

713 4/34 - REPIDLSCIA

OPERAÇÃO E MONITORAMENTO DO DESEMPENHO DE REATOR ANAERÓBIO DE MANTA DE LODO (UASB), TRATANDO ESGOTOS SANITÁRIOS

MARIA ELENA HERRERA VALLEJOS

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Hidráulica e Saneamento

DEDALUS - Acervo - EESC



31100035593

ORIENTADOR: Prof. Dr. Eugênio Foresti

São Carlos
1997



Clas.	TESE-EEESC
Curr.	2732
Tombo	T085197

Área: Hidráulica e Saneamento.

3LL00035593

At 0747617

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

H565o Herrera Vallejos, Maria Elena
Operação e monitoramento do desempenho de
reator anaeróbico de manta de lodo (UASB), tratando
esgotos sanitários / Maria Elena Herrera
Vallejos. -- São Carlos, 1997.

Dissertação (Mestrado). -- Escola de Engenharia
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1997.
Área: Hidráulica e Saneamento
Orientador: Prof. Dr. Eugênio Foresti

1. Reator anaeróbico. 2. Esgotos sanitários.
3. Partida do UASB. I. Título

✓

FOLHA DE APROVAÇÃO

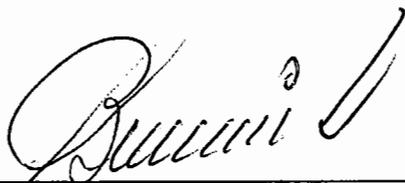
Dissertação defendida e aprovada em 05-5-1997
pela Comissão Julgadora:



Prof. Titular **EUGENIO FORESTI (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



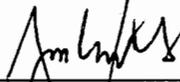
Prof. Associado **EDUARDO CLETO PIRES**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **BRUNO CORAUCCI FILHO**
(Universidade Estadual de Campinas)



Prof. Doutor **HARRY EDMAR SCHULZ**
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Qué sos Nicaragua?

*Qué sos
sino un triangulito de tierra
perdido en la mitad del mundo?*

*Qué sos
sino un vuelo de pájaros
guardabarrancos
cenzontles
colibríes*

*Qué sos
sino un ruido de ríos
llevándose las piedras pulidas y brillantes
dejando pisadas de agua por los montes*

*Qué sos
sino pechos de mujer hechos de tierra,
lisos, puntudos y amanezantes*

*Qué sos
sino cantar de hojas en árboles gigantes,
verdes, enmarañados y llenos de palomas?*

*Qué sos
sino dolor y polvo y gritos en la tarde,
--"gritos de mujer, como de parto"--?*

*Qué sos
sino puño crispado y bala en boca?*

*Qué sos, Nicaragua,
para dolerme tanto?*

Gioconda Belli

*A la gran Familia Herrera Vallejos,
que a pesar de la enorme distancia, siempre estuvieron cerca de mi.*

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Eugênio Foresti, pela orientação fornecida durante a elaboração deste trabalho.

A Livia Vilela Oliva, pelas valiosas contribuições, grande apoio e confiança, no período da realização deste trabalho.

Aos funcionários do laboratório de Saneamento e de Processos Anaeróbios: José Miguel, Paulo, Júlio César, Eloisa, Maria Aparecida e Eliane, por todo o apoio nas atividades do laboratório.

Ao Departamento de Hidráulica e Saneamento, pela oportunidade que me foi outorgada.

Ao "Programa de Bercas Mutis", pela bolsa concedida.

À FAPESP pelo auxílio financeiro referente ao Projeto Temático, Proc No. 90/3636-0.

SUMARIO

	PAG.
LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS	v
LISTA DE SIMBOLOS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
RESUMEN	ix
1.- INTRODUÇÃO	1
2.- OBJETIVO	4
3.- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.-	5
3.1. CARACTERÍSTICAS E COMPOSIÇÃO DO ESGOTO SANITÁRIOS	5
3.1.1. CARACTERÍSTICAS	5
3.1.2. COMPOSIÇÃO	8
3.2- CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS	9
3.3- O PROCESSO ANAERÓBIO	10
3.4- O PROCESSO ANAERÓBIO NO TRATAMENTO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS	11
3.5.- O UASB NO TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS	13
3.6.- CONSIDERAÇÕES SOBRE A PARTIDA DO REATOR	19
3.6.1.- INOCULAÇÃO	20
3.6.2.- GRANULAÇÃO.-	22
3.6.3.- PARTIDA DE REATORES UASB.-	23
3.6.4.- PARTIDA DE REATORES SEM INÓCULO	26

4.-	INSTALAÇÕES E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	27
4.1.-	DESCRIÇÃO GERAL DA UNIDADE.- (REATOR)	27
4.2.-	OPERAÇÃO DO REATOR.-	32
4.2.1.	PRIMEIRA ETAPA	32
4.2.2.	SEGUNDA ETAPA	32
4.2.2.1	Acompanhamento de desempenho	34
4.2.2.2	Outros ensaios	34
4.2.3.	ANÁLISES FÍSICAS-QUÍMICAS	35
5.-	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	37
5.1.-	INICIO DE OPERAÇÃO	37
5.2.-	ESTUDO COM AMOSTRAS COMPOSTAS E PONTUAIS	41
5.3.-	ESTUDO DA VARIAÇÃO DIARIA DAS CARACTERISTICAS DOS ESGOTOS	52
5.4.-	DESEMPENHO DO REATOR	59
5.4.1.-	PARÂMETROS MONITORADOS NO AFLUENTE E NO EFLUENTE	59
5.4.2.-	DESENVOLVIMENTO DA MANTA DE LODO	68
5.4.3.-	PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DE GÁS	73
6.-	CONCLUSÕES	79
7.-	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	81
ANEXO A		84
ANEXO B		86
ANEXO C		91
ANEXO D		97

LISTA DE TABELAS

	PAG.
Tabela 3.1. Principais características físicas dos esgotos sanitários...	6
Tabela 3.2. Principais características químicas dos esgotos sanitários	6
Tabela 3.3- Composição típica do esgotos sanitários.....	8
Tabela 3.4- Comportamento de UASB tratando esgotos sanitários.....	17
Tabela 3.5- Reatores anaeróbios instalados tratando esgotos sanitários em diferentes cidades do Brasil.....	18
Tabela 3.6- Comportamento de UASB tratando esgotos sanitários em diferentes cidades do México.....	19
Tabela 3.7- Atividade Metanogênica Específica e concentração de SSV diferentes tipos de lodo.....	21
Tabela 4.1. Principais características do esgoto sanitário da bacia do córrego Tijucu Preto (São Carlos - SP).....	33
Tabela 4.2. Parâmetros analisados, no Afluente, Efluente e ao longo da altura do reator.....	36
Tabela 5.1 Reatores anaeróbios instalados tratando esgoto sanitário em diferentes cidades do Brasil.....	73
Tabela 5.2 Atividade de lodo em função de Tempo de permanência para diferentes reatores UASB.....	73
Tabela 5.3 Composição do gás.....	77
Tabela 5.4 Produção real de Biogás.....	77
Tabela 5.5 Produção teórica de Biogás.....	77

LISTA DE FIGURAS

	PAG.
Figura 4.1 Vista frontal do Reator.....	28
Figura 4.2 Planta Superior do reator.....	29
Figura 4.3 Planta Inferior do Reator.....	29
Figura 4.4 Corte AA.....	30
Figura 4.5 Corte BB.....	31
Figura 5.1. Análises de DQO Afluente e Efluente, na etapa inicial de operação do reator.....	38
Figura 5.2. Resultados da concentração dos Sólidos em Suspensão ao longo da altura do reator, na etapa inicial de operação. a) 19/10/95 e b) 16/11/95.....	39
Figura 5.3. Resultados da concentração dos Sólidos em Suspensão ao longo da altura do reator, na etapa inicial de operação. a) 07/12/95 e b) 19/12/96.....	40
Figura 5.4. Valores de pH das amostras: a) compostas e b) pontuais	41
Figura 5.5. Valores de Alcalinidade Total, Parcial e Intermediária das amostras: a) compostas, b) pontuais.....	43
Figura 5.6 Valores de Ácidos Voláteis das amostras a) compostas b) pontuais.....	44
Figura 5.7 Valores da DQO Total das amostras: a) compostas, b) pontuais.....	45
Figura 5.8 Valores da DQO Filtrada das amostras a) compostas, b) pontuais.....	47
Figura 5.9 Valores da DBO das amostras: a) compostas, b) pontuais	48
Figura 5.10 Valores de Nitrogênio Total, Amoniacal e Orgânico das amostras: a) compostas, b) pontuais.....	49
Figura 5.11 Valores de Fósforo das amostras compostas e pontuais..	50

Figura 5.12	Valores diárias semanal de pH, a) de manhã e b) à tarde.....	52
Figura 5.13	Valores diários semanal de Alcalinidade Total, Parcial e Intermediária. a) de manhã e b) à tarde.....	53
Figura 5.14	Valores diários semanal de Ácidos Voláteis do Afluente e Efluente.....	54
Figura 5.15	Valores diários semanal da DQO Total a) de manhã e b) à tarde.....	55
Figura 5.16	Valores diários semanal da DQO Filtrada a) de manhã e b) à tarde.....	56
Figura 5.17	Valores diários semanal de Nitrogênio: Total, Amoniacal e Orgânico. a) de manhã e b) à tarde.....	58
Figura 5.18	Valores diários semanal de Fósforo Afluente e Efluente, a) de manhã, b) à tarde.....	58
Figura 5.19	Valores de Temperatura do ar durante todo o período de monitoramento. Fonte: Estação do CRHEA.....	60
Figura 5.20	Valores de pH, durante todo o período de amostragem....	60
Figura 5.21	Valores médios de Alcalinidade Total, Parcial e Intermediária.....	60
Figura 5.22	Valores de Ácidos Voláteis durante todo o período de monitoramento.....	62
Figura 5.23	Valores de DQO Total: Afluente e Efluente durante todo o período de amostragem.....	63
Figura 5.24	Valores de DQO Filtrada Afluente e Efluente durante todo o período de amostragem.....	64
Figura 5.25	Valores da DBO Afluente e Efluente durante todo o período de amostragem.....	65
Figura 5.26	Valores médios mensais de Nitrogênio Total, Amoniacal e Orgânico, do Afluente e Efluente.....	66
Figura 5.27	Valores médios mensais de Fósforo, Afluente e Efluente..	67
Figura 5.28	Valores médios por tempo de detenção hidráulica dos Ácidos Voláteis ao longo da altura do reator.....	69

Figura 5.29	Valores dos Sólidos Sedimentáveis ao longo da altura do reator.....	70
Figura 5.30	Valores de Sólidos Sedimentáveis ao longo da altura, durante a semana.....	70
Figura 5.31	Valores dos Sólidos Totais e Suspensos ao longo da altura do reator.....	72
Figura 5.32	Valores diários mensais da Produção de Gás a) abril, b) maio, c) junho e d) julho.....	74
Figura 5.33	Produção de gás no dia de coleta de amostra composta, durante oito horas.....	76
Figura 5.34	Valores médios mensais da Produção de CH ₄ a CNTP.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS

Afl.	Afluente
CH ₄	Metano
DQO:	Demanda Química de Oxigênio (mg/L)
DBO:	Demanda Biológica de Oxigênio (mg/L)
Efl	Efluente
FA	Filtro Anaeróbio
GM/GT	Relação entre produção de CH ₄ teórica e real
IVL	Índice Volumétrico do Lodo
NTK	Nitrogênio Total Kjandal
pH:	Potencial Hidrogênio
P1	Ponto de amostragem No. 1
P2	Ponto de amostragem No. 2
P3	Ponto de amostragem No. 3
P4	Ponto de amostragem No. 4
P5	Ponto de amostragem No. 5
ST	Sólidos Totais (mg/L)
STF	Sólidos Totais Fixos (mg/L)
STV	Sólidos Totais Voláteis (mg/L)
SST	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)
SSF	Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)
TDH	Tempo de detenção hidráulica
Temp.	Temperatura
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (Reator anaeróbio de manta de lodo com fluxo ascendente)
Vol.	Volume
% Rem.	Porcentagem de remoção

LISTA DE SIMBOLOS

°C	graus centígrados
d	dias
g	gramas
h	horas
L	litros
m ³	metros cúbicos
mg	miligramas
m	metros
NI	Normal litros
u.v.	ultra violeta

RESUMO

Esta dissertação apresenta e discute os resultados obtidos durante a operação contínua durante 10 meses de um reator anaeróbio de manta de lodo com fluxo ascendente de 18 m³, tratando esgotos sanitários.

