



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES TIPO MIZUMO BUSINESS
EM CANTEIRO DE OBRAS EM SABARÁ-MG**

Aline Santos Procópio

**BELO HORIZONTE-MG
2014**



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES TIPO MIZUMO BUSINESS
EM CANTEIRO DE OBRAS EM SABARÁ-MG**

Aline Santos Procópio

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais
como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Ambiental e
Sanitarista.

Orientador: Profª Msc. Livia Cristina
Oliveira Lana

**BELO HORIZONTE-MG
2014**

ALINE SANTOS PROCÓPIO

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES TIPO MIZUMO BUSINESS
EM CANTEIRO DE OBRAS EM SABARÁ-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais
como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Ambiental e
Sanitarista.

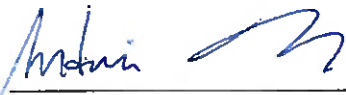
Data de aprovação: 10 / 02 / 2015

Banca Examinadora:



Livia Cristina Oliveira Lana – Presidente da Banca Examinadora

Profª M.Sc. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais –
Orientador(a)



André Luiz Marques Rocha - 2º Examinador

Profº M.Sc. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais



Beatriz de Souza Missagia - 3º Examinador

Profº D.Sc do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

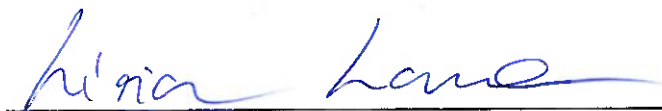
ALINE SANTOS PROCÓPIO

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES TIPO MIZUMO BUSINESS
EM CANTEIRO DE OBRAS EM SABARÁ-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais
como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Ambiental e
Sanitarista.

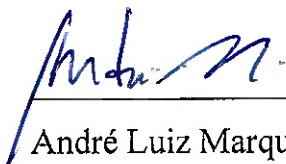
Data de aprovação: 10 / 02 / 15

Banca Examinadora:



Lívia Cristina Oliveira Lana – Presidente da Banca Examinadora

Profª M.Sc. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais –
Orientador(a)



André Luiz Marques Rocha - 2º Examinador

Profº M.Sc. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais



Beatriz de Souza Missagia - 3º Examinador

Profº D.Sc do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por tudo o que já fez e ainda vem fazendo em minha vida.

Ao apoio incondicional de toda a minha família.

À minha orientadora Prof^a M.Sc. Livia Cristina Oliveira Lana pelos ensinamentos, orientações e por todas as formas de colaboração para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos que a toda equipe da Contrata Consultoria e Tratamento de Águas que estão colaborando para a melhoria dos meus conhecimentos teóricos e práticos durante a vida acadêmica e que acreditam no meu potencial como estagiária de forma a contribuir no crescimento da empresa e como futuro profissional.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais pela oportunidade do curso de graduação.

A todos os professores do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG pela qualidade e conteúdo das aulas e pela forma que conduziram o ensinamento aos seus alunos.

Aos meus amigos e colegas do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária pelo companheirismo e apoio.

A todas as demais pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ADEMA - Administração Estadual de Meio Ambiente.

AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica.

APHA- American Public Health Association.

CERH-MG - Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental.

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

DQO – Demanda Química de Oxigênio.

DNC – Deliberação Normativa Conjunta.

EB – Efluente Bruto.

ET – Efluente Tratado.

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

MBAS – Metilene Blue Active Substances.

MG – Minas Gerais.

NBR – Norma Brasileira.

NTK - Nitrogênio Total Kjeldahl.

OD – Oxigênio Dissolvido.

pH – Potencial Hidrogeniônico.

PRFV - Plástico reforçado com fibra de vidro.

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

SSV - Sólidos Suspensos Voláteis.

SSVTA- Sólidos Suspensos Voláteis no Tanque de Aeração.

SST - Sólidos Suspensos Totais.

UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de um sistema composto por reator UASB seguido por lodos ativados.....	20
Figura 2 – Região onde está instalada a ETE.....	27
Figura 3 – Modelo de ETE instalada no canteiro de obras de General Carneiro.....	28
Figura 4 - Desenho esquemático do canteiro de obras de General Carneiro para tratamento de efluentes na Estação de Tratamento de Esgoto.....	29
Figura 5 – Filtro de biogás instalado na ETE do canteiro de obras de General Carneiro, em Sabará – MG.....	31
Figura 6 – Entrada e Saída da Estação de Tratamento de Esgoto do canteiro de obras de General Carneiro, Sabará–MG.....	34
Figura 7 – Resultados de temperatura medidos na entrada e na saída da ETE.....	39
Figura 8– Resultados de pH medidos na entrada e na saída da ETE.....	41
Figura 9 - Gráfico Box e Whisker dos dados de demanda bioquímica de oxigênio medidos na entrada e saída da ETE de General Carneiro.....	43
Figura 10 - Resultados de demanda bioquímica de oxigênio medidos na entrada e na saída da ETE.....	44
Figura 11 - Resultados da eficiência de remoção de demanda bioquímica de oxigênio medidos na ETE.....	45
Figura 12 – Gráfico Box e Whisker dos dados de demanda química de oxigênio medidos na entrada e saída da ETE de General Carneiro.....	46
Figura 13 - Resultados de demanda química de oxigênio medidos na entrada e na saída da ETE.....	47

Figura 14 – Resultados da eficiência de remoção de demanda química de oxigênio medidos na ETE.....	48
Figura 15 - Gráfico Box e Whisker dos dados de fenóis totais medidos na entrada e saída da ETE de General Carneiro.....	49
Figura 16 – Resultados de sólidos dissolvidos medidos na entrada e na saída da ETE.....	51
Figura 17 - Resultados de detergentes (MBAS) medidos na entrada e na saída da ETE.....	53

LISTA DE TABELAS E QUADROS

a) Tabelas:

Tabela 1 - Características quantitativas físico-químicas dos esgotos sanitários.....	17
Tabela 2 - Metodologias utilizadas para os parâmetros analisados.....	35
Tabela 3 - Resultados do monitoramento das análises físico-químicas dos efluentes da ETE do canteiro de obras de General Carneiro -Sabará – MG (abril a outubro de 2014).....	38

b) Quadros:

Quadro 1 - Principais características físicas dos esgotos domésticos.....	18
Quadro 2 - Principais características químicas dos esgotos domésticos.....	18
Quadro 3 - Principais características biológicas dos esgotos domésticos.....	19
Quadro 4 - Fatores ambientais que interferem no tratamento de efluentes domésticos.....	23

RESUMO

PROCÓPIO, A. S. *Avaliação da Eficiência do Sistema de Tratamento de Efluentes Tipo Mizumo Business em Canteiro de Obras em Sabará-MG*. 2014.59f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

Atualmente reconhece-se a importância do tratamento de efluentes domésticos em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) para a garantia da saúde pública e consequente redução dos impactos negativos introduzidos por diferentes atividades sobre os corpos hídricos receptores, como a mortalidade de peixes, produção de gases tóxicos e intoxicação da fauna e flora aquática e dentre outros.

Neste contexto, o presente trabalho objetivou a avaliação da eficiência da ETE MIZUMO BUSINESS implantada em canteiro de obras de General Carneiro no município de Sabará - MG por meio do monitoramento ambiental dos parâmetros indicadores da qualidade de águas, conforme os limites exigidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. O estudo incluiu a análise de dados secundários coletados mensalmente na entrada e saída da ETE e a avaliação dos resultados obtidos, entre os meses de abril a outubro de 2014, através de métodos de estatística descritiva de dados, como os gráficos de série temporal e de Box e Whisker.

Os resultados encontrados foram de grande relevância no auxílio para a identificação de possíveis problemas ou oportunidades de melhorias do sistema, que levem à otimização do desempenho ambiental da ETE. Destacaram-se eficiências médias na remoção dos teores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) do efluente tratado no período monitorado, de 93% e 79%, respectivamente. Com exceção do mês de agosto, que apresentou 58,7 % para DBO₅ e 49,1% para DQO. Conclui-se que os parâmetros monitorados registraram resultados satisfatórios e que a ETE avaliada mostrou-se eficiente tomando-se como base os padrões definidos pela DNC COPAM/CERH nº 01/08.

Palavras-chave: Sistema de tratamento de efluentes. Canteiro de obras. Monitoramento ambiental.

ABSTRACT

PROCÓPIO, A. S. *Efficiency Evaluation of Wastewater Treatment System Type Mizumo Business in Construction Site in Sabará-MG*. 2014. 59f. Monograph (Graduate in Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

The importance of effluent treatment in Waste Treatment Plants is currently recognized as being a guarantee of public health and consequently reduction of impacts introduced by different activities over the receiving water bodies, like fish mortality, toxic gases production and water fauna and flora intoxication, amongst others.

Considering this context, the objective of the present paper is to evaluate the efficiency of the Waste Treatment Plant MIZUMO BUSINESS, located at the jobsite of General Carneiro, district of Sabará- MG, through the environmental monitoring of indicators of water quality parameters, according to the limitations demanded by the Joint Normative Resolution COPAM/CERH-MG nº 01, of May 5Th, 2008. The study included the analysis of secondary data collected monthly in and out of the waste treatment plant and the obtained results evaluation, between the months of April and October of 2014, through the methods of descriptive statistical data, such as the graphics of temporal series and Box and Whisker's.

The results found are of great relevance to help identifying the possible problems or opportunities to improve the system, leading to optimize the environmental performance of the Sewage Treatment Plant. The highlights were the average efficiencies in the removal of Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) levels of the treated effluent in the monitored period, 93% and 79%, respectively. With the exception of August, that presented 58.7% of BOD and 49.1% for COD. It is concluded that the monitored parameters registered satisfying results and the sewage treatment plant of General Carneiro is efficient taking as base the standards defined by the DNC COPAM/ CERH nº 01/08.

Key words: Treatment System. Construction site. Environmental monitoring.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1.	Objetivo geral.....	14
2.2.	Objetivos específicos.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1.	Canteiro de obras.....	15
3.2.	Efluentes de canteiros de obras	16
3.3.	Caracterização da qualidade dos esgotos sanitários.....	17
3.4.	Sistemas de Tratamento de Esgotos	19
3.4.1.	Reatores anaeróbios seguidos de Lodos Ativados	19
3.4.2.	Fatores ambientais que interferem no tratamento de efluentes domésticos.....	22
3.4.3.	Remoção de nutrientes em reatores anaeróbios seguidos de Lodos Ativados	24
3.5.	Monitoramento Ambiental em canteiros de obras.....	25
4	METODOLOGIA.....	27
4.1.	Caracterização da área de estudo.....	27
4.2.	Descrição do sistema de tratamento	28
4.3.	Origem dos efluentes líquidos da ETE MIZUMO BUSINESS	31
4.4.	Parâmetros analisados.....	33
4.5.	Coleta e análise de amostras	34
4.6.	Análise dos resultados obtidos	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
5.1.	Análise dos efluentes da ETE no canteiro de obras de General Carneiro.....	37
5.1.1.	Temperatura.....	39
5.1.2.	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	41
5.1.3.	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	43
5.1.4.	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	46
5.1.5.	Fenóis Totais.....	49
5.1.6.	Sólidos Dissolvidos	51
5.1.7.	Detergentes (MBAS)	53
6	CONCLUSÕES.....	54
7	RECOMENDAÇÕES.....	56
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

O lançamento de efluentes domésticos sem tratamento, por obras de infraestrutura urbana e outras atividades humanas, em rios, lagos e córregos, quanto em altas concentrações de nutrientes, como o fósforo e nitrogênio, ocasionam a proliferação excessiva de algas (eutrofização), o que impede a penetração de luz na água e a realização de fotossíntese nas camadas mais profundas. Estas ações possuem como principal efeito o aumento do consumo de oxigênio em seu processo de decomposição, resultando em impactos negativos aos corpos hídricos, como a mortalidade de peixes, produção de gases tóxicos e intoxicação da fauna e flora aquática.

Os efluentes domésticos não tratados ainda, quando descartados no meio ambiente, podem comprometer a saúde pública da população, através da disseminação de doenças como cólera, diarreia, esquistossomose, amebíase, hepatite A e dentre outras.

Assim, o tratamento adequado de efluentes domésticos, em canteiro de obras, provenientes de escritórios, alojamento, refeitórios e demais instalações de apoio, é necessário para se evitar ou reduzir o impacto destes efluentes nos corpos d'água receptores e para garantir a qualidade de vida de uma população.

Mais recentemente, a opção de utilização do sistema de lodos ativados como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios passou a ser amplamente utilizada, em nível mundial, para o tratamento de águas residuárias domésticas, em situações em que uma elevada qualidade do efluente é necessária e a disponibilidade da área é limitada, como é o caso das construções civis, onde produz altas concentrações de matéria orgânica nos efluentes. O sistema conjugado apresenta também outras vantagens, principalmente associadas ao menor consumo de energia elétrica e à menor produção de lodo, mantendo-se qualidade do efluente comparável ao de um sistema de lodos ativados clássico.

Nesse sentido, considerando a necessidade de utilização de tecnologias simplificadas de tratamento de esgotos e o reconhecimento das potencialidades de sistemas de lodos ativados como pós-tratamento em reatores anaeróbios para o atendimento aos padrões de lançamento em corpos receptores, determinados pela legislação brasileira, Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, e do estado, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, a proposta do presente trabalho é verificar

a eficiência da ETE MIZUMO BUSINESS, do sistema de tratamento de reator anaeróbio e lodos ativados, instalada no canteiro de obras do bairro General Carneiro, em Sabará-MG, por meio do monitoramento de resultados secundários de análises físico-químicas.

