

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E**  
**AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ESTAÇÕES DE**  
**TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) OPERADAS PELA**  
**COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO**  
**DISTRITO FEDERAL (CAESB)**

**VITOR RODRIGUES PARENTE**

**ORIENTADORA: ARIUSKA KARLA BARBOSA**  
**AMORIM**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II EM**  
**ENGENHARIA AMBIENTAL**

**BRASÍLIA/DF, MAIO de 2021.**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ESTAÇÕES DE  
TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) OPERADAS PELA  
COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO  
DISTRITO FEDERAL (CAESB)**

**VITOR RODRIGUES PARENTE**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.**

**APROVADA POR:**

---

**ARIUSKA KARLA BARBOSA AMORIM  
(ORIENTADOR)**

---

**YOVANKA PÉREZ GINORIS  
(EXAMINADORA INTERNA)**

---

**ANTÔNIO JOSÉ DE BRITO  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 14 DE MAIO DE 2021.**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

PARENTE, VITOR

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) OPERADAS PELA COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL (CAESB)

ix, 84 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2021)  
Monografia de Projeto Final – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO 2. ESTAÇÕES DE TRATAMENTO  
3. ESGOTO 4. EFICIÊNCIA

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

PARENTE, V. R.. (2021). AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) OPERADAS PELA COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL (CAESB). Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, NÚMERO DE PÁGINAS 72.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: VITOR RODRIGUES PARENTE

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) OPERADAS PELA COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL (CAESB)

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2021

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

VITOR RODRIGUES PARENTE

[VITOR.VRP@HOTMAIL.COM](mailto:VITOR.VRP@HOTMAIL.COM)

## **AGRADECIMENTOS**

Para da inicio, gostaria de agradecer imensamente à minha mãe, Ione, ao meu pai, Expedito, e ao meu irmão, Lucas, por estarem ao meu lado para tudo o que precisei, por nunca deixarem de apoiar meus sonhos e fazerem até mesmo o impossível por mim. Junto a eles, agradeço a minha namorada Larissa, que não deixou que eu desistisse em nenhum momento e estava sempre ao meu lado me dando forças para continuar lutando e fazendo cada momento mais alegre. Sem vocês tudo teria sido muito mais difícil, nunca esquecerei esse apoio que me deram. Os frutos que virão dessa jornada ainda serão prósperos.

Agradeço à minha orientadora Ariuska pela oportunidade que me foi dada, pelos conhecimentos passados e pelo auxílio dado ao longo da elaboração desse projeto.

Agradeço à Universidade de Brasília pelo ensino de qualidade prestado aos diversos alunos e pela vivência dada que me fizeram ser um homem melhor.

Agradeço aos amigos conquistados no curso de Engenharia Ambiental, especialmente da turma de 01/2013, que estiveram na mesma luta para conseguir a tão sonhada formação acadêmica.

Agradeço a CAESB pelos dados fornecidos, que foram partes fundamentais para finalização desse projeto.

E por fim, a todas as pessoas que contribuíram para que eu chegasse até aqui.

## RESUMO

Este trabalho visou avaliar o desempenho de seis estações de tratamento de esgotos operadas pela CAESB, por meio de dados secundários disponibilizados pela empresa responsável pelo tratamento. Nesse sentido, o estudo compreendeu as estações Alagado, Melchior, Riacho Fundo, Samambaia, Santa Maria e Sobradinho. As análises dos dados coletados foram feitas a partir do software BioEstat e consiste em basicamente quatro tópicos principais. O primeiro se trata da caracterização dos corpos receptores, por meio de suas respectivas classes, e das estações, sendo feita também uma estimativa da previsão do crescimento para 2037 utilizando dados de vazão de operação, de projeto e dados da população de operação e projeto das estações. Por meio desses dados foi analisada a tendência de reestruturação das ETEs para um período futuro. No segundo tópico, foi possível estudar as características dos parâmetros DBO, DQO, PT, SS e CT nos afluentes e efluentes por meio de estatística descritiva para cada estação de tratamento e comparar com valores típicos da literatura. Esse tópico levou à porcentagem da eficiência de remoção, em que consiste um dos principais pilares do trabalho, mostrando que as ETEs possuem boa eficiência de remoção em alguns parâmetros, como para o DBO com média de 93,8%, e deixando um pouco a desejar em outros, como para o PT com média de remoção de 76,9%. Assim, percebe-se que as ETEs Alagado, Santa Maria e Riacho Fundo obtiveram médias de remoções acima de 90% para todos os parâmetros, enquanto Sobradinho obteve eficiência abaixo do recomendado pela literatura para os parâmetros DBO, DQO, PT e SST, Melchior para os parâmetros PT e SST e Samambaia para SST. Concomitante a isso, no terceiro tópico foi feito um estudo para verificar se os dados na época da seca sofrem variações significativas em relação à época chuvosa. Nessa análise foi possível observar que os valores de caracterização dos parâmetros do afluente às ETE estudadas na época seca tendem a ser maiores que os observados na época chuvosa, mas para as concentrações afluentes são poucas diferenças estatisticamente significantes, enquanto que para os efluentes essas diferenças são maiores, mostrando que as épocas de seca ou chuva podem influenciar nas estações de tratamento. Já no quarto tópico foram caracterizados os corpos receptores Riacho Fundo, Ribeirão Sobradinho, Rio Alagado e Rio Melchior a montante e a jusante dos lançamentos por meio da estatística descritiva dos parâmetros CT, DBO, NO<sub>3</sub>, OD e SS. Nesse caso mostrou-se que mesmo com uma boa eficiência de remoção em grande parte das estações há influência dos lançamentos do esgoto tratado nos corpos hídricos, havendo aumento na concentração de parte dos parâmetros estudados, principalmente para o NO<sub>3</sub>, OD e SS.

Palavras-chave: estações de tratamento, avaliação de desempenho, esgoto, eficiência.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	2
2.1 OBJETIVO GERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
3.1 PANORAMA DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL.....	3
3.1.1 Panorama do esgotamento sanitário no DF.....	8
3.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL, CORPOS HÍDRICOS E PADRÕES DE LANÇAMENTO .....	11
3.3 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	16
4. METODOLOGIA .....	29
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....	29
4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS AFLUENTES E EFLUENTES .....	35
4.3 AV ALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DO ANO NAS CONCENTRAÇÕES AFLUENTES E EFLUENTES .....	36
4.4 DADOS MONITORADOS À JUSANTE E A MONTANTE DO LANÇAMENTO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS CORPOS RECEPTORES .....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	37
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS, POR MEIO DAS VAZÕES, POPULAÇÕES E CARGAS CALCULADAS .....	37
5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS AFLUENTES E EFLUENTES .....	42
5.2.1 Dados afluentes e efluentes .....	42
5.2.2 Análise das eficiências de remoção.....	54

5.3	AV ALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DO ANO NAS CONCENTRAÇÕES AFLUENTES E EFLUENTES .....	58
5.4	CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS MONITORADOS À JUSANTE E A MONTANTE DO LANÇAMENTO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS CORPOS RECEPTORES .....	62
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	70
	APÊNDICE A .....	76
	APÊNDICE B.....	81
	APÊNDICE C.....	82

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1- Dados da coleta de esgoto por região brasileira. Fonte: SNIS de 2017.....	4
Figura 3.2 - Dados do tratamento de esgoto por região brasileira. Fonte: SNIS de 2017. .....	5
Figura 3.3- Extensão da rede de esgoto no Distrito Federal (GDF, 2017).....	9
Figura 3.4- Índice de coleta de esgotos no DF. Fonte: SNIS .....	10
Figura 3.5- Índice de esgoto tratado referido à água consumida no DF. Fonte: SNIS.	10
Figura 3.6- Comparativo entre os volumes de esgoto tratado e coletado. (GDF, 2017) .....	22
Figura 3.7- Etapas de tratamento de esgotos da ETE Sobradinho (SIESG, 2014).....	25
Figura 3.8- Etapas de tratamento de esgotos da ETE Melchior (SIESG, 2014) .....	26
Figura 3.9- Etapas de tratamento de esgotos da ETE Samambaia (SIESG, 2014) .....	26
Figura 3.10- Etapas de tratamento de esgotos da ETE Riacho fundo (SIESG, 2014) .	27
Figura 3.11- Esquema da ETE Santa Maria (SIESG, 2014) .....	28
Figura 3.12- Esquema da ETE Alagado (SIESG, 2014) .....	28
Figura 4.1- Fluxograma da metodologia .....	29
Figura 5.1 - Localização das ETEs e dos pontos a montante e a jusante dos corpos receptores.....	41
Figura 5.2 - Concentrações médias afluentes e efluentes, do DQO, DBO e PT .....	44
Figura 5.3 - Concentrações médias afluentes e efluentes, do SS e CT .....	45
Figura 5.4 - Dispersão dos dados de DBO e DQO efluentes ao longo do tempo em comparação com os limites mínimos e máximos da literatura.....	51
Figura 5.5 - Dispersão dos dados de PT e SS efluentes ao longo do tempo em comparação com os limites mínimos e máximos da literatura.....	52
Figura 5.6 - Dispersão dos dados de CT efluentes ao longo do tempo em comparação com os limites mínimos e máximos da literatura .....	53
Figura 5.7 - Eficiências médias de remoção.....	55
Figura 5.8 - Concentrações à montante e à jusante .....	62
Figura 5.9 - Concentrações à montante e à jusante .....	63



## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1- Metas para esgotamento sanitário nas macrorregiões e no País (em %) (BRASIL, 2014) .....	7
Tabela 3.2- As melhores capitais em relação ao esgotamento sanitário (Trata Brasil,2019) .....	8
Tabela 3.3- Classificação das águas doces e suas respectivas destinações. Fonte: BRASIL, 2005 .....	12
Tabela 3.4- Padrões de lançamento de efluentes. (BRASIL, 2011).....	14
Tabela 3.5- ETE operadas pela CAESB com seu tipo de tratamento, área de atendimento, vazão de projeto, corpo receptor e classe do corpo receptor (GDF,2017). (continua).....	17
Tabela 3.6 - Unidades do sistema de esgotamento sanitário por Bacias Hidrográficas do DF (GDF,2017) .....	21
Tabela 3.7 - ETE operadas pela CAESB e o seu respectivo nível de tratamento (GDF, 2017).....	23
Tabela 3.8 - Caracterização dos corpos receptores .....	24
Tabela 4.1- imagem de satélite das ETEs escolhidas e suas respectivas bacias (GDF, 2017). (continua) .....	30
Tabela 5.1 - Vazões, populações e carga teórica de cada estação de tratamento de esgoto.....	40
Tabela 5.2 - – Números de dados para cada parâmetro de cada ETE, referente ao afluente e efluente.....	43
Tabela 5.3 - Comparação entre concentrações afluentes usuais e reais das ETEs (continua).....	46
Tabela 5.4 - Comparação entre concentrações efluentes usuais e reais das ETEs .....	49
Tabela 5.5 - Eficiências típicas de remoção dos constituintes de interesse nos esgotos domésticos .....	56
Tabela 5.6 - Mediana das concentrações afluentes nas estações seca e chuvosa e o nível de significância (p) .....	59
Tabela 5.7 - Mediana das concentrações efluentes nas estações seca e chuvosa e o nível de significância (p). .....	60
Tabela 5.8 - Mediana das concentrações dos corpos receptores a montante e a jusante e o nível de significância (p) .....	66

Tabela 0.1 - estatística descritiva das concentrações afluentes e efluentes de cada ETE (continua).....	76
Tabela 0.2 - Estatísticas descritivas da porcentagem de remoção para cada ETE .....	81
Tabela 0.3 - Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade no corpo receptor, a montante e a jusante dos lançamentos. (continua) .....	82

## **LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES**

Adasa - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal

Ana - Agência Nacional de Águas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Caesb – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CT – Coliformes Totais

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DF – Distrito Federal

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ES - Escoamento Superficial

ETE – Estação de tratamento de esgoto

GDF – Governo do Distrito Federal

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NBR - Norma Brasileira

NO<sub>3</sub> – Nitrato

ONU – Organização das Nações Unidas

Plansab - Plano Nacional de Saneamento Básico

PT – Fósforo Total

RA – Regiões Administrativas

RAFA – Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente

RBN - Remoção biológica de nutrientes

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SS – Sólidos suspensos

SST - Sólidos suspensos totais

# 1. INTRODUÇÃO

A vida no planeta Terra está ligada diretamente com a existência da água, que é um recurso natural teoricamente considerado inesgotável devido ao seu ciclo. Entretanto, em decorrência dos usos inadequados, do desperdício e da poluição, que resulta principalmente em alterações na qualidade da água disponível, têm-se observado cenários de limitação de acesso à água com qualidade adequada, causando frequentemente discussões ambientais e formas de controlar esse recurso.

O Brasil é considerado um dos países com mais abundância em recursos hídricos, mas a distribuição não é feita de forma uniforme. A região brasileira que concentra a maior parte da água é a Região Norte, com aproximadamente 80% da quantidade de água disponível, mas é considerada a região com a menor densidade populacional. Em contrapartida as regiões que estão mais próximas ao Oceano Atlântico concentram uma das menores quantidades de recursos hídricos, menos de 3%, mas possuem alta densidade populacional, utilizando mais água que o restante do país (ANA,2019).

Mesmo com o Centro-Oeste contendo uma boa proporção dos recursos hídricos, entre os anos de 2016 e 2018 o Distrito Federal passou por uma crise hídrica, fazendo o governo e toda a população se preocuparem mais com a água. Dessa forma, a crise hídrica passa a servir como um alerta para o cuidado não só com quantidade de água disponível, mas também com a qualidade dessa água.

Assim, as ETEs tiveram um papel fundamental na crise hídrica, pois o bom desempenho das estações contribuiu para obtenção de efluente tratado em concordância com os padrões de lançamento exigidos pela legislação ambiental, podendo dar um uso adequado para os corpos hídricos e mantendo a qualidade das águas.

Esse trabalho teve como objetivo principal avaliar o desempenho de seis ETEs, operadas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), e o impacto do lançamento dos efluentes finais nos corpos receptores, por meio da análise do afluente e efluente das ETEs junto com o corpo receptor a montante a jusante do lançamento, os quais são pilares importantes na avaliação do desempenho das estações.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o desempenho de seis ETEs operadas pela CAESB e a influência do lançamento dos efluentes tratados na qualidade dos corpos receptores.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar os afluentes e efluentes das ETEs com base nos dados da literatura e avaliar a adequação aos padrões de lançamento.
- Avaliar a influência da sazonalidade nas concentrações afluentes e efluentes às ETE estudadas.
- Avaliar o impacto do lançamento dos efluentes tratados na qualidade dos corpos receptores por meio da estatística descritiva.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 PANORAMA DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL**

A Constituição Federal de 1988 assegura o direito a saneamento básico, quando explicita no artigo 21, inciso XX, que é competência da União promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico. (BRASIL, 1988).

A Lei nº 11.445/2007, atualizada com o novo marco legal, lei nº 14.026/2020, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, definida no artigo 3º, inciso I, como o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais (BRASIL, 2007).

No presente trabalho o foco foi direcionado principalmente ao esgotamento sanitário, que é constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente (BRASIL, 2007, inciso I, alínea b).

Assim, para que se pudesse fazer um melhor estudo do panorama do esgotamento sanitário no Brasil, foi utilizado como principal instrumento o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Ele é o principal sistema de informações do setor de saneamento do Brasil, podendo ser usado como apontador para comparações do desempenho da prestação de serviços.

Segundo informações do próprio site do SNIS, o sistema tem como objetivos:

“(i) planejamento e execução de políticas públicas; (ii) orientação da aplicação de recursos; (iii) conhecimento e avaliação do setor saneamento; (iv) avaliação de desempenho dos serviços; (v) aperfeiçoamento da gestão; (vi) orientação de atividades regulatórias e de fiscalização; e (vii) exercício do controle social” (SNIS)

Segundo dados do SNIS em 2019, 120 milhões de brasileiros vivem em localidades sem tratamento de esgoto, e segundo o Instituto Trata Brasil (2018), apenas 45% do esgoto gerado no país passa por tratamento. Esses dados indicam que mais da metade dos esgotos gerados são despejados diretamente no meio ambiente, acarretando vários prejuízos aos diversos ecossistemas.

As Figuras 3.1 e 3.2 apresentam, respectivamente, os dados de coleta e tratamento de esgotos sanitários por região brasileira. Dessa forma, observou-se que a região Sudeste, que possui elevada densidade demográfica e desenvolvimento urbano, apresenta os maiores índices de coleta (78,56%) e tratamento (50,39%) de esgotos sanitários. Em contrapartida a região Norte possui uma das menores populações absolutas, com um baixo nível de densidade demográfica e apresenta os piores índices referentes ao esgoto. Apenas 10,24% da população tem seu esgoto coletado e dessa pequena quantidade apenas 22,58% do seu volume é tratado (SNIS de 2017).

Com esses dados percebeu-se que os valores para a região Sudeste estão acima da média nacional, que é de 52,36% para a coleta e 46% para o tratamento, e os valores da região Norte estão bem mais baixos que o da média nacional.

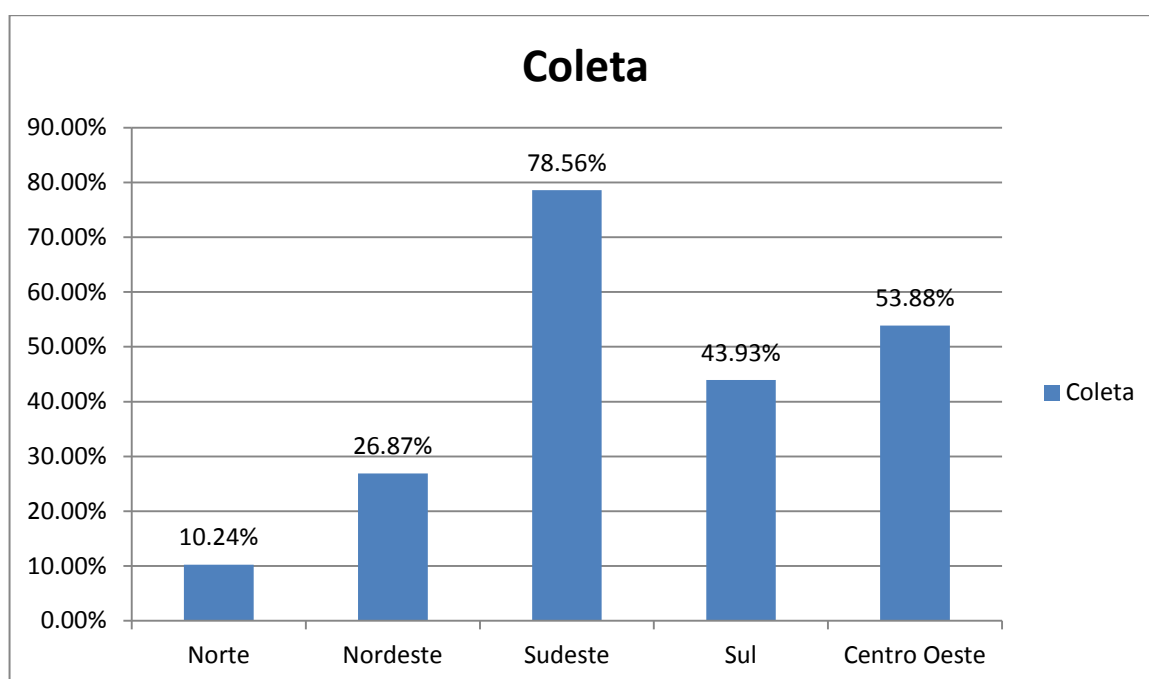


Figura 3.1- Dados da coleta de esgoto por região brasileira. Fonte: SNIS de 2017.



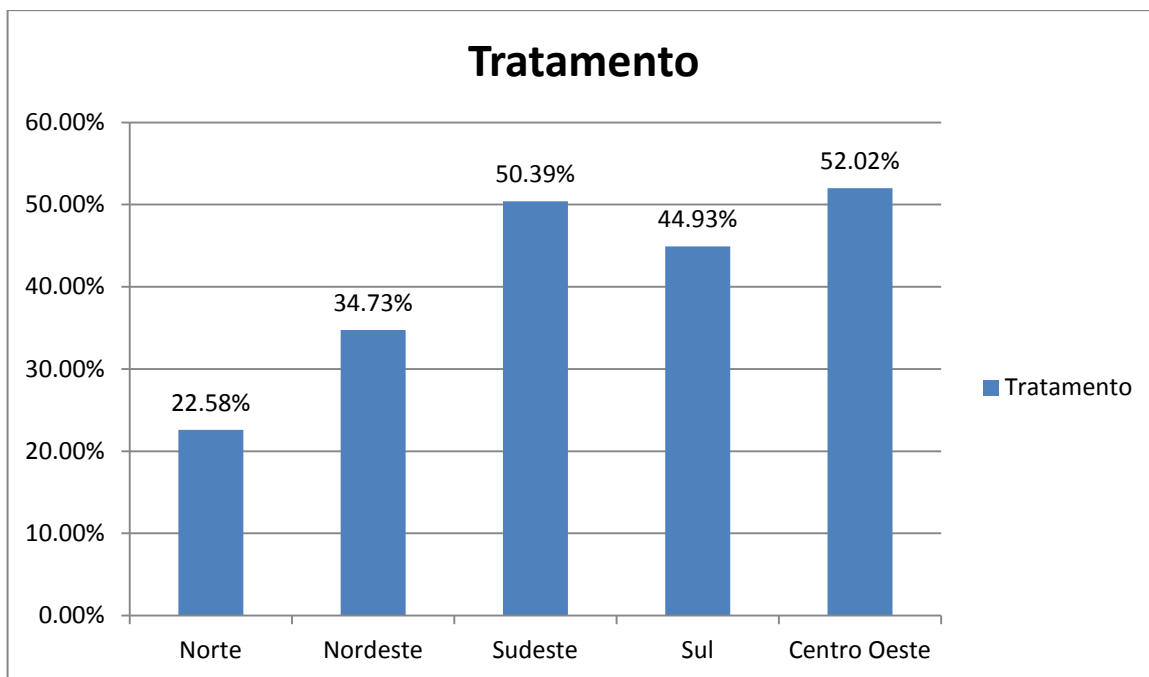


Figura 3.2 - Dados do tratamento de esgoto por região brasileira. Fonte: SNIS de 2017.