O principal parâmetro operacional foi o tempo de detenção hidráulico (TDH), inicialmente fixado em 16 horas e posteriormente, reduzido progressivamente para 12 e 8 horas.

O reator não foi inoculado, motivo pelo qual o período de partida estendeu-se por mais de quatro meses, a partir do qual o reator passou a apresentar estabilidade operacional.

O desempenho do reator foi monitorado através de análises físico-químicas de amostras do afluente e efluente coletadas ao menos uma vez por semana, determinando-se pH, Alcalinidade, Ácidos Voláteis, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Suspensos (Totais, Fixos e Voláteis), Nitrogênio e Fósforo. A produção de gás foi medida continuamente e a composição do gás foi determinada uma vez ao mês. Obtiveram-se eficiências médias de remoções de DQO de 72%, 81% e 78 % para os valores de TDH de 16, 12 e 8 horas respectivamente.

Realizaram-se estudos comparativos entre as características de amostras pontuais, coletadas às 9 horas da manhã, e amostras compostas, concluindo-se que a amostragem pontual, nas condições efetuadas no trabalho, foi adequada para a avaliação do desempenho do reator.

Palavras chaves: Reator Anaeróbio, esgotos sanitários, partida do UASB

ABSTRACT

This thesis presents and discusses results from ten months of continuous operation of a pilot (18 m³) up-flow anaerobic sludge blanket reactor treating sewage.

The main operational parameter was the hydraulic detention time (HDT), initially fixed in 16 hours. Afterwards, HDT was progressively reduced to 12 and 8 hours.

The reactor did not receive any inoculum sludge. For this reason, the start-up period lasted more than four months. From then on, the reactor achieved stable operation.

The reactor performance was monitored by sampling influent and effluent at least once a week. Sample analyses included the determination of pH, Alkalinity, Volatile Acids, Chemical Oxygen Demand (COD) Biochemical Oxygen Demand (BOD), Suspended Solids (total, volatile and fixed), Nitrogen and Phosphorous. Gas production was continuously measured and gas composition was determined once a month. Average COD removal efficiencies were 72%, 81% and 78 % for HDT of 16, 12 and 8 hours respectively.

Comparative studies on the characteristics of single and composed samples were also carried out single samples were always collected at 9:00 a.m. It could be concluded that single sampling permitted to evaluate the reactor performance for the purposes fixed initially.

Word keys: anaerobic reactor, sewage, start-up UASB

RESUMEN

Este trabajo presenta y discute los resultados obtenidos durante diez meses de operación continua de un reactor de manta de lodo de flujo ascendente, con capacidad de 18 m³, en el tratamiento de aguas residuales sanitarias.

El principal parámetro de control fué el Tiempo de Detención Hidráulico, que inicialmente fué de 16 horas, el cual fue reducido posteriormente a 12 y 8 horas.

No fue utilizado ningún tipo de inóculo, por lo cual la partida demoró mas de cuatro meses, a partir de entonces el reactor presento estabilidad operacional.

Para evaluar el desarrollo del reator fueron realizadas análisis físicas-químicas (una vez por semana) de los parámetros: pH, Alcalinidad, Ácidos Volátiles, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Nitrogenio (Total, Orgánico y Amoniacal) y Fósforo de los afluentes y efluentes. La producción de biogás fué medida diariamente y su composición una vez al mês. Los valores médios de eficiencias de DQO obtenidos fueron: 72% con TDH de 16 horas, 81% con TDH de 12 horas y 78 % con TDH de 8 horas

También fueron realizados estudios comparativos entre las características de muestras simples, que fueron colectadas a las 9:00 a.m. y muestra compuestas, llegando a la conclusión que la muestra simple, en las condiciones en que fueron realizadas en este trabajo, fue adecuada para la evaluación del desempeño del reactor.

Palabras llaves: reactor anaerobio, agua residual sanitaria, puesta en marcha.

1. INTRODUÇÃO

As autoridades responsáveis por gerar melhores condições sanitárias a uma comunidade defrontam-se com o desafio de promover a remoção dos resíduos e dispo-los adequadamente de forma a não degradar o ambiente. Por exemplo, embora a coleta de esgotos sanitários melhore as condições higiênicas e sanitárias das habitações, seu lançamento "in natura" pode causar danos ao ambiente. Por essa razão, deve-se promover o tratamento desses resíduos antes de serem lançados em qualquer corpo de água que possa ser utilizado em outras atividades do homem.

Para o tratamento das águas residuárias, especialmente esgotos sanitários, existem muitas opções, podendo-se utilizar processos aeróbios ou processos anaeróbios, os quais apresentam vantagens e desvantagens no que se refere a custos de construção, operação e manutenção. Essas vantagens e desvantagens vão depender das condições específicas do local e do nível de tratamento necessário.

Dentre os processos anaeróbios destaca-se o reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), o qual apresenta um conjunto de características propícias para utilização no tratamentos de águas residuárias. Por esta razão, tem sido mais aplicado que outros sistemas anaeróbios. O UASB foi desenvolvido, originalmente, para o tratamento das águas residuárias industriais que apresentam elevada concentração de matéria orgânica, mas sua aplicação no tratamento de esgotos sanitários, nos últimos anos, tem sido promissora, desde que as condições operacionais sejam adequadas.

As vantagens principais que apresenta o reator UASB são as seguintes:

- comprovada eficiência na remoção de carga orgânica dos mais diversos tipos de águas residuárias;
- custo de construção relativamente baixo;
- requerimento de áreas pequenas;
- simplicidade de operação;
- baixa produção de lodo, sendo este um produto também altamente estabilizado, que pode ser facilmente desidratado.

Entre as desvantagens que os reatores anaeróbios apresentam encontram-se:

- promovem, essencialmente, o pre-tratamento para esgotos sanitários, pois só degrada parcialmente a matéria orgânica.
- em geral, a primeira partida do reator é lenta.

Apesar de seu uso crescente no tratamento de esgotos sanitários, principalmente na América Latina, persistem algumas dúvidas sobre o desempenho de reatores UASB, principalmente relacionadas com as respostas deste reator a sobrecargas hidráulicas.

Esse fato motivou o Departamento de Hidráulica e Saneamento a propor sub-projeto específico, dentro do Projeto Temático - "Desenvolvimento de sistemas anaeróbios para tratamento de águas residuárias: concepção, operação hidrodinâmica, microbiologia e materiais de construção alternativos" apresentado à FAPESP, com o objetivo de verificar a resposta do reator a sobrecargas hidráulicas. Esse sub-projeto constitui-se na pesquisa de doutorado da Eng^a Livia C. H. V. Oliva.

Para dar cumprimento ao programa de pesquisa proposto, projetou-se e construiu-se reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) protótipo, de 18 m³, de fibra de vidro no setor norte do Campus da USP de São Carlos.

Esse reator recebe esgotos sanitários provenientes da sub-bacia do Córrego Tijuco Preto (São Carlos, SP).

Esta dissertação constitui-se em parte do sub-projeto de pesquisa anteriormente citado, e refere-se aos primeiros meses de início de operação do reator, abrangendo o período de partida e as etapas subsequentes de operação estável.

2. OBJETIVOS

Avaliar o desempenho durante o período de partida, de um reator de manta de lodo de fluxo ascendente (UASB), no tratamento de esgotos sanitários.

Avaliar a estabilidade de um reator através de estudo comparativo das características de amostras composta e pontuais, no mesmo dia de amostragem.

Avaliar a estabilidade operacional de um reator através do estudo de coleta de amostras duas vezes durante o dia.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1.- CARACTERÍSTICAS E COMPOSIÇÃO DO ESGOTO SANITÁRIO

3.1.1. CARACTERÍSTICAS

Os esgotos sanitários contêm aproximadamente 99,9% de água. 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.

As características dos esgotos sanitários são função dos usos aos quais a água foi submetida. Esses usos e a forma com que são exercidos, variam com o clima, situação social e econômica, e hábitos da população.

As Tabelas 3.1 e 3.2 apresentam as características físicas e químicas dos esgotos sanitários, parâmetros estes que medem a qualidade dos esgotos sanitários, o caráter ou o potencial polidor do despejo em questão.

TABELA 3.1. Principais características físicas dos esgotos sanitários

VARIAVEIS	DESCRIÇÃO
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Ligeiramente superior à da água de abastecimento • Variação conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar) • Influência da atividade microbiana • Influência na solubilidade dos gases • Influência na viscosidade do líquido
Cor	<ul style="list-style-type: none"> • Esgoto fresco: ligeiramente cinza • Esgoto séptico: cinza escuro ou preto
Odor	<ul style="list-style-type: none"> • Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável • Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido ao gás sulfídico e a outros produtos da decomposição • Despejos industriais: odores característicos
Turbidez	<ul style="list-style-type: none"> • Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão • Esgotos mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez

Fonte: VON SPERLING (1995)

TABELA 3.2. Principais características químicas dos esgotos sanitários

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO
Sólidos Totais	Orgânicos e inorgânicos; suspensos e dissolvidos; sedimentáveis.
<ul style="list-style-type: none"> • Em Suspensão <ul style="list-style-type: none"> -Fixos -Voláteis • Dissolvidos <ul style="list-style-type: none"> -Fixos -Voláteis • Sedimentáveis 	<ul style="list-style-type: none"> • Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que são filtráveis Componentes minerais, não incineráveis, inertes Componentes orgânicos • Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que não são filtráveis Componentes minerais Componentes orgânicos • Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em uma hora no cone Imhoff.

Tabela 3.2. Principais características químicas dos esgotos sanitários (Continuação)

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO
Mateira Orgânica	Mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos. Principais componentes: proteínas, carboidratos e lipídios
• DBO ₅ 20	• Demanda Bioquímica de Oxigênio. Medida a 5 dias, 20°C. Está associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos.
• DQO	• Demanda Química de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea
Nitrogênio Total	O nitrogênio total inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos no tratamento biológico. O nitrogênio orgânico e a amônia compreendem o denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)
• Orgânico	• Nitrogênio na forma de proteínas, aminoácidos e uréia
• Amônia	• Produzida como primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico.
• Nitrito e Nitrato	• Praticamente ausentes no esgoto bruto.
Fósforo	O fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. É um nutriente indispensável no tratamento biológico.
• Orgânico	• Combinado à matéria orgânica
• Inorgânico	• Ortofosfato e polifosfatos
pH	Indicador das características ácidas ou básicas do esgoto. Os processos de oxidação biológica normalmente tendem a reduzir o pH
Alcalinidade	Indicador da capacidade tampão do meio (resistência às variações do pH). Devido à presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila (OH ⁻)
Cloretos	Provenientes da água de abastecimento e dos dejetos humanos
Óleos e graxas	Fração da matéria orgânica solúvel em hexano. Nos esgotos sanitários, as fontes são óleos e gorduras utilizados nos alimentos.