Neste estudo foram analisados os parâmetros de dados secundários fornecidos para realização desta pesquisa, como temperatura, potencial hidrogeniônico - pH, DBO₅, DQO, fenóis totais, sólidos dissolvidos, detergentes – MBAS. Vale ressaltar que o monitoramento dos parâmetros indicadores de qualidade das águas é exigido pelo órgão ambiental, no caso a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), para que o empreendedor obtenha seus processos de licenciamento ambiental.

Neste contexto, o monitoramento ambiental dos parâmetros indicadores de qualidade dos efluentes domésticos em sistemas de tratamento de esgoto é uma ferramenta útil para garantir a eficiência da ETE, assim como possibilita a identificação de potenciais problemas, permitindo dessa forma a orientação das ações que conduzam a uma otimização dos processos operacionais dentro dessas estações.

2 OBJETIVOS

2.1.Objetivo geral

Avaliar a eficiência da estação de tratamento de esgoto doméstico (ETE) do tipo MIZUMO BUSINESS instalada no canteiro de obras do bairro General Carneiro, em Sabará-MG, através de dados secundários de análises físico-químicas dos efluentes.

2.2.Objetivos específicos

- Monitorar os resultados das análises físico-químicas para garantia da eficiência do sistema MIZUMO BUSINESS de lodos ativados pós-tratamento em reatores anaeróbios, instalado no canteiro de obras de General Carneiro, em Sabará-MG, por meio dos parâmetros indicadores da qualidade de águas (temperatura, potencial hidrogeniônico-pH, DBO₅, DQO, fenóis totais, sólidos dissolvidos e detergentes- MBAS), conforme os limites exigidos pela DNC COPAM/CERH nº 01/08;
- Analisar os dados secundários que foram coletados na entrada e saída da ETE entre os meses de abril a outubro de 2014 e avaliar os resultados obtidos através de métodos gráficos para descrição de dados, como os gráficos de série temporal e de Box e Whisker; e
- Identificar possíveis problemas ou oportunidades de melhorias do sistema, que levem à otimização do desempenho ambiental da ETE instalada em General Carneiro, Sabará – MG.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1.Canteiro de obras

Canteiro de obras, segundo a NBR 12.284/91 – nb 1367, é o conjunto de áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, ele está dividido em duas áreas: operacional e de vivência. É o local em que se dá a produção das obras de construção e, como tal, exige análise prévia e criteriosa de sua implantação, à luz dos conceitos de qualidade, produtividade e segurança.

O canteiro de obras constitui, de uma maneira geral, das seguintes edificações: administração, gerenciamento e fiscalização, refeitório, vestiário, portaria e integração, central de resíduos, controle tecnológico, reservatório elevado, Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), almoxarifado, alojamento, oficinas, banheiros, áreas de lazer, áreas industriais e instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias (C-PORT BRASIL, 2012).

As principais atividades envolvidas na implantação do canteiro de obras estão relacionadas à limpeza de terreno e supressão de vegetação, como também a terraplenagem, escavação, construção de rede elétrica, e dentre outros. E a operação do canteiro de obras está interligada às atividades de suporte necessário ao pleno funcionamento das obras de construção.

3.2. Efluentes de canteiros de obras

Os efluentes líquidos normalmente gerados no canteiro de obras são os efluentes domésticos de escritórios, alojamento, dos refeitórios e demais instalações de apoio; e os efluentes industriais das oficinas, das instalações de manutenção, das instalações industriais de apoio e dos pátios de estocagem de materiais.

De acordo com Manual de Procedimentos para Implantação e Funcionamento de Canteiro de Obras, de Rousselet (1997), as redes de coleta de efluentes líquidos devem ser instaladas separadamente, uma para os efluentes domésticos e sanitários e outra para os industriais. Em nenhuma hipótese deverão ser interligados os sistemas de drenagem de águas pluviais e sistemas de esgotamento sanitário. Para óleos e graxas e outros produtos industriais, recomenda-se caixas de separação e acumulação e procedimentos de remoção adequados.

Nos primeiros cinco meses de obras, todo o efluente gerado deve ser transferido por transportadora licenciada para tratamento externo. E são instalados, inicialmente, banheiros químicos no canteiro de obras para que seja dado suporte à mão de obra atuante (C-PORT BRASIL, 2012). Após as instalações sanitárias de banheiros com vasos sanitários, os efluentes domésticos deverão ser tratados no próprio canteiro de obras através de uma estação de tratamento de efluentes líquidos (ETE) construída no local.

É importante ressaltar que não foram encontrados trabalhos científicos semelhantes ao presente estudo nos quais abordavam o monitoramento da qualidade de efluentes de estações de tratamento em canteiros de obras ou em construção civil. Como mencionado anteriormente, estes serviços são prestados por empresas de consultoria ambiental e, geralmente, os relatórios de resultados técnicos do monitoramento não são divulgados.

3.3. Caracterização da qualidade dos esgotos sanitários

O esgoto é o termo usado para a água eliminada após a utilização humana. Pode ter origem doméstica, industrial ou pluvial (água das chuvas). Quando é lançado na natureza sem o tratamento adequado, causa danos à saúde pública por meio de transmissão de doenças e afeta os recursos hídricos e a vida vegetal e animal ao poluir fontes, rios e mares.

Conforme as definições da NBR 9648/86 considera-se esgoto sanitário todo o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária; esgoto doméstico como despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas; e esgoto industrial, o despejo líquido resultante dos processos industriais (ABNT, 1986).

De acordo com Chernicharo (2007), os esgotos sanitários contêm, aproximadamente, 99,9% de água e a fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos.

Na Tabela 1, Von Sperling (2014) apresenta as características quantitativas físico-químicas típicas de esgotos sanitários predominantemente domésticos, usualmente utilizadas em estudos e projetos.

Tabela 1- Características quantitativas físico-químicas dos esgotos brutos sanitários

Parâmetro	Concentração		
	Unidade	Faixa	Típico
Sólidos Dissolvidos Fixos	mg/L	300 - 550	400
DBO ₅	mg/L	250 - 400	300
DQO	mg/L	450 - 800	600
pH	-	6,7 – 8.0	7,0

Fonte: Adaptado de VON SPERLING (2014)

Os Quadros 1, 2 e 3 apresentam as principais características físicas, químicas e biológicas dos esgotos domésticos.

Quadro 1 - Principais características físicas dos esgotos domésticos

Parâmetro	Descrição
Temperatura	Ligeiramente superior à da água de abastecimento. Variação conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar). Influência na atividade microbiana, na solubilidade dos gases, na velocidade das reações químicas e na viscosidade do líquido.
Cor	Esgoto fresco: ligeiramente cinza. Esgoto séptico: cinza escuro ou preto.
Odor	Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável. Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos da decomposição.
Turbidez	Causada por uma grande variedade de sólidos suspensos. Esgotos mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez.

Fonte: Adaptado de VON SPERLING (2014)

Quadro 2 - Principais características químicas dos esgotos domésticos

Parâmetro	Descrição
Sólidos Totais	<u>Em suspensão</u> : fração de sólidos orgânicos e inorgânicos que são retidos em filtros de papel de 0,45 a 2,0 μm . <u>Dissolvidos</u> : fração de sólidos orgânicos e inorgânicos que não são retidos em filtros de papel de 0,45 a 2,0 μm . Sendo os sólidos fixos os componentes minerais e os voláteis, os orgânicos. <u>Sedimentáveis</u> : fração de sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone Imhoff.
Matéria orgânica	<u>DBO₅</u> : fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. <u>DQO</u> : representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea.
pH	Indicador das características ácidas ou básicas do esgoto. Uma solução é neutra em pH 7. Os processos de oxidação biológica normalmente tendem reduzir o pH.

Fonte: Adaptado de VON SPERLING (2014)

Quadro 3 - Principais características biológicas dos esgotos domésticos

Parâmetro	Descrição
Organismos patogênicos	Os principais organismos encontrados nos esgotos são as bactérias, os vírus, os protozoários e os helmintos. Deste grupo, as bactérias são as mais importantes, pois são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza como nas estações de tratamento.
Indicadores de contaminação fecal	Para indicar a poluição de origem humana adotam-se como indicadores os organismos do grupo coliforme. As bactérias coliformes são típicas do intestino do homem e de outros animais (mamíferos) e por estarem presentes nas fezes humanas e de simples determinação, estes microrganismos são adotados como referência para indicar e medir a grandeza da poluição.

FONTE: Adaptado de VON SPERLING (2014)

3.4. Sistemas de Tratamento de Esgotos

3.4.1. Reatores anaeróbios seguidos de Lodos Ativados

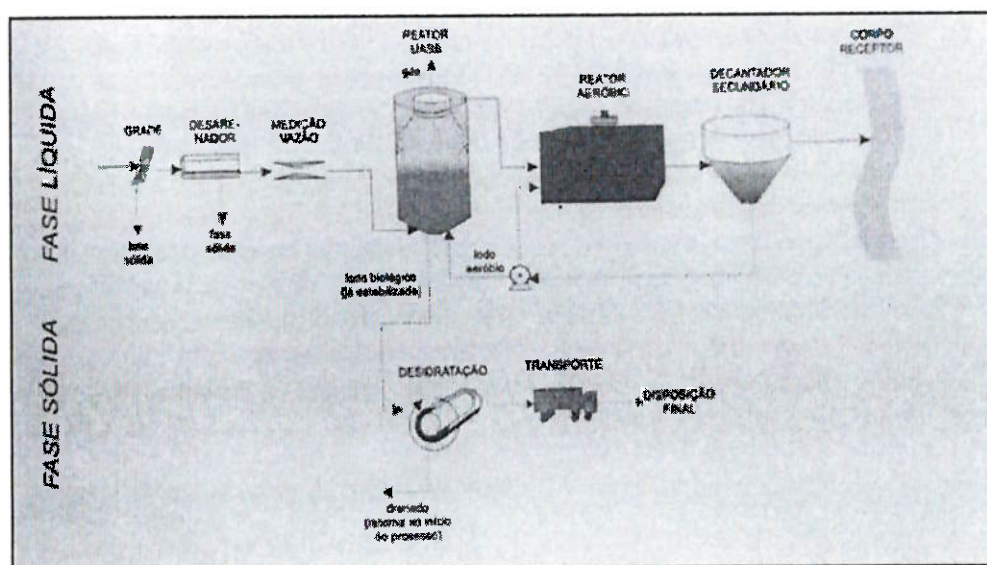
Até o presente, a maior aplicação do sistema de lodos ativados tem se dado como etapa única para o tratamento de efluentes. Mais recentemente, a opção de utilização do sistema de lodos ativados como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios passou a ser pesquisada e utilizada, em função de inúmeras vantagens, principalmente associadas ao menor consumo de energia elétrica e à menor produção de lodo, mantendo-se qualidade do efluente comparável ao de um sistema de lodos ativados clássico (VON SPERLING et al., 2001).

Neste caso, ao invés de se utilizar o decantador primário, adensador e digestor de lodo, tem-se o reator anaeróbio. O lodo aeróbio excedente gerado nos lodos ativados, ainda não estabilizado, é enviado ao reator anaeróbio, onde sofre adensamento e digestão, juntamente

com o lodo anaeróbico. Como esta vazão de retorno do lodo aeróbico excedente é bem baixa, comparada com a vazão afluyente, não há distúrbios operacionais introduzidos no reator anaeróbico. O tratamento do lodo é bastante simplificado havendo apenas a etapa de desidratação (VON SPERLING, 2012).

A FIGURA 1 apresenta o fluxograma desta configuração no caso de fluxo contínuo, utilizando como reator anaeróbico o UASB (Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente).

FIGURA 1 - Fluxograma de um sistema composto por reator UASB seguido por lodos ativados



Fonte: VON SPERLING, 2014.

De acordo com Chernicharo (2007), o reator anaeróbico é a etapa inicial onde ocorre o recebimento do esgoto bruto, ou seja, onde se inicia o processo de tratamento, sua principal função é digerir a matéria orgânica presente no esgoto. Nesta fase, o reator funcionará também como um decantador primário, retendo grande parte dos sólidos não digeríveis pelos microrganismos. Esses organismos presentes no reator degradam a matéria orgânica sem a presença de oxigênio molecular (O_2). Como resultado da atividade anaeróbica, são formados gases, principalmente metano e gás carbônico (biogás).

Os microrganismos do sistema oxidam o restante da matéria orgânica proveniente da primeira fase, com o uso de oxigênio molecular, no reator aeróbico. A microfauna existente é composta por protozoários, leveduras, fungos, micrometazoários e principalmente por bactérias. Nessa divisão do tanque existem aeradores que são responsáveis pela formação de

micro bolhas de ar que percorrem um conjunto de placas em polietileno, responsáveis pela fixação das colônias de microrganismos (VON SPERLING, 2012).

Na fase da decantação secundária, propicia-se a sedimentação das colônias de microrganismos (lodo ativado) que se desprendem das placas de suporte devido ao processo de aeração. Após a decantação este lodo é retornado para o início do processo de tratamento para que se mantenha a concentração de microrganismos no sistema. Na última fase do tratamento, o efluente tratado verte em uma calha e segue para o processo de desinfecção por cloração. A desinfecção, ocorrida em um tanque de contato, visa reduzir os microrganismos que estão sendo descartados do sistema de tratamento por meio da utilização de cloradores contendo pastilhas de hipoclorito de cálcio (MIZUMO, 2014).

No sistema reator UASB - lodos ativados, a idade do lodo é usualmente da ordem de 6 a 10 dias, a relação alimento e microrganismos (A/M) na faixa de 0,25 a 0,40 kg DBO/kg SSVTA.dia, e o tempo de detenção hidráulica no reator, da ordem de 3 a 5 horas. A experiência operacional com os novos sistemas considerando a integração de reatores UASB e processos de lodos ativados, seja na configuração contínua, seja na intermitente, permitirá um constante avanço no conhecimento dos critérios e parâmetros de projeto a serem empregados (VON SPERLING, 2012).