A ausência de tratamento adequado do esgoto sanitário pode resultar em impactos à saúde da população e ao meio ambiente. De acordo com dados publicados pelo Instituto Trata Brasil em 2013 as doenças gastrointestinais foram responsáveis pelo afastamento do trabalho das pessoas afetadas por, em média, 3,32 dias e pelo óbito de 2.193 pessoas. Esses números apontam para o fato de que a falta de tratamento do esgoto sanitário interfere, também, na economia uma vez que o aumento das infecções provoca o afastamento das pessoas do trabalho, gerando custos para a sociedade com o tempo que não foi cumprido de serviço.

Os investimentos na área de tratamento de esgotos sanitários resultam em diminuição dos impactos negativos nos corpos receptores, melhorias na saúde da população, além de benefícios econômicos para o país. Entre os anos de 2004 e 2016, como resultado dos investimentos na melhoria dos índices de coleta e tratamento de esgoto sanitário, o valor presente da economia com saúde foi de R\$ 1,737 bilhões, perfazendo um ganho anual de R\$134 milhões (TRATA BRASIL, 2018).

Do ponto de vista ambiental, o esgoto pode tornar toda uma área infértil para plantação, contaminar recursos hídricos ou até mesmo diminuir o turismo na região, se não houver um cuidado em seu tratamento ou se for reutilizado de maneira inadequada, acarretando diminuição no valor imobiliário de áreas com esgotos expostos. Com isso o

aumento do saneamento acarreta um maior faturamento no ramo imobiliário e proporciona edificações com maior valor agregado (TRATA BRASIL, 2018).

Esses fatores são explicados no relatório sobre a Ociosidade das Redes de Esgotamento Sanitário no Brasil, feito pelo instituto Trata Brasil como devido:

“a falta de capacidade de pagamento; cultura de não pagar o esgoto; a interligação à rede praticamente duplica o valor da fatura do usuário; os prestadores de serviços não possuem práticas efetivas para valoração dos serviços de esgotamento sanitário, principalmente o tratamento; a população não valoriza o tratamento de esgoto; o Poder Público municipal não compreende totalmente suas responsabilidades nas áreas de saneamento e meio ambiente e pouco utiliza o Poder de Polícia para obrigar os municípios a se interligarem ao sistema; o morador não quer danificar piso da residência para passar a rede interna; a ausência de programas de estímulo à interligação à rede de esgoto; a inexistência de sanções e penalidades; entre outros (Instituto Trata Brasil, 2015)

Com todos os problemas referentes ao esgoto, o Brasil ainda tem apresentado avanços nos índices de coleta e tratamento. Em 2011 apenas 48,1% da população brasileira tinha seu esgoto coletado, em 2016 esse valor foi para 51,9% (SNIS de 2016). Tendo como referência o tratamento, em 2011 o índice era de 37,5% já em 2016 o índice subiu pra 44,9% do volume de esgoto tratado.

Mas como pode ser visto, a melhora nos índices cresce em passos lentos e vai em desencontro aos planos e compromissos previstos pelo Brasil. Um desses planos pode ser observado no Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), neles são estabelecidos valores que serão atingidos pelo Brasil como um todo e por cada região. As metas estabelecidas até 2033 são apresentadas na Tabela 3.1:

Tabela 3.1- Metas para esgotamento sanitário nas macrorregiões e no País (em %)  
(BRASIL, 2014)

Indicador	Ano	Brasil	N	Ne	Se	S	CO
E1 % de domicílios urbanos e rurais servidos por rede coletora ou fossa séptica para os excretas ou esgotos sanitários	2010	67	33	45	87	72	52
	2018	76	52	59	90	81	63
	2023	81	63	68	92	87	70
	2033	92	87	85	96	99	84
E2 % de domicílios urbanos servidos por rede coletora ou fossa séptica para os excretas ou esgotos sanitários	2010	75	41	57	91	78	56
	2018	82	56	66	94	84	69
	2023	85	68	73	95	88	77
	2033	93	89	86	98	96	92
E3 % de domicílios rurais servidos por rede coletora ou fossa séptica para os excretas ou esgotos sanitários	2010	17	8	11	27	31	13
	2018	35	24	28	49	46	40
	2023	46	34	39	64	55	53
	2033	69	55	61	93	75	74
E4 % de tratamento de esgoto coletado	2008	53	62	66	46	59	90
	2018	69	75	77	63	73	92
	2023	77	81	82	72	80	93
	2033	93	94	93	90	94	96
E5 % de domicílios urbanos e rurais com renda até três salários mínimos mensais que possuem unidades hidrossanitárias	2010	89	70	81	98	97	97
	2018	93	82	89	99	98	98
	2023	96	89	93	99	99	99
	2033	100	100	100	100	100	100
E6 % de serviços de esgotamento sanitário que cobram tarifa	2008	49	48	31	53	51	86
	2018	65	62	51	70	69	90
	2023	73	70	61	78	77	92
	2033	90	84	81	95	95	96

Comparando a Figura 3.1 com a Tabela 3.1 percebeu-se que os valores são realmente discrepantes e que o país ainda tem muito que investir na área. Usando a região Norte como exemplo, a meta para a coleta de esgoto em 2018 seria de 52%, mas como visto em 2017 esse índice era de 10,24% e para o tratamento do esgoto coletado, a meta em 2018 seria de 75% e o que pode ser visto é que em 2017 esse número chegou a apenas 22,58%.

Um compromisso feito pelo Brasil no âmbito internacional foi visto na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, em 2015. O país pactuou que até 2030 alcançará o acesso universal à água potável, ao saneamento e higiene; melhorará a qualidade da água por meio da redução de produtos químicos e da poluição; e reduzirá de metade a quantidade de esgotos não tratados (ONU, 2015).

Mesmo com os pequenos avanços vistos, o país ainda enfrenta desafios relacionados a universalização do saneamento decorrentes de aspectos relativos a má gestão ou falta de

financiamento por parte do governo. Diversas pesquisas são publicadas anualmente e mostram que o dinheiro utilizado em obras de esgotamento não são meros gastos, e sim investimentos, sendo ações de prevenção e melhoria para a saúde de uma sociedade atual e futura.

### 3.1.1 Panorama do esgotamento sanitário no DF

De acordo com o Ranking do Saneamento elaborado pelo Instituto Trata Brasil em 2019 e tendo como base os dados do SNIS 2017, Brasília esta entre as 100 melhores cidades quando se trata sobre o saneamento básico, ocupando a 42ª posição (Tabela 3.2).

Tabela 3.2- As melhores capitais em relação ao esgotamento sanitário (Trata Brasil,2019)

Colocação	Cidade	Colocação	Cidade
12°	Curitiba	59°	Vitória
16°	São Paulo	66°	Aracaju
18°	Goiânia	73°	Maceió
23°	Palmas	76°	Fortaleza
31°	Campo Grande	79°	Recife
32°	João Pessoa	83°	São Luís
34°	Belo Horizonte	84°	Natal
38°	Porto Alegre	85°	Teresina
42°	Brasília	90°	Belém
45°	Boa Vista	93°	Rio Branco
49°	Salvador	96°	Macapá
51°	Rio de Janeiro	98°	Manaus
52°	Florianópolis	100°	Porto Velho
58°	Cuiabá		

A capital federal apresenta valores positivos em se tratando da coleta e tratamento do esgoto, superando bastante a média nacional e até a do Centro-Oeste. Segundo dados do SNIS 2017, Brasília faz a coleta de 85,1% do esgoto, a Região Centro-Oeste de 53,88% enquanto a média nacional é de 52,36%, e o tratamento desse resíduo coletado é de 84,4% em Brasília, de 52,02% no Centro-Oeste e nacionalmente é de 46%.

Dados do DATASUS (2017) mostram que houve 1761 internações por doenças de veiculação hídrica em Brasília e que dentre essas internações 16 óbitos foram constatados. O lançamento de forma precária acarreta também uma série de impactos ambientais, como o crescimento de cianobactérias no Lago Paranoá (Burnett *et al.*, 2001).

No DF o saneamento é de responsabilidade de uma empresa estatal na categoria de Sociedade de Economia Mista, chamada Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb). A Caesb possui o monopólio de fornecimento de água tratada e coleta e tratamento de esgoto sanitário no Distrito Federal e atua em todas as regiões administrativas do DF e em alguns municípios do entorno.

A partir dos dados apresentados na Figura 3.3 pode-se observar um crescimento de 2087 km da extensão da rede coletora de esgotos sanitários entre os anos de 2008 e 2017.

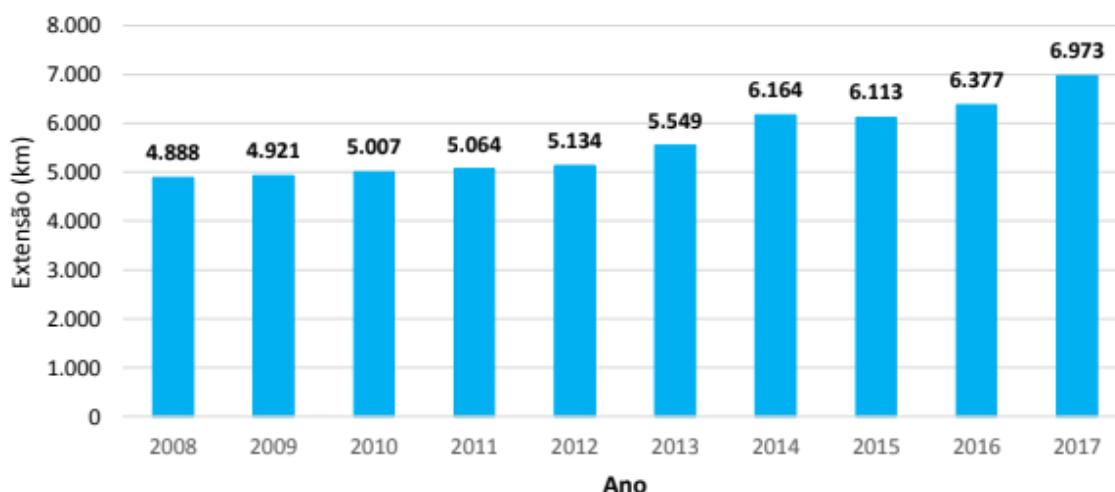


Figura 3.3- Extensão da rede de esgoto no Distrito Federal (GDF, 2017)

Os índices de coleta e tratamento vinham melhorando a cada ano no DF, no entanto nos anos de 2016 e 2017 os valores permaneceram estáveis, como podem ser visto nas Figuras 3.4 e 3.5:

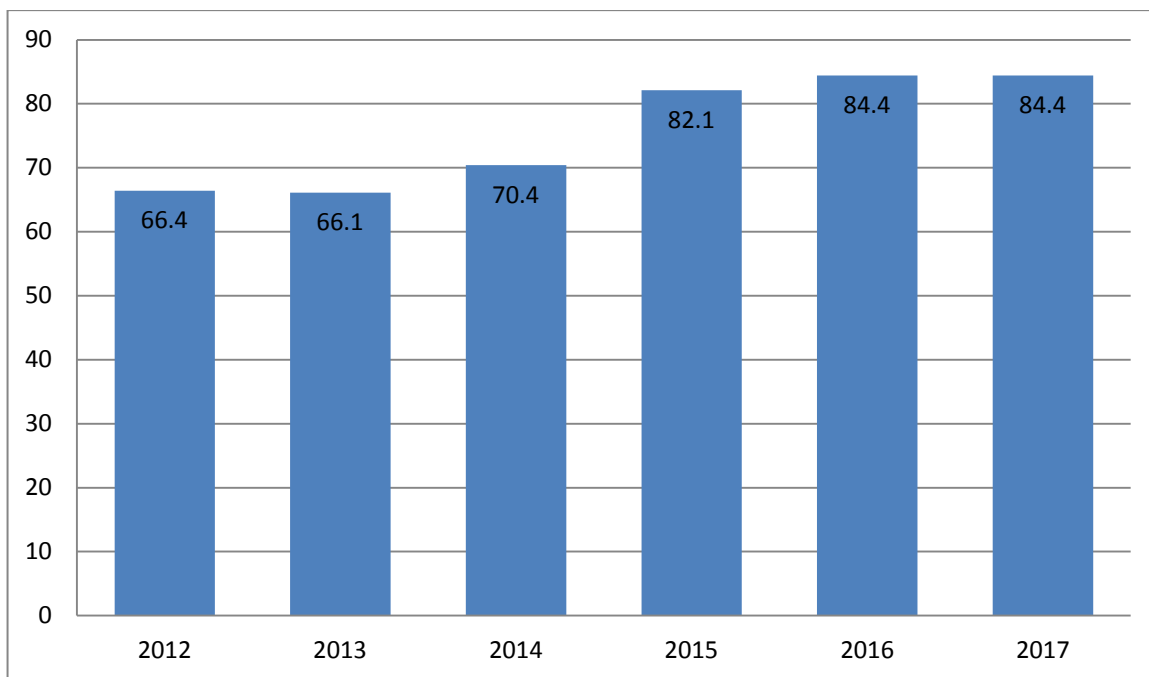


Figura 3.4- Índice de coleta de esgotos no DF. Fonte: SNIS

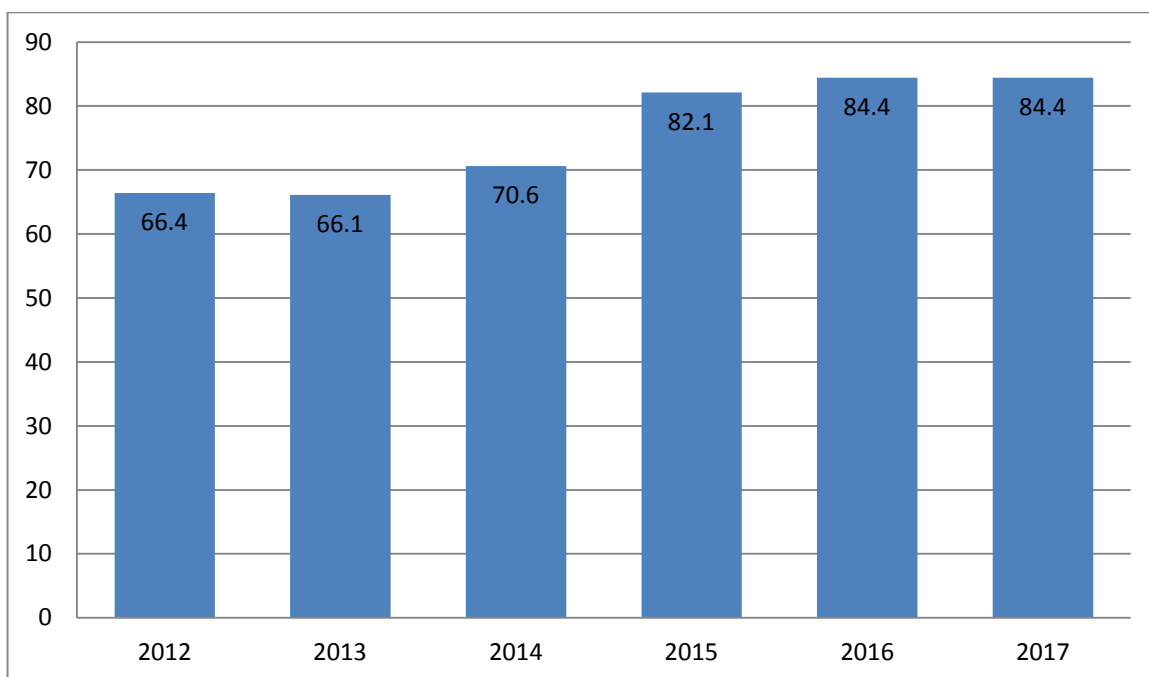


Figura 3.5- Índice de esgoto tratado referido à água consumida no DF. Fonte: SNIS

Com isso o governo de Brasília criou em 2019 metas descritas no Eixo Meio Ambiente do Plano Estratégico do DF para melhorar esses níveis, ampliando para 92% o acesso da população ao esgotamento sanitário, com coleta e tratamento. Será feito a implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário nas regiões do Setor de Mansões Park

Way, Colônia Agrícola Águas Claras, Vila IAPI e Colônia Agrícola Bernardo Sayão no Park Way, ampliação no sistema do Setor de Clubes Sul e Lago Sul, entre outras obras (GDF, 2019)

### **3.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL, CORPOS HÍDRICOS E PADRÕES DE LANÇAMENTO**

Para seguir uma orientação aos padrões de lançamento e qualidade dos esgotos tratados, uma serie de normas devem ser adotadas. Entre as variadas leis, decretos e resoluções algumas se destacam pelo seu grau de importância, como:

- RESOLUÇÃO CONAMA 357/05 - 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.

É uma das resoluções mais importantes, pois nela é feito o enquadramento dos corpos de água segundo a qualidade, podendo estar entre treze classes. Essa classificação é importante para definir qual será o tipo de tratamento utilizado em uma ETE, para que os parâmetros sejam atendidos de forma correta e que não acarrete prejuízos para a qualidade do corpo hídrico.

Entre as treze classes, algumas merecem destaque para esse trabalho, por estarem mais envolvidas com atividades urbanas e industriais. Essas classes com suas respectivas destinações podem ser vistas na Tabela 3.3:

Tabela 3.3- Classificação das águas doces e suas respectivas destinações. Fonte: BRASIL, 2005

<b>Classes</b>	<b>Destinações</b>
Classe especial	<p>a) destinada ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;</p> <p>b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e</p> <p>c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.</p>
Classe 1	<p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;</p> <p>b) à proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;</p> <p>d) 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; e</p> <p>e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.</p>
Classe 2	<p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</p> <p>b) à proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;</p> <p>d) 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; e</p> <p>e) à aquicultura e à atividade de pesca.</p>
Classe 3	<p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;</p> <p>b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</p> <p>c) à pesca amadora;</p> <p>d) à recreação de contato secundário; e</p> <p>e) à dessedentação de animais.</p>
Classe 4	<p>a) à navegação e b) à harmonia paisagística</p>



- RESOLUÇÃO CONAMA 430/11 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes;

Essa resolução alterou parcialmente e complementou a resolução CONAMA 357/05 e tiveram diversos pontos de destaque, como a inclusão de novos parâmetros de controle para benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno, estireno e modificação dos limites de lançamentos de DBO; condições e padrões específicos para o lançamento de Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários em corpos receptores, sendo um grande avanço para a legislação ambiental do país. Esses padrões específicos para o lançamento de efluentes tratados são descritos como:

I - condições de lançamento de efluentes:

a) pH entre 5 a 9;

b) Temperatura: inferior a 40 °C;

c) Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L;

d) Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária da fonte poluidora, exceto nos casos permitidos pela autoridade;

e) Óleos minerais: até 20 mg/L;

f) Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;

g) Ausência de materiais flutuantes;

h) DBO 5 dias a 20 °C: remoção mínima de 60 % de DBO

II - Padrões de lançamentos de efluentes, segundo especificado na Tabela 3.4:

Tabela 3.4- Padrões de lançamento de efluentes. (BRASIL, 2011)

<b>Parâmetros inorgânicos</b>	<b>Valores máximos</b>
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total (Não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr <sup>+6</sup>
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr <sup>+3</sup>
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercurio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
<b>Parâmetros Orgânicos</b>	<b>Valores máximos</b>
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroeteno (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroeteno	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

- RESOLUÇÃO CONAMA 375/06 - Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário;
- RESOLUÇÃO CONAMA 396/08 - Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.
- DECRETO 18.328/97 - Do Lançamento de Efluentes Líquidos na rede Coletora de Esgotos.

O Decreto 18.328/97 é importante, pois ajuda a caracterizar o esgoto que irá passar pelo tratamento, podendo assim combinar o melhor tipo de tratamento na ETE para atender os padrões de lançamento de outras resoluções e se ajusta melhor por ser de âmbito regional.

- Resolução ADASA/SAE nº 008/2016, de 04 de julho de 2016: Dispõe sobre a instituição da metodologia de avaliação de desempenho da prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do Distrito Federal e sobre os procedimentos gerais de comunicações oficiais realizadas entre a ADASA e o prestador de serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, e dá outras providências.
- Resolução ADASA nº 13/2011, que estabelece os critérios técnicos para emissão de outorga para fins de lançamento de efluentes em corpos hídricos de domínio do Distrito Federal e naqueles delegados pela União;
- Lei nº 2.725/2011, que institui a Política de Recursos Hídricos e cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal.

A Lei 2.725/2011 que rege principalmente no cenário regional e que visa para o enquadramento dos corpos de água em classes:

I – assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, observada a legislação em vigor;

II – diminuir custos de gestão de recursos hídricos;

III – assegurar perenidade quantitativa e qualitativa de recursos hídricos.

Muitos textos legais ainda podem ser encontrados no ordenamento jurídico brasileiro e juntos têm como característica levar o acesso ao saneamento a todos com qualidade, ajudando a trazer benefícios para a população em consonância com a preservação do meio ambiente.

Para efeitos de comparações entre os parâmetros escolhidos para o presente trabalho, serão considerados principalmente os textos das resoluções Conama 357/2005 e 430/2011, sendo as bases para avaliação da adequação aos padrões de lançamento e para a qualidade dos corpos receptores.

### **3.3 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

A matéria orgânica lançada em corpos hídricos é normalmente decomposta pelos organismos presentes no ambiente aquático. Contudo o lançamento de elevadas cargas orgânicas em corpos hídricos pode resultar em poluição quando ultrapassados os limites de autodepuração. Além da matéria orgânica, deve-se levar em conta também, a possibilidade da necessidade da remoção prévia de macronutrientes, especificamente nitrogênio e fósforo, quando os efluentes são lançados em corpos hídricos susceptíveis à eutrofização. Dessa forma, a escolha da tecnologia e do nível de tratamento a serem implementados em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) estão relacionadas aos poluentes alvos para remoção e à qualidade da água do corpo hídrico receptor.

Segundo a NBR 12209, as estações de tratamento de esgoto são compostas por diversas tecnologias integradas que contem equipamentos, órgãos auxiliares e sistemas de utilidades, que reduzem as cargas dos poluentes dos esgotos sanitários (ABNT NBR 12209).

Atualmente o Distrito Federal possui 15 estações de tratamento de esgoto (ETE) em funcionamento, estando presentes em 4 Bacias de Esgotamento Sanitário e em 2017 o volume médio de esgoto tratado foi de 3779,9 L/s (ADASA, 2017). Na Tabela 3.5 são apresentadas as ETE operadas pela CAESB, o tipo de tratamento, a área de atendimento, a vazão de projeto, o corpo receptor e a classe do corpo receptor.

