto e efluente tratado da ETE Salto do Guimarães.

Principais passos para coleta de Água Residual	
Passo	Descrição
1	O coletor deverá calçar as luvas para iniciar a coleta.
2	Remover a tampa do frasco de coleta com todos os cuidado de assepsia,
3	Com uma das mãos segurar o frasco pela base, encher o frasco até aproximadamente ¾ de sua capacidade.
4	Fechar o frasco cuidadosamente para não contaminar a amostra.
5	Acomodar as amostras na maleta térmica e medir a temperatura da amostra.
6	Preencher o formulário de Cadeia de Custódia e as amostras deverão ser conservadas sob refrigeração até a chegada ao laboratório.

Fonte: Adaptado do Procedimento operacional do Laboratório de Controle de Qualidade ETE Salto do Guimarães, 2014.

Figura 54. Formulário de cadeia de custódia uso no laboratório da ETE Salto do Guimarães.

FORMULÁRIO				Cadeia de custódia: Nº		[Logo da Concessionária]																					
Identificador: FOR-GAB-CQ-0G-0003		Revisão: 0		Título: Formulário Cadeia de Custódia		Data de emissão: 26/05/2014																					
Área emitente: Controle de Qualidade		Elaborador: Maria Fernanda Romão Coordenação de Operações		Aprovador: Marcos Meilo Coordenação de Apoio Técnico Operacional		Data de revisão: 26/05/2015																					
Cliente: _____ Responsável pelo pedido: _____ Endereço: _____ Envio do relatório para: _____ Cidade: _____ e-mail: _____ Responsável pela coleta: _____ Coleta realizada por: _____				Parâmetros para Análise pH, Cor e Turbidez O.D. Salinidade DBO DQO Cloro residual Nitrito Nitrato Nitrogênio Kjeldahl Nitrogênio Amônia Nitrogênio total Sólidos Suspensos (Fixos e voláteis) Sólidos Sedimentáveis Sólidos Totais (Fixos e voláteis) Fósforo total Cloretos Alumínio Alcalinidade Dureza Densidade Feofitina Clorofila A Ortofosfato Silica Total Cianobactérias		Tipo de amostra      Norma: 1- Água Bruta      5 - Efluente      ( ) Portaria 2914/11      ( ) CONAMA 396 2 - Água Tratada      6 - Sedimento      ( ) CONAMA 357      ( ) NBR 10.004 3 - Água Subterrânea      7 - Clarificado Lodo      ( ) CONAMA 274      ( ) _____ 4 - Água de Rio      8 - Outros: _____																					
Nº da Amostra		Identificação da amostra				Tipo de amostra		Temp. (°C)		Nº de frascos		Hora e data de coleta															
OBS.:				Autorizado por:																							
USO EXCLUSIVO DO CLIENTE				USO EXCLUSIVO DO CONTROLE DA QUALIDADE																							
Enviado por:				Recebido por:																							
Nome (legível):				Nome (legível):																							
Ass.:				Ass.:																							
Data:				Data:																							
Hora:		Tel. Contato:		Temperatura do cooler:																							

Fonte: Procedimento operacional do Laboratório de Controle de Qualidade ETE Salto do Guimarães, 2014.