De acordo com Freire et al. (2000), o processo de lodos ativados, como pós-tratamento de reatores anaeróbios, tem sido uma tecnologia bastante utilizada para o tratamento de esgotos domésticos e industriais, apresentando elevada eficiência de tratamento, maior flexibilidade e simplicidade operacional, menor número de unidades diferentes a serem implantadas, uma redução no consumo de produtos químicos da desidratação em função da menor produção de lodo e entre outras vantagens em relação à concepção tradicional do sistema de lodos ativados convencional.

Em contrapartida, conforme Von Sperling (2014), o sistema apresenta uma desvantagem como a menor capacitação para remoção biológica de nutrientes (nitrogênio e fósforo). O volume total das unidades é similar ou um pouco inferior ao volume total das unidades do sistema de lodos ativados convencional e a eficiência do sistema na remoção dos principais poluentes (com exceção de N e P) é similar à do sistema de lodos ativados convencional.

Com a finalidade de promover um equilíbrio entre as vantagens e desvantagens dos sistemas aeróbios e anaeróbios, pesquisas acadêmicas caminham no sentido de combinar estes

processos, em especial uma primeira etapa anaeróbia seguida de um pós-tratamento aeróbio. Esta configuração de tratamento mostra-se como uma alternativa econômica, ainda pouco estudada a nível mundial.

Algumas destas pesquisas já foram realizadas, como as de Coletti et al. (1997) que estudaram em escala de laboratório o processo de lodos ativados como pós-tratamento de um reator anaeróbio compartimentado que recebia esgoto sanitário, com o objetivo de determinar constantes cinéticas do processo. O sistema de lodos ativados promoveu remoção de DBO em torno de 95 %, de DQO em 88 % e de SST em 98 %.

Freire et al. (2000) estudou os resultados do monitoramento de uma planta de lodos ativados, alimentada por efluentes de esgotos sanitários provenientes de um reator UASB. As unidades componentes do processo também foram em escala piloto. Os parâmetros analisados foram: DQO, SST, SSV, NTK, Nitrogênio Amoniacal, Temperatura e pH. O sistema apresentou boa remoção de DQO total, variando de 68 a 85 % para o reator UASB, 23 a 56 % para o sistema de lodos ativados, e de 85 a 93 % para o sistema conjugado. Ocorreu também reduzida concentração de sólidos e amônia no efluente final, demonstrando a viabilidade técnica do sistema conjugado UASB - lodos ativados.

3.4.2. Fatores ambientais que interferem no tratamento de efluentes domésticos

No Quadro 4 são apresentados, de forma sintética, os parâmetros ambientais que influenciam no tratamento de efluentes domésticos.

As informações apresentadas no Quadro 4 foram baseadas nas referências de Aranã et al. (2001), Wetzel (2001), De Carvalho (2012), CETESB (2014) e Von Sperling (2014).

Quadro 4 - Fatores ambientais que interferem no tratamento de efluentes domésticos

Parâmetro	Implicações recorrentes
Temperatura	Elevações de temperatura aumentam a taxa de reações físicas, químicas e biológicas; diminuem a solubilidade dos gases, como o oxigênio dissolvido; e aumentam a taxa de transferência de gases, o que pode gerar mau cheiro, no caso de liberação de gases de odores desagradáveis. A temperatura deve proporcionar condições para as reações bioquímicas de remoção dos poluentes.
pH	Valores de pH afastados da neutralidade tendem a afetar as taxas de crescimento dos microrganismos. A variação de pH influencia o equilíbrio dos compostos químicos.
DBO ₅ e DQO	A matéria orgânica é causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Altos valores de DBO e DQO implicam em águas com altas taxas de material orgânico.
Sólidos Dissolvidos	É um parâmetro de determinação da qualidade da água que avalia o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Os sólidos em suspensão e os sólidos dissolvidos são os responsáveis pela quase totalidade dos sólidos totais. Altos teores de sólidos suspensos no efluente provocam em altas concentrações de DBO.
Fenóis Totais	Componente orgânico em menor quantidade presente na matéria orgânica por despejos industriais e em alimentos, dejetos humanos e animais. Esses compostos podem ocorrer em formas tóxicas, carcinogênicas e mutagênicas para organismos aquáticos e mesmo em baixas concentrações podem interferir no gosto e odor de águas para abastecimento humano.
Detergentes (MBAS)	Micropoluentes orgânicos não biodegradáveis. Em determinadas concentrações, estes compostos são tóxicos para os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. As descargas indiscriminadas de detergentes nos efluentes levam à formação de espumas, que em altas concentrações dificultam os processos de tratamento dos efluentes.

3.4.3. Remoção de nutrientes em reatores anaeróbios seguidos de Lodos Ativados

Devido às variações na composição dos esgotos que chegam às estações de tratamento de esgoto (ETE) são causados grandes transtornos operacionais. Portanto, um programa de monitoramento pode auxiliar para que o sistema de tratamento dos esgotos atinja seu máximo de eficiência na adoção de parâmetros que possibilitem averiguar as características dos esgotos encaminhados à ETE, o que pode orientar na escolha de estratégias operacionais eficazes.

Assim, identificar os microrganismos responsáveis pelos processos metabólicos envolvidos na degradação de matéria carbonácea e de nitrificação, possibilita antecipar quais parâmetros devem ser controlados. (SILVA et al., 2005).

De acordo com Van Haandel et al. (2009), o lançamento de grandes quantidades de nutrientes, presentes no esgoto bruto e tratado, em águas de superfície ou águas subterrâneas leva a uma deterioração crescente dos recursos hídricos através da aceleração de eutrofização pelas atividades humanas. Dessa forma, em sistemas de tratamento de efluentes, a remoção biológica de nitrogênio se dá pelos processos sequenciais de nitrificação e desnitrificação.

Na nitrificação, as bactérias autotróficas mediam a oxidação de amônia para nitrito e, principalmente, à nitrato. Este processo apenas é possível ser realizado em ambiente aeróbio, uma vez que requer a presença de oxigênio dissolvido. E na desnitrificação, o nitrato ou o nitrito são reduzidos para nitrogênio molecular através da ação das bactérias heterotróficas, sendo o material orgânico como redutor no processo. Consequentemente, o resultado das ações sequenciais de nitrificação e desnitrificação é a conversão de nitrogênio amoniacal em nitrogênio molecular, que se desprende como gás da fase líquida (VON SPERLING, 2012).

Uma dificuldade adicional é introduzida quando se deseja também a remoção biológica de fósforo. Para isso, é necessário que se mantenha uma parte do lodo em um ambiente anaeróbio. Esta fração do lodo não serve nem para nitrificação nem para desnitrificação. Deste modo, a remoção de fósforo necessariamente reduz a capacidade de remoção de nitrogênio de um sistema de lodo ativado (VAN HAANDEL et al., 2009).

De mesmo modo, Von Sperling (2012) afirmou que lodos ativados como pós-tratamento de efluentes anaeróbios não são particularmente eficientes na remoção de nitrogênio, pelo fato de haver pouca disponibilidade de matéria orgânica para os organismos que realizam a desnitrificação, uma vez que grande parte da matéria orgânica foi previamente

removida no reator anaeróbio. Segundo o autor, uma forma de se fornecer matéria orgânica para o sistema de lodos ativados é através de um “by-pass” parcial ao reator anaeróbio, fornecendo esgoto bruto para a zona anóxica no tanque de aeração.

3.5. Monitoramento Ambiental em canteiros de obras

O monitoramento das características dos esgotos deve basear-se em um conjunto de ações que tenha por objetivo avaliar a eficiência do sistema de tratamento de efluentes. Dessa forma, o monitoramento ambiental é um processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, dirigido a alguns indicadores e parâmetros, com a finalidade de identificar e avaliar, qualitativa e quantitativamente, se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, podendo ser dimensionada sua magnitude e avaliada a eficiência de eventuais medidas preventivas adotadas da região estudada (AGEITEC, 2014).

Um dos objetivos do monitoramento ambiental é avaliar a qualidade das águas destinadas, por exemplo, ao consumo, dos corpos hídricos receptores e dos efluentes líquidos das regiões estudadas. Para isso são necessárias etapas de avaliação da qualidade, como a definição dos objetivos da amostragem; a seleção dos parâmetros e dos locais de coleta; a fixação do número de amostras e da frequência da amostragem; a seleção dos métodos analíticos; a seleção dos métodos de coleta e de preservação das amostras e a aplicação de métodos de controle de qualidade dos dados obtidos.

De acordo com Administração Estadual de Meio Ambiente (ADEMA, 2014) os indicadores de qualidade da água podem ser agrupados de modo a caracterizar os diversos tipos de fontes poluidoras:

- Poluição geral (potencial hidrogeniônico - pH, temperatura e turbidez);
- Poluição orgânica (demanda bioquímica de oxigênio - DBO, demanda química de oxigênio - DQO, cloretos, fenóis e oxigênio dissolvido - OD);

- Poluição inorgânica (metais, praguicidas, outras substâncias tóxicas e testes de toxicidade); e
- Contaminação bacteriana (coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli*).

Conforme DNIT (2009), nos canteiros de obras onde há locais de manuseio ou transporte de combustíveis ou produtos perigosos, inflamáveis ou corrosivos podem ocorrer acidentes ou vazamentos, carreando estes insumos das áreas de estocagem pela ação da chuva, o que potencializa a contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Dessa forma, devido à geração de resíduos e efluentes líquidos contaminantes, é necessário o monitoramento dos principais elementos passíveis de impactos negativos nestes locais que são os cloretos, fenóis, óleos e graxas e dentre outros, através de um sistema de tratamento de esgoto.

Alem disso, no trabalho de C-Port Brasil (2012), foi relatado que para a implantação de um canteiro de obras e pintura das edificações são consumidos tintas e solventes constituídos por compostos fenólicos, cujas embalagens também são resíduos perigosos e requerem atenção especial durante o seu gerenciamento. E de acordo com Bertoldo (2012), entende-se que os resíduos gerados da construção civil são geralmente originados das perdas físicas nos canteiros de obras. Sendo que nos resíduos de demolição podem ter em sua composição várias substâncias tóxicas, como fenóis, sulfatos e metais pesados.

Portanto, nota-se a necessidade de monitorar parâmetros como fenóis, sólidos suspensos, óleos e graxas em efluentes gerados em canteiros de obras, através da implantação de Estação de Tratamento de Esgoto, de acordo com os padrões exigidos de qualidade destas águas.

Em um monitoramento realizado no canteiro de obras da Base de Apoio *Offshore* em 2012, o sistema de tratamento de esgoto com um reator biológico de lodos ativados, visa a remoção de 90% de matéria orgânica e obter efluente após o tratamento isento de contaminantes (óleos e graxas, fenóis, e outros) prejudiciais à saúde e livre de componentes nocivos ao meio ambiente, podendo assim ser lançado ao mar (C-PORT BRASIL, 2012).

Entretanto, vale destacar que neste trabalho não foram divulgados os resultados obtidos do estudo de monitoramento da qualidade de efluentes do canteiro de obras da Base de Apoio *Offshore*, apenas os valores pretendidos com a implantação da estação de tratamento.

4 METODOLOGIA

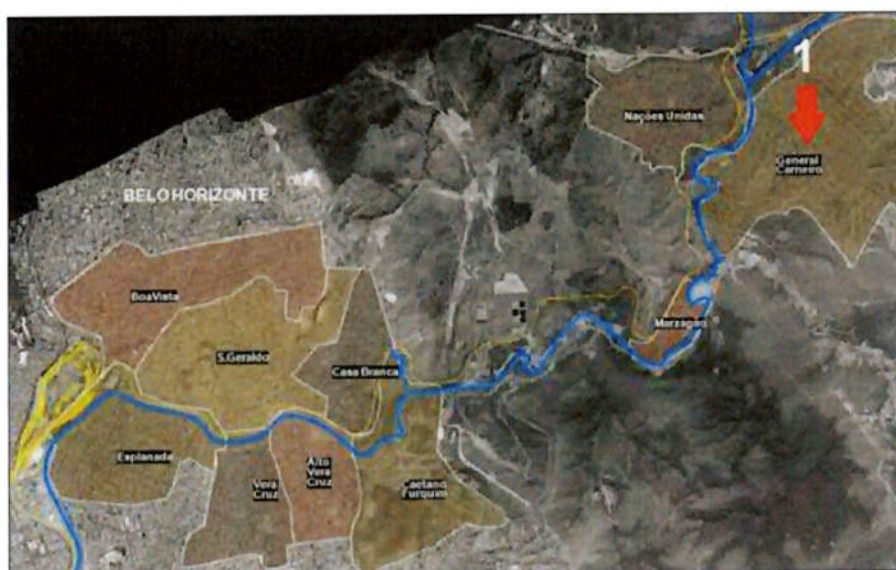
4.1.Caracterização da área de estudo

O município de Sabará está localizado na região metropolitana de Belo Horizonte, com população estimada, em 2013, de 132.636 habitantes (IBGE, 2010). O bairro General Carneiro pertence ao distrito Carvalho de Brito localizado no município de Sabará.

Sabará possui paisagem montanhosa com fortes rupturas de declive e vales encaixados e está localizado na bacia do Rio das Velhas. O clima típico da região é o tropical de altitude com verões quentes, onde predomina chuvas nos meses de Outubro a Abril, com totais pluviométricos variando em torno de 1.500 mm anuais. A temperatura média anual é de cerca de 21°C. A média das máximas fica em torno de 27°C e a das mínimas de 16°C. A média da umidade relativa do ar é de 72,2% (O PORTAL DE SABARÁ, 2014).