Tabela 3.5- ETE operadas pela CAESB com seu tipo de tratamento, área de atendimento, vazão de projeto, corpo receptor e classe do corpo receptor (GDF,2017). (continua)

<b>ETE</b>	<b>Tipo de tratamento</b>	<b>Área de atendimento</b>	<b>Vazão de projeto (l/s)</b>	<b>Corpo Receptor</b>	<b>Classe do corpo receptor</b>
ETE Sobradinho	Lodo ativado	Sobradinho	196	Ribeirão Sobradinho	Classe3
ETE Brazlândia	Lagoa anaeróbia +lagoa facultativa	Brazlândia	87	Rio Verde (Goiás)	*Classe 2
ETE Brasília Sul	Remoção biológica de nutrientes (RBN) + polimento final	Asa Sul/ Parte da Área Central de Brasília Núcleo Bandeirante Guará I e II Cruzeiro/Sudoeste/ Octogonal Lago Sul Riacho Fundo (Quadra QN SIA SCIA) Águas Claras (parte) Candangolândia	1500	Lago Paranoá	Classe 2

Tabela 3. 5 - ETE operadas pela CAESB com seu tipo de tratamento, área de atendimento, vazão de projeto, corpo receptor e classe do corpo receptor (GDF,2017). (continuação)

<b>ETE</b>	<b>Tipo de tratamento</b>	<b>Área de atendimento</b>	<b>Vazão de projeto (l/s)</b>	<b>Corpo Receptor</b>	<b>Classe do corpo receptor</b>
ETE Brasília Norte	RBN+polimento final	Asa Sul/ Vila Planalto Taquari Lago Norte Vila Estrutural Vila Varjão	920	Lago Paranoá	Classe 2
ETE Samambaia	RAFA/lagoa facultativa+lagoa de alta taxa+lagoa de polimento+polimento final	Samambaia	284	Rio Melchior	Classe 4
ETE Santa Maria	RAFA+lagoa de alta taxa+esc. Superficial+polimento final.	Santa Maria	154	Rio Alagado	Da nascente ate o lançamento do efluente: Classe 2  A partir do lançamento: Classe3
ETE Riacho Fundo	Remoção Biológica de Nutrientes por Batelada	Riacho Fundo	94	Riacho Fundo / Rio Paranoá	Classe 2

Tabela 3. 5- ETE operadas pela CAESB com seu tipo de tratamento, área de atendimento, vazão de projeto, corpo receptor e classe do corpo receptor (GDF,2017). (continuação)

<b>ETE</b>	<b>Tipo de tratamento</b>	<b>Área de atendimento</b>	<b>Vazão de projeto (l/s)</b>	<b>Corpo Receptor</b>	<b>Classe do corpo receptor</b>
ETE Alagado	RAFA+lagoa de alta taxa+esc. Superficial+polimento final.	Santa Maria	154	Rio Alagado	Da nascente ate o lançamento do efluente: Classe 2 A partir do lançamento: Classe3
ETE Planaltina	RAFA/lagoa facultativa + lagoa de maturação	Planaltina e Vale do Amanhecer	255	Ribeirão Mestre D'Armas	A montante do lançamento do efluente: Classe 2 A jusante do lançamento do efluente: Classe 3
ETE Recanto das Emas	RAFA + lagoa aerada de mistura completa+ lagoa aerada facultativa	Recanto das Emas	246	Cor. Vargem da Benção	A montante do lançamento do efluente: Classe 2 A jusante do lançamento do efluente: Classe 4

Tabela 3. 5 - ETE operadas pela CAESB com seu tipo de tratamento, área de atendimento, vazão de projeto, corpo receptor e classe do corpo receptor (GDF,2017). (conclusão)

<b>ETE</b>	<b>Tipo de tratamento</b>	<b>Área de atendimento</b>	<b>Vazão de projeto (l/s)</b>	<b>Corpo Receptor</b>	<b>Classe do corpo receptor</b>
ETE São Sebastião	RAFA + escoamento superficial + lagoa de maturação	São Sebastião	226	Ribeirão Santo Antônio da Papuda	Classe 3
ETE Vale do Amanhecer	RAFA + lagoa aerada facultativa + lagoa de maturação	Planaltina e Vale do Amanhecer	35	Rio São Bartolomeu	Classe 3 a partir do lançamento
ETE Paranoá	RAFA+lagoa de alta taxa	Paranoá e Itapoã	112	Rio Paranoá	Classe 3
ETE Gama	RAFA + remoção biológica de nutrientes	Gama	328	Ribeirão Ponte Alta	Classe 3
ETE Melchior	RAFA + reator aeróbio	Taguatinga Águas Claras (parte) Ceilândia	1469	Rio Melchior	Classe 4
ETE Torto	RAFA + infiltração + cloração	-	Desativada	Infiltração no solo	---

\*não foi encontrado o enquadramento, dessa forma seguiu-se a indicação da resolução Conama 357/05, em que diz que na falta de enquadramento dos corpos receptores é aconselhado que se considerasse como classe 2.



Na Tabela 3.6 são apresentadas a localização das unidades do sistema de esgotamento sanitário por Bacias Hidrográficas do DF.

Tabela 3.6 - Unidades do sistema de esgotamento sanitário por Bacias Hidrográficas do DF (GDF,2017)

<b>Bacias Hidrográficas</b>	<b>Unidades do sistema de esgotamento sanitário</b>
	ETE Brasília Sul
Bacia do Lago Paranoá	ETE Brasília Norte ETE Riacho Fundo
	ETE Sobradinho
	ETE Paranoá
Bacia do Rio São Bartolomeu	ETE São Sebastião ETE Planaltina ETE Vale do Amanhecer
	ETE Recanto das Emas
	ETE Santa Maria
Bacia do Ribeirão Ponte Alta/ Ribeirão Alagado	ETE Alagado ETE Gama
	ETE Samambaia
Bacia do Rio Descoberto/ Melchior	ETE Melchior ETE Brazlândia

A CAESB possui um bom nível de atendimento no DF, tratando todo o esgoto coletado. Na Figura 3.6 pode ser visto os níveis de coleta e tratamento entre os anos de 2008 e 2017.



Figura 3.6- Comparativo entre os volumes de esgoto tratado e coletado. (GDF, 2017)

Os esgotos domésticos podem passar por alguns tipos de tratamentos, como o pré-tratamento e os tratamentos a nível primário, secundário e terciário.

Segundo Von Sperling (2005), esses tratamentos são descritos da seguinte maneira:

O tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros, enquanto o tratamento primário visa a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Em ambos predominam mecanismos físicos de remoção de poluentes. Já no tratamento secundário, no qual predominam mecanismos biológicos, o objetivo é principalmente a remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo). O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. (VON SPERLING, 2005)

No DF a maioria das estações possuem tratamento a nível terciário, a relação de todas as ETE com o nível de tratamento está apresentada na Tabela 3.7:

Tabela 3.7 - ETE operadas pela CAESB e o seu respectivo nível de tratamento (GDF, 2017)

<b>ETE</b>	<b>Nível de tratamento</b>
ETE Brasília Sul	Terciário
ETE Brasília Norte	Terciário
ETE Riacho Fundo	Terciário
ETE Melchior	Terciário
ETE Samambaia	Terciário
ETE Brazlândia	Secundário
ETE Alagado	Terciário
ETE Santa Maria	Terciário
ETE Recanto das Emas	Secundário
ETE Gama	Terciário
ETE São Sebastião	Secundário
ETE Paranoá	Terciário
ETE Vale do Amanhecer	Secundário
ETE Planaltina	Secundário
ETE Sobradinho	Secundário

Para este trabalho foram escolhidas como estudo de caso as ETE Sobradinho, Melchior, Samambaia, Riacho Fundo, Santa Maria e Alagado. Estas ETE estão localizadas em quatro bacias hidrográficas diferentes (Tabela 3.6 e Tabela 3.8) e lançam os efluentes tratados em corpos receptores que possuem enquadramento nas classes 2, 3 e 4. De acordo com a Tabela 3.7, com exceção da ETE Sobradinho que apresenta tratamento em nível secundário, as demais ETE escolhidas possuem tratamento em nível terciário com remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, caracterizando diferentes tecnologias e níveis de tratamento.

Tabela 3.8 - Caracterização dos corpos receptores

ETE	Corpo receptor	Classe	Observações
Samambaia Melchior	Rio Melchior	4	Rio Melchior deságua no Rio Descoberto (de domínio da união e classe 3) que é usado como manancial para captação de eagua da ETA Santo Antônio do Descoberto
Sobradinho	Ribeirão Sobradinho	3	Utilizado pela população para práticas recreativas de contato primário (natação) e irrigação de hortaliças
Santa Maria Alagado	Rio Alagado	3 após o lançamento	Deságua no braço do reservatório Corumbá IV que será utilizado para captação de água para consumo humano.

A ETE Sobradinho que lança o efluente tratado no Rio Sobradinho (classe 3) possui sistema de tratamento composto por tratamento preliminar para remoção de sólidos grosseiros e areia, tratamento primário composto por decantadores que visam a remoção e sólidos sedimentáveis e sistema de lodos ativados seguido de tratamento químico (Figura 3.7). Os lodos produzidos durante o tratamento do esgoto são digeridos anaerobiamente e posteriormente secos em leitos de secagem.

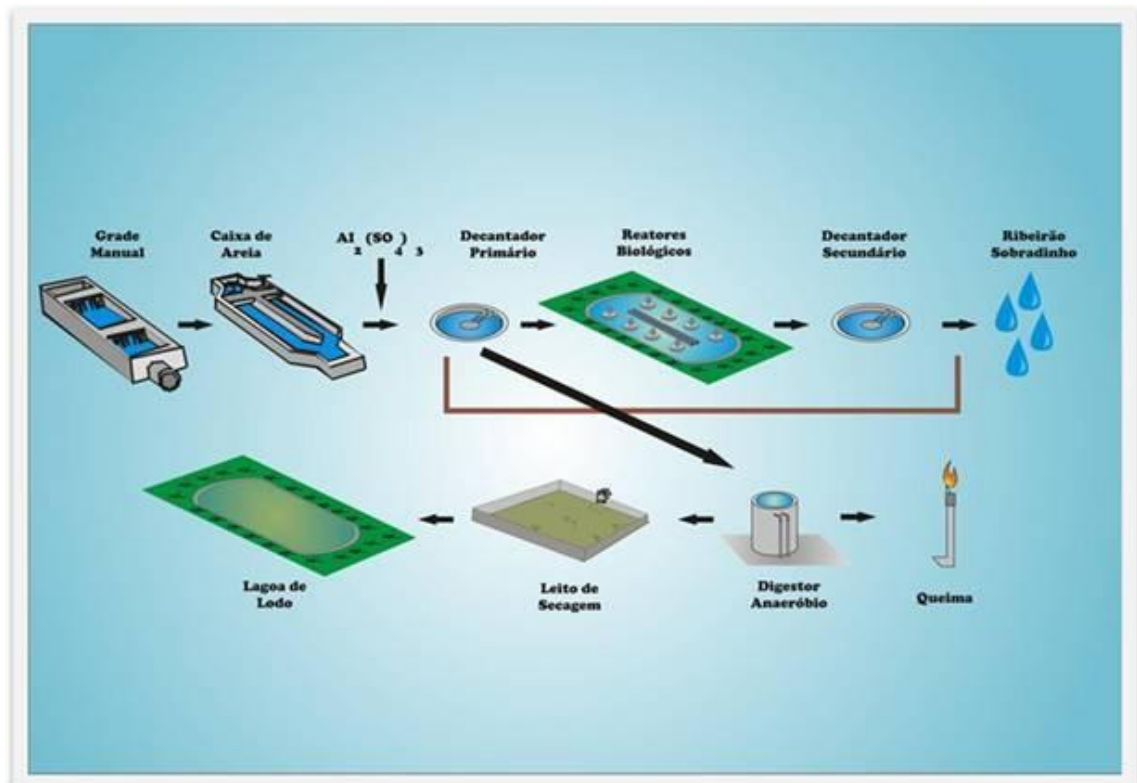


Figura 3.7- Etapas de tratamento de esgotos da ETE Sobradinho (SIESG, 2014)

A ETE Melchior que lança o efluente tratado no rio Melchior (classe 4), pertencente a Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto, possui sistema de tratamento composto por tratamento preliminar para remoção de sólidos grosseiros e areia, sistema de reatores anaeróbios e tratamento terciário, que consiste no UNITANK, com a parte líquida seguindo para o tratamento biológico de remoção de nutrientes (Figura 3.8). Os lodos produzidos durante o tratamento do esgoto são desidratados por centrífuga e quando estabilizados podem ser usados como condicionador de solo

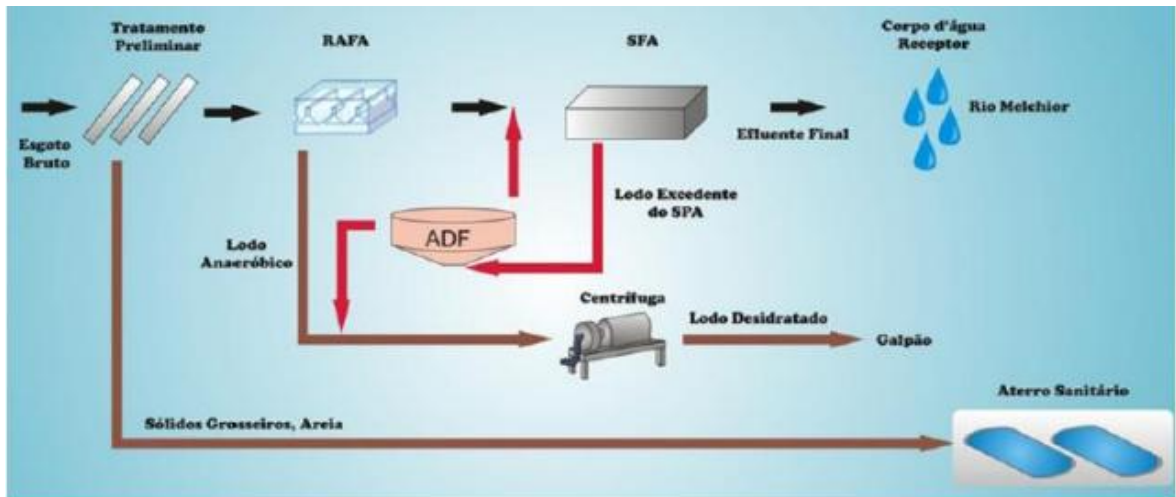


Figura 3.8- Etapas de tratamento de esgotos da ETE Melchior (SIESG, 2014)

A ETE Samambaia que lança o efluente tratado no tratado no rio Melchior (classe 4), pertencente a Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto, possui sistema de tratamento composto por tratamento preliminar para remoção de sólidos grosseiros e areia, sistema de tratamento biológico constituído de reatores UASB, que se encontram no interior da lagoa facultativa, promovendo a digestão anaeróbia e a sedimentação, de lagoa de alta taxa, em que estabiliza de forma aeróbia a matéria orgânica e contribui para a inativação de microorganismos patogênicos e acréscimo da remoção de nutrientes, e de lagoa de maturação, melhorando a qualidade do efluente. Ao final do tratamento será feito o polimento químico por flotação a ar dissolvido. (Figura 3.9).

A ETE Samambaia além de receber efluentes domésticos recebe também o chorume proveniente do aterro sanitário de Ceilândia e apresenta etapas específicas destinadas a uma elevada remoção de coliformes.

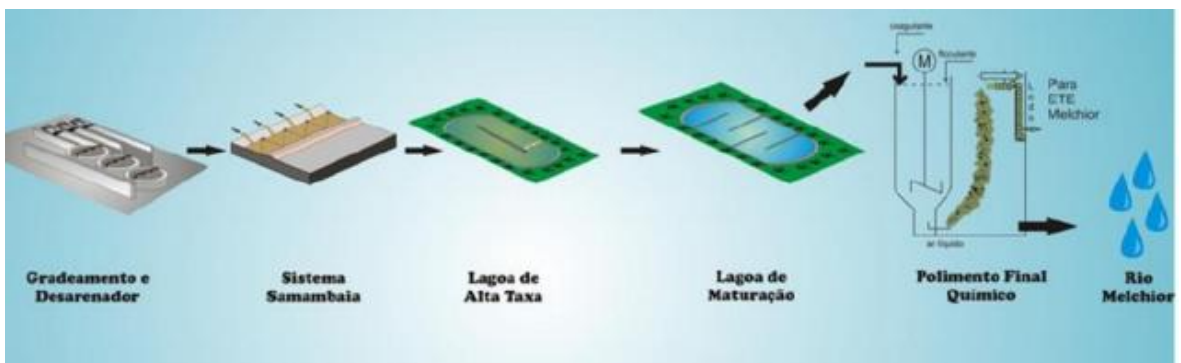


Figura 3.9- Etapas de tratamento de esgotos da ETE Samambaia (SIESG, 2014)

A ETE Riacho Fundo que lança o efluente tratado no córrego Riacho Fundo (classe 2) possui sistema de tratamento composto por tratamento preliminar para remoção de sólidos grosseiros e areia, um tanque fermentador, que tem como função principal proporcionar uma boa liberação de fósforo na fase anaeróbia (NEDER e HARADA), e sistema de reatores aeróbios, no sistema por batelada (Figura 3.10). Ao final do processo é feita a digestão do lodo, visando a estabilização aeróbia e a desidratação do lodo

Essa ETE possui um sistema completo de tratamento a nível terciário, com um custo de implantação baixíssimo, quando comparada com outras ETE com o sistema de lodos ativados. Grande parte dessa economia se deu pela não utilização dos decantadores primários e secundários, resultando em uma diminuição das estruturas de concreto e do alto grau de equipamentos mecanizados (NEDER e HARADA).

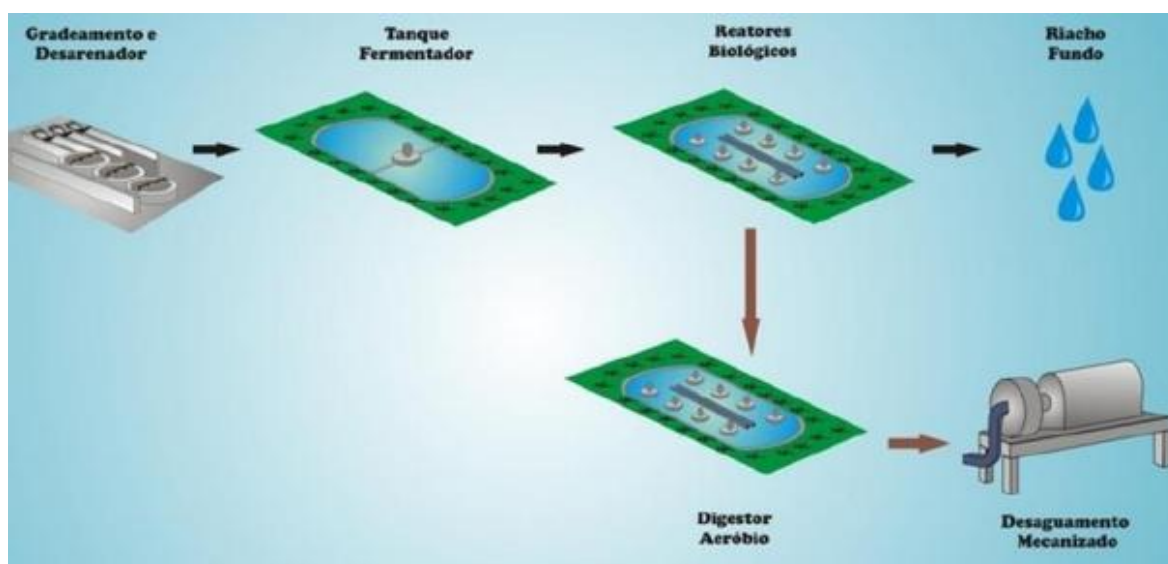


Figura 3.10- Etapas de tratamento de esgotos da ETE Riacho fundo (SIESG, 2014)

As ETEs Santa Maria e Alagado que lançam o efluente tratado no Ribeirão Alagado (classe 3) possuem sistema de tratamento composto por tratamento preliminar para remoção de sólidos grosseiros e areia, reatores anaeróbios, que promovem a digestão anaeróbia e a sedimentação, lagoa de alta taxa, que maximiza o processo de fotossíntese, e escoamento superficial, que tem a finalidade de diminuir concentrações de algas, nutrientes e matéria orgânica. (Figuras 3.11 e 3.12).

Ao final do processo da ETE Santa Maria, o efluente irá para a ETE Alagado misturando com o efluente da mesma e passando pelo processo de polimento final

químico, visando à redução de sólidos em suspensão, fósforo e algas. Os lodos produzidos durante o tratamento do esgoto são digeridos anaerobiamente e posteriormente secos em leitos de secagem.