Fonte: VON SPERLING (1995)

3.1.2. COMPOSIÇÃO

A composição dos esgotos refere-se às quantidades dos constituintes físicos, químicos e biológicos presentes no mesmo.

A Tabela 3.3 apresenta a composição típica de águas residuárias sanitárias não tratadas.

TABELA 3.3 Composição típica do esgoto sanitário.

CONSTITUINTES	CONCENTRAÇÃO (mg/L)		
	Forte	Média	Fraca
Sólidos Totais	1200	720	350
• Dissolvidos Totais	850	500	250
Fixos	525	300	145
Voláteis	325	200	105
• Em Suspensão Totais	350	220	100
Fixos	75	55	20
Voláteis	275	165	80
Sólidos Sedimentáveis (ml/L)	20	10	5
DBO	400	220	110
DQO	1000	500	250
Nitrogênio Total (NTK)	85	40	20
• Orgânico	35	15	8
• Amônia	50	25	12
• Nitritos e Nitratos	0	0	0
Fósforo Total	15	8	4
• Orgânico	5	3	1
• Inorgânico	10	5	3
Alcalinidade	200	100	50
Oleos e Graxas	150	100	50

Fonte: Adaptado de METCALF & EDDY (1991)

3.2- CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

O tratamento dos esgotos sanitários consiste na remoção de matéria orgânica e inorgânica e microrganismos patogênicos, que se encontram dissolvidos e em suspensão na água, utilizando processos de remoção físicos, químicos e biológicos.

Os tipos de processos a serem utilizados e a seqüência em que as unidades são dispostas constituem os sistemas de tratamento, devem ser selecionados adequadamente, a fim de que se possam atingir os seus objetivos dentro da eficiência de remoção desejada.

Os processos biológicos, embora removam sólidos coloidais, não sedimentáveis, têm como objetivo principal a decomposição de matéria orgânica através do metabolismo celular dos microrganismos. (LEME, 1982)

Os primeiros sistemas comunitários de tratamento de esgotos, construídos no final do século passado, foram projetados para remover a parte mais visível dos constituintes poluentes: os sólidos sedimentáveis. A remoção era realizada através de sedimentação simples, hoje também conhecida como tratamento primário. Logo tornou-se óbvio que a mera remoção dos sólidos sedimentáveis era insuficiente para uma proteção adequada dos corpos de água receptores de esgotos devido, principalmente, à presença de matéria orgânica no esgoto após a sedimentação. Esta matéria orgânica era usada por microrganismos presentes no esgoto ou na água do corpo receptor. (Van HAANDEL & LETTINGA, 1994)

A evolução da tecnologia de tratamento de esgoto em ambiente confinado e controlado, iniciou-se com a constatação que lagoas poderiam ser utilizadas para esse fim e também com as proposições, em 1893 e 1914,

de sistemas que hoje são conhecidos como tanques sépticos e lodos ativados aeróbios respectivamente. (CAMPOS, 1994)

3.3- O PROCESSO ANAERÓBIO.

O tratamento anaeróbio envolve o processo biológico no qual a matéria orgânica é degradada e biogás (composto essencialmente por metano e dióxido de carbono) é produzido. Este processo ocorre na ausência de oxigênio. As vias de degradação de matéria orgânica estão divididas em quatro etapas a saber:

- **Hidrólise:** Proteínas, lipídeos e carboidratos são convertidos a monômeros. Esta etapa é, na maioria dos casos e, em especial, no caso do substrato ser esgoto sanitário, potencialmente limitante do processo e bastante sensível à temperatura.
- **Acidogênese:** Formação de álcoois, ácido voláteis e dióxido de carbono.
- **Acetogênese:** Formação de ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono.
- **Metanogênese:** Formação de metano a partir do ácido acético, dióxido de carbono e hidrogênio. (ALAERTS et., al., 1990)

O processo de fermentação anaeróbio pode ser aplicado para o tratamento de diferentes tipos de despejos (HULSHOFF POL, 1996):

- Quase todos os tipos de águas residuárias industriais, providas ou não de alta concentrações de compostos tóxicos. Aplicável para o tratamento de água residuária da indústria agrícola, indústria de papel, especificamente em fábrica de reciclagem de papel. O processo vem sendo aplicado cada vez mais no tratamento de águas residuária de indústrias químicas.
- Esgotos sanitários embora, para este propósito, tem sido aplicado até agora exclusivamente sob condições de temperatura favorável, em regiões tropicais. Esse fato é de grande importância para países em desenvolvimento nos trópicos.

- Lodo residual e estrume. A fermentação anaeróbia tem sido aplicada há muitos anos a fim de se estabilizar ou diminuir a quantidade de lodo das plantas de tratamento. No tratamento do estrume diluído, pode ser também empregado, apesar de não oferecer solução ao problema do estrume propriamente dito.
- Resíduo sólidos orgânico, por exemplo lixo doméstico e qualquer outra fonte de dejetos orgânicos.

O processo pode ser aplicado não apenas para tratar esgotos sanitários, águas residuárias industriais e proteger o meio ambiente, mas também para produzir energia na forma de 'biogás'.

3.4- O PROCESSO ANAERÓBIO NO TRATAMENTO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS

'Acredita-se que a primeira aplicação documentada de tratamento anaeróbio de esgoto foi a câmara hermeticamente fechada descrita por Mouras no fim do século passado na França. Nessa câmara os sólidos sedimentáveis de esgoto eram "liqüefeitos" (Mc CARTY, apud Van HAANDEL & LETTINGA, 1994).

Nos primeiros anos do corrente século, foram desenvolvidos vários sistemas de tratamento anaeróbio: o **tanque séptico** por Cameron na Inglaterra e o **tanque Imnhoff** na Alemanha.

Em ambos os sistemas a direção do fluxo de esgoto é horizontal, enquanto o lodo anaeróbio sedimenta no fundo do reator onde ocorre a digestão anaeróbia.

No caso do tanque séptico, a eficiência de retenção de sólidos sedimentáveis pode ser diminuída pela flotação de parte dos sólidos contidos no fundo, devido à subida do bolhas de gás ocluídas em flocos e

pela turbulência provocada por bolhas de gás. (Van HAANDEL & LETTINGA, 1994)

Este problema tende a ser menor no tanque Imnhoff, no qual os sólidos sedimentam e passam para uma câmara separada onde ocorre a digestão anaeróbia, sem possibilidade para os sólidos de voltarem para a zona de sedimentação.

Em desenvolvimento posterior, dos sistemas de tratamento os sólidos acumulados no decantador eram bombeados para um digestor aquecido, aumentando-se assim, a taxa de digestão.

O tempo de permanência de esgoto no tanque séptico e no tanque Imnhoff é em torno de dois dias, suficiente para a remoção dos sólidos sedimentáveis. Portanto, nesses tanques ocorre tratamento primário associado a tratamento biológico dos sólidos sedimentáveis.

Posteriormente, o tratamento anaeróbio de esgoto perdeu terreno em favor do tratamento aeróbio, notadamente o filtro biológico e o sistema de lodos ativados. Esta menor aplicação da digestão anaeróbia se deveu, principalmente, à maior eficiência de remoção de material orgânico nos sistemas aeróbios, através da floculação biológica.

Enquanto que um sistema de tratamento aeróbio funcionando normalmente, pode remover de 90 a 95% da DBO do esgoto bruto, os sistemas anaeróbios para tratamento primário têm uma eficiência de remoção de DBO de 30 a 50 %, associados à remoção do material sedimentáveis. (Van HAANDEL & LETTINGA, 1994)

A **lagoa anaeróbia** é também um sistema com escoamento horizontal do esgotos sanitários no qual ocorre a digestão anaeróbia do lodo nas camadas inferiores. Geralmente a lagoa anaeróbia é muito maior que um tanque séptico e normalmente ela não é coberta.

A mistura da fase líquida com a fase sólida pode ocorrer devido à turbulência provocada por bolhas de gás ou devido a ventos e insolações. As lagoas anaeróbias são usadas amplamente para tratamento de esgotos sanitários, principalmente como uma unidade preliminar de um sistema de lagoas de estabilização em série.

O tempo de detenção em lagoas anaeróbias (2 a 5 dias) freqüentemente é mais longo do que em sistemas de tratamento primário e portanto a eficiência de remoção da DBO pode ser mais elevada. (Van HAANDEL & LETTINGA, 1994)

O filtro anaeróbio foi o sistema de tratamento anaeróbio que primeiro demonstrou a viabilidade técnica de se aplicar cargas elevadas a unidades anaeróbias de tratamento. Embora não tenha sido aplicado em escala real para o tratamento de esgotos sanitários, vários pesquisadores avaliaram o desempenho em escala de laboratório e em escala piloto. (Van HAANDEL & LETTINGA, 1994)

3.5.- O UASB NO TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Nos anos 70, Lettinga e colaboradores desenvolveram reator de fluxo ascendente de manta de lodo.

No reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), o fluxo é ascendente como no Filtro Anaeróbio (FA), mas o UASB não contém nenhum tipo de material suporte como o FA. Em vez disso o UASB, possui na parte superior um separador de três fases: líquido-sólido-gás.

Segundo HULSHOFF POL (1996), o sistema é baseado nos seguintes princípios:

1. O lodo anaeróbio têm boas propriedades de sedimentação. Devido a estas propriedades de sedimentação, podem ser aplicadas altas velocidades de ascensão do fluxo (às vezes maiores que 2 m/h) sem ocorrer nenhum tipo de risco de que o lodo seja lavado.
2. Para que exista um bom contato entre o lodo e o substrato é necessário:
 - ◆ que o afluente seja homogêneo ao entrar no reator
 - ◆ a mistura que ocorre na manta de lodo seja produzida pelo biogás
 - ◆ em casos especiais, pode ser aplicada uma mistura externa lenta, só se a produção de biogás é extremamente baixa, seja por baixa temperatura e/ou baixa concentração de DQO no afluente.
3. A lavagem ou o escape de lodo (causado pela produção de gás) pode ser prevenido, usando-se o separador de três fases construído no topo do reator, o qual cria zona de pequena turbulência. O separador de três fases é uma parte essencial do reator UASB, embora o lodo granular possua características de alta sedimentabilidade.

O desempenho do reator UASB no tratamento de esgotos sanitários sob condições climáticas tropicais foi estudado nos Países Baixos, por LETTINGA, et. al. em 1981, num reator a escala piloto de 6 m³, inoculado com lodo digerido a uma temperatura controlada de 20° C e com tempo de retenção hidráulico de 8 - 48 horas, obtendo-se uma remoção de DQO de 75 %, com tempo de retenção hidráulico de 12 horas.

Com o propósito de avaliar a viabilidade da aplicação do reator UASB no tratamento de esgoto sanitário sob condições climáticas moderadas, LETTINGA et. al. (1983), apud BARBOSA & SANT'ANNA, (1989), estudaram o desempenho de um reator de 120 L, inoculado com lodo anaeróbio granulado ativo (originado de água residuária de produção de açúcar de beterraba) sob condições de temperatura de 8 - 20° C e tempo de

retenção hidráulico de 8-24 horas. Obteve-se remoção de DQO de 65 - 90 % com tempo de detenção hidráulico de 12 horas e uma produção de 100-200 L gás/ kg de DQO.

BARBOSA & SANT'ANNA (1989), operaram um reator UASB, tratando esgotos sanitários proveniente de uma área residencial, com capacidade de 120 L, com TDH de 4 horas e temperatura variando entre 19° - 28° C. O reator foi operado sem nenhum tipo de inóculo durante aproximadamente 9 meses. Nos primeiros quatro meses de operação, o reator apresentou remoção de DQO de 57 %, nos últimos cinco meses a remoção de DQO total foi de 74%, e a remoção de sólidos suspensos foi de 72%.