A FIGURA 2 mostra o traçado da ferrovia e a localização da área operacional (1) onde está instalada a estação de tratamento de esgoto para atender o canteiro de obras do município de Sabará, no estado de Minas Gerais.

FIGURA 2 – Região onde está instalada a ETE.



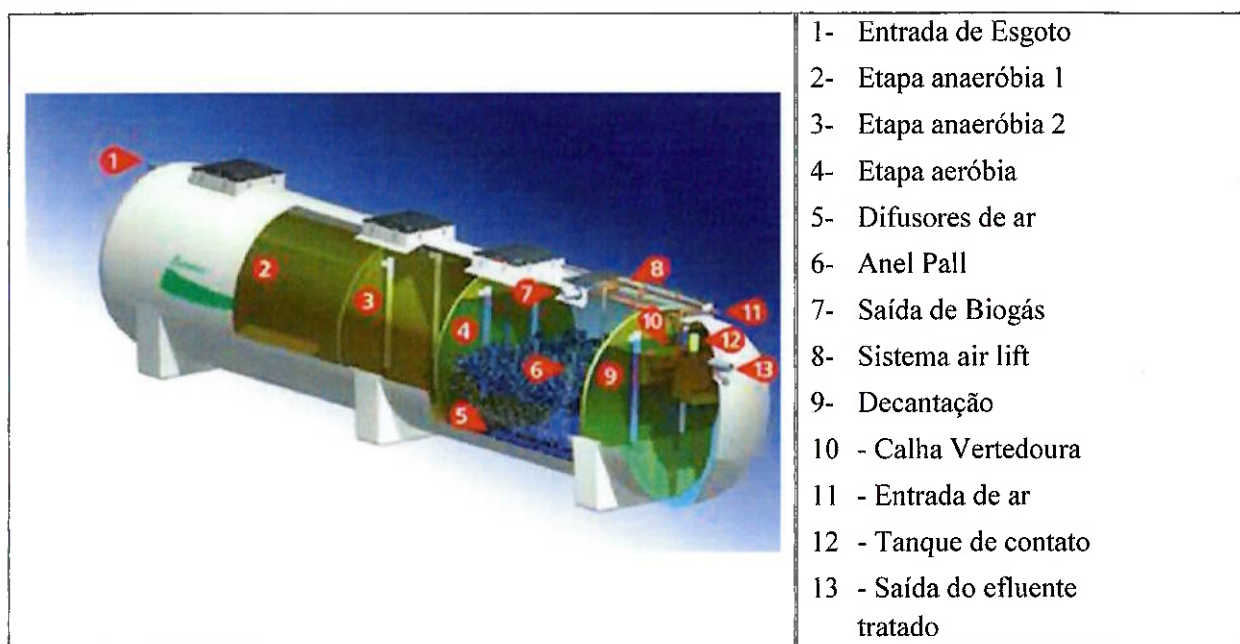
Fonte: Adaptado de FCA, 2014.

4.2.Descrição do sistema de tratamento

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) instalada no canteiro de obras de General Carneiro foi concebida para conferir alto grau de depuração aos efluentes processados, tendo em vista que, após o tratamento, eles deverão atender aos padrões previstos de lançamento na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008– Capítulo V: “Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes”.

O modelo implantado foi o MIZUMO BUSINESS, com operação automatizada e capacidade de tratamento de 3,0 m³/dia a 8,0 m³/dia (FIGURA 3).

FIGURA 3 – Modelo de ETE instalada no canteiro de obras de General Carneiro



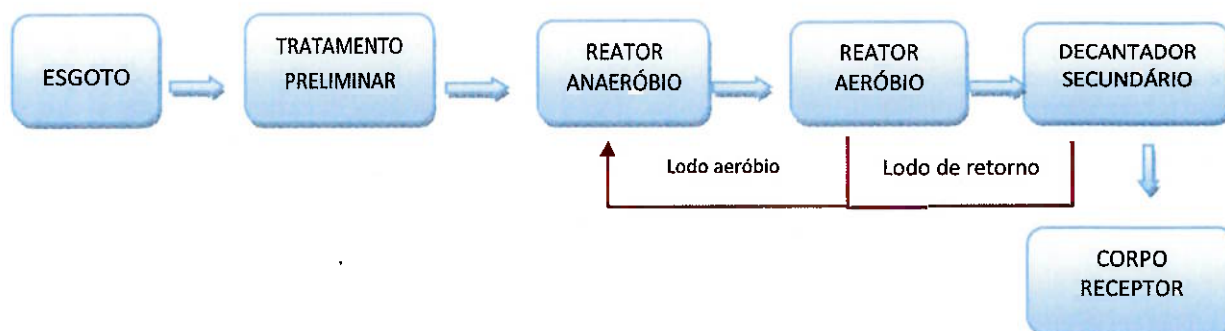
Fonte: MIZUMO, 2014.

O processo utilizado no tratamento de esgoto se caracteriza pelo uso de lodos ativados em um processo modificado. Nestes sistemas os microrganismos anaeróbios e aeróbios que compõe o lodo são responsáveis pela biodegradação da carga orgânica solúvel no efluente.

A estação de tratamento MIZUMO BUSINESS possui um tanque de 2 metros e sua estrutura principal é constituída de fibra de vidro com resinas orto e isoftálicas e elementos em PVC, aço inox e ferro fundido, o que confere resistência e proteção química à corrosão do

esgoto sanitário. A área necessária para a implantação da estação varia entre 23,0 m² e 38,0 m². Neste sistema o tratamento ocorre em quatro etapas que podem ser visualizadas na FIGURA 4.

FIGURA 4 – Desenho esquemático do canteiro de obras de General Carneiro para tratamento de efluentes na Estação de Tratamento de Esgoto



Cada uma das etapas, enumeradas conforme a FIGURA 3, que compõe o tratamento é descrita a seguir:

- **Primeira fase (Anaeróbia):** O reator anaeróbio é a etapa inicial onde ocorre o recebimento do esgoto bruto (etapa 1). Como resultado da atividade anaeróbia (etapas 2 e 3), são formados gases, principalmente metano e gás carbônico (biogás – etapa 7).
- **Segunda fase (Aeróbia):** Nessa divisão do tanque (etapa 4) existem aeradores (difusores de ar – etapa 5) que são responsáveis pela formação de micro bolhas de ar. Com objetivo de proporcionar uma melhor distribuição de ar na massa líquida, aumentando a superfície de contato e aderência de microorganismos, nesta fase foi instalado o Anel Pall (etapa 6).
- **Terceira fase (Decantação Secundária):** Nessa fase propicia-se a sedimentação (etapa 9) das colônias de microorganismos (lodo ativado) que se desprendem das placas de suporte devido ao processo de aeração (etapa 11). O lodo depositado no decantador é removido através do sistema de *air lift* (etapa 8).
- **Quarta fase (Desinfecção):** Na última fase do tratamento, o efluente tratado verte em uma calha (etapa 10) e segue para o processo de desinfecção por hipoclorito de cálcio em um tanque de contato (etapa 12). A etapa 13 corresponde à saída do efluente tratado, o qual é lançado no Rio das Velhas.

Segundo recomendações do fabricante da estação, o lodo excedente deve ser descartado para que o sistema se mantenha em equilíbrio, onde a produção de biomassa deve ser contrabalançada pelo descarte de uma quantidade equivalente (massa por unidade de tempo). Assim, a concentração de sólidos transferida para o decantador secundário não sobrecarrega o sistema, permitindo a transferência dos sólidos para o fundo do mesmo, mantendo, portanto, a qualidade do efluente tratado (MIZUNO, 2014).

Na ETE do canteiro de obras de General Carneiro, em Sabará-MG, o lodo excedente era removido diretamente do reator anaeróbio e decantador, por uma empresa especializada. O serviço de sucção e bombeamento do material era realizado com auxílio de veículo específico equipado com bomba de alta pressão. A disposição final do material era realizado em consonância com as normas da vigilância sanitária. Em casos de saturação de colônias no reator aeróbio, a empresa responsável pela manutenção, recomenda a execução da retrolavagem do sistema, já que a sua ação promove o deslocamento das colônias de microrganismos do reator aeróbio, melhorando dessa forma a eficiência do sistema.

A verificação do volume de sólidos no reator anaeróbio deve ser feita periodicamente para evitar o acúmulo e posterior arraste para o final do tratamento. Portanto, a manutenção de limpeza (quinzenal ou mensal) é feita no gradeamento e nas caixas de gorduras, que são os grandes causadores de entupimento e mau cheiro de todo sistema Mizumo. Na etapa aeróbia, deve ser verificada a formação de espuma, no caso de presença das mesmas, utiliza-se agente anti espumante a fim de neutralizar o processo. E para a manutenção da fase de decantação, recomenda-se a limpeza quinzenal da calha vertedoura somente com água e a verificação do retorno adequado do lodo ao reator anaeróbio.

Na estação de tratamento de esgoto, instalada no canteiro de obras de General Carneiro, em Sabará-MG, o biogás produzido na etapa 7 (FIGURA 3) era encaminhado para um filtro de biogás (FIGURA 5), fabricado em tanques de PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro), o que confere resistência e alta proteção química à corrosão, e utilizam carvão ativado como meio filtrante. Após a passagem pelo sistema de filtragem, o biogás gerado na estação Mizumo era canalizado para o descarte no ponto mais alto do empreendimento (MIZUMO, 2014).

FIGURA 5 – Filtro de biogás instalado na ETE do canteiro de obras de General Carneiro, em Sabará – MG



Fonte: Arquivo pessoal

O tratamento do modelo MIZUMO BUSINESS objetiva o alcance de uma eficiência de remoção acima de 90% de DBO e DQO, eliminação de organismos patogênicos, remoção de até 50% de nitrogênio e fósforo, e geração de um efluente com baixa turbidez e ausência de odor.

4.3. Origem dos efluentes líquidos da ETE MIZUMO BUSINESS

Os efluentes líquidos, de origem doméstica, que entram na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em estudo são provenientes exclusivamente do canteiro de obras de General Carneiro, onde trabalham aproximadamente 80 colaboradores. A vazão atendida pela ETE é variável, depende das atividades diárias do canteiro de obras.

O projeto de obras no bairro General Carneiro contempla investimentos em infraestrutura urbana que beneficiarão mais de 250 mil moradores dos 10 bairros (Horto, Esplanada, Boa Vista, São Geraldo, Alto Vera Cruz, Caetano Furquim, Casa Branca, Marzagão, Nações Unidas e General Carneiro) que estão localizados na região por meio da instalação de passarelas e viadutos, pavimentação de ruas e a construção de áreas verdes e de lazer (FCA, 2014).

O canteiro de obras de General Carneiro, em Sabará-MG, era dotado de área de vivência conforme a NBR 12284/91 (administração, portaria, refeitório, vestiário e banheiros, alojamentos e dentre outros) e sistemas especiais (Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), central de resíduos e outros).

Os efluentes domésticos eram tratados no próprio canteiro de obras e direcionados para uma estação de tratamento de efluentes líquidos (ETE MIZUMO BUSINESS) do tipo reator anaeróbio seguido por lodos ativados. Os efluentes tratados são lançados no Rio das Velhas.

Com relação aos efluentes industriais das oficinas, das instalações de manutenção, das instalações industriais de apoio e dos pátios de estocagem de materiais, estes passam por uma caixa sedimentadora de areia e caixa retentora de óleos. O efluente desta última caixa é encaminhado para um filtro de areia, por gravidade, antes de sua remoção para a disposição final fora da abrangência do canteiro.

E os resíduos oleosos retidos na caixa separadora e os demais óleos e materiais derivados de petróleo, retirados dos veículos e equipamentos, são removidos e armazenados em tanque apropriado para posterior reciclagem em indústrias especializadas.

A armazenagem desses resíduos é feita em local com piso impermeável e dotado de sistema retentor de óleo para evitar os riscos de contaminação de águas e de solos nas áreas próximas.

Entretanto, devido provavelmente à lavagem de mãos e equipamentos sujos de tintas e solventes nos tanques externos instalados nos banheiros e também pelo banho dos operários nos vestiários, ao final do expediente, para retirada dos produtos como cimento e tintas do corpo, foram encontradas concentrações, mesmo que reduzidas, de fenóis totais nos efluentes tratados da ETE de General Carneiro, em Sabará-MG.

4.4. Parâmetros analisados

Os parâmetros físico-químicos, definidos para o monitoramento da qualidade dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do canteiro de obras do bairro de General Carneiro, estão relacionados a seguir:

- Temperatura (°C);
- Potencial Hidrogeniônico (pH);
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/L);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/L);
- Sólidos Dissolvidos (mg/L);
- Fenóis Totais (mg/L);
- Detergentes (MBAS) (mg/L);

A escolha dos indicadores foi determinada conforme os objetivos do monitoramento, o que será monitorado e as informações que se pretende obter, como também de acordo com padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente.

Conforme a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/08 que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água superficiais, os principais parâmetros a serem monitorados em uma Estação de Tratamento de Esgoto são temperatura, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fenóis totais e detergentes (MBAS). Sendo assim, através destes parâmetros pode-se avaliar se a ETE alcançará a eficiência esperada pelo tratamento e atenderá aos limites preconizados pela legislação.

4.5. Coleta e análise de amostras

Todos os procedimentos de coleta seguiram as normas da ABNT NBR 9897 (Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores) e NBR 9898 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores).

Os pontos de monitoramento dos efluentes líquidos corresponderam aos pontos de entrada e saída do sistema de tratamento de efluentes do canteiro de obras de General Carneiro (FIGURA 6), que foram realizados mensalmente.