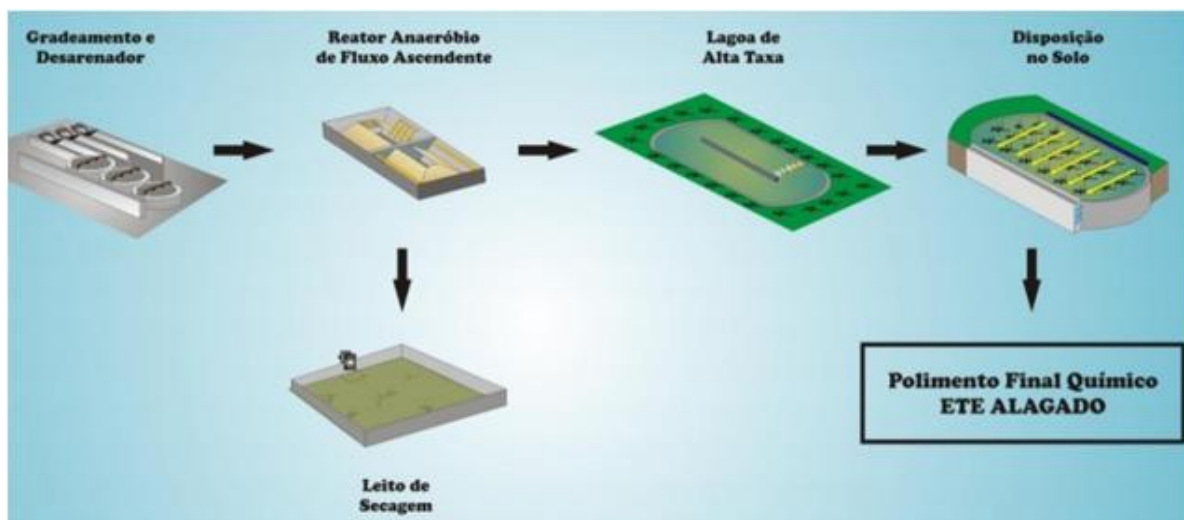


Figura 3.11- Esquema da ETE Santa Maria (SIESG, 2014)

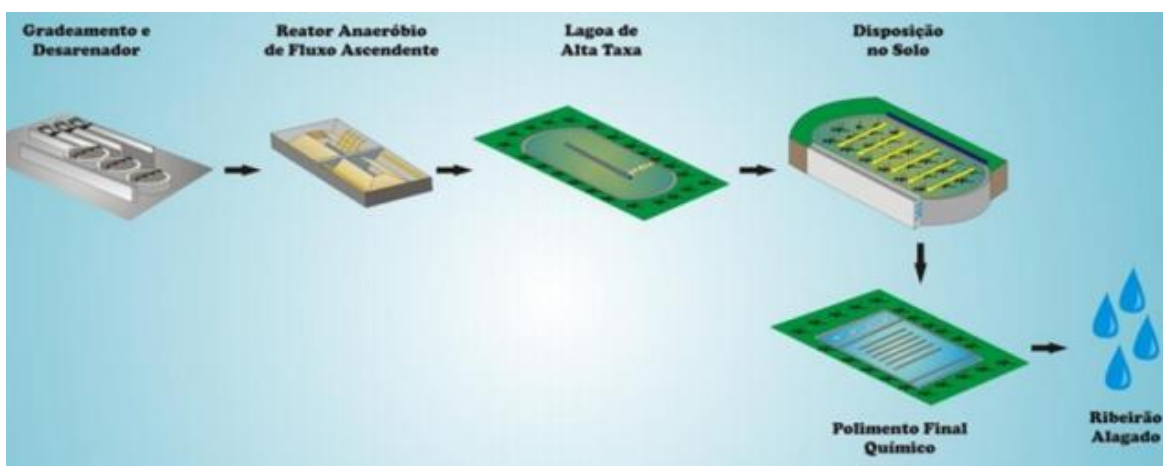


Figura 3.12- Esquema da ETE Alagado (SIESG, 2014)

A partir da escolha das ETE que foram estudadas neste trabalho foi possível obter informações que permitam avaliar a eficiência dos processos de tratamento e o atendimento aos padrões de lançamento. Outro aspecto que foi abordado neste trabalho, foi a influência dos efluentes tratados na qualidade dos corpos receptores. Dessa forma, foi possível relacionar a adequação do processo de tratamento utilizado às características do efluente final e à qualidade do corpo receptor.



## 4. METODOLOGIA

No fluxograma da Figura 4.1 é apresentada a descrição da metodologia utilizada neste trabalho. Inicialmente foram caracterizadas as ETE estudadas, com a descrição detalhada dos sistemas de tratamento utilizados e os dados de projeto. Posteriormente a partir de dados secundários foram feitas as análises estatísticas que permitiram obter informações sobre qualidade dos afluentes e efluentes, eficiências dos sistemas de tratamento, atendimento aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação pertinente e o impacto do lançamento dos efluentes tratados na qualidade dos corpos receptores.

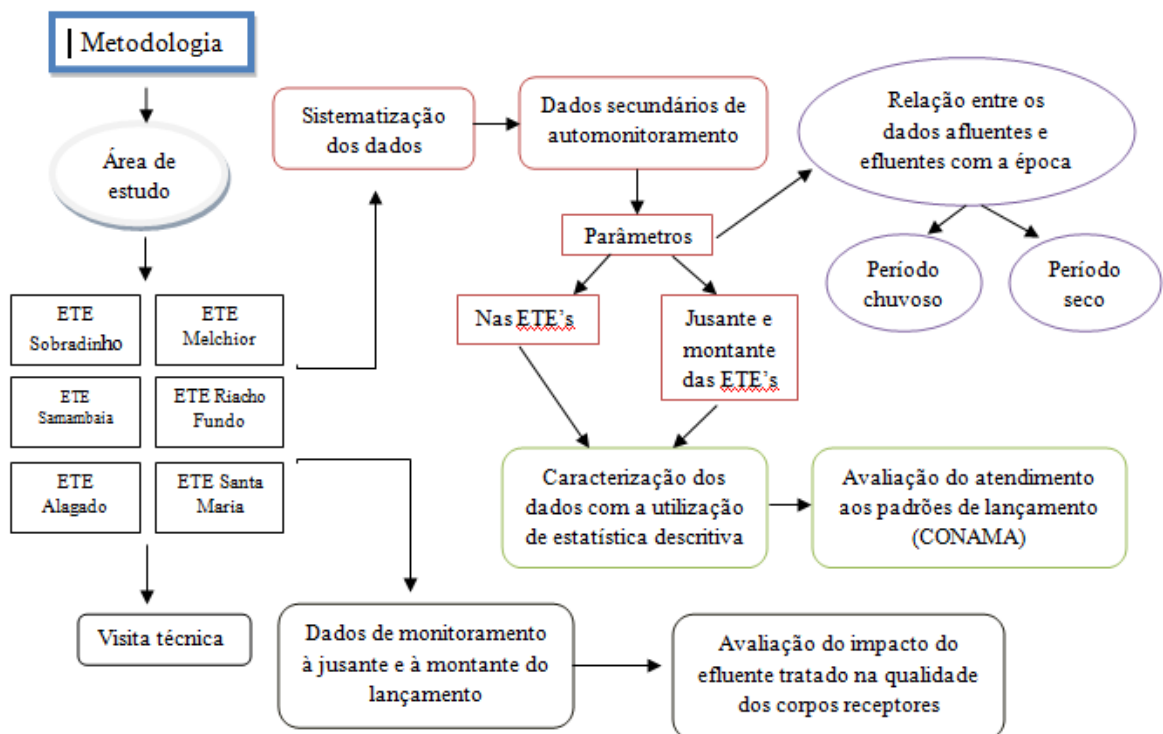


Figura 4.1- Fluxograma da metodologia

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Conforme relatado no item 3.3 foram selecionadas as ETE Sobradinho, Melchior, Samambaia, Riacho Fundo, Santa Maria e Alagado para serem estudadas neste trabalho. Todas as ETE encontram-se na região do Distrito Federal, lançam seus efluentes finais em corpos receptores localizados em diferentes bacias hidrográficas e são compostas por

sistemas de tratamento que permitem remoções de poluentes em níveis secundário e terciário. Essa uniformidade é importante para determinar com uma maior precisão as características dos locais. Na Tabela 4.1 pode ser visto a localização por imagem de satélite das ETEs escolhidas, no ano de 2016, fornecidas pelo atlas Caesb, e suas respectivas bacias.

Tabela 4.1- imagem de satélite das ETEs escolhidas e suas respectivas bacias (GDF, 2017). (continua)


ETE	Bacia hidrográfica	Imagem de satélite
ETE Sobradinho	Bacia do Rio São Bartolomeu	

Tabela 4. 1 - imagem de satélite das ETEs escolhidas e suas respectivas bacias (GDF, 2017). (continuação)


ETE	Bacia hidrográfica	Imagem de satélite
ETE Melchior	Bacia do Rio Descoberto/ Melchior	

Tabela 4. 1- imagem de satélite das ETEs escolhidas e suas respectivas bacias (GDF, 2017). (continuação)





ETE	Bacia hidrográfica	Imagem de satélite
ETE Samambaia	Bacia do Rio Descoberto/ Melchior	
ETE Riacho Fundo	Bacia do Lago Paranoá	

Tabela 4. 1 - imagem de satélite das ETEs escolhidas e suas respectivas bacias (GDF, 2017). (continua)

ETE	Bacia hidrográfica	Imagem de satélite
ETE Alagado	Bacia do Ribeirão Ponte Alta/ Ribeirão Alagado	 <p>A satellite image of the ETE ALG.001 facility. The image shows a cluster of approximately 12 large, rectangular, green-colored treatment tanks arranged in a grid-like pattern. The tanks are surrounded by a mix of green vegetation and brownish soil. A small red dot is placed on the image, with a white box containing the text 'ETE ALG.001' next to it.</p>
ETE Santa Maria	Bacia do Ribeirão Ponte Alta/ Ribeirão Alagado	 <p>A satellite image of the ETE SMA.001 facility. The image shows a cluster of approximately 12 large, rectangular, green-colored treatment tanks arranged in a grid-like pattern. The tanks are surrounded by a mix of brownish soil and sparse green vegetation. A small red dot is placed on the image, with a white box containing the text 'ETE SMA.001' next to it.</p>

Para a caracterização das ETE foram avaliados os dados relativos ao projeto dos sistemas de tratamento e a descrição do corpo receptor (Tabela 4.5).

Tabela 4.2 - Dados avaliados para caracterização das ETE

Caracterização das ETE	
Projeto	- população do projeto
	- per capita de esgoto adotada
	- carga per capita de DBO adotada;
	- vazão média de projeto.
Corpo receptor	- classe de acordo com a CONAMA 357
	- qualidade à jusante e à montante do lançamento

Os dados de projeto das ETE foram obtidos junto à CAESB e a descrição detalhada dos sistemas de tratamento, que estava prevista para ser feito inicialmente por meio de visitas às ETE, não foi possível devido à pandemia do novo coronavírus. A partir dos dados de projeto das ETE foram avaliados: o alcance da população de projeto em comparação com a população atendida atualmente e a comparação entre a vazão de projeto e a vazão tratada atualmente. Dessa forma, com essas duas informações foi possível inferir sobre o alcance da capacidade de tratamento das ETE em função do sistema de tratamento utilizado.

As informações referentes a classe e qualidade da água à montante e à jusante do lançamento do corpo receptor permitiram inferir o impacto do lançamento dos efluentes tratados na qualidade desses corpos receptores.

A qualidade da água dos mananciais é monitorada por uma rede da ADASA, essa rede possui 56 pontos em ambientes lóticos, 18 em ambientes lênticos (reservatórios do Descoberto, Santa Maria e Paranoá) e 11 à montante e 11 à jusante das Estações de Tratamento de Esgoto da Caesb (ADASA, 2017)

De acordo com ADASA são analisados os parâmetros clorofila-a, temperatura, condutividade, densidade de cianobactérias, turbidez, DBO, DQO, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, óleos e graxas, pH, fósforo total, fosfato, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* (ADASA, 2017).

## **4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS AFLUENTES E EFLUENTES**

Para a caracterização dos afluentes e efluentes às ETE foram solicitados os dados de monitoramento da CAESB. A empresa disponibilizou uma planilha eletrônica com todos os dados, juntamente com a série histórica. O período de abrangência dos dados foi do dia 01 de janeiro de 2018 a 01 de abril de 2020, sendo utilizados todos os dados dentro desse período.

Os parâmetros analisados foram: DBO, DQO, Ptotal, sólidos suspensos e coliformes totais. Segundo Von Sperling (2005), existem alguns parâmetros que são relevantes para a análise de esgotos domésticos, eles são: sólidos, indicadores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e indicadores de contaminação fecal.

Para o conhecimento do comportamento do universo dos dados de monitoramento disponibilizados foi aplicada, para cada parâmetro a estatística descritiva com o número de dados, a média aritmética, média geométrica, mediana, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão, coeficiente de variação e percentis (10%, 25%, 75% e 90%). Os valores calculados foram apresentados na forma de tabelas e gráficos, auxiliando na comparação.

A partir da análise estatística dos dados foram feitas comparações entre os dados afluentes com os valores típicos da literatura, para verificar a faixa de referência dos projetos das estações. Para os dados dos efluentes foram feitas comparações com valores típicos citados na literatura dos sistemas de tratamento, levando em consideração o desempenho esperado.

Por fim foram elaboradas Tabelas da eficiência de remoção dos parâmetros de monitoramento e ao final foi avaliado se o efluente tratado atende aos padrões de lançamento da Resolução CONAMA 430/2011.

#### **4.3 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DO ANO NAS CONCENTRAÇÕES AFLUENTES E EFLUENTES**

Para a avaliação da influência da época do ano nas concentrações afluentes e efluentes das ETE estudadas foram realizadas comparações dos dados de monitoramento afluentes e efluentes nos períodos seco e chuvoso para a identificação de possíveis influências da época do ano nas características do esgoto bruto e no desempenho das ETE. Para essa avaliação foi utilizado o teste não-paramétrico de Mann e Whitney para a verificação da existência de diferenças estatisticamente significativas entre os dados do período seco e chuvoso.

#### **4.4 DADOS MONITORADOS À JUSANTE E A MONTANTE DO LANÇAMENTO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS CORPOS RECEPTORES**

Para a avaliação do impacto do lançamento dos efluentes tratados na qualidade do corpo receptor, os dados de monitoramento à jusante e à montante do lançamento foram tratados por meio de estatística básica descritiva com cálculo do número de dados, da média aritmética, da mediana, valor mínimo, valor máximo e percentis (25% e 75%). Após a verificação da normalidade dos dados foi aplicado teste para verificação da existência de diferenças estatisticamente significativa entre os dados à jusante e à montante.



## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS, POR MEIO DAS VAZÕES, POPULAÇÕES E CARGAS CALCULADAS**

Para a caracterização das ETEs, foi disponibilizada pela CAESB uma planilha no documento Excel, junto com o restante dos dados do trabalho, sobre as características das estações de tratamento em operação de 2018 e 2019. Com ela foi possível observar e analisar dados relativos ao projeto dos sistemas de tratamento.

Além dessa planilha, foram utilizados dados do Plano Distrital de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de 2017. Esse Plano Distrital fez uma estimativa da população estimada para cada ETE junto com sua vazão para o ano de 2037. Essa demanda calculada considerou que o nível de atendimento do DF não seria inferior a 97% e que a ETE Melchior receberia o esgoto de mais algumas Regiões Administrativas, como a de Águas Claras e Vicente Pires.

Na Tabela 5.1 é apresentado um compilado dos dados de vazões, populações e carga teórica disponibilizados pela CAESB e do Plano Distrital de Saneamento Básico 2017 para uma melhor caracterização da área de estudo.

Assim, foi possível compreender que atualmente somente a ETE Samambaia utiliza a vazão de operação maior que a de projeto, sendo necessária uma ampliação na estrutura da estação. Para as outras estações, a porcentagem de utilização da vazão de projeto é de 44,5%, 52,4%, 73%, 39,4% e 39,1% para, respectivamente, a ETE Alagado, ETE Melchior, ETE Riacho Fundo, ETE Santa Maria e ETE Sobradinho. Em relação à estimativa para 2037, as estações Melchior, Samambaia e Sobradinho ultrapassarão a vazão de projeto, necessitando de novos planos para poder tratar de forma correta todo o esgoto gerado pelas RAs contribuintes.

Mesmo com a folga hidráulica em grande parte das estações, foram obtidos cenários que a carga orgânica de projeto é ultrapassada pela carga na entrada das estações. Conforme GDF (2017), as ETEs Alagado e Samambaia sofrem esse déficit.

Se tratando da população, a ETE Samambaia continua a ser atualmente a única estação que ultrapassa o nível da população de projeto. O cenário de 2037 para as populações

segue o mesmo ritmo das vazões, com as mesmas ETEs ultrapassando os valores de projeto.

No que diz respeito aos corpos receptores o enquadramento em classes é o objetivo a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo, a fim de viabilizar à população a qualidade adequada da água para o atendimento dos seus usos (DF, 2017)

Deve-se ressaltar que os Rios do DF possuem pouca vazão, ou seja, possuem baixo poder de diluição, que diminuem ainda mais nos períodos de seca.

Os corpos hídricos estudados recebem as seguintes classes, segundo GDF (2017):

- Rio Melchior – Classe 4
- Ribeirão Sobradinho – Classe 3
- Rio Alagado – Classe 3
- Riacho fundo – Classe 2

As seguintes referências descrevem as localizações de cada ponto a montante e a jusante de onde foram obtidos os dados para análises dos corpos receptores:

- Rio Melchior:
  - MC – 10: Montante ao lançamento do efluente da ETE Samambaia, cerca de 50m.
  - MC – 30: Após confluência do rio Melchior com o córrego Salta Fogo; junto à rodovia DF-190.
- Ribeirão Sobradinho:
  - RSB – 10: Montante do lançamento da ETE Sobradinho; próximo ao SESI.
  - RSB – 40: Aproximadamente 10 km a montante da foz do rio Sobradinho
- Rio Alagado:
  - ALG – 10: Localizado a cerca de 50m a montante do lançamento da ETE Alagado e Santa Maria; à jusante da captação da Caesb
  - ALG – 30: Montante da confluência do rio Alagado com o ribeirão Ponte Alta, ponto de controle localizado no Estado de Goiás

- Riacho Fundo:
  - RRF – 10: Montante da GAP do Riacho Fundo I e jusante da GAP do setor CSG de Taguatinga próximo à ETE
  - RRF – 40: Após a confluência do riacho Fundo com o córrego Vicente Pires

Para melhor aproveitamento deste trabalho, na Figura 5.1, retirada do software Google Earth Pro<sup>TM</sup>, é possível visualizar a localização das ETEs e os pontos a montante e a jusante dos corpos receptores.

Tabela 5.1 - Vazões, populações e carga teórica de cada estação de tratamento de esgoto.

	Vazões (L/s)				População			Carga Teórica (assumindo 54g DBO/hab./dia) (kg DBO/dia)
	2018	2019	2037	Projeto	Projeto	2017	2037	
ETE Alagado	65,5	68,5	118	154	84.852	69.791	81.205	4.582
ETE Melchior	739,8	770,2	1.882	1.469	896.799	632.757	1.250.539	48.427
ETE Riacho Fundo	65,4	68,6	63	94	43.000	32.401	41.668	2.322
ETE Samambaia	541,9	624,3	450	284	180.000	231.932	318.439	9.720
ETE Santa Maria	56,9	60,7	88	154	84.852	51.536	60.331	4.582
ETE Sobradinho	73,7	76,7	322	196	146.000	92.945	203.722	7.884

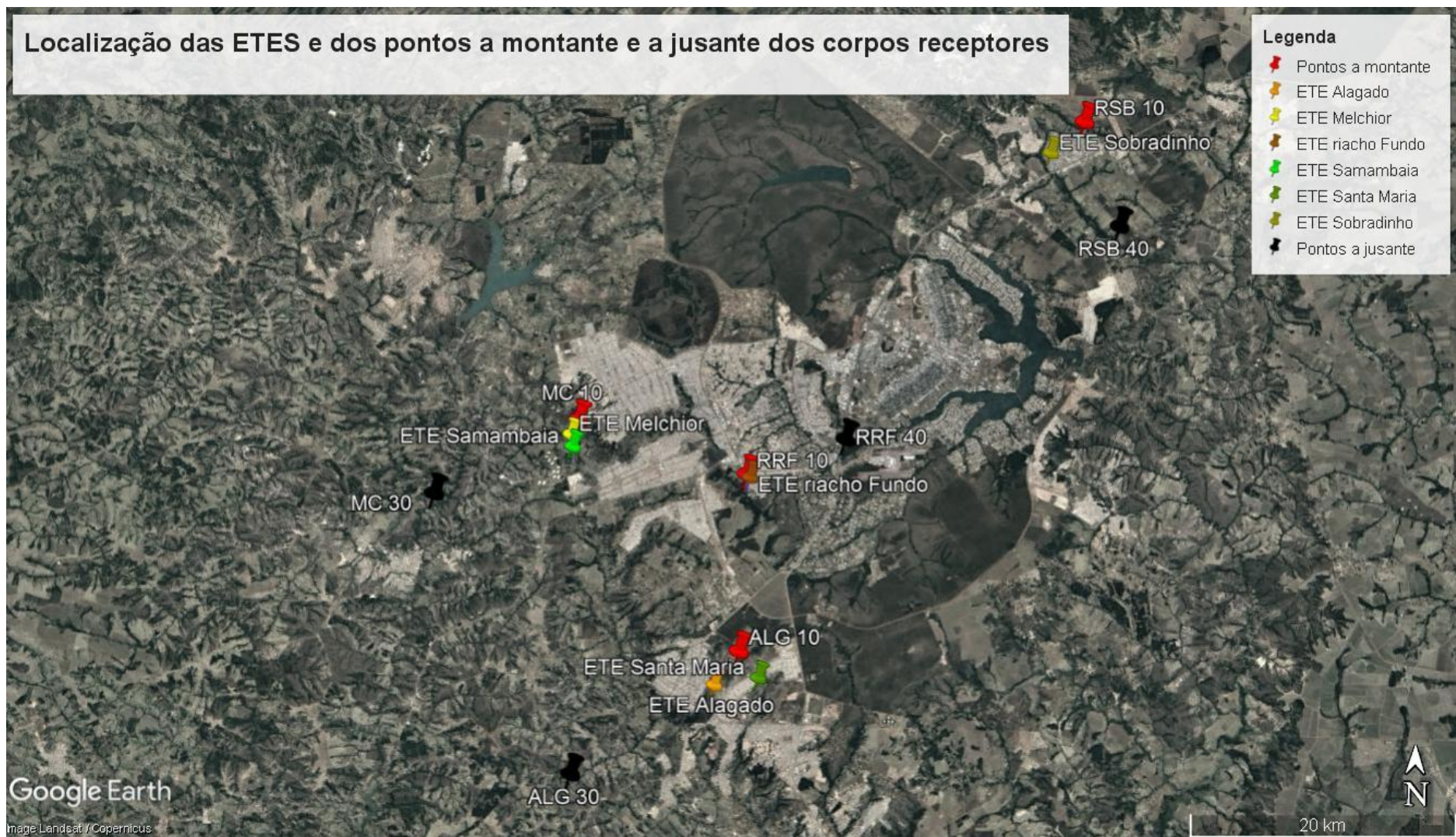


Figura 5.1 - Localização das ETES e dos pontos a montante e a jusante dos corpos receptores

## **5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS AFLUENTES E EFLUENTES**

### **5.2.1 Dados afluentes e efluentes**

Na planilha fornecida pela CAESB referente aos dados afluentes e efluentes, estão presentes 2506 dados, divididos entre afluentes, efluentes e porcentagem da capacidade de remoção, para os parâmetros de DBO, DQO, NT, PT, SS e CT, de cada ETE estudada, com frequência de amostragem feita de mês em mês. No entanto, para o parâmetro NT, foram disponibilizados os dados apenas de um mês, totalizando 18 dados, não sendo possível fazer a análise desse parâmetro.

Entre os 28 meses analisados, foi observado uma pequena inconsistência na frequência de amostragem de alguns parâmetros, sendo que para a DBO faltam 3 dados do afluente, para o SS faltam os dados de um mês do afluente e efluente e para o CT faltam 4 dados para o efluente. E na ETE de Santa Maria não estão presentes os dados de todos os parâmetros de um mês.

Em alguns casos, os valores das concentrações afluentes eram menores do que os efluentes.