Entre os anos 1983 -1987, foi operada uma planta de tratamento de esgoto sanitário em Bucaramanga, Colômbia. A planta consistia de duas unidades paralelas de tratamento primário: uma lagoa anaeróbia e um reator UASB (35 m³, cada), e duas lagoas facultativas de 107 m², como tratamento secundário. Os resultados obtidos (remoção da DQO do UASB de 72 % e da lagoa de 60%, com 19 e 21 horas de tempo de retenção hidráulico respectivamente), indicam que a aplicação dos reatores UASB como tratamento primário reduz em 4 a 5 vezes o tempo de retenção hidráulico total, em comparação com sistemas de unicamente lagoas. (SCHELLINKHOUT & COLLAZOS, 1991)

TORRES (1992), estudou o comportamento de um reator UASB em escala de laboratório, de 10.5 L, tratando esgoto sanitário sintético. O reator foi inoculado, inicialmente, com lodo de esgoto em digestão proveniente de biodigestor da estação de tratamento de esgoto de BARUERI - São Paulo, depois foi inoculado com lodo granulado proveniente de biodigestor industrial. Este último apresentou melhores resultados nas diferentes

condições de operação a que foi submetido, atingindo eficiência média máxima de 73 % na remoção de DQO, com tempo de detenção de 9 horas, enquanto que com inóculo de lodo em digestão o valor máximo de remoção de DQO foi de 68 % com tempo de detenção de 12 horas.

Estes resultados foram afetados significativamente pelas variações da temperatura e da concentração da DQO afluyente.

Em 1989 foi iniciada a operação de reator UASB do bairro do Pedregal, Campina Grande, com capacidade de 160 m³, tratando esgoto sanitário. O reator foi operado durante o tempo de partida com uma vazão média de 225m³/d, e com tempo de retenção hidráulico de 17 horas, sem inóculo. A remoção da DQO nas primeiras dez semanas foi entre 30 - 40 %, melhorando depois (20 - 30 semanas de operação) com remoção de DQO de 75 - 85 % de afluyente bruto e afluyente sedimentado respectivamente. (Van HAANDEL & LETTINGA, 1994)

Na Tabela 3.4 apresenta-se um resumo de resultados do comportamento do reator UASB no tratamento de esgoto sanitário. (BARBOSA, 1989)

Nas Tabelas 3.5 e 3.6, apresenta-se resumo de resultado de reatores UASB tratando esgoto sanitário em Brasil e México respectivamente.

TABELA 3.4 Comportamento de UASB tratando esgoto sanitário

Referência	Temp (°C)	TDH (h)	DQO/ (DBO) (mg/L)	SST (mg/L)	Remoção (%)			Produção do Gás NI/KgDQO adic.
					DQO total	DBO	SST	
Lettinga et al. 1981	20	18	550	-	55-75	-	-	150-200
	20	24	500-550	-	-	-	-	160
Lettinga et al. 1983	8-20	12	500	-	66.5	-	-	100-200
	8-20	12	300	-	-	-	-	-
Grin et al. 1983	20	8	500	-	-	-	-	115
	15-19	8	500	-	40-55	-	-	130
	11-12	8	400	-	30-50	-	-	90
	9.5-10	8	500	-	30	-	-	50
	19-23	24	460	-	60	-	-	115
Vieira 1984	35	4	341/(137)	88	72	65	61	118
Vieira et al. 1986	20	4	424/(195)	188	60	69	69	100
	23	4	406/(180)	191	65	69	69	119
Vieira 1988	21-25	4.7	265/(150)	123	50	61	73	121
Schellinkhout et al. 1985	24-26	4-8	267	215	-	-	70	-
	24-26	3-3.5	267	215	-	-	-	-
Schellinkhout et al. 1988	23-24	5.2	430-520/ (190-220)	200- 250	66	80	69	-
Man et al. 1986	12-18	7-12	500-700/ (250-350)	-	40-60	50- 70	-	-
	7-8	9-14	500-700/ (250-300)	-	45-65	-	-	-
Man et al. 1988	10-15	13- 14	740-1280	-	48-16	-	-	80-31 CH ₄
Nobre et al. 1987	24-26	10- 18	660/(300)	-	73	78	-	140
Monroy et al. 1988	12-18	18	465	154	65	-	73	-
Barbosa 1989	19-28	4	627/(357)	376	74	78	72	80

Fonte: Adaptado de BARBOSA, (1989)

TABELA 3.5 Reatores anaeróbios instalados tratando esgotos sanitários em diferentes cidades do Brasil.

LOCAL	Vol. (m ³)	TDH (h)	Pop. (hab)	REALIZADORES
São Paulo-SP CETESB (1986)	120	4	3600	CETESB/PEM-CODISTIL
Volta Redonda - RJ (1986)	100	12	1300	SAAE-Vol.Red Savelli-SANEPAR
São Leopoldo - RS. Unisinos (1988)	182	25	20000	Univ. Vale dos Sinos/ENERGEN
Resende - RJ Acad. Militar Agulhas Negras (1988)	250	14	1500	AMAN Proj-ETEP
Campina Grande - PB. Pedregal (1991)	160	3	5000	Univ. Fed. da Paraíba
Sumaré - SP Jd. Sta. Maria (1992)	67.5	7	1400	DAE - Sumaré/CETESB
São Paulo - SP Ipiranga (1992)	684	8	10000	SABESP
Cesário Lange - SP (1992)	208	-	-	SABESP
Boituva - SP (1992)	191	-	-	
Piracicaba - SP Dois Córregos (1992)	50	6.5	1000	SEMAE- Piracicaba CODISTIL
Porto Alegre - RS Vila Esmeralda (1992)	(2) 84.5	8	2500	DMAE - Porto Alegre
Cachoeirinha - RS Parque da Matriz (1992)	(2) 130	3	10120	CORSAN
Ribeirão Pires - SP (1994)	(4) 400	6	40000	SABESP
Uberlândia - MG				DMAE - Uberlândia
PARANÁ *				SANEPAR

* Até a data de publicação estavam sendo instalados um grande número de reatores.

Fonte: VIEIRA (1994)

TABELA 3.6 Comportamento de UASB tratando esgoto sanitário em diferentes cidades do México

EMPRESA	Ano	Vol (m ³)	Vazão (m ³ /d)	DQO (mg/L)	Efic %	Temp °C	INFORMAÇÃO ADICIONAL
Acatlipa	1993	130	519	550	75	21	+ Filtro Lento
Centro. Campestre Ecológico Asturiano	1992	21.6	86.6	500	75	20	+Homogenizador, filtro lento, cisterna para rego. Efl. utilizado para irrigação
El Pulga, Ingenio Tepic	1992	75	86.4	800	75	23	
Grupo Beta, Centro Com.	1993	14	47	500	75	28	+Filtração e desinfecção u.v.
Huategalco	1993	105	420	500	75	20	+Filtro lento, tanque de contato de cloro
Hotel "Las Quintas"	1993	25	86.4	590	70	20	
La Parota, Temixco	1993	87	345.6	500	75	20	+Filtro lento, tanque de contato de cloro
Liconsá, São Isidro	1993	7.5		2032	75	24	
Quiroga, Michoacan	1990	2200	2592	600	75	20	
Sedue, Tlaxcala	1990	2200	2592	600	75	20	Desareizador
Ticuman, Morelos*	1993	339	272.16	533	70	20	+Desareizador, homogenizador, filtro lento.
UAM-I, México DF	1989	50	55.69	365	70	32	

*O reator é adaptação de tanque Imhoff

Fonte: Adaptado de NOYOLA & MONROY (1994)

3.6.- CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A PARTIDA

“A duração do período de partida é definida pelo tempo necessário para se obter uma qualidade do efluente essencialmente constante e uma massa de lodo que não varia nem qualitativa nem quantitativamente com o tempo”. (Van HAANDEL e LETTINGA, 1994)

Segundo HULSHOFF, (1983), os parâmetros físicos, químicos e biológicos dos quais depende a duração da partida são:

- A composição da água residuária;
- Fatores ambientais: pH, temperatura, nutrientes, elementos traços;
- Fatores operacionais: carga orgânica, tempo de retenção celular, mistura;
- Configuração do reator: tamanho, geometria;
- Do inóculo: como foi adaptado, quantidade necessária e atividade metanogênica.

3.6.1 INOCULAÇÃO

A seleção do inóculo apropriado é essencial para uma boa partida de UASB. O material a ser usado como inóculo deve possuir microrganismos que possam degradar os compostos orgânicos do resíduo e induzir à formação dos grânulos, ou desenvolver um lodo com boas propriedades de sedimentação. NOYOLA (1994)

Em geral é necessário que o volume do inóculo seja o maior possível, que a sua atividade seja suficiente e se adapte às propriedades específicas da água residuária a ser tratada. A fonte do inóculo pode ser selecionada através de provas de atividade do lodo e deverá conter uma mistura de diferentes bactérias metanogênicas.

Entre os materiais não granulares usados como inóculo encontram-se: lodo anaeróbio digerido, lodo de sistema de lodo ativado, esterco de vaca digerido anaerobiamente, sedimentos de lagoas, lodo de tanque séptico.

Na Tabela 3.7 apresentam-se alguns dados sobre atividade metanogênica e concentração de sólidos suspensos em diversos tipos de lodo.

Não existe uma norma exata para a estimativa do volume necessário para a inoculação de um reator. Considera-se aceitável 10-30% do volume do reator. NOYOLA (1994)

TABELA 3.7 Atividade Metanogênica Específica e concentração de SSV de diferentes tipos de lodo

FONTE	Ativ. Metanogênica específica (g CH₄-DQO / g SSV. d)	Concentração típica de SSV no lodo (g/L)
Lodo granular	0.5-1.5	70-120
Biopartícula de F.A.	0.4-1.2	ND
Lodo doméstico digerido	0.02-0.2	15-40
Esterco digerido	0.02-0.08	20-80
Lodo de tanque séptico	0.01-0.07	10-50
Lagoa anaeróbia	0.03	30
Esterco de porco	0.001-0.02	30-140
Sedimento de lagoa	0.002-0.02	20-50

ND = não determinado

Fonte: NOYOLA (1994)

Segundo HULSHOFF POL (1996), endende-se como “primeira partida” ao início do processo de digestão, quando a digestão de material de baixa atividade ou qualidade é usado. Lodo em processo de digestão, estrume ou outro tipo de material com atividade metanogênica, são normalmente usados nos sistemas UASB e FA (Filtro Anaeróbio) para esse fim. Em certos casos, entretanto, a inoculação pode ser realizada através da própria biomassa presente na água residuária.

Segundo HULSHOFF POL (1996), a “primeira partida” do UASB pode ser considerada concluída assim que:

- a atividade específica do lodo tiver aumentado consideravelmente (pelo menos se tiver sido aplicado a tipos de águas residuárias que consistem de substâncias dissolvidas).
- lodo espesso e/ou granular tenha começado a se desenvolver claramente. Apesar da formação do lodo granular ser um bom sinal devido à sua alta atividade específica e boas propriedades de sedimentação, seu desenvolvimento não é requisito absoluto para a utilização do UASB.

3.6.2 GRANULAÇÃO

Uma das principais características do processo UASB é a formação de um lodo com alta atividade específica e boas propriedades de sedimentação. O lodo é obtido vagorosamente, ao longo dos meses, propiciando a formação de o lodo granular. O crescimento bacteriano na digestão anaeróbia é baixo quando comparado ao processo aeróbio porque, teoricamente, cerca de 80% da DQO de entrada é transformado em metano.