FIGURA 6 – Entrada e Saída da Estação de Tratamento de Esgoto do canteiro de obras de General Carneiro, Sabará – MG



Fonte: Arquivo pessoal

Dessa forma, para o monitoramento ambiental da Estação de Tratamento de Esgoto do canteiro de obras de General Carneiro em Sabará – MG foi necessária uma amostra por ponto analisado dividida em três frascos, com frequência de amostragem mensal. A cada campanha realizada por mês, obteve-se uma coleta (amostragem simples) e uma análise por ponto monitorado (entrada e saída).

No canteiro de obras de General Carneiro, a coleta, armazenamento e transporte das amostras foram realizados por profissionais devidamente treinados e qualificados para essa atividade.

Após a coleta do efluente, as amostras permaneceram acondicionadas em frascos, mantidos em caixas isotérmicas com gelo, devidamente lacradas e identificadas para transporte ao laboratório, utilizando equipamentos com certificados de calibração e reagentes com certificados de rastreabilidade devidamente atualizados. Estas técnicas se restringem apenas a retardar a ação biológica e a hidrólise de compostos químicos complexos, bem como a reduzir a volatilidade dos constituintes.

As análises físico-químicas foram feitas em laboratório certificado pelo INMETRO ISO 17025:2005 e credenciado junto à Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), de acordo com os métodos padronizados por APHA, 2012.

No canteiro de obras de General Carneiro, os parâmetros pH e temperatura dos efluentes foram medidos *in situ*, a partir de peagâmetro e termômetro digital, respectivamente. E os demais parâmetros foram coletados utilizando frascos, reagentes e equipamentos adequados, de acordo com as metodologias descritas na Tabela 2 do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22th Ed." (APHA, 2012).

Tabela 2 - Metodologias utilizadas para os parâmetros analisados

PARÂMETRO	METODOLOGIA	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	SMEWW 5210B	Análise de DBO de 5 dias
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	SMEWW 5220B	Método do refluxo aberto
Sólidos Dissolvidos	SMEWW 2540C	Sólidos dissolvidos totais seco a 180°C
Fenóis Totais	SMEWW 5530C	Método com extração com clorofórmio
Detergentes (MBAS)	SMEWW 5540C	Surfactantes aniônicos como MBAS

LEGENDA: SMEWW = Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

4.6. Análise dos resultados obtidos

Os resultados das amostragens realizadas para o monitoramento de efluentes líquidos foram fornecidos por uma empresa secundária de consultoria ambiental para realização deste presente estudo.

As coletas nos pontos monitorados foram realizadas entre o período de seca e o início do período chuvoso, de abril a outubro de 2014, e são apresentados os resultados obtidos a seguir através de métodos gráficos para descrição de dados.

Para análises dos resultados encontrados na ETE de General Carneiro, optou-se pelos gráficos de série temporal, que são utilizados para avaliar dados que foram registrados ao longo de uma sequência de tempo, com variável tempo no eixo X e os valores da variável em estudo no eixo Y, bem como também os gráficos Box Splot, usados para permitir uma visualização da tendência central e da variabilidade dos dados de uma amostra.

A estimativa da eficiência de remoção dos constituintes Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) foram realizados conforme a Equação 1:

$$E_f = 100 \left(1 - \frac{C_J}{C_M} \right) \quad (\text{Eq.1})$$

Em que:

E_f - eficiência de remoção da característica analisada do efluente (%);

C_J - concentração da característica coletada à jusante da unidade de tratamento (mg L^{-1});

C_M - concentração da característica coletada à montante da unidade de tratamento (mg L^{-1}).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Análise dos efluentes da ETE no canteiro de obras de General Carneiro

Os valores encontrados das análises do monitoramento de efluentes líquidos foram avaliados considerando as diretrizes da DNC COPAM/CERH nº 01/08 e da Resolução CONAMA nº 430, 13 de maio de 2011.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados registrados do monitoramento das análises físico-químicas dos efluentes da ETE do canteiro de obras do bairro de General Carneiro, em Sabará-MG, entre o período de abril a outubro de 2014.

Tabela 3- Resultados do monitoramento das análises físico-químicas dos efluentes da ETE do canteiro de obras de General Carneiro -Sabará – MG (abril a outubro de 2014)

Parâmetro	Unidade	MESES/2014															
		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro			
		EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET
Temperatura	°C	24,1	24,6	23,2	22,9	20,4	20,4	20,9	20,1	22,4	25,2	26,8	28,8	22,8	24,1		
pH	-	7,33	7,45	7,73	6,70	7,17	6,52	7,42	7,17	6,80	5,28	7,01	5,70	7,32	7,01		
DBO ₅	mg/L	185	2	154	4	90	2	423	3	265	109	296	4	426	2		
DQO	mg/L	437	10	214	89	283	128	1056	13	619	315	670	17	882	10		
Fenóis Totais	mg/L	0,126	0,004	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,180	0,001		
Sólidos Dissolvidos	mg/L	169	133	179	224	171	150	546	110	339	207	221	130	298	227		
Detergentes (MMBAS)	mg/L	0,3	<0,1	1,0	<0,1	<0,1	0,9	0,7	0,2	0,9	0,4	0,2	0,1	0,3	<0,1		

Legendas: EB = Efluente Bruto; ET = Efluente Tratado

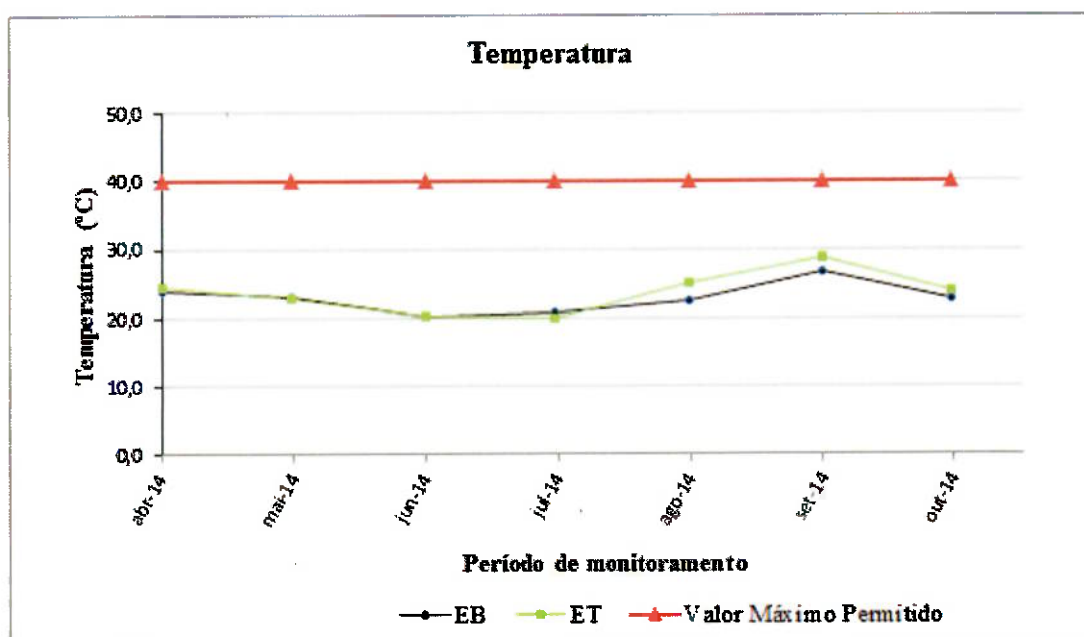
5.1.1. Temperatura

A DNC COPAM/CERH nº 01/08 preconiza que o limite máximo de temperatura seja igual a 40 °C para o lançamento de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários.

A temperatura do efluente na entrada da ETE variou de 20,4 a 26,8 °C nos meses de junho e setembro, respectivamente. E o efluente após o tratamento registrou valores deste parâmetro entre 20,1 °C no mês de julho e 28,8 °C na coleta realizada em setembro de 2014, como mostrado na FIGURA 7. A média das temperaturas encontrada foi de 22,9 °C para o efluente bruto e 23,7 °C para o efluente tratado, com desvio padrão amostral de $\pm 2,1$ e $\pm 3,0$ °C, respectivamente.

Notam-se que os resultados obtidos na ETE MIZUMO BUSINESS estavam condizentes com os valores encontrados por Freire et al. (2000), os quais registraram temperaturas entre 26 e 28 °C nos efluentes bruto e tratado, respectivamente, no sistema de tratamento UASB com lodos ativados e também por De Mello (2007), o qual afirma que a faixa ideal para atividade biológica está contida entre 25 e 35 °C.

FIGURA 7 - Resultados de temperatura medidos na entrada e na saída da ETE



Legendas: EB = Efluente Bruto; ET = Efluente Tratado

Através das análises físico-químicas, foi observado um aumento de temperatura nas amostras coletadas de efluentes na ETE MIZUMO BUSINESS, em setembro de 2014, de 26,8 a 28,8 °C no sentido entrada-saída, entretanto, não foram evidenciados o que ocasionou este resultado.

Pela análise da Tabela 3 e da FIGURA 7 nota-se que os resultados da temperatura dos efluentes brutos e tratados foram semelhantes entre si, no período monitorado. Isso demonstra que o tratamento possivelmente não tem influência significativa sobre a temperatura dos efluentes.

5.1.2. Potencial Hidrogeniônico (pH)

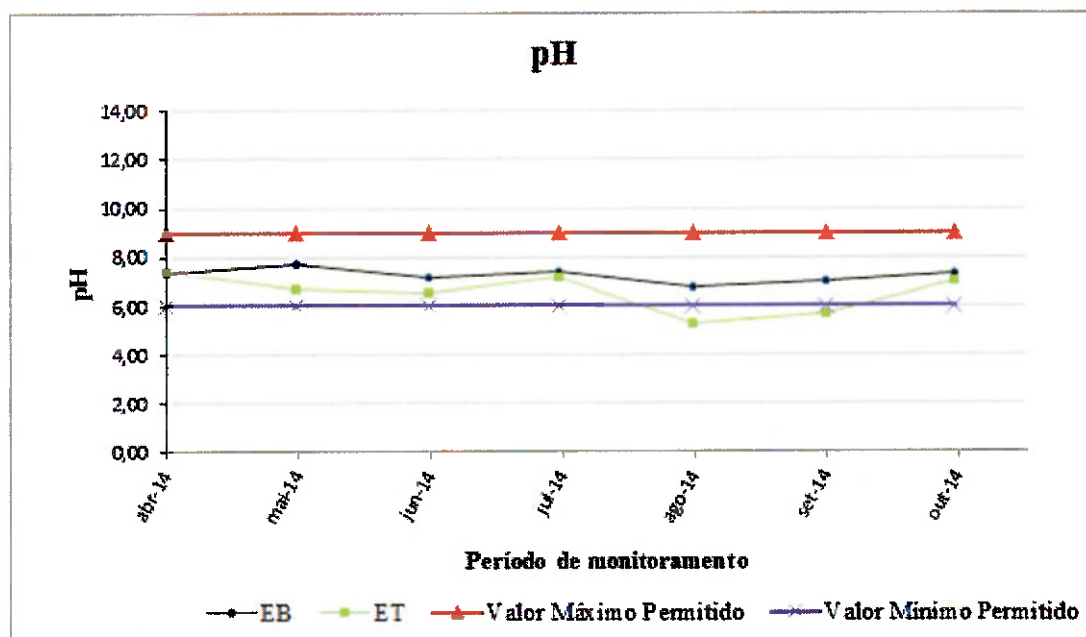
A análise de pH apresentou resultados próximos à neutralidade em ambos pontos monitorados na ETE do canteiro de obras de General Carneiro, para os meses de abril a outubro de 2014.

Os valores de pH oscilaram entre 6,80 e 7,73 na entrada e entre 5,28 a 7,45 na saída da Estação de Tratamento de Esgoto, nos meses de agosto e abril, respectivamente, indicando que o efluente tratado encontrou-se em desacordo apenas em agosto e setembro de 2014 com a faixa limite preconizada pela legislação que vai de 6,0 a 9,0 segundo a DNC COPAM/CERH-MG nº 01/08 (Tabela 3).

Através das análises físico-químicas, foram registradas médias e desvio padrão do parâmetro pH de $7,3 \pm 0,3$ para o efluente bruto e igual a $6,5 \pm 0,8$ para o efluente tratado, evidenciando resultados de caráter neutro para as amostras coletadas na ETE do bairro de General Carneiro.

Dessa forma, verificam-se resultados semelhantes para os efluentes da ETE MIZUMO BUSINESS à faixa definida por Von Sperling (2014) e aos valores obtidos por Freire (2000) nos efluentes domésticos, sendo iguais a 6,7 e 8,0 e entre 6,3 e 7,0, respectivamente.

FIGURA 8 - Resultados de pH medidos na entrada e na saída da ETE



Legendas: EB = Efluente Bruto; ET = Efluente Tratado

Conforme ilustrado na FIGURA 8, para os meses de agosto e setembro de 2014, foram obtidos no efluente tratado resultados de pH ligeiramente ácidos e abaixo do limite mínimo preconizado pela legislação vigente, sendo iguais a 5,28 e 5,70, respectivamente. Tal fato pode ter sido causado pela oxidação insatisfatória da matéria carbônica e nitrogenada nos reatores ou, ainda, pelo retorno de sobrenadante dos digestores não adequadamente digeridos.

Comparando este resultado no mês de agosto (FIGURA 8) com os relativos à matéria orgânica (FIGURA 10) acredita-se que a variação nos valores de pH se deu em virtude de uma queda de desempenho do sistema o que resultou no lançamento de elevadas cargas orgânicas. Observa-se que o pH influencia a eficiência de reatores anaeróbios e também pode ser um indício de falhas operacionais do sistema (CHERNICHARO, 2007).