Outro ponto negativo é que não foi disponibilizado o horário das coletas, não sabendo se a empresa seguia um padrão para melhor monitoramento.

Na Tabela 5.2, são apresentados os números de dados para cada parâmetro de cada ETE, referente ao afluente e efluente.

Tabela 5.2 - – Números de dados para cada parâmetro de cada ETE, referente ao afluente e efluente.

ETE	DBO		DQO		PT		SS		CT		TOTAL
	A	E	A	E	A	E	A	E	A	E	
ETE Samambaia	26	28	28	28	28	28	28	28	28	28	278
ETE Santa Maria	27	27	27	27	27	27	27	27	27	25	268
ETE Sobradinho	27	28	28	28	28	28	27	27	28	28	277
ETE Alagado	28	28	28	28	28	28	28	28	28	26	278
ETE Melchior	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	280
ETE Riacho Fundo	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	280
TOTAL	164	167	167	167	167	167	166	166	167	163	1661

Com os dados de monitoramento disponibilizados foram calculadas média aritmética, média geométrica, mediana, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão, coeficiente de variação e percentis (10%, 25%, 75% e 90%) pelo programa BioEstat.

Esse programa foi desenvolvido pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá e distribuído de forma gratuita. Conforme Da Silva(2014) o software possui facilidade em sua aplicação e interpretação de resultados, obtendo excelente desempenho em testes de velocidades de execução e praticidade no manuseio, podendo ser utilizado para cursos de graduação.

Por meio desse software foi obtida a estatística descritiva dos dados de qualidade do afluente e do efluente nas ETEs.

Os resultados de cada estatística descritiva das concentrações afluentes e efluentes de cada ETE são apresentados na Tabela 0.1 no Apêndice A. A partir desses dados, foram feitos gráficos “Box Plot”, com os quartis de 25% e 75%, mediana, valor mínimo e valor máximo, presentes nas Figuras 5.2 e 5.3 para melhor observação dos valores estudados.

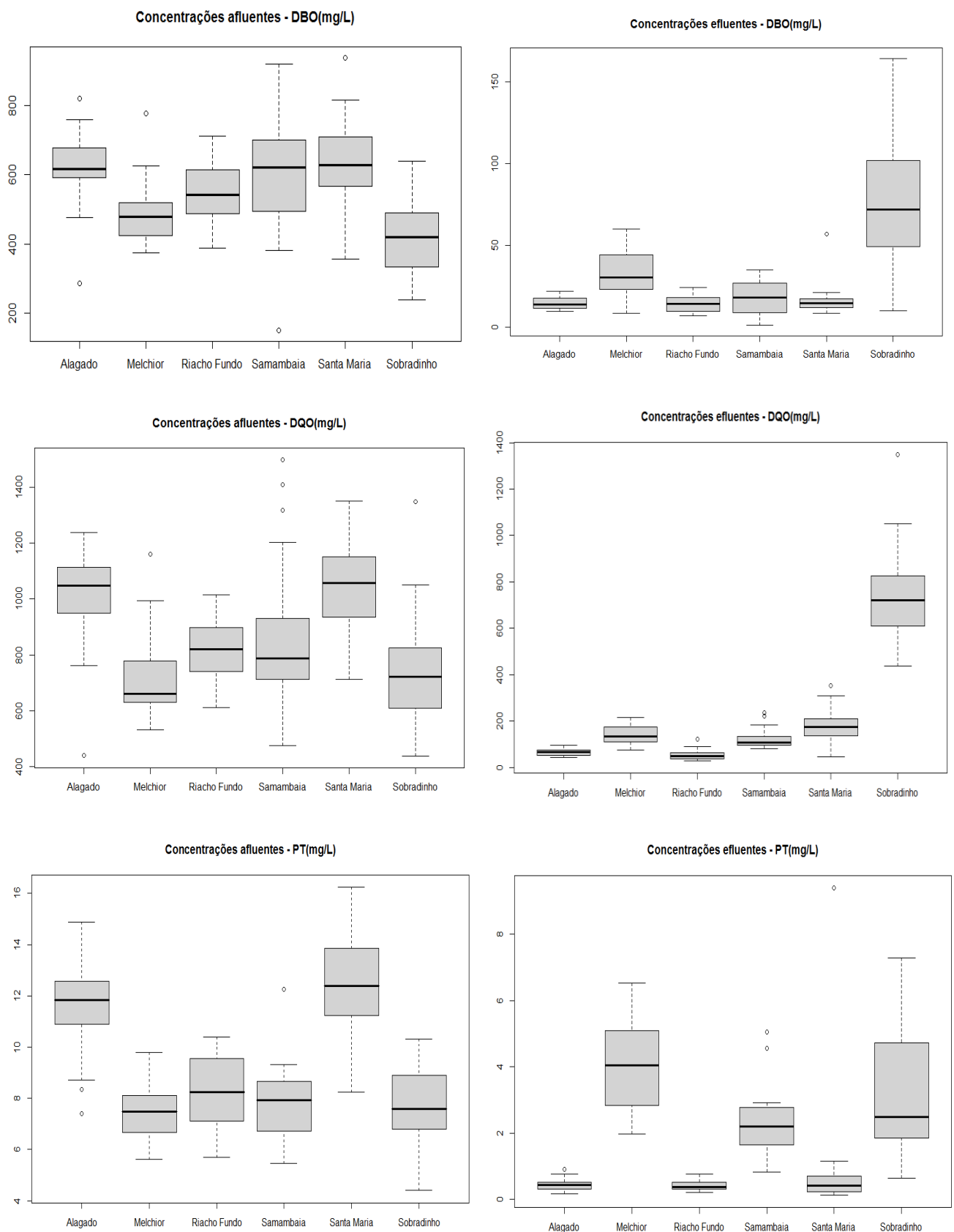


Figura 5.2 - Concentrações médias afluentes e efluentes, do DQO, DBO e PT



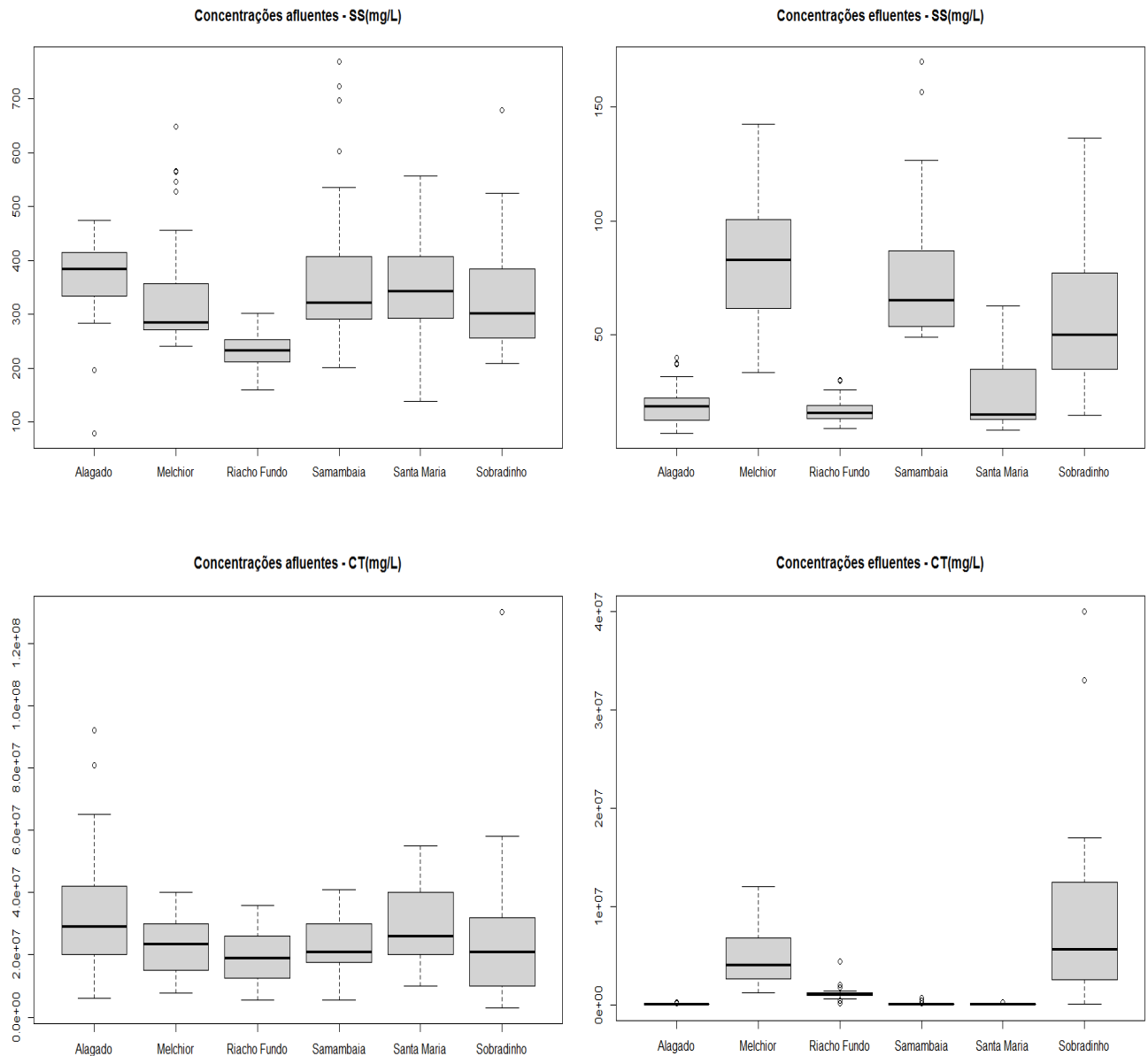


Figura 5.3 - Concentrações médias afluentes e efluentes, do SS e CT

Analisando os dados das Figuras 5.2 e 5.3, percebe-se que houve “outliers” para os parâmetros, tanto para baixo como para cima e os valores para as concentrações afluentes de Santa Maria e Alagado são os maiores. A ETE de Santa Maria tem os maiores valores medianos para DBO, DQO e Pt (627,80; 1057,70 e 12,41 mg/L) e a ETE Alagado tem os maiores valores para SS e Ct ( $384 \text{ mg/L}$  e  $2,9 \times 10^7$ ).

Leonel (2016) fez uma tentativa de explicação desses maiores valores comparando com os menores consumos médios *per capita* de água, pois o consumo menor de água está atrelado a valores mais baixos de esgoto, sendo associado a maiores concentrações dos

parâmetros no afluente das ETEs. Como no presente trabalho não foi obtido os valores médios *per capita* de água, utilizou-se como parâmetro de comparação o volume de afluente das ETEs, assim obteve-se que as ETEs de Santa Maria e Alagado possuem, respectivamente o segundo e terceiro menores volumes, com 5339 m<sup>3</sup> e 5981 m<sup>3</sup>, ficando a ETE de Sobradinho com o menor volume, 5236 m<sup>3</sup>.

Segundo Metcalf & Eddy (1991), o esgoto pode possuir classificação forte, médio ou fraco. O esgoto forte possui DBO acima de 400 mg/L, o médio entre 110 e 220 mg/L e o fraco abaixo de 110 mg/L. Logo é possível analisar que todas as estações possuem o esgoto afluente forte, em relação ao DBO. Já para a DQO, o forte é de 1000 mg/L, o médio 500 mg/L e o fraco mg/L e nesse parâmetros as ETEs ficam com esgoto afluente médio ou forte, mas nenhuma recebe classificação fraca.

Os parâmetros afluentes das estações de tratamento foram comparados com os valores reportados na literatura. Essa comparação é composta dos percentis 10% e 90% para as faixas observadas da média e da mediana dos dados, conforme apresentado na Tabela 5.3. Os agrupamentos usuais foram retirados das faixas empregadas em Oliveira (2006), das quais foram ajustadas de Von Sperling (2005).

Tabela 5.3 - Comparação entre concentrações afluentes usuais e reais das ETEs (continua)

ETE	Parâmetros	Concentrações usuais		Concentrações observadas		
		Faixa	Típicas	Faixa <sup>(1)</sup>	Média	Mediana
	DBO (mg/L)	200 – 500	350	388,67–807,25	598,89	621,25
	DQO (mg/L)	400 – 800	700	627,77–1238,5	855,05	785,95
ETE	PT (mg/L)	4 - 15	7	6,4 – 9,28	7,96	7,93
Samambaia	SST (mg/L)	200 – 450	400	230,7 – 631,08	378,04	321,4
	CT (NMP/100 mL)	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>9</sup>	-	1,4x10 <sup>7</sup> – 3,6x10 <sup>7</sup>	2,3x10 <sup>7</sup>	2,1x10 <sup>7</sup>
	DBO (mg/L)	200 – 500	350	519,3 – 812,6	639,32	627,80
	DQO (mg/L)	400 – 800	700	831,38 – 1253	1044,23	1057,70
ETE Santa	PT (mg/L)	4 - 15	7	10,49 – 14,53	12,50	12,41
Maria	SST (mg/L)	200 – 450	400	260,8 - 466	352,56	342,70
	CT (NMP/100 mL)	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>9</sup>	-	1,5x10 <sup>7</sup> – 4,4x10 <sup>7</sup>	2,9x10 <sup>7</sup>	2,6x10 <sup>7</sup>

Tabela 5. 3 - Comparação entre concentrações afluentes usuais e reais das ETEs (conclusão)

ETE	Parâmetros	Concentrações usuais		Concentrações observadas		
		Faixa	Típicas	Faixa <sup>(1)</sup>	Média	Mediana
ETE Sobradinho	DBO (mg/L)	200 – 500	350	252,2 – 626,08	421,75	420
	DQO (mg/L)	400 – 800	700	558,7 – 942,07	739,14	720,80
	PT (mg/L)	4 - 15	7	6,21 – 9,77	7,71	7,57
	SST (mg/L)	200 – 450	400	219,6 – 462,32	330,21	302,4
	CT (NMP/100 mL)	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>9</sup>	-	6,7x10 <sup>6</sup> – 4,4x10 <sup>7</sup>	2,6x10 <sup>7</sup>	2,1x10 <sup>7</sup>
ETE Alagado	DBO (mg/L)	200 – 500	350	514,83 – 750,3	624,31	615,85
	DQO (mg/L)	400 – 800	700	840,2 – 1170,6	1011,52	1046,95
	PT (mg/L)	4 - 15	7	8,7 – 13,9	11,61	11,85
	SST (mg/L)	200 – 450	400	308,3 – 436,7	366,21	384
	CT (NMP/100 mL)	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>9</sup>	-	1,7x10 <sup>7</sup> – 6,2x10 <sup>7</sup>	3,4x10 <sup>7</sup>	2,9x10 <sup>7</sup>
ETE Melchior	DBO (mg/L)	200 – 500	350	400 – 602,75	486,53	478,85
	DQO (mg/L)	400 – 800	700	606,4 – 924,12	716,67	659,80
	PT (mg/L)	4 - 15	7	6,33 – 8,64	7,48	7,47
	SST (mg/L)	200 – 450	400	252,1 – 551,6	342,61	285,60
	CT (NMP/100 mL)	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>9</sup>	-	1,3x10 <sup>7</sup> – 4x10 <sup>7</sup>	2,4x10 <sup>7</sup>	2,3x10 <sup>7</sup>
ETE Riacho Fundo	DBO (mg/L)	200 – 500	350	449,6 – 680,5	553,36	541,10
	DQO (mg/L)	400 – 800	700	646,4 – 941,6	817,04	820,30
	PT (mg/L)	4 - 15	7	6,72 – 9,87	8,27	8,24
	SST (mg/L)	200 – 450	400	191,2 – 274,4	233,12	233,15
	CT (NMP/100 mL)	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>9</sup>	-	8,7x10 <sup>6</sup> – 3x10 <sup>7</sup>	1,9x10 <sup>7</sup>	1,9x10 <sup>7</sup>

Observa-se na Tabela 5.3 que os valores dos parâmetros em todas as ETEs tiveram valores próximos, no entanto as faixas observadas foram maiores que as usuais, exceto nas faixas superiores do PT e CT, e as concentrações medianas e médias tiveram valores superiores aos típicos extraídos da literatura, exceto o SST. Assim, percebe-se, de uma maneira ampla, que os esgotos afluentes apresentaram uma concentração superior ao da literatura.

Segundo Oliveira (2006), há uma série de ocorrências que podem explicar os valores maiores das concentrações em comparação à literatura, como contribuições industriais não relatadas pelas ETEs ou o tipo de amostragem praticado, podendo ter ocorrido em horários de pico. Contudo, para se ter uma certeza das causas citadas, seriam necessárias averiguações mais específicas no caso.

Já para os dados efluentes, percebe-se, pelas Figuras 5.2 e 5.3, que as ETEs Sobradinho e Melchior possuem os piores índices e uma ampla variabilidade nos valores dos parâmetros efluentes. A ETE Sobradinho possui os maiores valores para DBO, DQO e CT (71,75mg/L, 174,85 mg/L e  $5,6 \times 10^6$  NMP/100 mL) e a estação Melchior, os maiores valores para PT e SS (4,05 mg/L e 83,10 mg/L). Isso pode ter como explicação a eficiência de remoção dessas duas estações, que são as mais simples comparadas às outras.

Nos parâmetros efluentes das estações de tratamento, foram usados para comparação os valores reportados na literatura de Von Sperling (2005). Para os valores típicos das ETEs Alagado, Melchior, Samambaia e Santa Maria foram considerados os valores da modalidade UASB seguido de pós-tratamento e para a ETE Sobradinho e Riacho Fundo os valores da modalidade Lodo Ativado. Essa comparação é composta dos percentis 10% e 90% para as faixas observadas, conforme apresentado na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Comparação entre concentrações efluentes usuais e reais das ETEs

Parâmetros	Faixas	ETE					
		Samambaia	Santa Maria	Sobradinho	Alagado	Melchior	Riacho Fundo
DBO (mg/L)	Literatura	20 - 80	20 - 80	10 - 40	20 - 80	20 - 80	10 - 40
	Observadas	8,1 - 27,5	10,1 - 19,7	31,2 - 124,9	10,3 - 19,1	13,8 - 47,7	8,4 - 21,3
DQO (mg/L)	Literatura	60 - 200	60 - 200	30 - 120	60 - 200	60 - 200	30 - 120
	Observadas	88,4 - 178,6	45,9 - 95,5	75,6 - 270,1	45,2 - 88,3	91,2 - 201	35,2 - 76,4
PT (mg/L)	Literatura	1 a >4	1 a >4	>4	1 a >4	1 a >4	>4
	Observadas	1,3 a 3,4	0,2 a 1,1	0,9 a 5,7	0,2 a 0,6	2,4 a 5,5	0,3 a 0,7
SST (mg/L)	Literatura	10 - 90	10 - 90	20 - 40	10 - 90	10 - 90	20 - 40
	Observadas	51,7-114,1	10,6 - 46,01	26,3 - 100,2	9,5 - 33,5	52,4 - 124,3	12,3 - 24,1
CT (NMP/100 mL)	Literatura	$10^2 - 10^7$	$10^2 - 10^7$	$10^6 - 10^7$	$10^2 - 10^7$	$10^2 - 10^7$	$10^6 - 10^7$
	Observadas	$1,6 \times 10^2 -$ $6,8 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4$ - $1,4 \times 10^5$	$1 \times 10^6 -$ $2,2 \times 10^7$	$1 \times 10^4 -$ $1,3 \times 10^5$	$2 \times 10^6 -$ $8,2 \times 10^6$	$5,8 \times 10^5$ - $1,8 \times 10^6$

Um ponto negativo da faixa de valores apresentada para os processos específicos de pós-tratamento é que ela é bastante ampla, agrupando diversos processos combinados, de forma a poder fragilizar a avaliação comparativa (Oliveira, 2006)

Observando a Tabela 5.4, percebe-se que para os valores de DBO, somente a ETE Sobradinho obteve dados destoantes da literatura, apresentando valores bem superiores e as outras estações obtiveram valores próximos. Para o DQO, três estações tiveram os índices mínimos observados maiores que o da literatura, Samambaia, Sobradinho e Melchior, e somente a ETE Sobradinho teve valores bem superior ao máximo da literatura.

Levando em consideração o Pt, somente as ETEs Sobradinho e Melchior possuem valores maiores que o da literatura. Para o SST, as estações de Samambaia, Sobradinho e Melchior possuem valores destoantes da faixa típica.

Já para o CT, de uma forma ampla, todas as ETEs tiveram seus valores dentro da faixa notada na literatura. Isso foi observado também em Oliveira (2006), em que apenas a tecnologia de tratamento que envolvia somente o UASB não conseguiu ficar dentro desse índice.

Essas observações descritas podem ser visualizadas, para melhor apoio a eventual tomada de decisões, nas Figuras 5.4, 5.5 e 5.6. Elas representam a dispersão dos dados ao longo do tempo para cada parâmetro efluente em comparação com os limites mínimos e máximos, obtidos na literatura, para cada Estação.