Segundo MERGAERT K. et. al (1992), entre os problemas especiais inerentes ao tratamento de águas residuárias municipais, encontram-se as associações de crescimento de bactérias metanogênicas no reator. Como o processo de acidogênese pode ocorrer antes do efluente atingir o sistema de tratamento, as águas residuárias podem atingir esse sistema já em alto estado do putrefação. Este fator pode impedir a formação de grânulos compactos e estáveis. Na verdade, tem sido observado por vários autores que o co-crescimento de bactérias acidogênicas e metanogênicas é de importância bastante relevante para a formação e um bom lodo granular.

A operação de um reator UASB depende das boas condições de sedimentabilidade e da alta atividade do lodo granular (LETTINGA et., al.,1980). Muitos são os fatores que afetam a granulação, sendo a

temperatura um parâmetro terminante. Tem-se alcançado granulação com sucesso a baixas temperaturas, como, por exemplo com despejo de cervejarias a temperatura de 26.1°C (FANG et. al. 1990) e esgoto sanitário a 28°C (BARBOSA & SANT'ANNA, 1989). Embora a granulação torne-se mais difícil a temperaturas menores que 25°C, algumas vezes pode não ocorrer. Pouca informação existe sobre granulação com temperatura na ordem de 20°C. YAN & TAY, (1996)

YAN & TAY, 1996 estudaram o processo de granulação em um reator UASB, em escala piloto, com capacidade de 12.2 L, tratando água residuária de cervejaria em temperaturas variando entre 18.6°C a 25.6°C. A proporção de DQO:N:P foi mantida aproximadamente em 200:5:1 e a alcalinidade foi mantida entre 800 a 1200 mg /L (CaCO₃). O reator foi inoculado com lodo digerido anaerobiamente, com SS de 48 g/L, SSV de 21,6 g/L e atividade metanogênica de 0,08 gCH₄-DQO/g SSV.d.

A medida do tamanho dos grânulos foi feita após de 300 dias de operação, observou-se diâmetros variando 0,4 a 1,5 mm. O índice volumétrico do lodo (IVL) foi de 14,0 mL /g SS; a proporção SSV/SS foi de 0,87 e a atividade metanogênica do lodo foi de 0,92 gCH₄-DQO/g SSV.d

3.6.3 PARTIDA DE REATORES UASB.-

A partida de um reator UASB é motivo de preocupação de alguns pesquisadores, ainda hoje. A partida usualmente leva um longo tempo, devido, principalmente, à baixa taxa de crescimento das bactérias metanogênicas, exigindo muita atenção do operador.

A partida de um reator UASB, quando não se dispõe de inóculo de boa qualidade, deve ser realizada com muito cuidado. Se a velocidade ascensional da água residuária é muito elevada, as bactérias podem ser arrastradas para fora do reator e a partida deve ser iniciada novamente.

Deve-se levar em conta que não se pode superar os limites de arraste das bactérias durante a primeira fase da partida do reator.

Ao se dispor de lodo granular de boas qualidades para inocular o reator, seja lodo granular ou lodo municipal digerido com alta atividade metanogênica, o reator pode ser inicialmente alimentado com uma taxa de carregamento orgânico máxima de 3 kg DQO/m³ d, e com tempo de detenção hidráulica mínimo de 24 horas. HULSHOFF, POL (1994)

Segundo LETTINGA (1986), existe uma metodologia a ser seguida para a operação do reator na partida que é a seguinte:

- O aumento da carga orgânica deve ser feito por passo, sempre após a redução de pelo menos 80 % na DQO do afluente e a concentração de acetato deve ser mantida abaixo de 1 g / L;
- No início, é necessário que ocorra uma contínua remoção da fração de lodo fino, e que a parte de lodo mais densa, permaneça no reator.

Segundo LETTINGA (1983), as etapas a seguir para dar partida a um reator UASB quando é utilizado lodo digerido de esgotos sanitários não adaptado são:

- Concentração do lodo deve ser de 10 - 15 kg SSV / m³;
- Carga orgânica inicial deve ser de 0.05-0.1 kg DQO/kg SSV d;
- O lodo com características pobre de sedimentação deve sair do reator e a parte mais densa do lodo deve ser retida no reator.

Segundo HULSHOFF POL (1994), os quatro fatores de maior importância que influem no período de partida são:

- A qualidade do inóculo;
- O contato entre o lodo e água residuária a ser tratada;

- Redução da taxa de crescimento das bactérias devido a uma possível inibição por falta de nutrientes essenciais para o crescimento das mesmas;
- A taxa à qual ocorre perda de biomassa no reator.

Del NERY (1987), estudou a partida de dois reatores UASB, em escala de laboratório, com volume de 10 L. cada um, alimentando-se com substrato sintético com o objetivo de se obter um meio que possuísse características estáveis durante a maior parte do tempo necessário para a partida dos reatores.

A DQO adotada para o substrato foi de 2000 mg / L, sendo este valor maior que a de esgoto doméstico e da mesma ordem de grandeza de algumas águas residuárias industriais.

Os reatores foram inoculados, um deles com lodo anaeróbio imobilizado em gel agar e o outro com lodo anaeróbio livre, os quais foram operados durante 179 dias. A imobilização não afetou negativamente a atividade dos microrganismos, mas o reator inoculado com lodo livre apresentou melhores resultados em relação a alguns parâmetros.

O período de partida dos dois reatores foi de 161 dias. O reator inoculado com lodo livre apresentou desempenho melhor na remoção de DQO com cargas volumétricas orgânicas e hidráulicas baixas. O melhor desempenho com cargas altas foi do reator inoculado com lodo imobilizado.

FRANCESE & SENERIZ (1994), estudaram a partida e formação de grânulos em um reator UASB em escala de laboratório e piloto, inoculados com lodo de esgoto digerido não granular, proveniente de estações de tratamento de esgoto sanitário, além de se agregar nutrientes nas proporções DQO:N:P de 500:7:1.

Avaliando-se a velocidade ascensional com carga orgânica volumétrica aproximada de 1 g DQO / L.d, pode-se observar queda do

conteúdo de biomassa em todos os sistemas, mas especialmente naqueles que foram operados com alta velocidade ascensional.

Com carga orgânica de 3 gDQO/L.d, os níveis de retenção da biomassa foram maiores que com carga de 1 gDQO/L.d. As remoções de DQO mantiveram-se estáveis num valor médio de 52 % para carga de 1 gDQO/L.d e de 43 % para a carga de 3 gDQO/L.d.

3.6.4 PARTIDA DE REATORES SEM INÓCULO

Se não houver inoculação do lodo no início da operação, este se desenvolverá durante o período de partida, devido à acumulação de sólidos sedimentáveis não convertidos e populações bacterianas responsáveis pela conversão do material orgânico em metano.

Para a maioria das águas residuárias, a partida de um reator UASB é um processo longo e difícil, devido à necessidade de se desenvolver uma grande massa bacteriana, adaptada às características particulares da água a ser tratada.

Durante a partida há o perigo de sobrecarga orgânica e se esta ocorrer, a fermentação ácida pode se tornar predominante sobre a fermentação metanogênica, resultando na acidificação do conteúdo do reator. No entanto, as características dos esgotos são tais que a partida de um UASB tratando esgotos sanitários é menos problemática, pelo fato de os esgotos sanitários conterem as populações bacterianas necessárias para a digestão anaeróbia, o que difere da maioria das águas residuárias.

Por essa razão, a partida de reator UASB tratando esgoto sanitário pode ser realizada sem que haja necessidade de inoculação. Ao se alimentar o reator vazio com esgoto, as populações responsáveis pela fermentação ácida e metanogênica se desenvolverão automaticamente. (Van HAANDEL & LETTINGA, 1994)

4.- INSTALAÇÕES E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

4.1.- DESCRIÇÃO GERAL DA UNIDADE.-

O reator UASB objeto de estudo desta pesquisa está localizado na área nordeste do Campus da Universidade de São Paulo de São Carlos, SP.

O reator foi construído com fibra de vidro, tendo área superficial de $4,0 \text{ m}^2$ ($2,0\text{m} \times 2,0\text{m}$) e profundidade de $4,5 \text{ m}$, correspondendo ao volume útil de aproximadamente $18,0 \text{ m}^3$. O separador gás-sólido-líquido encontra-se à altura aproximada de $3,2 \text{ m}$ e consta de dois defletores (Figuras 4.1).

O esgoto a ser tratado é proveniente da rede coletora pública da sub-bacia do Córrego Tijuco Preto que passa pelo Campus, onde foi construída uma caixa coletora com poço de sucção, de onde é bombeado, por meio de uma bomba ABS submersa, Robusta 700T, até o reator. Entre a caixa coletora e o poço de sucção existe uma grade, destinada a remover sólidos grosseiros em suspensão, com espaçamento entre barras de $0,05 \text{ m}$.

O afluente é conduzido por tubulação PVC de 85 mm de diâmetro até uma caixa que contém dois vertedores triangulares que distribuem a vazão, em duas partes iguais, a dois tubos no fundo do reator distanciados um do outro em $0,80 \text{ m}$, a uma altura de $0,12 \text{ m}$ do fundo. As Figuras 4.2, a 4.5 mostram o desenho esquemático do reator.



FIGURA 4.1 Vista frontal do Reator

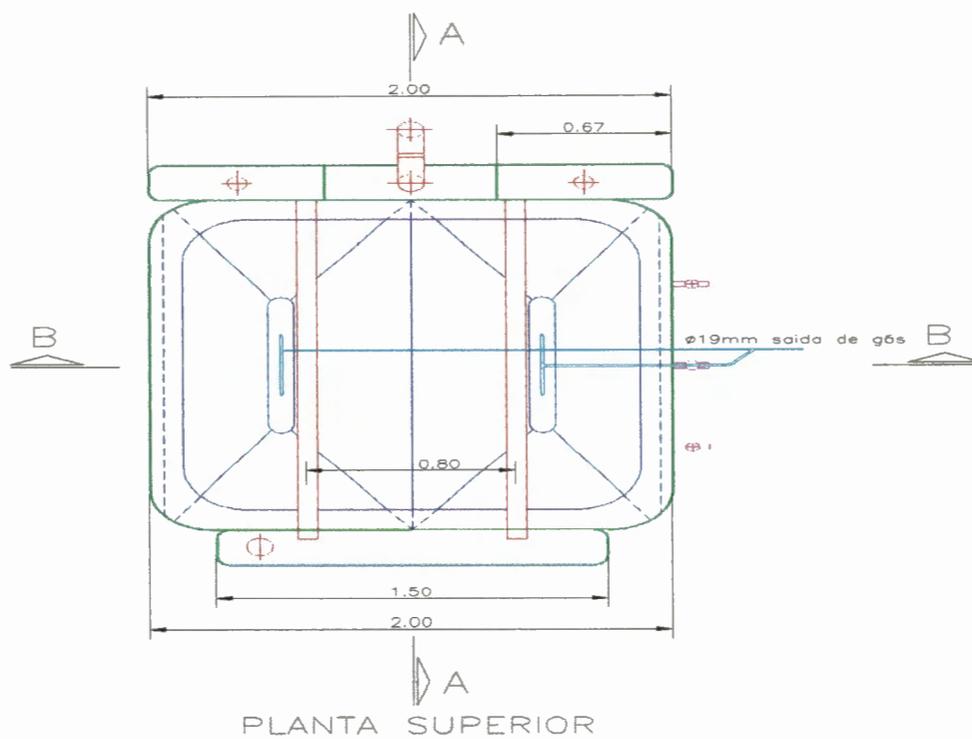


FIGURA 4.2 Planta Superior do reator.