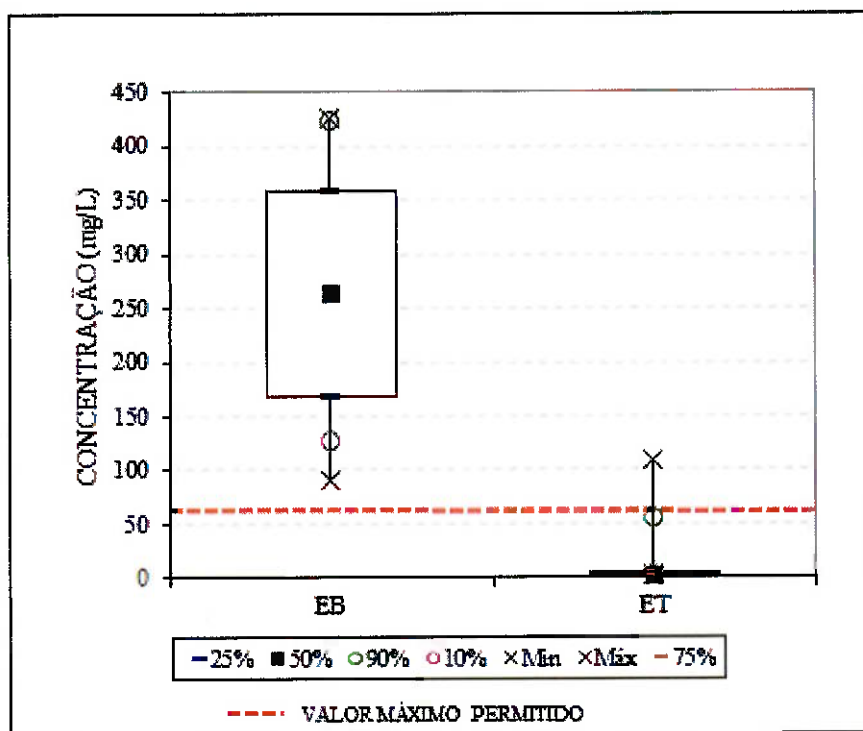
Deste modo, de acordo com Von Sperling (2012), a inibição dos microrganismos acetogênicos, pela acumulação de produtos acidogênicos, pode levar a uma contínua acumulação de ácidos orgânicos intermediários, o que irá contribuir para o consumo de alcalinidade e decréscimo do pH. Além disso, uma queda do pH afetará principalmente o crescimento dos microrganismos metanogênicos, resultando no problema de acumulação de ácidos orgânicos e falhas do processo. De mesmo modo, a ausência de nutrientes ou presença de compostos tóxicos podem afetar os microrganismos de crescimento lento (acetogênicos e metanogênicos), evidenciando resultados similares às condições de choque (baixa produção de metano).

5.1.3. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

A DNC COPAM/CERH nº 01/08 preconiza o limite de até 60 mg/L para o lançamento de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, ou, eficiência de remoção mínima de 60% para demanda bioquímica de oxigênio.

Na FIGURA 9 são apresentados os dados (valores mínimos, máximos e os percentis) relativos às concentrações do parâmetro DBO₅ no monitoramento dos efluentes da ETE de General Carneiro, entre o período de abril a outubro de 2014.

FIGURA 9 – Gráfico Box e Whisker dos dados de demanda bioquímica de oxigênio medidos na entrada e saída da ETE de General Carneiro



Legendas: EB = Efluente Bruto; ET = Efluente Tratado

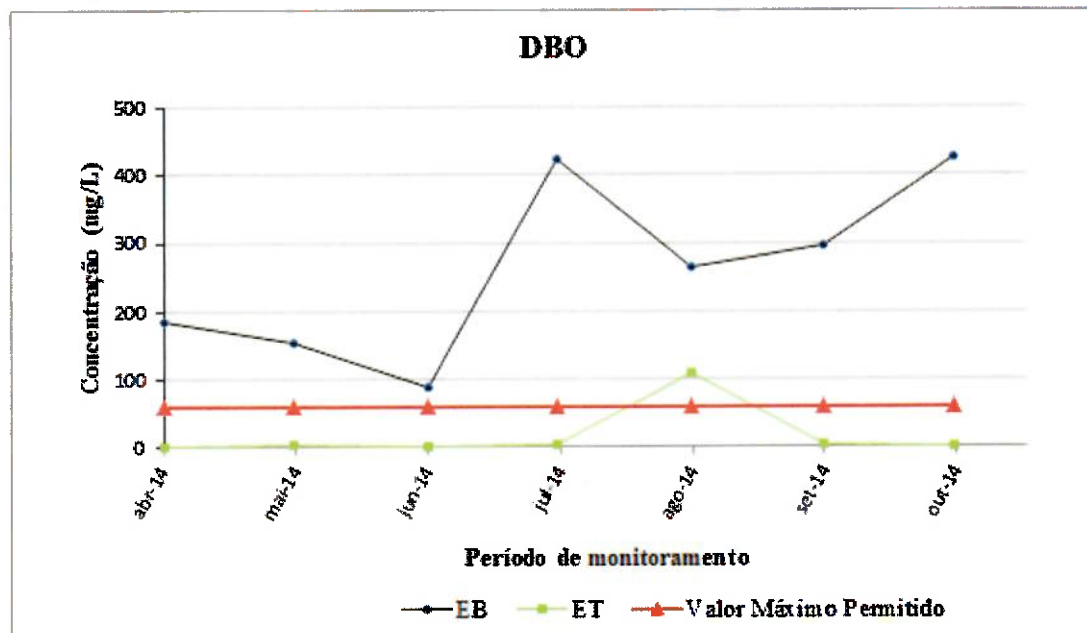
Observa-se na FIGURA 9 que o sistema de tratamento da ETE em geral obteve capacidade satisfatória na absorção do efluente, devido à redução da carga de matéria orgânica biodegradável presente no efluente tratado no período monitorado. Estes resultados

apontaram conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação para o descarte em corpos receptores, com exceção dos resultados do mês de agosto que obteve valor máximo de 109 mg/L.

Conforme Von Sperling (2012), variações de temperatura e baixos valores de pH podem causar elevadas concentrações de DBO no efluente tratado, como pode ser verificado nos resultados destes parâmetros no mês de agosto de 2014.

Dessa forma, observa-se na FIGURA 10, que as variações de DBO foram de 90 a 426 mg/L no efluente bruto nos meses de junho e outubro, respectivamente, e obteve resultados no efluente tratado entre 2 e 109 mg/L em abril e agosto, respectivamente. Constatou-se, portanto, que as concentrações de 423 mg/L e de 426 mg/L, obtidas em julho e em outubro de 2014, respectivamente, encontravam-se próximas à faixa de 250 e 400 mg/L de DBO estabelecida por Von Sperling (2014) como características quantitativas dos esgotos sanitários.

FIGURA 10 - Resultados de demanda bioquímica de oxigênio medidos na entrada e na saída da ETE

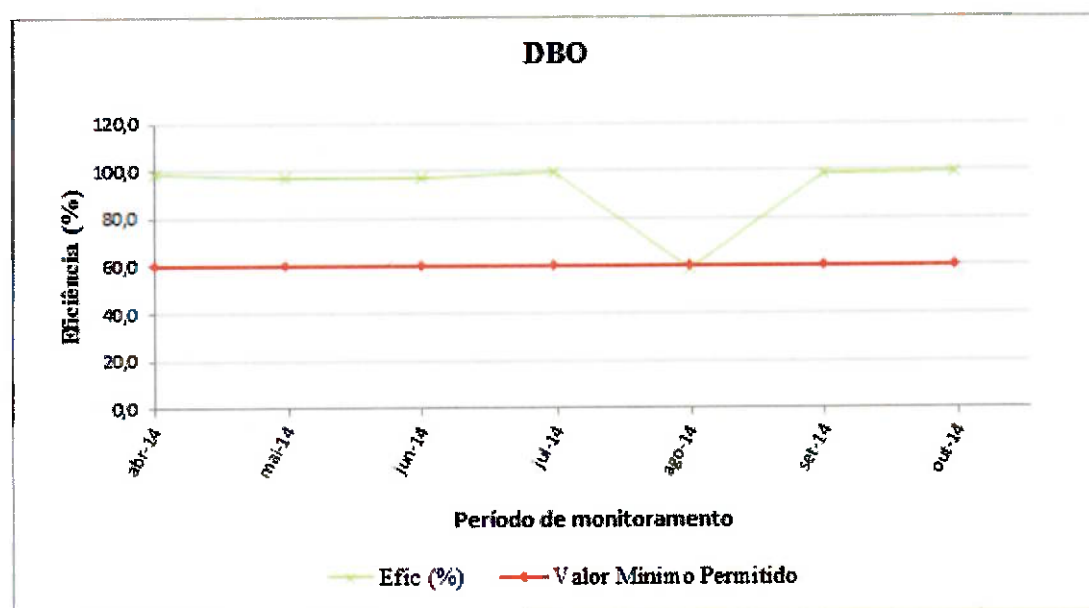


Legendas: EB = Efluente Bruto; ET = Efluente Tratado

A partir das análises físico-químicas das amostras coletadas, foram obtidos a média e o desvio padrão das concentrações de DBO encontrada nos efluentes no sentido entrada-saída da ETE de 263 ± 130 mg/L e igual a 18 ± 40 mg/L, respectivamente.

De acordo com Colleti et al. (1997) o processo de lodos ativados como pós-tratamento de um reator anaeróbio compartimentado tem capacidade de promover remoção de DBO em torno de 95 %, de DQO em 88 % e de SST em 98 %. No presente trabalho foram observadas eficiências de remoção próximas a estes valores durante o período de monitoramento sendo que a média das eficiências de 92,8 %. A eficiência de remoção de DBO_5 manteve-se estável durante grande parte do período de monitoramento. Com exceção para a coleta realizada em agosto, a qual registrou resultado próximo ao mínimo exigido pela legislação, sendo igual a 58,7 % (FIGURA 11).

FIGURA 11 - Resultados da eficiência de remoção de demanda bioquímica de oxigênio medidos na ETE

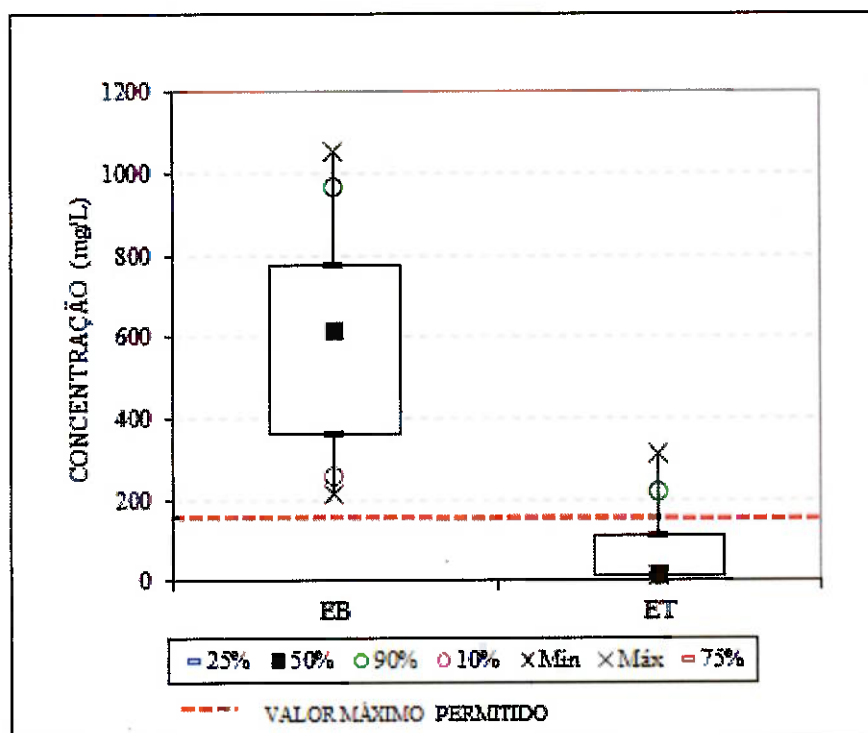


Legenda: Efic= Eficiência

5.1.4. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Na FIGURA 12 são apresentados os dados (valores mínimos, máximos e os percentis) relativos às concentrações do parâmetro DQO no monitoramento dos efluentes da ETE de General Carneiro, entre o período de abril a outubro de 2014.