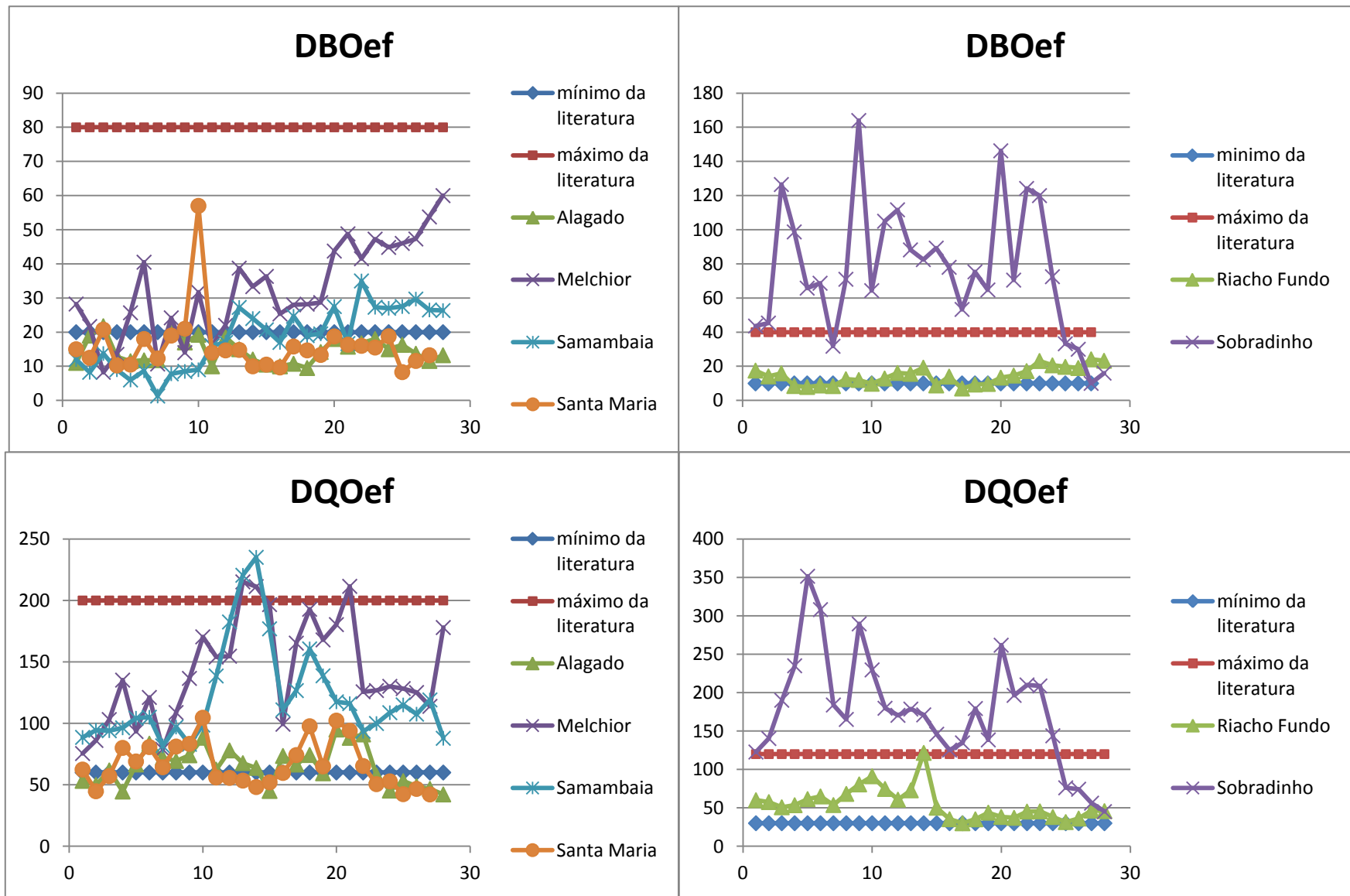


Figura 5.4 - Dispersão dos dados de DBO e DQO efluentes ao longo do tempo em comparação com os limites mínimos e máximos da literatura

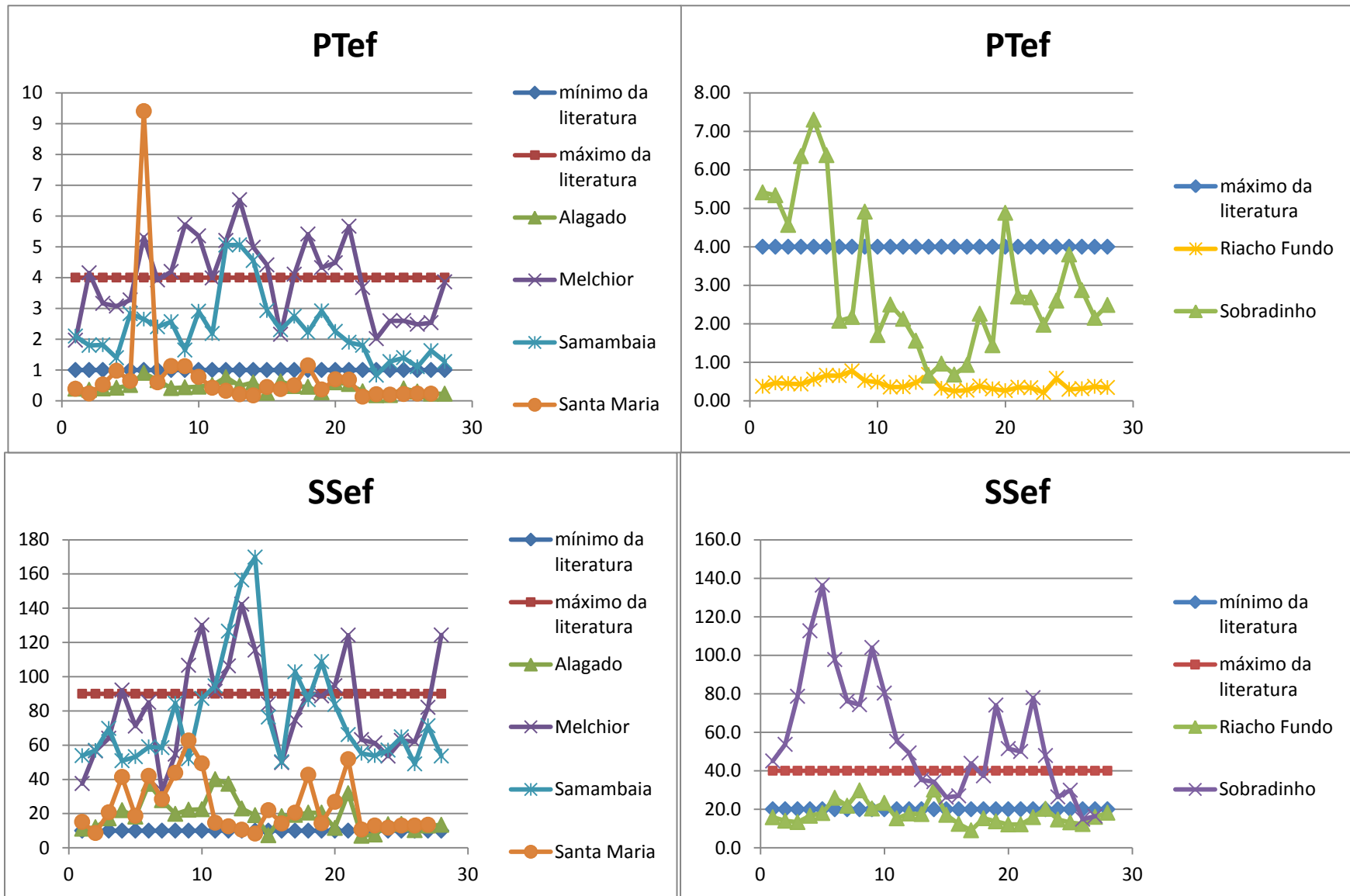


Figura 5.5 - Dispersão dos dados de PT e SS efluentes ao longo do tempo em comparação com os limites mínimos e máximos da literatura



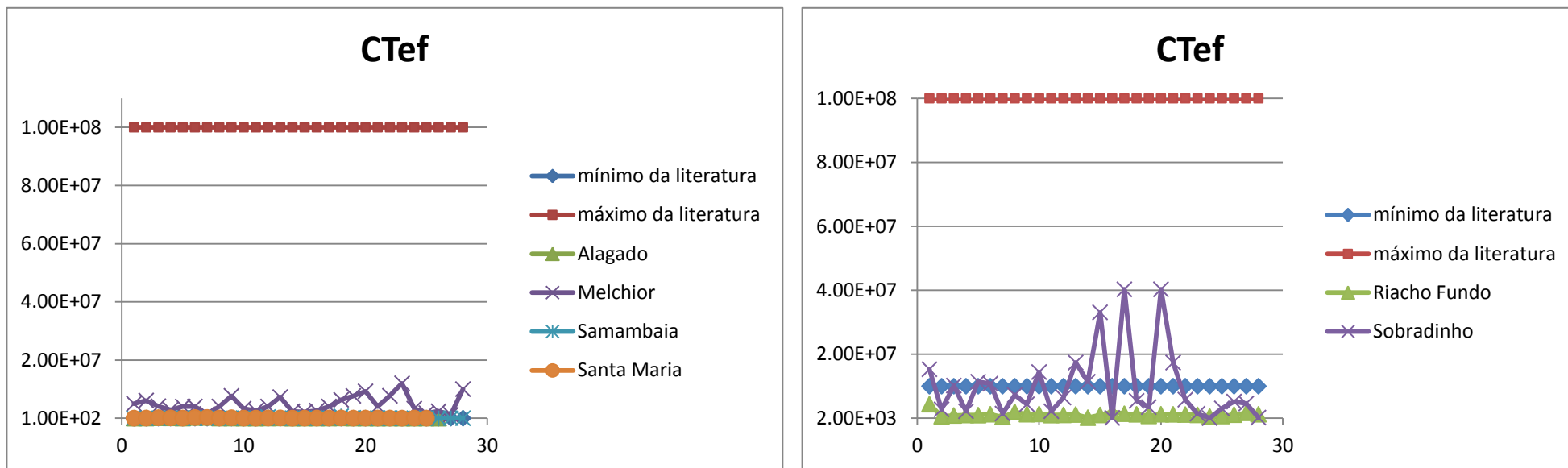


Figura 5.6 - Dispersão dos dados de CT efluentes ao longo do tempo em comparação com os limites mínimos e máximos da literatura

### 5.2.2 Análise das eficiências de remoção

Para auxiliar a caracterização da eficiência de remoção, foram calculadas as estatísticas descritivas da porcentagem de remoção referentes a média, mediana e percentil(10% e 90%), apresentadas na Tabela 0.2 no Apêndice B, de cada ETE para cada parâmetro. Foram também feitos gráficos “Box Plot”, com os quartis de 25% e 75%, mediana, valor mínimo e valor máximo, presentes na Figura 5.4, para melhor observação dos valores estudados.

Em uma análise da eficiência de remoção, percebe-se que a ETE Sobradinho teve três casos de percentuais negativos de remoção para o parâmetro coliforme, isso representa que o valor efluente foi maior que o afluente. O fato interessante é que essa ETE foi a que obteve os piores índices de remoções em três dos cinco parâmetros estudados quando comparada com as demais.

Para o DBO e DQO, a ETE Sobradinho obteve os piores percentuais, sendo de 80,4% e 75,6%, enquanto todas as outras estações obtiveram média acima de 90% para DBO e para o DQO, Santa Maria, Alagado e Riacho Fundo foram as estações com as maiores porcentagens de remoção. No PT e SST a ETE Melchior obteve os piores índices, sendo de 46,8% e 73,8%. Já para o caso do CT, a ETE Sobradinho obteve o valor mais distante da média em comparação com todos os parâmetros, a média da ETE ficou em 50,7%, enquanto a média total do parâmetro ficou em 86,3%, em contrapartida a ETE Samambaia obteve a maior média, 99,8%. Segundo GDF (2017), das ETES estudadas somente Samambaia possui sistema específico para remoção de coliformes, a partir da redução de organismos patogênicos pela lagoa de maturação, sendo um motivo para a maior média.

Os gráficos “Box Plot” permitem observar também a amplitude dos dados, mostrando se há uma alta variabilidade entre as eficiências de remoção. Dessa forma, nota-se que as estações de Sobradinho, Melchior e Samambaia não possuem boa uniformidade na eficiência de tratamento dos parâmetros, variando bastante na eficácia, exceto para o CT na ETE Samambaia.

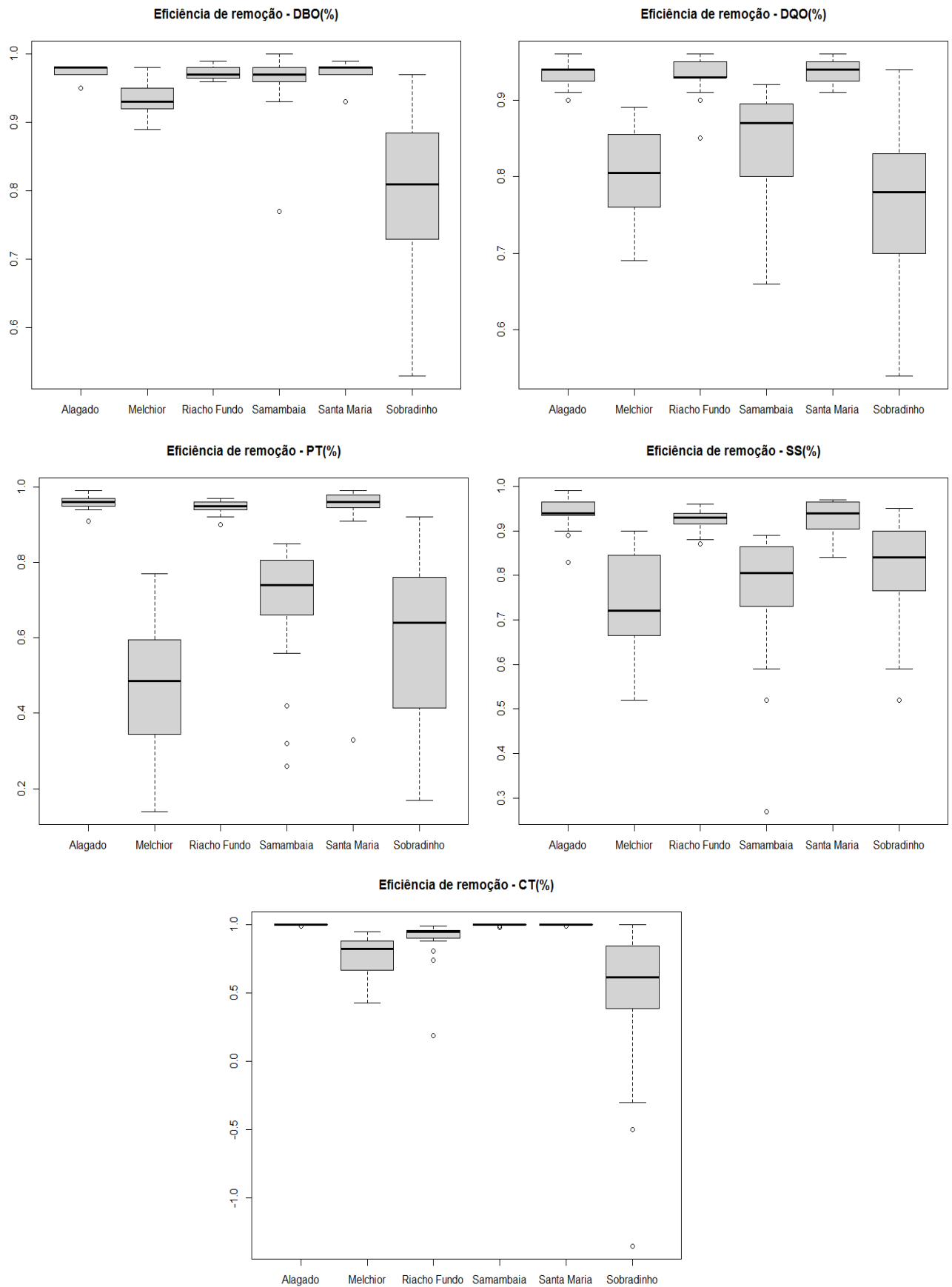


Figura 5.7 - Eficiências médias de remoção

As eficiências de remoção também foram comparadas com valores reportados na literatura de Von Sperling (2005). E para essa comparação foram utilizados os valores de CT em unidade logarítmicas removidas, obtendo-se o valor pela seguinte equação, extraída de Oliveira (2016):

$$\text{Unidades log removidas} = -\log_{10}\left[\frac{100 - \text{Eficiência}}{100}\right]$$

Enquanto que para os outros parâmetros, continuou-se a usar a porcentagem dada pela CAESB.

Para os valores típicos das ETEs Alagado, Melchior, Samambaia e Santa Maria foram considerados os valores da modalidade UASB seguido de pós-tratamento e para a ETE Sobradinho e Riacho Fundo os valores da modalidade Lodo Ativado. Essa comparação é composta dos percentis 10% e 90% para as faixas observadas, conforme apresentado na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Eficiências típicas de remoção dos constituintes de interesse nos esgotos domésticos

Parâmetros	Faixas	ETE					
		Samambaia	Santa Maria	Sobradinho	Alagado	Melchior	Riacho Fundo
DBO (mg/L)	Literatura	75 a 93	75 a 93	85 a 97	75 a 93	75 a 93	85 a 97
	Observadas	95,1 a 98,7	96,8 a 98,3	65,2 a 92,8	97,2 a 98,2	90,7 a 97	96,1 a 98,6
DQO (mg/L)	Literatura	65 a 90	65 a 90	80 a 93	65 a 90	65 a 90	80 a 93
	Observadas	76,8 a 90,6	91,4 a 95,1	59,6 a 86,3	91,5 a 95	70,1 a 86,9	91 a 95,8
Pt (mg/L)	Literatura	<35 a 88	<35 a 88	< 35	<35 a 88	<35 a 88	<35
	Observadas	51,5 a 83,8	91,7 a 98,4	28,6 a 87	94,1 a 97,9	26,6 a 68	92,8 a 96,3
SST (mg/L)	Literatura	70 a 97	70 a 97	87 a 93	70 a 97	70 a 97	87 a 93
	Observadas	59,5 a 87,7	87,7 a 96,7	62,3 a 92,1	91,4 a 97,5	60,5 a 88,9	89,3 a 95,3
CT (unid log)	Literatura	1,0 a 5,0	1,0 a 5,0	1,0 a 2,0	1,0 a 5,0	1,0 a 5,0	1,0 a 2,0
	Observadas	2,5 a 3	2,2 a 3	0,001 a 1,2	2,1 a 3	0,4 a 1,1	0,8 a 1,5

Com a Tabela 5.5 foi possível perceber, que para a DBO somente a ETE Sobradinho possui valores abaixo do recomendável pela literatura, sendo que as outras quatro ETES possuem um ótimo resultado de remoção. Esse caso se estende para a DQO, o único ponto que diferencia é que a ETE Melchior possui seu valor máximo menor que o máximo da bibliografia.

Já para o caso do PT, era esperado que a ETE Sobradinho também tivesse os menores valores, por possuir somente o tratamento secundário. No entanto, observa-se que os valores da ETE Melchior estão bem discrepantes da literatura, o que causa certa preocupação, visto que o tratamento de remoção de nutrientes dessa estação pode estar comprometido.

Para o parâmetro SST, foi interessante observar que somente a ETE Alagado e Riacho Fundo apresentaram os valores totalmente dentro dos propostos pela literatura. Mas a ETE Samambaia foi a que obteve o pior índice. Um fator que pode explicar esse cenário é que a ETE Samambaia além de receber efluentes domésticos recebe também o chorume proveniente do aterro sanitário de Ceilândia.

Para o CT, as ETES Sobradinho, Melchior e Riacho Fundo apresentaram valores inferiores ao da literatura, sendo que a estação de Sobradinho obteve os piores índices.

Dessa forma, as maiores eficiência de remoção foram confirmadas para as ETES Santa Maria, Alagado e Riacho Fundo, tendo todas as médias de remoções acima de 90%. Ademais, a ETE Alagado foi a estação com as maiores médias de remoção no geral, seguida pela de Santa Maria.

Segundo a Resolução CONAMA 430/2011, os efluentes só podem ser lançados diretamente no corpo receptor se atenderem uma serie de condições especiais, uma dessas condições é que a estação de tratamento obtenha uma remoção mínima de 60% de DBO. Assim, todas as ETES estudadas se enquadram nesse parâmetro.

### **5.3 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DO ANO NAS CONCENTRAÇÕES AFLUENTES E EFLUENTES**

Para esse tópico foi utilizado o teste não-paramétrico bilateral de Mann e Whitney, no programa BioEstat, a fim de analisar as diferenças entre as medianas das concentrações afluentes e efluentes nos períodos seco, o qual vai de abril a setembro, e chuvoso, que compreende entre outubro e março. Os resultados podem ser vistos na Tabela 5.6, para as concentrações afluentes, e na Tabela 5.7, para as concentrações efluentes.

Analisando essas tabelas percebe-se que para as concentrações afluentes, somente a DBO apresenta maiores medianas para o período chuvoso, sendo a ETE Santa Maria a única com mediana maior para o período seco. Já no caso dos outros parâmetros, houve uma predominância do período seco sobre o chuvoso, havendo diferenças estatísticas significativas no parâmetro DQO para as ETES Samambaia, Santa Maria, Sobradinho e Riacho fundo, no parâmetro PT, na ETE Santa Maria, e no parâmetro SS, nas estações de Samambaia e Santa Maria. Outro ponto a se observar nas concentrações afluentes é que o parâmetro CT apresentou as menores diferenças estatísticas em comparação com as demais.

Concomitante a isso, infere-se que para as concentrações efluentes foi observado um comportamento semelhante às concentrações afluentes. Novamente a DBO apresentou maiores valores no período chuvoso, no entanto, dessa vez, todas as ETES seguiram esse comportamento. Já para os outros parâmetros houve uma predominância do período seco para o chuvoso.

Tabela 5.6 - Mediana das concentrações afluentes nas estações seca e chuvosa e o nível de significância (p)

ETE	DBO			DQO			PT			SS			CT		
	S	C	p	S	C	p	S	C	p	S	C	p	S	C	p
Samambaia	617,50	631,00	0,521	858,70	740,70	0,020(*)	8,60	7,47	0,059	385,70	309,50	0,011(*)	2,2E+07	2,0E+07	0,836
Santa Maria	654,25	610,00	0,205	1146,45	970,80	0,051(*)	13,64	11,98	0,028(*)	412,65	315,80	0,011(*)	2,8E+07	2,6E+07	1,00
Sobradinho	405,35	438,50	0,770	757,90	640,30	0,014(*)	8,26	7,43	0,153	328,00	278,40	0,190	2,6E+07	1,6E+07	0,475
Alagado	610,4	653,4	0,534	1069,3	1003,6	0,160	12,34	11,74	0,345	392,00	372,00	0,147	2,9E+07	2,9E+07	0,434
Melchior	450,00	492,30	0,519	642,20	692,90	0,112	7,47	7,48	0,963	277,70	304,10	0,147	2,4E+07	2,3E+07	0,890
Riacho Fundo	541,00	541,20	0,695	891,10	795,20	0,021(*)	8,95	7,73	0,240	242,90	232,90	0,160	1,9E+07	2,0E+07	0,908

NOTAS: S= seco; C= chuvoso; p= nível de significância

Os campos marcados com um asterisco indicam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre as estações seca e chuvosa.

Tabela 5.7 - Mediana das concentrações efluentes nas estações seca e chuvosa e o nível de significância (p).