Fonte: Eng^a Lívia Vilela Oliva. Tese de Doutorado em andamento

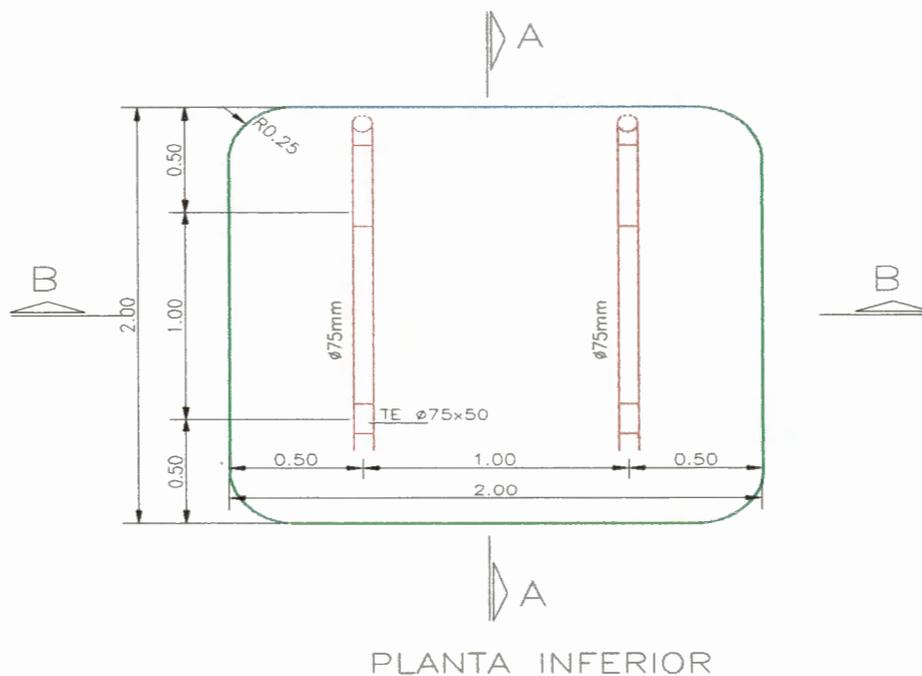


FIGURA 4.3 Planta Inferior do Reator.

Fonte: Eng^a Lívia Vilela Oliva. Tese de Doutorado em andamento

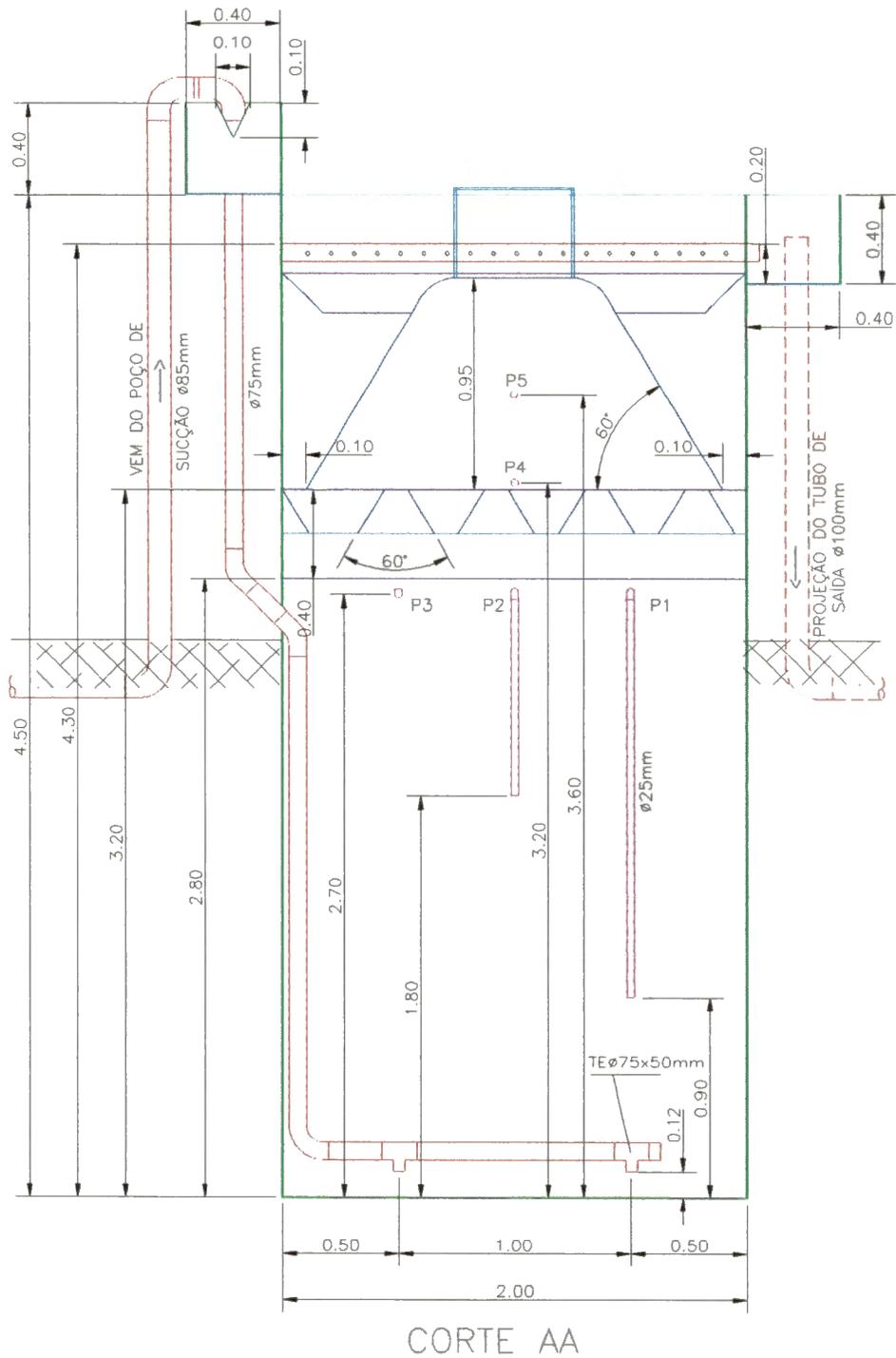


FIGURA 4.4 Corte AA

Fonte: Eng^a Livia Vilela Oliva. Tese de Doutorado em andamento

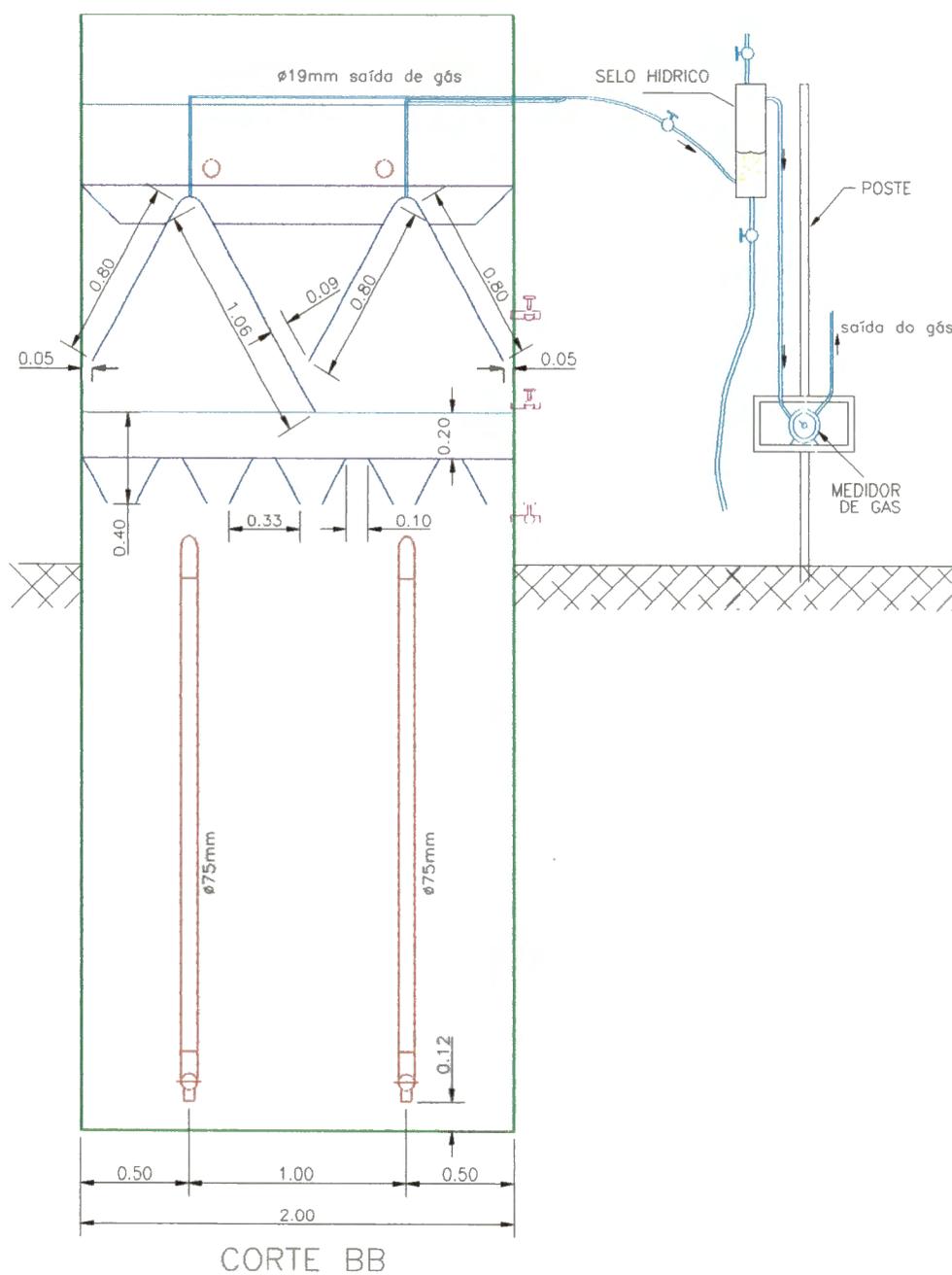


FIGURA 4.5 Corte BB.

Fonte: Eng^a Livia Vilela Oliva. Tese de Doutorado em andamento

4.2.- OPERAÇÃO DO REATOR

O reator foi operado durante 44 semanas contínuas, sendo 17 semanas consideradas como etapa inicial onde o reator foi operado com TDH de 16 horas. Nas 24 semanas restantes consideradas como segunda etapa de operação, o reator foi monitorado regularmente, coletando amostras do afluente e efluente, assim como ao longo da altura do reator. Durante esta segunda etapa foram realizado dois ensaios diferentes para o acompanhamento do desenvolvimento do reator.

4.2.1. PRIMEIRA ETAPA DE OPERAÇÃO.

A primeira etapa de operação é considerada desde o dia 29 de setembro de 1995 até janeiro de 1996, no total de 17 semanas.

A operação do reator foi iniciada em 29-09-95, com as seguintes condições operacionais: vazão constante de 1,125 m³/h, e tempo de detenção hidráulico (TDH) de 16 horas, sem qualquer tipo de inóculo, sendo o TDH o único parâmetro controlado.

Durante essa etapa, a caracterização do esgoto com que o reator é alimentado, foi estudada por Eng^o. Mário R. P. Rebello, em pesquisa que deverá se constituir em sua dissertação para Mestrado. As amostragem foram feitas em diferentes horários ao longo do dia e em diferentes dias da semana, sendo os resultados dessas análises cedidos para utilização neste trabalho.

A Tabela 4.1 apresenta as médias horárias dos parâmetros de caracterização do esgoto sanitário da bacia do córrego Tijuco Preto (São Carlos -SP).