FIGURA 12 - Gráfico Box e Whisker dos dados de demanda química de oxigênio medidos na entrada e saída nos efluentes da ETE de General Carneiro



Legendas: EB = Efluente Bruto; ET = Efluente Tratado

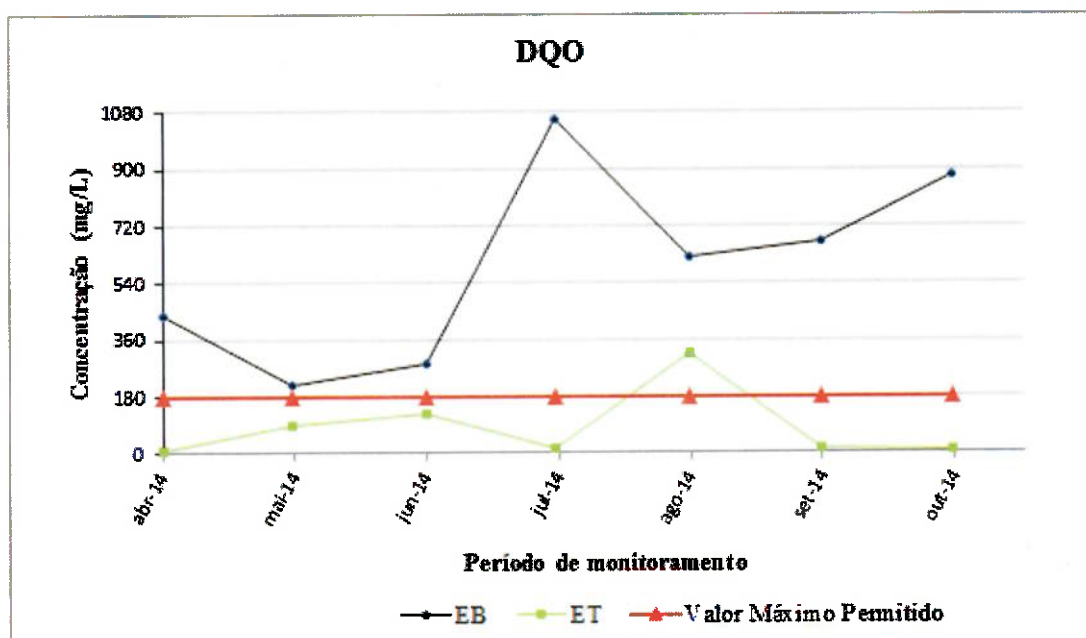
De forma semelhante ao comportamento do parâmetro DBO, o sistema de tratamento da ETE de General Carneiro também obteve capacidade de redução satisfatória de DQO presente no efluente tratado, no período monitorado (FIGURA 12), evidenciando que 75% dos resultados encontravam-se abaixo do limite máximo exigido pela legislação.

A Demanda Química de Oxigênio, igualmente ao parâmetro DBO, apresentou valor acima do limite máximo permitido pela legislação em agosto de 2014, cujo resultado foi de 619 a 315 mg/L no sentido entrada-saída da ETE.

Dessa forma, a DNC COPAM/CERH nº 01/08 preconiza o limite de 180 mg/L para o lançamento de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, ou, eficiência de remoção mínima de 55% para DQO.

Nos meses monitorados na ETE de General Carneiro, os teores de DQO variaram entre 1.056 e 214 mg/L na entrada e entre 315 a <10 mg/L (valor inferior ao limite de quantificação do método analítico) na saída da ETE. Estes resultados demonstraram uma eficiência média de 79,3 % de remoção de DQO no efluente e, consequentemente, o atendimento ao limite determinado pela legislação vigente (FIGURA 13).

FIGURA 13 - Resultados de demanda química de oxigênio medidos na entrada e na saída da ETE

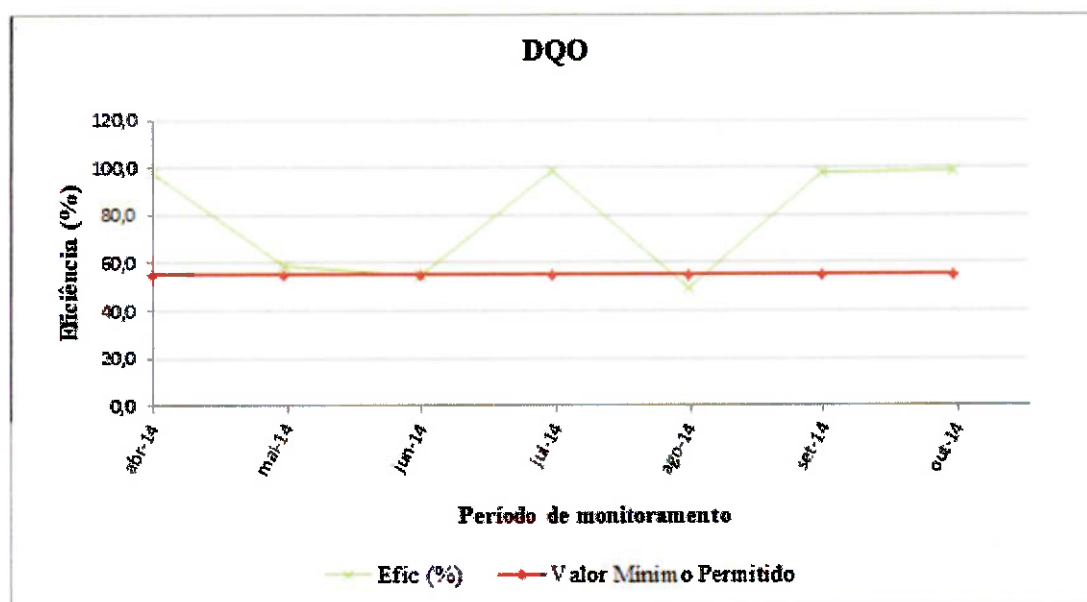


Legendas: EB = Efluente Bruto; ET = Efluente Tratado

A média dos teores obtidos de DQO foi de 594 mg/L para o efluente bruto e 83 mg/L para o efluente tratado, com desvio padrão amostral de ± 308 e ± 112 mg/L, respectivamente. Estes resultados indicaram concentrações médias de DQO no efluente tratado de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação. E pode observar que a média encontrada para este parâmetro estava condizente com a concentração típica estabelecida de 600 mg/L de DQO para esgotos sanitários (VON SPERLING, 2014).

Freire et al. (2000) demonstraram em seu trabalho que o processo de lodos ativados, alimentado por efluentes de esgotos sanitários provenientes de um reator UASB, apresentou boa remoção de DQO total, variando de 85 a 93 % para o sistema conjugado, demonstrando a viabilidade técnica do sistema conjugado UASB - lodos ativados. Observa-se, entretanto, que a eficiência de remoção de DQO do sistema ficou abaixo dos valores reportados na literatura em alguns meses o que pode indicar alguma falha operacional ou influência de descargas de efluentes industriais no sistema, conforme mostrado na FIGURA 14.

FIGURA 14 - Resultados da eficiência de remoção de demanda bioquímica de oxigênio medidos na ETE



Legenda: Efic= Eficiência

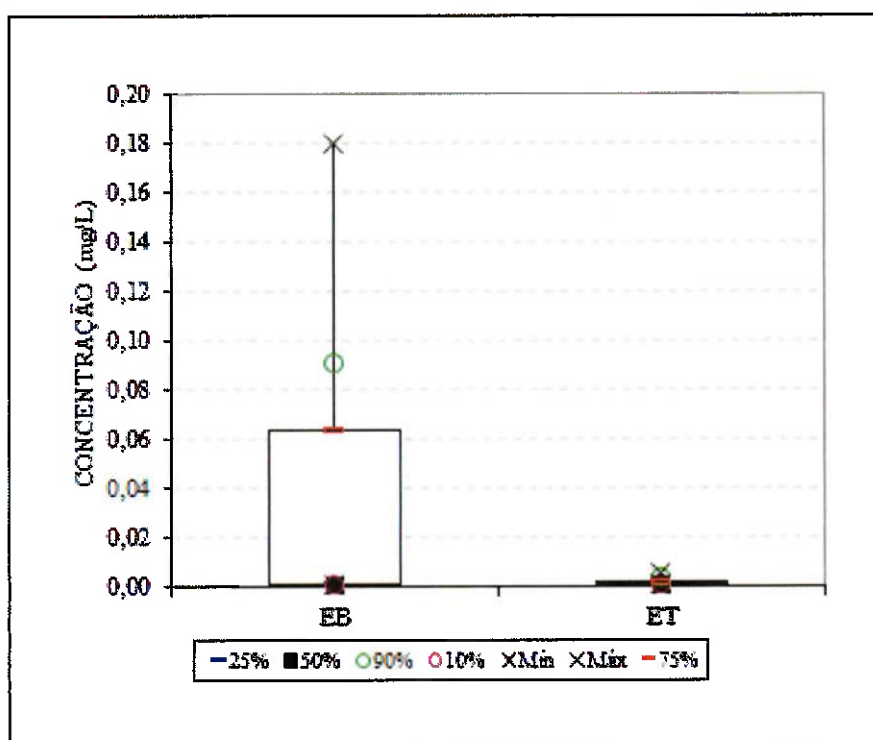
Apesar disso observou-se que a eficiência na remoção de DQO esteve próxima do limite de 55% na maior parte do período de monitoramento (FIGURA 14), indicando consonância com os padrões previstos na DNC COPAM/CERH nº 01/08. No monitoramento ambiental realizado em agosto, verificou-se queda de apenas 49,1 % da carga de matéria orgânica não biodegradável na saída da ETE.

Assim, após a limpeza e manutenção do sistema de tratamento, realizada em setembro de 2014, através do processo de bombeamento e sucção do lodo excedente no reator anaeróbio e no decantador e da retrolavagem do reator aeróbio, estes resultados de DQO voltaram à normalidade no mês de outubro.

5.1.5. Fenóis Totais

A concentração de fenóis totais, no período de coleta analisado, não apresentou grandes variações entre a entrada e saída da ETE, como pode ser observada na FIGURA 15, com exceção apenas dos meses de abril e outubro de 2014. Entretanto, a grande quantidade de valores abaixo do limite de detecção pode levar à conclusão de que o método utilizado não foi o mais adequado para a análise da amostra.

FIGURA 15 - Gráfico Box e Whisker dos dados de fenóis totais medidos na entrada e saída nos efluentes da ETE de General Carneiro



Legendas: EB = Efluente Bruto; ET = Efluente Tratado

Entretanto, como a DNC COPAM/CERH nº 01/08 estabelece o valor máximo de 0,5 mg/L de fenóis totais para o lançamento efluentes sanitários, o que é superior ao limite de detecção do método empregado, conclui-se que o efluente analisado estava de acordo com as normas ambientais em todos os meses monitorados, não havendo indícios de comprometimento da qualidade do efluente devido à contaminação por compostos fenólicos.

O parâmetro fenol total obteve médias e desvio padrão entre $0,045 \pm 0,076$ mg/L na entrada e de $0,002 \pm 0,002$ mg/L na saída da ETE do canteiro de obras de General Carneiro.

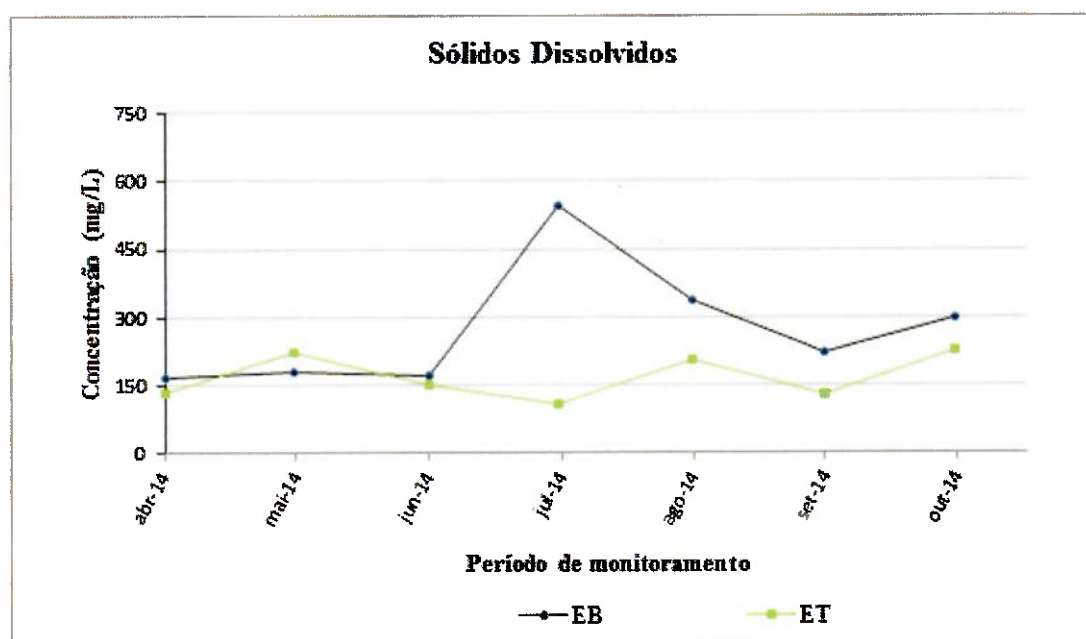
Estes resultados encontrados da ETE MIZUMO BUSINESS foram menores do que concentração média de fenol obtida de 0,16 mg/L no efluente final do trabalho piloto do De Carvalho (2012), onde avaliou a redução da concentração de fenol presente em esgotos sanitários utilizando sistema anaeróbio-aeróbio.

5.1.6. Sólidos Dissolvidos

Com relação aos sólidos dissolvidos, observa-se na FIGURA 16, que houve uma variação considerável deste parâmetro no sentido entrada-saída do sistema, em julho de 2014, cujos valores encontrados foram de 546 a 110 mg/L, respectivamente, apesar disso, a eficiência do tratamento manteve-se aparentemente estável.

Os sólidos dissolvidos apresentou como médias e desvio padrão das concentrações de $274,7 \pm 136,8$ mg/L para o efluente bruto e igual a $168,7 \pm 49,1$ mg/L para o efluente tratado. De acordo com Von Sperling (2014), a faixa de concentração deste parâmetro em esgotos sanitários encontra-se entre 330 e 550 mg/L, estando os resultados da ETE MIZUMO BUZINESS condizentes com a literatura.

FIGURA 16 - Resultados de sólidos dissolvidos medidos na entrada e na saída da ETE



Legendas: EB = Efluente Bruto; ET = Efluente Tratado

Cabe ressaltar que a DNC COPAM/CERH-MG nº 01/08 não estabelece limite para os teores de sólidos dissolvidos, com relação a efluentes sanitários. Entretanto, os sólidos

suspensos possuem valor máximo permitido de 100 mg/L e os sólidos sedimentáveis de 1 ml/l.