ETE	DBO			DQO			PT			SS			CT		
	S	C	p	S	C	p	S	C	p	S	C	p	S	C	p
Samambaia	16,70	24,00	0,048(*)	105,00	108,70	0,369	2,31	1,82	0,565	59,0	69,8	0,369	2,9E+04	6,0E+03	0,189
Santa Maria	14,00	14,8	0,903	77,15	53,40	0,013(*)	0,68	0,24	0,003(*)	27,60	13,00	0,011(*)	4,1E+04	2,9E+04	0,103
Sobradinho	70,5	82,50	0,800	183,9	170,4	0,174	2,49	2,50	0,534	74,10	48,60	0,308	5,4E+06	5,8E+06	0,981
Alagado	12,8	15,0	0,240	72,0	57,6	0,117	0,48	0,39	0,050	20,60	13,80	0,069	4,0E+04	2,9E+04	0,270
Melchior	28,00	36,30	0,322	136,60	128,30	0,836	4,20	3,68	0,189	88,70	64,00	0,596	4,0E+06	3,3E+06	0,259
Riacho Fundo	9,70	17,20	0,002(*)	45,80	50,80	0,333	0,38	0,37	0,836	16,60	15,90	0,9633	1,2E+06	1,0E+06	0,167

NOTA: S= seco; C= chuvoso; p= nível de significância

Os campos marcados com um asterisco indicam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre as estações seca e chuvosa.



Nas concentrações efluentes, houve duas diferenças estatísticas significativas para o DBO, nas ETEs Samambaia e Riacho Fundo, que podem ser decorrentes dos seus tipos de tratamento influenciados pela época chuvosa. Já a ETE Santa Maria apresentou as únicas diferenças significativas para DQO, PT e SS.

Segundo Tsutiya (2006), o fato de se ter temperaturas mais elevadas no período entre outubro e março, ligado a um maior consumo de água pela população e uma disponibilidade hídrica elevada, resultam em um esgoto mais diluído. Essa poderia ser uma das causas para que as medianas do período chuvoso sejam menores que do período seco.

Em Leonel (2016) foi constatado que no estudo as concentrações na época seca também eram maiores que no período chuvoso, observando uma convergência comum para esgotos mais concentrados no período seco.

Outro ponto apresentado em Leonel (2016) que pode afetar as diferenças identificadas é a tendência de que ocorra uma maior celeridade das reações de produção de oxigênio e degradação da matéria orgânica nas lagoas de estabilização no período chuvoso. Isso é explicado pela influência que essas lagoas sofrem com as condições climáticas, por serem sistemas abertos e que tem um desempenho maior em temperaturas mais elevadas, as quais coincidem com o período chuvoso.

## 5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS MONITORADOS À JUSANTE E A MONTANTE DO LANÇAMENTO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS CORPOS RECEPTORES

Para caracterização dos dados a jusante e a montante dos lançamentos, foram utilizados os dados de CT, DBO,  $\text{NO}_3$ , OD e SS para o Riacho fundo, Ribeirão Sobradinho, Rio Alagado e Rio Melchior. Esses corpos hídricos compreendem todos os pontos de lançamentos de esgoto tratado das ETEs estudadas.

Com os dados de monitoramento disponibilizados foram calculados a média aritmética, a mediana, o valor mínimo, o valor máximo e os percentis (25% e 75%) pelo programa BioEstat. Com esses cálculos foi possível fazer a caracterização dos corpos hídricos.

Os resultados de cada estatística das concentrações montante e jusante de cada corpo receptor são apresentados na Tabela 0.3 no Apêndice C. E a partir desses dados, foram feitos gráficos “Box Plot”, presentes nas Figuras 5.5 e 5.6, para melhor observação dos valores estudados.

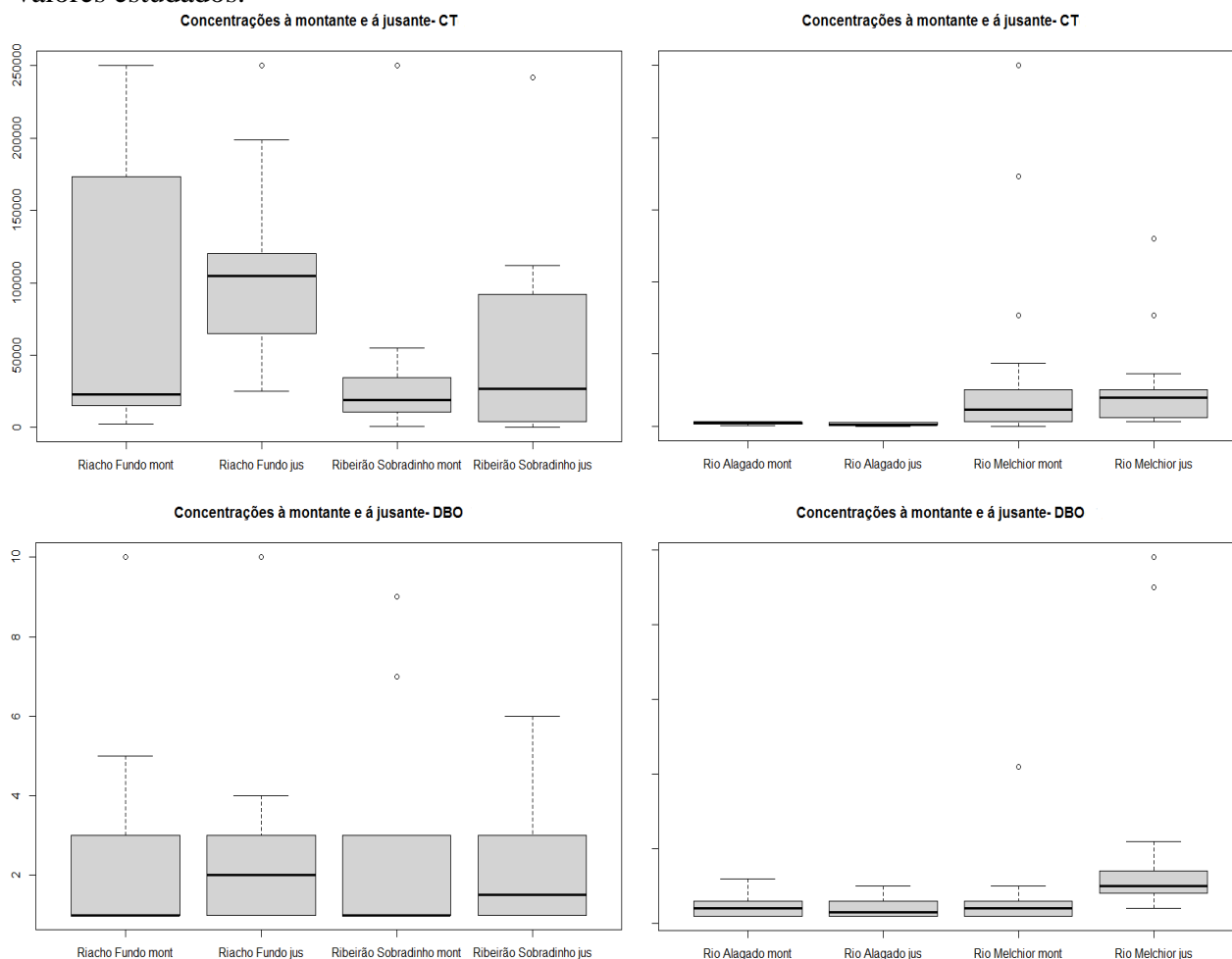


Figura 5.8 - Concentrações à montante e à jusante

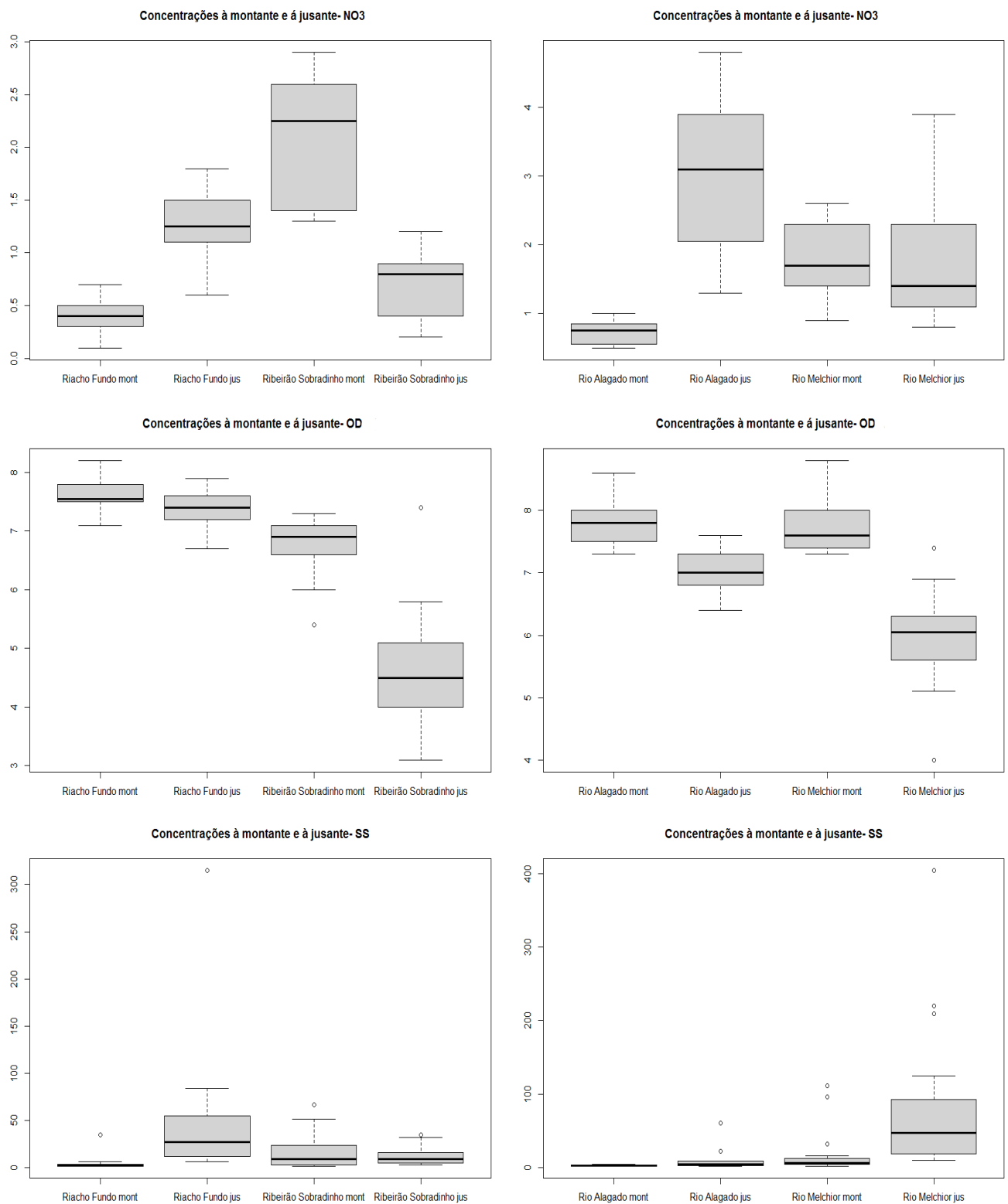


Figura 5.9 - Concentrações à montante e à jusante

Um ponto negativo dos dados dos corpos receptores é que eles não continham uma frequência igual para todos os parâmetros e nem entre os parâmetros. Foi possível visualizar também “outliers” para os parâmetros, tanto para baixo como para cima

Entendeu-se que houve um acréscimo nas concentrações à jusante dos lançamentos em grande parte dos corpos hídricos para todos os parâmetros. Em relação aos coliformes totais e demanda bioquímica de oxigênio, somente o Rio Alagado não teve um acréscimo à jusante nos valores e era o corpo hídrico com a maior quantidade para CT e passou a ser o com o menor valor.

Já para o  $\text{NO}_3$ , o Rio Alagado foi o que apresentou um maior acréscimo, seguido do Riacho Fundo. Os outros dois corpos receptores tiveram uma diminuição no nitrogênio. No tocante ao oxigênio dissolvido, todos os corpos receptores obtiveram uma diminuição em seus valores. Esse decréscimo a jusante é decorrente da presença de matéria orgânica ainda inserida no esgoto tratado (Leonel, 2016).

Em referência aos sólidos suspensos, somente não houve um aumento no Ribeirão Sobradinho, mas nos outros corpos hídricos o aumento foi considerável, principalmente no Rio Melchior.

Para os dados à montante e à jusante do lançamento, também foi utilizado o teste não-paramétrico bilateral de Mann e Whitney, no programa BioEstat, a fim de analisar se há diferenças estatisticamente significantes entre as medianas dos valores a montante e a jusante dos lançamentos nos corpos receptores. Os resultados podem ser vistos na Tabela 5.11.

Fazendo a análise dos valores apresentados na Tabela 5.8 percebeu-se que, para os parâmetros CT e DBO houve somente uma diferença significativa entre as medianas para cada parâmetro, estando a diferença presente no Riacho Fundo e Rio Melchior respectivamente. Em relação aos outros parâmetros, existiram diferenças significantes para a maioria dos corpos receptores.

Para o  $\text{NO}_3$ , somente Rio Melchior não apresentou diferença expressiva entre as medianas. Nos casos do OD e SS, Riacho Fundo e Ribeirão Sobradinho não apresentaram consideráveis diferenças, sendo que para o caso dos sólidos foi possível observar maiores alterações na distribuição de valores.

Segundo Leonel (2016), um fator que pode ter auxiliado os corpos hídricos na diminuição dos valores dos parâmetros é a razão de diluição dos efluentes, que ajuda na capacidade de assimilação de um corpo receptor.

Tabela 5.8 - Mediana das concentrações dos corpos receptores a montante e a jusante e o nível de significância (p)

Corpo Receptor	CT			DBO			NO3			OD			SS		
	M	J	p	M	J	p	M	J	p	M	J	p	M	J	p
Riacho Fundo	22808,0	105015,0	0,037(*)	1,0	2,0	0,758	0,40	1,25	<0,0001(*)	7,55	7,40	0,118	2,60	27,60	<0,0001(*)
Ribeirão Sobradinho	18845,0	26730,0	0,696	1,0	1,5	0,716	2,25	0,80	<0,0001(*)	6,90	4,50	0,0001(*)	9,40	9,10	0,927
Rio Alagado	25000,0	11247,7	0,214	2,0	1,50	0,762	0,75	3,10	<0,0001(*)	7,80	7,00	<0,0001(*)	2,35	3,90	0,023(*)
Rio Melchior	111990,0	198630,0	0,558	2,0	5,0	0,001(*)	1,70	1,40	0,358	7,60	6,05	<0,0001(*)	6,00	46,80	0,0005(*)

NOTAS: M= montante; J= jusante; p= nível de significância

Os campos marcados com um asterisco indicam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre as estações seca e chuvosa.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### Caracterização das áreas de estudo

- Para as seis estações estudadas, somente Samambaia já ultrapassou a vazão e a população de projeto, necessitando de uma reestruturação em seu projeto original. Do restante das ETEs, a Riacho Fundo é a que possui a maior porcentagem de utilização, operando cerca de 73%. No entanto, pela perspectiva analisada para 2037, as ETEs Alagado, Melchior, Samambaia e Sobradinho precisarão passar por ampliações para atender toda a demanda, seja por ultrapassar a vazão, a população ou a carga orgânica de entrada de projeto.
- Os corpos receptores apresentam diferenças significativas com a classificação das classes. Um ponto importante a se ressaltar é que os rios do DF possuem pouca vazão, ou seja, possuem baixo poder de diluição. Assim, o Riacho Fundo é o que possui a melhor classe e o Rio Melchior o pior, sendo que Melchior recebe o efluente tratado das duas estações com as maiores populações entre as ETEs estudadas, ETE Melchior e ETE Samambaia.

### Caracterização dos dados afluentes e efluentes

- Os dados fornecidos pela CAESB eram marcados por uma boa frequência de coleta, com baixa taxa de falta de dados. No entanto, para o nitrogênio, a empresa deixou a desejar, apresentando os dados de apenas um mês.
- Houve casos em que foram apresentados “outliers” para os parâmetros, tanto para baixo como para cima. No entanto, esses dados não foram descartados, sendo demonstrada a variabilidade de certos resultados.
- As faixas de valores dos parâmetros observados em todas as ETEs foram maiores do que as apresentadas na literatura para os afluentes, sendo que o DBO e DQO ainda apresentavam os valores médios acima do valor máximo da faixa usual. Já para os efluentes há diversas faixas observadas que estão dentro dos valores usuais, excetuando-se o parâmetro SST, que possui três estações com as faixas bem superiores a encontradas na literatura.
- Com relação à eficiência de remoção, grande parte das estações de tratamento possuem um bom desempenho de remoção, principalmente para a DBO e a DQO. No entanto para esses dois parâmetros a ETE Sobradinho é a única a possuir porcentagem

menor que a mínima da faixa usual apresentada na literatura, enquanto as outras possuem valores acima do esperado. Para o PT, as ETEs Sobradinho e Melchior possuem valores abaixo do recomendado e para o SST, Samambaia, Sobradinho e Melchior são as estações que possuem índices abaixo do recomendado. Dessa forma, percebe-se que as ETEs Alagado, Santa Maria e Riacho Fundo possuem todas as média de remoções acima de 90%, sendo que a ETE Alagado e a ETE Santa Maria trabalham de forma conjunta e são as que possuem a melhor eficiência de remoção.

#### Avaliação da influência da época do ano nas concentrações afluentes e efluentes

- Na maioria dos parâmetros afluentes, os valores para o período seco foram maiores do que para o período chuvoso, sendo que a DBO foi o único a ter uma predominância no período chuvoso. No entanto, houve poucas diferenças estatísticas significantes entre os períodos.
- No sentido dos efluentes, houve comportamento semelhante ao dos afluentes, com maiores valores para o período seco, exceto para a DBO. Dessa forma, percebe-se que os valores menores para o período chuvoso podem ser decorrentes de esgotos mais diluídos, devido a maior disponibilidade hídrica.

#### Caracterização dos dados monitorados à montante e à jusante do lançamento para avaliação da qualidade dos corpos receptores

- Os dados fornecidos pela CAESB não eram marcados por uma boa frequência de coleta e presume-se que os pontos de amostragem a jusante devem ter sido feitas após a zona de mistura, a qual possui previsão legal na Resolução CONAMA 430/2011, em que ocorre a autodepuração.
- Houve casos em que foram apresentados “outliers” para os parâmetros, tanto para baixo como para cima. No entanto, esses dados não foram descartados, sendo demonstrada a amplitude de certos resultados.
- No geral, houve acréscimo nas concentrações à jusante dos lançamentos em grande parte dos corpos hídricos, havendo, em maior número das ocasiões, diferenças significativas para o  $\text{NO}_3$ , OD e SS comparando-se os valores a montante e a jusante.



- O Rio Alagado, mesmo recebendo efluente tratado de duas ETEs, foi o corpo receptor que menos sofreu alterações a jusante. Esse fato reafirma que a ETE Alagado e Santa Maria são as que apresentam a melhor eficiência de remoção.
- O Riacho Fundo não obteve valores tão discrepantes a montante e a jusante também, exceto para SS, mas deveria ser o corpo hídrico com os menores parâmetros, por ser o mais bem enquadrado entre os demais, estando como classe dois.
- O Rio Melchior é o pior em relação ao enquadramento, ficando na classe 4. Por receber ainda efluente de duas estações, que possuem eficiência um pouco abaixo das outras estações, tem uma piora na qualidade da água, o que prejudica na diluição do esgoto tratado.

Diante do tema estudado, percebe-se que ainda há poucos trabalhos acadêmicos que envolvem a avaliação de desempenho das estações de tratamento de esgotos, principalmente de estações do Distrito Federal, e que sejam atuais.

Apesar disso, as análises não devem apenas se esboçar pelas legislações que estão em vigência, mas devem compreender também as verificações em relação ao conflito dos lançamentos nos corpos d'água. Dessa forma, a análise dos parâmetros do esgoto, os quais devem ser avaliados diariamente nas estações de tratamento, leva ao resultado final, esperando-se que a eficiência das estações sejam maiores que a de projeto e que os problemas operacionais possam ser prevenidos com investimentos em adequações ou ampliações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADASA. Monitoramento Regular. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/fiscalizacao-sae1/fiscalizacao-indireta/monitoramento-regular>> Acesso em: novembro de 2019.
- ADASA. Relatório anual de atividades. 2017. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area\\_de\\_atuacao/recursos\\_hidricos/monitoramento/Relatorio\\_Anual\\_Atividades\\_2017.pdf](http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/recursos_hidricos/monitoramento/Relatorio_Anual_Atividades_2017.pdf)> Acesso em: novembro de 2019.
- ADASA. Relatório de fiscalização RF/COFA/006/2015. Fiscalização do Sistema de Esgotamento Sanitário da Bacia do Rio Descoberto/Melchior. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area\\_de\\_atuacao/abastecimento\\_agua\\_esgotamento\\_sanitario/fiscalizacao/relatorios\\_vistoria\\_fiscalizacao\\_rvf/RVF-006-2005-FiscSES-Bacia-do-Rio-Descoberto-Melchior.pdf](http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_esgotamento_sanitario/fiscalizacao/relatorios_vistoria_fiscalizacao_rvf/RVF-006-2005-FiscSES-Bacia-do-Rio-Descoberto-Melchior.pdf)> Acesso em: novembro de 2019.
- ADASA. Resolução ADASA/SAE nº008, de 04 de julho de 2016. Dispõe sobre a instituição da metodologia de avaliação de desempenho da prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do Distrito Federal e sobre os procedimentos gerais de comunicações oficiais realizadas entre a ADASA e o prestador de serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, e dá outras providências. Acesso em: novembro de 2019.
- ADASA. Resolução ADASA/SAE nº13, de 26 de agosto de 2011. Estabelece os critérios técnicos para emissão de outorga para fins de lançamento de efluentes em corpos hídricos de domínio do Distrito Federal e naqueles delegados pela União. Acesso em: novembro de 2019.
- ANA. Águas no Brasil. Quantidade de água. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: novembro de 2019.

- BATISTA, L.F. (2015). Lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos no Distrito Federal: um estudo de sua aptidão para o condicionamento, utilização e disposição final. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-168/2015, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 197p. Acesso em: novembro de 2019.
- BARROS, Izabela Pinheiro Alves Felipe. Proposta de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação de estações de tratamento de esgotos do Distrito Federal. 2013. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2013.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988. Congresso. Senado Federal. Brasília, DF. Acesso em: setembro de 2019.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília, DF, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)> Acesso em: setembro de 2019.
- BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Brasília, DF, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm)> Acesso em: maio de 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>>. Acesso em: outubro de 2019.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. 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. Publicado no D.O.U. Acesso em: novembro de 2019
- BRASIL. Resolução CONAMA nº430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Publicado no D.O.U. Acesso em: novembro de 2019

BRASIL. Resolução CONAMA nº375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário. Publicado no D.O.U. Acesso em: novembro de 2019

BRASIL. Resolução CONAMA nº396, de 3 de abril de 2008 Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Publicado no D.O.U. Acesso em: novembro de 2019

BRASIL. Plano Nacional de Saneamento Básico: PLANSA. Brasília: Ministério das Cidades, 2014. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PlanSaB/plansab\\_texto\\_editado\\_para\\_download.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PlanSaB/plansab_texto_editado_para_download.pdf)>. Acesso em: outubro de 2019

BURNETT, J. A. B.; MATTOS, S. P.; AZZOLIN, N. M. P. Intervenções da Companhia de Saneamento. In: FONSECA, F. O. (Org.). Olhares sobre o Lago Paranoá. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001. p.199- 211.