Uma vez ao mês eram realizadas análises de DQO Total, no afluente e efluente, e de Sólidos Suspensos Totais, Fixos e Voláteis no afluente e

efluente, e em cinco pontos de amostragem ao longo da altura do reator (ver figura 4.5). Nos últimos dois meses, desta etapa procedeu-se à análise de DQO duas vezes por mês.

Neste período foram observados algumas dificuldades na operação do reator, tais como: entupimento na tubulação de entrada que provocaram variações na vazão, e deslocamento do coletor de gás da sua posição.

Para evitar entupimentos na entrada do reator, desligava-se a bomba uma vez por semana pressurizando-se a tubulação para promover sua limpeza.

TABELA 4.1. Principais características do esgoto sanitário da bacia do córrego Tijuco Preto (São Carlos - SP)

PARÂMETROS	VALOR MÉDIO	VALOR MAX	VALOR MIN
pH	6,80	7,00	6,10
ALCALINIDADE Total (mg/L)	128,80	146,20	69,00
ALCALINIDADE Parcial (mg/L)	61,90	79,10	38,00
ALCALINIDADE Intermediária (mg/L)	57,50	68,90	31,00
DQO (mg/L)	639,00	798,00	401,00
DBO (mg/L)	383,00	528,00	160,00
ST (mg/L)	686,00	1034,00	358,00
STF (mg/L)	187,00	248,00	121,00
STV (mg/L)	499,00	786,00	236,00
SST (mg/L)	222,00	330,00	149,00
SSF (mg/L)	36,00	59,00	17,00
SSV (mg/L)	186,00	290,00	91,00
Sol. Sedimentáveis (ml/L)	3,40	5,60	1,70
NITROGÊNIO Total (mg/L)	56,80	70,70	38,00
NITROGÊNIO-Orgânico (mg/L)	30,70	36,80	22,40
NITROGÊNIO-Amonical (mg/L)	25,20	33,60	14,20
FOSFATO (mg/L)	17,60	23,10	7,90

Fonte: Mário R. P. Rebello, 1996 (Mestrado em andamento)

Ao final de janeiro, quatro meses após o início de operação do reator, iniciaram-se coletas regulares de amostras do afluente e efluente e ao longo da altura do reator, com o objetivo de melhor avaliar o desempenho do reator.

4.2.2. SEGUNDA ETAPA DE OPERAÇÃO

A segunda etapa é considerada no período de fevereiro até julho de 1996, um total de 27 semanas (28^a-44^a).

4.2.2.1. ACOMPANHAMENTO DO DESEMPENHO

Nas primeiras seis semanas (02/02/96 - 12/03/96) desta segunda etapa o reator foi operado com tempo de detenção hidráulico de 16 horas. Logo a partir da 24^a semana, quando o reator atingiu remoção média de 72% e 79 % de DQO e DBO respectivamente, o TDH foi reduzido para 12 horas, durante seis semanas. A partir da 31^a semana o reator passou a ser operado com TDH de 8 horas.

As amostragens foram realizadas às terça e quintas-feiras, às 9 horas, durante onze semanas (18^a - 28^a). A partir da 29^a semana até a 44^a, o reator passou a ser amostrado uma vez por semana.

4.2.2.2 OUTROS ENSAIOS

a) Estudo com amostras compostas e pontuais. Durante as cinco primeiras semanas (31^a - 35^a) com TDH de 8 horas, foram coletadas amostras compostas de doze horas (das 8:00 horas até as 20:00 horas), do afluente e efluente. Paralelamente, coletaram-se amostras pontuais, nos mesmos dias em que foram coletadas amostras compostas. Esse ensaio teve como objetivo comparar os resultados das amostras compostas com as instantâneas

b) Estudo da variação diária semanal. Coletaram-se amostras durante uma semana (37ª), duas vezes ao dia, às 9:00 e às 17:00 horas. Esse ensaio teve o objetivo de avaliar o comportamento do reator ao longo da altura, tendo as amostras sido coletadas em todos os pontos de amostragem.

4.2.3. PARÂMETROS ANALISADOS E FREQUÊNCIA DE ANÁLISE

Os parâmetros analisados durante a fase experimental desta pesquisa foram os seguintes: pH, DQO, DQO filtrada, DBO, Alcalinidade Total, Alcalinidade Parcial e Alcalinidade Intermediária, Ácidos Voláteis, Nitrogênio: Total, Amoniacal e Orgânico e Fósforo do afluente e efluente.

Os parâmetros: Sólidos Totais Fixos e Voláteis; Sólidos Suspensos Fixos e Voláteis; Sólidos Dissolvidos: Fixos e Voláteis, Sólidos Sedimentáveis e Ácidos Voláteis, foram analisados ao longo da altura do reator, para o acompanhamento do desenvolvimento da manta de lodo.

Nas primeiras onze semanas a frequência das análises dos parâmetros: pH; DQO; DQO filtrada; Ácidos Voláteis; Sólidos Sedimentáveis; Sólidos Totais: Fixos e Voláteis; Sólidos Suspensos: Fixos e Voláteis; Sólidos Dissolvidos: Fixos e Voláteis, foi de duas vezes por semana, o resto do tempo foram realizadas uma vez por semana.

As análises de DBO; Alcalinidade; Nitrogênio: Total, Amoniacal e Orgânico e Fósforo, foram feitas semanalmente durante todo o período.

As análises físico-químicas feitas para o monitoramento do reator nas diferentes fases de operação, foram realizadas de acordo com The Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, (1985). Na Tabela 4.2 encontram-se os parâmetros e a frequência de análise.

O volume do gás foi medido diariamente utilizando-se medidor TECNOBRAS, modelo Gallus 2000-G4, e a composição do biogás foi medida uma vez ao mês, por análise de cromatografia gasosa, Cromatógrafo GOW MAC, com detetor de condutividade térmica, coluna "Parapak Q" (80-100 mesh) com 2 m de comprimento e ¼ de polegada de diâmetro interno, temperatura constante do forno a 50° C e H₂ como gás de arraste a aproximadamente 1 ml/s.

A atividade metanogênica específica do lodo foi realizada duas vezes durante todo o período, utilizando-se metodologia adaptada no laboratório de Processos Anaeróbios, para esse estudo, a partir de GIANOTTI (1994).

Tabela 4.2. Parâmetros analisados, no Afluente, Efluente e ao longo da altura do reator

PARÂMETRO	FREQUÊNCIA DE ANÁLISE	PONTOS DE AMOSTRAGEM	MÉTODO
pH	Semanalmente	Aflu. e Eflu.	Potenciométrico
Alcalinidade	Semanalmente	Aflu. e Eflu.	Titulométrico
Ácidos Voláteis	Semanalmente	Aflu., Eflu, 1, 2, 3, 4 e 5.	Titulométrico
DQO Total	Semanalmente	Aflu. e Eflu.	Titulométrico
DQO Filtrada	Semanalmente	Aflu. e Eflu.	Titulométrico
DBO	Semanalmente	Aflu. e Eflu.	Titulométrico
Sólidos: Totais, Fixos e Voláteis	Semanalmente	Aflu., Eflu, 1, 2, 3, 4 e 5 .	Gravimétrico
Sólidos: Suspensos, Fixos e Voláteis	Semanalmente	Aflu., Eflu, 1, 2, 3, 4 e 5	Gravimétrico
Sólidos Sedimentáveis	Semanalmente	1, 2 e 3	Gravimétrico
Nitrogênio: Total, Amoniacal e Orgânico	Semanalmente	Aflu. e Eflu.	Titulométrico
Medição de Biogás	Diária		
Composição do Biogás	Mensal		Cromatografia
Atividade Metanogênica	Duas vezes no período	1	

5.- APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O desempenho do reator foi monitorado através de análises físico químicas de amostras do afluente e do efluente, e de amostras tomadas ao longo da altura do reator, com a finalidade de se avaliar o desenvolvimento da manta de lodo.

Os resultados do monitoramento dos parâmetros listados na Tabela 4.2 são apresentados (Anexos: A, B, C e D) , a seguir, na forma de gráficos e tabelas.

5.1.- INICIO DA OPERAÇÃO.-

O reator foi operado, inicialmente, com vazão de 1,125 m³/ h, com TDH (Tempo de Detenção Hidráulica) de 16h, sem nenhum tipo de inóculo. Durante o período inicial de 17 semanas, foram monitorados os parâmetros: DQO no afluente e efluente, e Sólidos em Suspensão ao longo da altura do reator. No Anexo A, encontram-se os dados obtidos nesta etapa.

Nesta etapa foi realizada, também, a caracterização do esgoto com o qual o reator é alimentado.

A Figura 5.1 mostra os resultados das análises de DQO afluente e efluente, durante o período inicial de operação. Os valores no afluente variaram entre 554 e 812 mg/L, e no efluente entre 311 e 406 mg/L. A remoção média obtida neste período foi de 47%. Valores semelhantes tem

tido encontrado em trabalhos similares. Van HAANDEL e LETTINGA (1994), encontraram valores da ordem de 30 % a 40% de remoção de DQO nas primeiras dez semanas de operação do reator do Pedregal, utilizado no tratamento de esgotos sanitários.

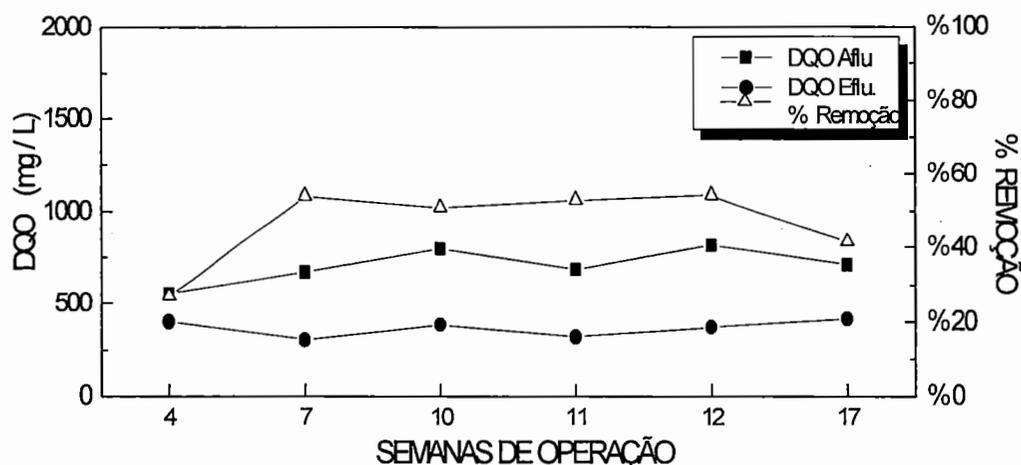


FIGURA 5.1. Análises de DQO Afluente e Efluente, na etapa inicial de operação do reator.

A Figura 5.2 apresenta dados sobre a concentração de Sólidos em Suspensão no interior do reator, após 3 e 5 semanas do início de operação do reator. Observa-se que não houve variação significativa nos valores obtidos nas duas amostragens [Figura 5.2 a) e b)].

Por algum motivo não explicado, provavelmente relacionado com problemas no sistema de separação gás-sólido-líquido, não houve a retenção esperada de lodo nas primeiras semanas, o que explica o baixo desempenho do reator nesse período.