Ainda segundo Von Sperling (2014), elevadas concentrações de sólidos em suspensão no afluente aos sistemas podem ocasionar problemas operacionais nos reatores, por consequência, causar elevados teores de demanda bioquímica de oxigênio no efluente final. Além disso, valores elevados de sólidos em suspensão na saída dos sistemas podem indicar perda de biomassa, problemas de decantabilidade do lodo biológico, dentre outros problemas operacionais.

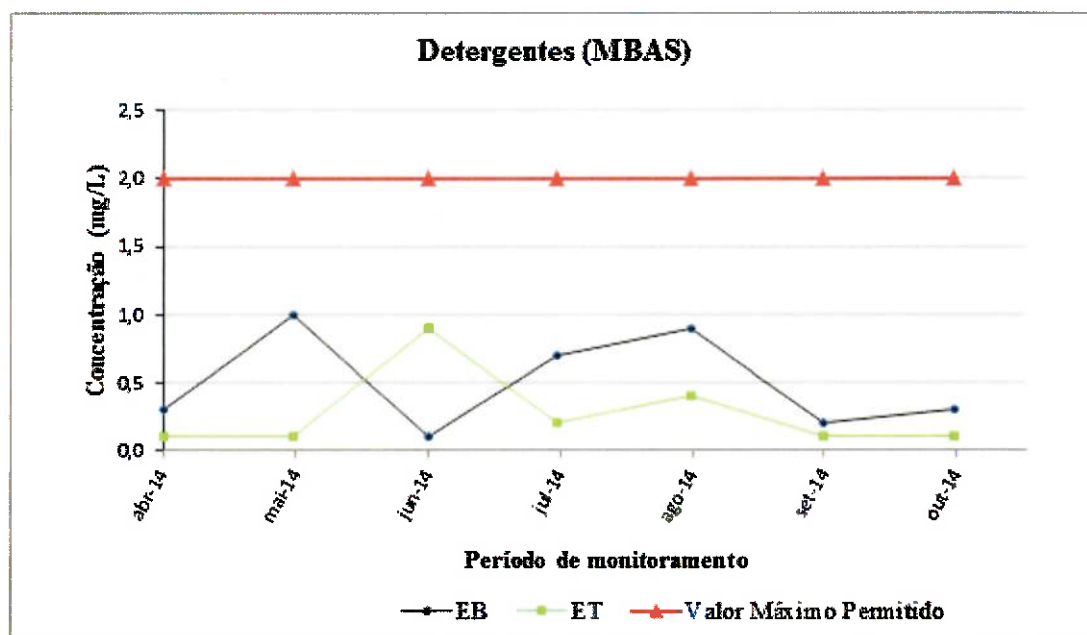
Assim o monitoramento dos sólidos em suspensão nos efluentes da ETE MIZUMO BUSINESS é necessário para a avaliação do desempenho do reator, as possíveis perdas de biomassa para o ambiente e sua adequação à legislação.

5.1.7. Detergentes (MBAS)

Os valores encontrados para os teores de surfactantes aniônicos nos efluentes foram reduzidos em todo o período monitorado, sendo encontradas concentrações máximas de 1,0 mg/L no mês de maio e igual a 0,9 mg/L na coleta de junho, para os pontos de entrada e saída da ETE, respectivamente. Estes resultados estavam condizentes com o exigido pela DNC COPAM/CERH-MG nº 01/08, a qual determina o valor máximo de 2,0 mg/L de detergentes em efluentes sanitários (FIGURA 17).

Foram registrados para o parâmetro MBAS teores médios e desvio padrão no sentido entrada-saída da ETE de General Carneiro iguais a $0,500 \pm 0,361$ mg/L e $0,271 \pm 0,298$ mg/L, respectivamente. Conforme Ramos (2002), a concentração de MBAS em esgotos sanitários de um sistema de pós-tratamento de efluente de reator UASB utilizando um filtro biológico percolador seguido por decantador secundário pode variar entre 0,17 e 2,25 mg/L conforme a variação da taxa de aplicação hidráulica.

FIGURA 17 - Resultados de detergentes (MBAS) medidos na entrada e na saída da ETE



Legendas: EB = Efluente Bruto; ET = Efluente Tratado

6. CONCLUSÕES

O sistema implantado para tratamento dos efluentes líquidos sanitários mostrou-se eficiente tomando-se como base os padrões definidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/08 que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água superficiais.

Os valores obtidos para temperatura, pH, DBO, DQO, fenóis totais e detergentes (MBAS) nas análises físico-químicas realizadas no canteiro de obras de General Carneiro apresentaram resultados satisfatórios e em conformidade com a legislação em grande parte do período monitorado, visto que os valores de pH, nos meses de agosto e setembro, e das concentrações de DBO e DQO, em agosto de 2014, se encontravam em desacordo com os padrões previstos na legislação vigente.

Com o objetivo de recuperar o desempenho do sistema no mês de setembro de 2014 foi realizada a limpeza e manutenção do sistema de tratamento através do processo de bombeamento e sucção do lodo excedente no reator anaeróbio e no decantador, por um caminhão com bombas de alta pressão. E para a limpeza do reator aeróbio, foi feita a retrolavagem do sistema. Não se recomenda no reator aeróbio o bombeamento e sucção de lodo, pois pode ocasionar quebra dos anéis pall, que são responsáveis em proporcionar uma melhor distribuição de ar na massa líquida, aumentando a superfície de contato e aderência de microrganismos.

Cabe ressaltar que as operações realizadas em virtude do monitoramento foram satisfatórias para recuperar a eficiência do sistema, o que pode ser comprovado pelo retorno do pH, DBO e DQO ao limite esperado em outubro. Este fato demonstra a importância do monitoramento não só para a avaliação de desempenho do sistema como também para a garantia de sua boa operação.

Assim, observou-se que o monitoramento das características dos esgotos permitiu avaliar a eficiência do sistema de tratamento de efluentes por meio de medições repetitivas e da análise por métodos gráficos. Foi uma ferramenta útil que identificou os possíveis problemas ou oportunidades de melhorias do sistema, levando à otimização do desempenho ambiental da Estação de Tratamento de Esgotos instalada em General Carneiro, Sabará – MG e permitindo adequações à operação do sistema quando estas foram necessárias.

No entanto, este estudo apresenta algumas limitações: como os dados foram fornecidos por uma empresa secundária, não se realizou a análise dos parâmetros previstos na legislação federal e estadual em vigor (temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, óleos e graxas, DBO, DQO, fenóis totais, detergentes – MBAS e sólidos suspensos totais), o que pode comprometer uma avaliação satisfatória da eficiência do sistema de tratamento de efluentes. Portanto, neste projeto foram avaliados os parâmetros obtidos pelos dados secundários, como temperatura, pH, DBO, DQO, fenóis totais, sólidos dissolvidos, detergentes – MBAS.

É necessário monitorar também alguns parâmetros que não são limitados pela legislação, mas que são importantes para a operação adequada do decantador secundário, como as concentrações de nitrogênio e fósforo que objetivam avaliar a remoção de nutrientes no reator biológico (nitrificação). Além disso, deve-se analisar a variação de temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD) e sólidos suspensos no efluente, pois podem ocasionar possíveis problemas operacionais, como na determinação da concentração de DBO no efluente final. Baixos valores destes parâmetros resultam em elevadas concentrações de matéria orgânica e amônia na saída do tratamento.

Cabe ressaltar, que no critério de seleção de parâmetros devem ser levados em consideração os objetivos dos estudos e os dados provenientes do diagnóstico das causas que podem comprometer a qualidade ambiental.

Conclui-se que os resultados deste monitoramento, se continuados e acrescentados de outras análises necessárias, já sugeridas neste estudo, podem contribuir para a definição de rotinas operacionais, como por exemplo, definir a periodicidade de operações de limpeza do sistema antes que falhas de seu desempenho ocorram e prejudiquem sua adequação às normas vigentes.

É importante ressaltar que não foram encontrados trabalhos científicos semelhantes ao presente estudo que analisaram o monitoramento da qualidade dos efluentes domésticos em canteiro de obras ou construção civil.

Vale destacar a importância de implantar em canteiros de obras redes de coleta e/ou armazenamento de efluentes líquidos de forma a não misturá-los em função da sua natureza distinta e tratamento diferenciado. Não poderá haver interligação de sistemas, principalmente entre sanitário e pluvial. Por fim ressalta-se a importância da realização do monitoramento para avaliar se efetivamente não houve interferência de cargas industriais nos efluentes sanitários do canteiro de obras.

7. RECOMENDAÇÕES

Como propostas de continuidade deste presente estudo para trabalhos futuros, sugerem-se:

- Avaliar a remoção biológica de nutrientes e a variação de oxigênio dissolvido dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do canteiro de obras de General Carneiro, em Sabará-MG;
- Analisar os parâmetros previstos na legislação federal e estadual em vigor (temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, óleos e graxas, DBO, DQO, fenóis, detergentes – MBAS e sólidos suspensos totais).
- Realizar o monitoramento da eficiência da ETE de General Carneiro nos períodos seca e de chuva, para conhecer se há influência nos resultados obtidos no final do tratamento; e
- Propor práticas de reuso de efluentes e reaproveitamento do biogás no canteiro de obras de General Carneiro em Sabará-MG, com objetivo de reduzir consumo de água potável e os custos operacionais, como também, contribuir para o desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9897**: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12284 – NB 1367**: Áreas de Vivência em Canteiros de Obras. Rio de Janeiro, 1991.

ADEMA: Administração Estadual de Meio Ambiente. **Monitoramento Ambiental**. Disponível em: <<http://www.adema.se.gov.br>>. Acesso em: 09 mai. 2014.

AGEITEC: Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Monitoramento ambiental**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 09 mai. 2014.

APHA / AWWA / WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22st. USA, 2012.

ARANÃ, J.; RENDÓN, E. T.; RODRÍGUEZ, J. M. D.; MELIÁN, J. A. H.; DÍAZ, O. G.; PEÑA, J. P. **Highly concentrated phenolic wastewater treatment by the Photo-Fenton reaction, mechanism study by FTIR-ATR**. Chemosphere, Gran Canaria, v. 44, p. 1017-1023, 2001.

BERTOLDO, V. A. *Estudo e Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição (RCD's) em uma Unidade Coletora na Cidade de Campo Mourão – PR*. 2012. 53 f. Monografia (Graduação) - Curso de Tecnologia em Materiais de Construção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de qualidade de água**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

CHERNICHARO, C. A. L.. **Princípios do tratamento biológico de águas residuais: reatores anaeróbios**. 2ª Ed, 379 p, 2007.

COLETTI, F. J.; POVINELLI, J.; DANIEL, L. A. **Pós-tratamento por lodos ativados de efluentes provenientes de processos anaeróbios de tratamento de esgoto sanitário: determinação de constantes cinéticas**. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu, 1997.

C-PORT BRASIL LOGÍSTICA OFFSHORE LTDA. **RIMA - Relatório de Impacto Ambiental**. Base de Apoio Logístico Offshore, 2012.

DE CARVALHO, L. V. *Redução da Concentração de Fenol presente em Águas Residuárias Utilizando Sistema Anaeróbio-aeróbio: Desempenho e Toxicidade Residual*. 2012. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), São Paulo, 2012.

DE MELLO, E. J. R. *Tratamento De Esgoto Sanitário. Avaliação da estação de tratamento de esgoto do Bairro Novo Horizonte na cidade de Araguari – MG*. 2007. 99 f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Sanitária) – Uniminas, Uberlândia, 2007.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA Ponte Internacional Sobre o Rio Oiapoque, na BR-156/AP**. Amapá, 2009.

FCA – Uma empresa VLI. **Projetos Modernização da Linha Férrea entre Horto e General Carneiro**. Disponível em: < <http://www.fcasa.com.br/modernizacao/>>. Acesso em: 08 nov. 2014.

FREIRE, V. H.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. **Avaliação do Desempenho de um Sistema Combinado UASB – Lodos Ativados no Tratamento de Efluentes Sanitários**. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

IBGE. Censo Demográfico 2010, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

MINAS GERAIS, Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 08 de maio de 2008**.

MIZUMO - Sistemas pré-fabricados de tratamento de esgotos. **Produtos Business**. Disponível em: < <http://www.mizumo.com.br/index.php/site/business>>. Acesso em: 08 dez. 2014.

O PORTAL DE SABARÁ. **Sabará: Aspectos Geográficos**. Disponível em: < <http://www.sabaranet.com.br/aspectos.asp>>. Acesso em: 08 dez. 2014.

RAMOS, R. G. **Remoção de Surfactantes no Pós-Tratamento de Efluente de Reator UASB utilizando Filtro Biológico Percolador**. In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. México, 2002.

ROUSSELET, E. S. **Manual de Procedimentos para Implantação e Funcionamento de Canteiro de Obras**. Rio de Janeiro, 1997.

SILVA, S. V.; PEREIRA, R. A.; PIVELI, R. P.; CRISCUOLO, H. J. Monitoramento das Características dos Esgotos como Instrumento de Otimização do Processo de Lodos Ativados e suas Implicações. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 2, 2005.

VAN HAANDEL, A.; KATO, M.; VON SPERLING, M. **Remoção Biológica de Nitrogênio: Aplicações para o Sistema de Lodo Ativado**. Cap. 6, Vol. 2, PROSAB, 2009.

VON SPERLING, M; VAN HAANDEL, A; JORDÃO, E. P; CAMPOS, J. R; CYBIS, L. F; AISSE, M; ALEM SOBRINHO, P. **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios por Lodos Ativados**. Cap 5, PROSAB, 2001.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol. 1, 4ª Ed., p 315- 325, 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lodos Ativados**. Vol. 4, 3ª Ed., p 11- 26, 2012.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. Academic Press, 1006 p., San Diego, 2001.