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Balneabilidade do lago. Informações gerais. Disponível em: <<https://www.caesb.df.gov.br/agua/balneabilidade/informacoes-gerais6.html>>. Acesso em: novembro de 2019.

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Material educativo. Disponível em: <<https://www.caesb.df.gov.br/educativo/material-educativo/3-portal/esgoto.html>>. Acesso em: setembro de 2019.

DF. DECRETO 18.328, de 8 de Junho de 1997. Do Lançamento de Efluentes Líquidos na rede Coletora de Esgotos. Acesso em: novembro de 2019.

DF. Lei nº 2.725, de 13 de junho de 2001. Brasília, DF, Disponível em: <<http://www.sema.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/Lei-Distrital-n%C2%BA-2.725-de-2001.pdf>>. Acesso em: novembro de 2019.

EOS. Como funciona o Tratamento de Efluentes no Brasil. Blog da EOS Organização e Sistemas Ltda. Atualizado em 12/06/2019. Disponível em:

<<https://www.eosconsultores.com.br/tratamento-de-efluentes/>>. Acesso em: novembro de 2019.

GDF – Governo do Distrito Federal. **Geografia**. Disponível em: <<http://www.df.gov.br/333/>>. Acesso em: outubro de 2019.

GDF – Governo do Distrito Federal. Plano Estratégico. 2019-2060. Disponível em: <[http://www.seplag.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/05/Book\\_PEDF\\_Plano\\_Estrategico\\_final.pdf](http://www.seplag.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/05/Book_PEDF_Plano_Estrategico_final.pdf)>. Acesso em: novembro de 2019.

GDF – Governo do Distrito Federal. Plano Distrital de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. 2017. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/images/Produtos-PDSB/Produto\\_2/1\\_PDSB\\_DF\\_Tomo\\_IV\\_Esgoto\\_Produto\\_2\\_0117\\_R7.pdf](http://www.adasa.df.gov.br/images/Produtos-PDSB/Produto_2/1_PDSB_DF_Tomo_IV_Esgoto_Produto_2_0117_R7.pdf)>. Acesso em: setembro de 2019.

LEONEL, Leticia Franco. Desempenho de estações de tratamento de esgoto- uma análise de sistemas de lagoas de estabilização de pequeno e médio porte integrada à avaliação da qualidade dos corpos hídricos na UGRHI 12 – Baixo Pardo/ Grande. 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Área de concentração em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

METCALF & EDDY INCORPORATION. Wastewater Engineering: treatment, disposal, and reuse. 3ª ed., McGraw-Hill, New York, 1991.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL- ONU BR. A Agenda 2030. Disponível em :<<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: setembro de 2019.

NBR 12209. Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, ABNT. 2009. Acesso em: outubro de 2019.

NEDER, K.D. e HARADA, A.L. Projeto da estação de tratamento de esgotos do Riacho Fundo. Remoção biológica de nutrientes pelo processo de lodos ativados por batelada. Anais do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Brasília, Brasil. Disponível em:  
<<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/riacho.pdf>>. Acesso em: novembro de 2019

OLIVEIRA, S. M. A. C. Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos. 2006. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SIESG, Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). 2014. 27ª edição. 169 p. Acesso em: novembro de 2019.

Da SILVA, A. C. S.; VEIGA, J. B.; VEIGA, B. B.; CAIONI, C.; OLIVEIRA, A. S. Avaliação do software Bioestat para o ensino de estatística nos cursos de graduação. 2014. Revista da Universidade Vale do Rio Verde

SNIS, SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. SNIS – Série Histórica. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>> Acesso em: outubro de 2019.

INSTITUTO Trata Brasil. Benefícios Econômicos e Sociais da Expansão do Saneamento brasileiro. 2018. Disponível em: <[http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/beneficios/sumario\\_executivo.pdf](http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/beneficios/sumario_executivo.pdf)>. Acesso em: outubro de 2019.

INSTITUTO Trata Brasil. Ociosidade das Redes de Esgotamento Sanitário no Brasil. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ociosidade/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em: outubro de 2019.

INSTITUTO Trata Brasil. Ranking do Saneamento. 2019, Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2019>>. Acesso em: outubro de 2019.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 4 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VON SPERLING, M. Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed.  
Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade  
Federal de Minas Gerais, 2005. (Princípios do tratamento biológico de águas  
residuárias; v. 1).

**APÊNDICE A** - Estatística descritiva das concentrações afluentes e efluentes de cada ETE

Tabela 0.1 - estatística descritiva das concentrações afluentes e efluentes de cada ETE (continua)

ETE	Constituinte	Parâmetros	DBO	DQO	PT	SS	CT		
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100 mL		
ETE Samambaia	Afluente	Média	598,89	855,05	7,96	378,04	2,33E+07		
		Média Geom.	566,88	822,71	7,82	353,14	2,15E+07		
		Mediana	621,25	785,95	7,93	321,4	2,1E+07		
		Vr. Mín	151	474,40	5,45	202	5,5E+06		
		Vr. Máx	918,7	1498,80	12,28	768,8	4,1E+07		
		D. Padrão	177,62	251,90	1,61	154,30	8,8E+06		
		Coefficiente de Variação	29,66%	28,46%	20,22%	40,82%	37,72%		
		Percentil 10%	388,67	627,77	6,40	230,7	1,4E+07		
		Percentil 25%	498,25	714,60	6,76	296,87	1,8E+07		
		Percentil 75%	700,75	922	8,63	405,20	2,9E+07		
		Percentil 90%	807,25	1238,5	9,28	631,08	3,6E+07		
		ETE Samambaia	Efluente	Média	18,32	121,37	2,34	76,88	5,7E+04
				Média Geom.	15,45	116,38	2,14	72,04	1,2E+04
				Mediana	18	108,1	2,2	65,45	1,4E+04
Vr. Mín	1,3			81,7	0,83	49	2,3E+02		
Vr. Máx	35			235,1	5,06	169,8	6,8E+05		
D. Padrão	8,84			39,7	1,08	31,61	1,4E+05		
Coefficiente de Variação	48,25%			32,71%	45,95%	41,12%	250,42%		
Percentil 10%	8,11			88,37	1,27	51,66	1,6E+02		
Percentil 25%	9,20			95,82	1,64	53,80	4,4E+03		
Percentil 75%	26,62			129,67	2,76	86,70	3,1E+04		
Percentil 90%	27,5			178,61	3,42	114,12	6,8E+04		
ETE Santa Maria	Afluente			Média	639,32	1044,23	12,50	352,56	2,9E+07
				Média Geom.	625,90	1030,40	12,37	339,22	2,6E+07
				Mediana	627,80	1057,70	12,41	342,70	2,6E+07
		Vr. Mín	356,40	712,20	8,23	138,80	1,0E+07		



Tabela 0. 1 - estatística descritiva das concentrações afluentes e efluentes de cada ETE (continua)

ETE	Constituinte	Parâmetros	DBO	DQO	PT	SS	CT
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100 mL
	Efluente	Vr. Máx	937,50	1352,10	16,24	557,20	5,5E+07
		D. Padrão	129,67	170,69	1,80	93,52	1,3E+07
		Coefficiente de Variação	20,28%	16,35%	14,43%	26,53%	43,35%
		Percentil 10%	519,33	831,38	10,49	260,79	1,5E+07
		Percentil 25%	566,85	934,55	11,23	292,85	2,0E+07
		Percentil 75%	709,50	1151,80	13,87	408	4,0E+07
		Percentil 90%	812,60	1253	14,53	466	4,4E+07
		Média	16,02	66,14	0,83	23,84	6,4E+04
		Média Geom.	14,77	63,78	0,46	19,84	4,0E+04
		Mediana	14,7	62,40	0,42	15,1	4,0E+04
	Vr. Mín	8,3	42,20	0,14	8,30	3,3E+03	
	Vr. Máx	57	104,60	9,40	62,70	2,6E+05	
	D. Padrão	8,89	18,59	1,74	15,59	6,7E+04	
	Coefficiente de Variação	55,51%	28,11%	209,59%	65,37%	104,81%	
	Percentil 10%	10,15	45,92	0,21	10,62	1,5E+04	
	Percentil 25%	11,95	52,40	0,40	13	2,6E+04	
	Percentil 75%	17,15	80,40	0,70	34,9	7,7E+04	
	Percentil 90%	19,7	95,47	1,12	46,01	1,4E+05	
	Afluente	Média	421,75	739,14	7,71	330,21	2,6E+07
		Média Geom.	402,57	717,87	7,57	315,69	1,8E+07
Mediana		420	720,80	7,57	302,4	2,1E+07	
Vr. Mín		239,3	437,9	4,4	209,3	3,1E+06	
Vr. Máx		639,3	1348,1	10,33	678,7	1,3E+08	
D. Padrão		128,71	189,15	1,46	109,01	2,5E+07	
Coefficiente de Variação		30,52%	25,59%	19%	33,04%	97,86%	
Percentil 10%		252,20	558,66	6,21	219,61	6,7E+06	
Percentil 25%		333,3	624,92	6,80	256,10	9,9E+06	
Percentil 75%		488,75	822,95	8,85	385,25	3,1E+07	
Percentil 90%	626,08	942,07	9,77	462,32	4,4E+07		
Efluente	Média	76,80	175,41	3,05	57,64	9,8E+06	

Tabela 0. 1 - estatística descritiva das concentrações afluentes e efluentes de cada ETE  
(continua)

ETE	Constituinte	Parâmetros	DBO	DQO	PT	SS	CT
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100 mL
ETE Alagado	Afluente	Média Geom.	65,54	159,13	2,52	49,89	4,4E+06
		Mediana	71,75	174,85	2,49	50	5,6E+06
		Vr. Mín	10	45,10	0,65	14,80	2,4E+04
		Vr. Máx	164	351,50	7,30	136,40	4,0E+07
		D. Padrão	38,17	72,40	1,86	30,72	1,1E+07
		Coefficiente de Variação	49,70%	41,28%	60,93%	53,30%	112,74%
		Percentil 10%	31,22	75,56	0,95	26,33	1,0E+06
		Percentil 25%	51,3	137,45	1,91	34,8	2,6E+06
		Percentil 75%	100,35	209,02	4,64	77	1,2E+07
		Percentil 90%	124,89	270,09	5,69	100,23	2,2E+07
	Efluente	Média	624,31	1011,52	11,61	366,21	3,4E+07
		Média Geom.	614,28	995,38	11,46	351,73	2,8E+07
		Mediana	615,85	1046,95	11,85	384	2,9E+07
		Vr. Mín	286	439,10	7,40	80	6,0E+06
		Vr. Máx	820,30	1239,30	14,88	475	9,2E+07
		D. Padrão	103,20	160,66	1,85	81,09	2,1E+07
		Coefficiente de Variação	16,53%	15,88%	15,93%	22,14%	60,49%
		Percentil 10%	514,83	840,18	8,7	308,29	1,7E+07
		Percentil 25%	595,70	953,77	11	335,25	2,0E+07
		Percentil 75%	676,30	1112,60	12,52	411,97	4,1E+07
Percentil 90%	750,3	1170,63	13,90	436,68	6,2E+07		
Efluente	Média	14,49	65,05	0,44	19,24	5,8E+04	
	Média Geom.	14,08	63,29	0,41	17,32	3,5E+04	
	Mediana	13,95	65,15	0,43	18,8	3,8E+04	
	Vr. Mín	9,50	42,20	0,18	7	3,3E+03	
	Vr. Máx	21,80	95	0,91	40,10	2,6E+05	
	D. Padrão	3,57	15,44	0,17	9	6,5E+04	
	Coefficiente de Variação	24,65%	23,73%	39,28%	46,79%	112,13%	
	Percentil 10%	10,35	45,21	0,23	9,53	1,0E+04	
Percentil 25%	11,57	52,22	0,31	12,75	2,4E+04		

Tabela 0. 1 - estatística descritiva das concentrações afluentes e efluentes de cada ETE  
(continua)

ETE	Constituinte	Parâmetros	DBO	DQO	PT	SS	CT		
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100 mL		
	Afluente	Percentil 75%	17,25	74,07	0,52	22,35	5,6E+04		
		Percentil 90%	19,07	88,27	0,64	33,53	1,3E+05		
		Média	486,53	716,67	7,48	342,61	2,4E+07		
		Média Geom.	479,65	704,13	7,41	326,94	2,2E+07		
		Mediana	478,85	659,80	7,47	285,60	2,3E+07		
		Vr. Mín	375,30	529,70	5,63	241	7,7E+06		
		Vr. Máx	778	1159,80	9,77	649	4,0E+07		
		D. Padrão	88,40	146,76	1,02	117,99	9,8E+06		
		Coeficiente de Variação	18,71%	20,48%	13,70%	34,44%	41,41%		
		Percentil 10%	400	606,39	6,33	252,07	1,3E+07		
		Percentil 25%	425,95	632,15	6,70	271,40	1,5E+07		
		Percentil 75%	516,57	749,02	8,10	347,07	2,9E+07		
		Percentil 90%	602,75	924,12	8,64	551,60	4,0E+07		
		ETE Melchior	Efluente	Média	32,45	142,33	3,97	82,22	4,7E+06
				Média Geom.	29,19	136,39	3,77	77,30	4,0E+06
Mediana	30,25			132,65	4,05	83,10	4,0E+06		
Vr. Mín	8,30			75,50	1,97	33,40	1,2E+06		
Vr. Máx	60			215,10	6,53	142,30	1,2E+07		
D. Padrão	13,71			41,44	1,26	28,53	2,8E+06		
Coeficiente de Variação	42,25%			29,12%	31,64%	34,70%	58,41%		
Percentil 10%	13,85			91,19	2,39	52,40	2,0E+06		
Percentil 25%	23,65			112,55	2,96	61,82	2,6E+06		
Percentil 75%	44,05			172,30	5,03	97,60	6,5E+06		
Percentil 90%	47,75			201,04	5,49	124,29	8,2E+06		
ETE Riacho Fundo	Afluente			Média	553,36	817,04	8,27	233,12	1,9E+07
				Média Geom.	546,57	809,31	8,16	230,66	1,7E+07
				Mediana	541,10	820,30	8,24	233,15	1,9E+07
				Vr. Mín	388,50	611,80	5,69	160	5,4E+06
		Vr. Máx	711,00	1016,30	10,40	301,40	3,6E+07		
		D. Padrão	88,20	112,60	1,34	34,07	8,6E+06		

Tabela 0. 1 - estatística descritiva das concentrações afluentes e efluentes de cada ETE (conclusão)

ETE	Constituinte	Parâmetros	DBO	DQO	PT	SS	CT
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100 mL
		Coefficiente de Variação	15,94%	13,78%	16,19%	14,61%	44,70%
		Percentil 10%	449,60	646,42	6,72	191,16	8,7E+06
		Percentil 25%	493,55	742,85	7,16	213,20	1,3E+07
		Percentil 75%	608,92	894,42	9,52	250,70	2,6E+07
		Percentil 90%	680,47	941,64	9,87	274,44	3,0E+07
		Média	14,39	54,63	0,42	17,22	1,2E+06
		Média Geom.	13,52	51,56	0,40	16,56	1,0E+06
		Mediana	14,05	50,50	0,37	15,95	1,1E+06
		Vr. Mín	7	30	0,21	9,10	1,7E+05
		Vr. Máx	24,10	121,60	0,77	30,20	4,4E+06
		D. Padrão	5,08	20,37	0,14	5,17	7,5E+05
	Efluente	Coefficiente de Variação	35,29%	37,28%	33,96%	30,01%	63,33%
		Percentil 10%	8,44	35,18	0,27	12,26	5,8E+05
		Percentil 25%	9,60	38,20	0,32	13,60	9,3E+05
		Percentil 75%	17,87	62,27	0,50	18,70	1,2E+06
		Percentil 90%	21,34	76,41	0,66	24,10	1,8E+06

**APÊNDICE B** - Estatística descritiva das concentrações afluentes e efluentes de cada ETE

Tabela 0.2 - Estatísticas descritivas da porcentagem de remoção para cada ETE

Parâmetro	Estatística	ETE					
		Samambaia	Santa Maria	Sobradinho	Alagado	Melchior	Riacho Fundo
DBO	Média	96,4	97,5	80,4	97,6	93,5	97,4
	Mediana	96,9	97,8	81,2	97,6	93,4	97,4
	Percentil 10%	95,1	96,8	65,2	97,2	90,7	96,1
	Percentil 90%	98,7	98,3	92,8	98,2	97,0	98,6
DQO	Média	84,8	93,6	75,6	93,5	79,7	93,3
	Mediana	87,0	94,0	77,9	93,8	80,6	93,3
	Percentil 10%	76,8	91,4	59,6	91,5	70,1	91,0
	Percentil 90%	90,6	95,1	86,3	95,0	86,9	95,8
PT	Média	69,9	93,7	59,9	96,1	46,8	94,9
	Mediana	73,8	96,2	64,1	96,3	48,5	95,3
	Percentil 10%	51,5	91,7	28,6	94,1	26,6	92,8
	Percentil 90%	83,8	98,4	87,0	97,9	68,0	96,3
SST	Média	76,9	93,2	81,1	94,4	73,8	92,5
	Mediana	80,6	94,5	83,9	94,4	71,7	93,1
	Percentil 10%	59,5	87,7	62,3	91,4	60,5	89,3
	Percentil 90%	87,7	96,7	92,1	97,5	88,9	95,3
CT	Média	99,8	99,7	50,7	99,7	77,5	90,4
	Mediana	99,9	99,8	61,3	99,9	82,3	94,7
	Percentil 10%	99,7	99,4	0,3	99,2	60,7	85,6
	Percentil 90%	99,9	99,9	93,9	99,9	92,1	97,0

**APÊNDICE C** - Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade no corpo receptor, a montante e a jusante dos lançamentos

Tabela 0.3 - Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade no corpo receptor, a montante e a jusante dos lançamentos. (continua)

Parâmetro	Constituinte	Estatísticas	Corpos Hídricos			
			Riacho fundo	Ribeirão Sobradinho	Rio Alagado	Rio Melchior
CT NMP/100 mL	Montante	Média	135156,25	21976,25	5700,25	221490
		Mediana	22808	18845	250000	111990
		Vr. Mín	2460	866	920	180
		Vr. Máx	250000	250000	25000	2500000
		Percentil 25%	15267,50	11442,50	19299,75	28510
	Jusante	Percentil 75%	150423,75	33418,75	25000	250000
	Média	114913,57	55221,23	14084,82	265627,65	
	Mediana	105015	26730	11247	198630	
	Vr. Mín	25000	517	180	31500	
	Vr. Máx	250000	241960	25000	1299700	
Percentil 25%	65827,50	4837,50	6962,62	59100		
Percentil 75%	120330,	89470	25000	250000		
DBO mg/L	Montante	Média	2,46	2,46	2,20	3,53
		Mediana	1	1	2	2
		Vr. Mín	1	1	1	1
		Vr. Máx	10	9	6	21
		Percentil 25%	1	1	1	1
	Jusante	Percentil 75%	3	3	2,75	3
	Média	2,54	2,29	2	10,12	
	Mediana	2,00	1,50	1,50	5	
	Vr. Mín	1	1	1	2	
	Vr. Máx	10	6	5	49	
Percentil 25%	1	1	1	4		

Tabela 0. 3 - Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade no corpo receptor, a montante e a jusante dos lançamentos. (continua)

Parâmetro	Constituinte	Estatísticas	Corpos Hídricos			
			Riacho fundo	Ribeirão Sobradinho	Rio Alagado	Rio Melchior
		Percentil 75%	3	3	2,75	7
NO <sub>3</sub> mg/L	Montante	Média	0,40	2,11	0,72	1,80
		Mediana	0,40	2,25	0,75	1,70
		Vr. Mín	0,10	1,30	0,50	0,90
		Vr. Máx	0,70	2,90	1,00	2,60
		Percentil 25%	0,32	1,50	0,57	1,40
		Percentil 75%	0,47	2,57	0,82	2,30
	Jusante	Média	1,29	0,69	3,02	1,79
		Mediana	1,25	0,80	3,10	1,40
		Vr. Mín	0,60	0,20	1,30	0,80
		Vr. Máx	1,80	1,20	4,80	3,90
		Percentil 25%	1,10	0,40	2,07	1,10
		Percentil 75%	1,47	0,90	3,75	2,25
OD mg/L	Montante	Média	7,61	6,76	7,79	7,74
		Mediana	7,55	6,90	7,80	7,60
		Vr. Mín	7,10	5,40	7,30	7,30
		Vr. Máx	8,20	7,30	8,60	8,80
		Percentil 25%	7,50	6,65	7,50	7,40
		Percentil 75%	7,80	7,07	8,00	7,97
	Jusante	Média	7,41	4,68	7,03	5,97
		Mediana	7,40	4,50	7,00	6,05
		Vr. Mín	6,70	3,10	6,40	4,00
		Vr. Máx	7,90	7,40	7,60	7,40
		Percentil 25%	7,25	4,05	6,80	5,65
		Percentil 75%	7,60	5,07	7,30	6,30
SS mg/L	Montante	Média	5,26	16,80	2,63	20,71
		Mediana	2,60	9,40	2,35	6,00
		Vr. Mín	2,00	2,00	2,00	2,00
		Vr. Máx	34,80	66,80	4,40	111,60
		Percentil 25%	2,00	3,60	2,00	4,10

Tabela 0. 3 - Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade no corpo receptor, a montante e a jusante dos lançamentos. (conclusão)

Parâmetro	Constituinte	Estatísticas	Corpos Hídricos			
			Riacho fundo	Ribeirão Sobradinho	Rio Alagado	Rio Melchior
		Percentil 75%	3,90	21,20	3,10	12,00
		Média	51,05	12,93	11,50	85,13
		Mediana	27,60	9,10	3,90	46,80
		Vr. Mín	6,40	2,80	2,00	10,00
	Jusante	Vr. Máx	314,70	34,80	60,80	404,40
		Percentil 25%	12,10	4,80	2,90	18,40
		Percentil 75%	51,30	15,50	7,70	92,40