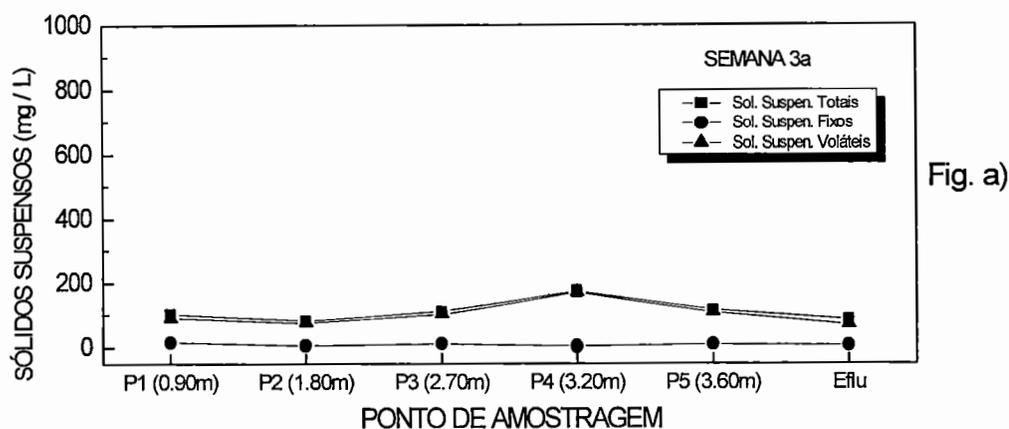


Fig. a)

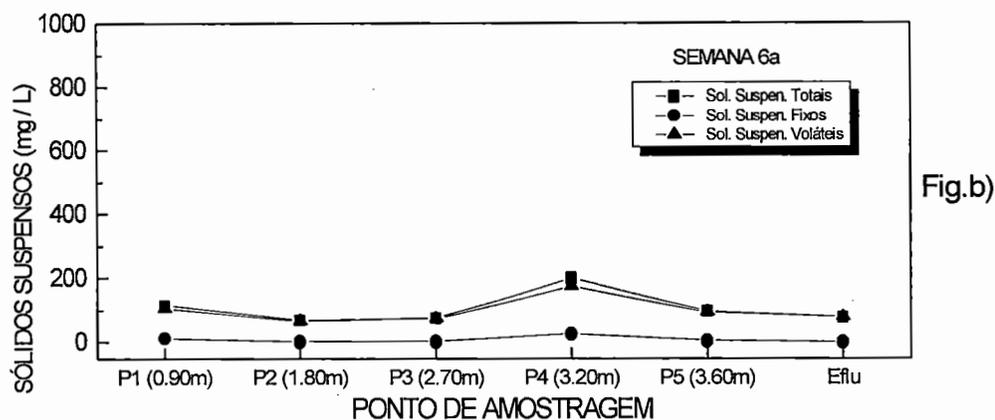


Fig. b)

FIGURA 5.2. Resultados da concentração dos Sólidos em Suspensão ao longo da altura do reator, na etapa inicial de operação. a) 19/10/95 e b) 16/11/95

A Figura 5.3 a) e b) mostra a concentração de Sólidos Suspensos: Totais, Fixos e Voláteis no reator, na décima e na décima-segunda semana de funcionamento, respectivamente.

Observam-se concentrações elevadas de Sólidos Suspensos Totais, Fixos e Voláteis, no Ponto No. 1 (a 0.90m do fundo do reator). Este lodo apresentava aspecto viscoso e acinzentado, características essas inadequadas para a promoção do tratamento efetivo de águas residuárias.

Observa-se, ainda, que a concentração de lodo nos demais pontos de amostragem permaneceu baixa no período.

Destaca-se, também, que o reator não foi inoculado, o que, sem dúvida, influenciou na demora da partida. Mas esta resposta lenta da partida pela não inoculação não é uma limitante, para a aplicação do reator pois mesmo lenta, tem-se demonstrado que é possível dar partida sem inóculo quando este não está disponível. (VAN HAANDEL & LETTINGA 1994)

Durante esta etapa foi realizada, também, a caracterização do afluente. Pode-se observar que o esgoto é muito variável ao longo do dia (Tabela 4.1). Os valores médios obtidos, no entanto, encontram-se dentro das faixas de valores de esgotos sanitários encontrados na literatura, conforme apresentados anteriormente na Tabela 3.3.

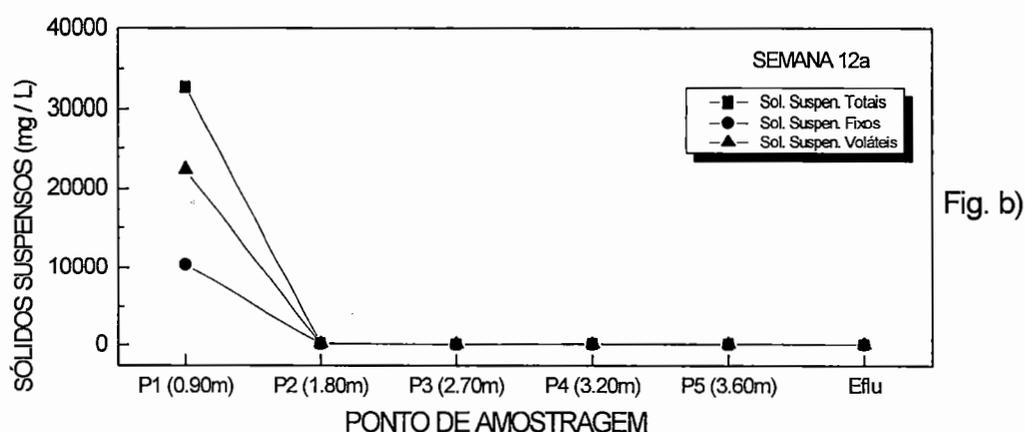
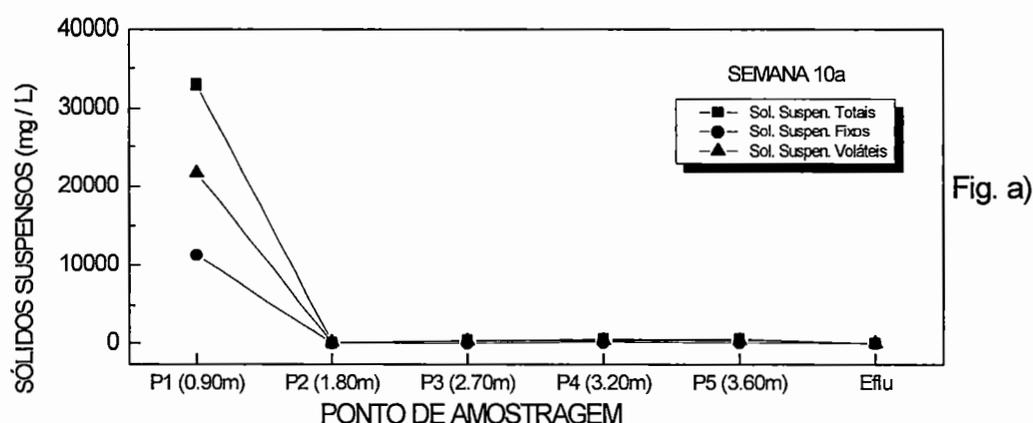


FIGURA 5.3. Resultados da concentração dos Sólidos em Suspensão ao longo da altura do reator, na etapa inicial de operação.
a) 07/12/95 e b) 19/12/96

5.2.- ESTUDO COM AMOSTRAS COMPOSTAS E PONTUAIS

Este estudo foi realizado durante cinco semanas, quando o reator estava sendo operado com TDH de 8 horas, com o objetivo de se avaliar a significância da amostragem pontual, em horário escolhido, em relação a amostragem composta, bem como os possíveis erros da adoção de amostragem pontual. Os resultados dos parâmetros analisados em laboratório, durante este estudo, são apresentados no Anexo B.

pH.-

A Figura 5.4 a) e b) mostra os valores de pH durante o ensaio de amostragem composta e pontual.

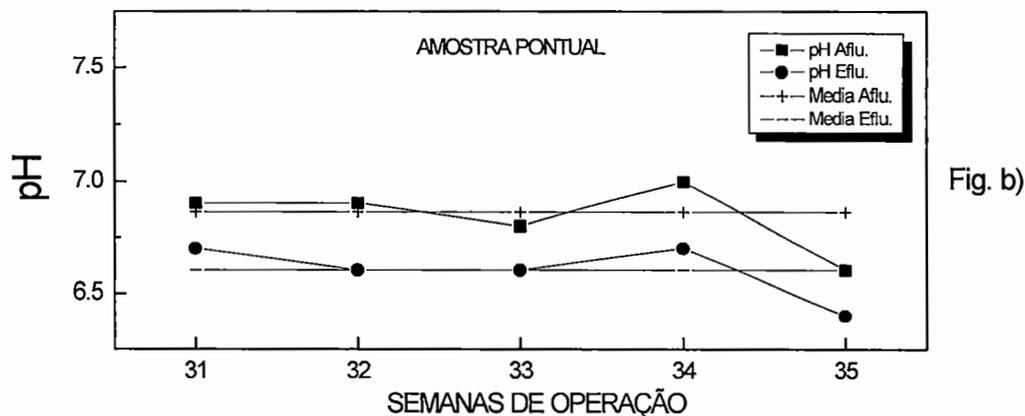
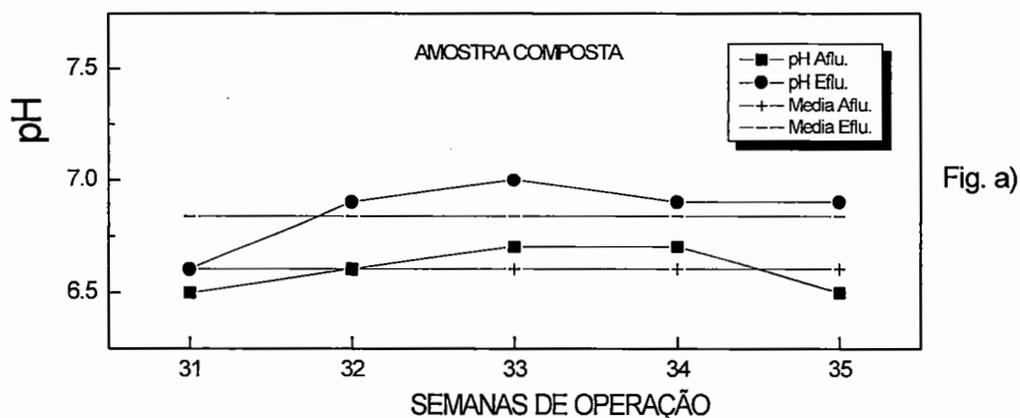


FIGURA 5.4. Valores de pH das amostras: a) compostas e b) pontuais

Para as amostras compostas, os valores de pH afluente sempre foram menores que os do pH efluente, enquanto que para as amostras pontuais, ocorreu o inverso. Os valores médios nas amostras compostas foram 6,6 no afluente e 6,8 no efluente. Nas amostras pontuais, os valores médios foram 6,8 no afluente e 6,6 no efluente.

Esse resultado indica que ocorreu acidificação das amostras durante o período de coleta de amostras compostas.

Os valores médios no afluente das amostras compostas e pontuais encontram-se dentro da faixa dos valores de pH, para esgotos sanitários, encontrados na literatura.

ALCALINIDADE.-

Na Figura 5.5 a) e b) mostram-se os resultados das análises de Alcalinidade: Total, Parcial e Intermediária, das amostras compostas e pontuais.

Pode-se observar que os valores de Alcalinidade Total das amostras compostas foram similares aos das amostras pontuais quando medidos no mesmo dia, sendo que as amostras compostas apresentaram pequena amplitude de variação para as diferentes formas de Alcalinidade.

Os valores médios no afluente, para as amostras compostas e para as amostras pontuais, foram de 147 mg/L e 167 mg/L respectivamente, valores esses dentro dos valores típicos para esgotos sanitários “fortes” e “médios” conforme pode ser verificado na literatura, Tabela 3.3.

Os valores médios dos efluentes foram mais próximos em ambas as amostras, respectivamente iguais a 185 mg/L na composta e 193 mg/L na pontual.

Em geral, os valores de Alcalinidade Total e Parcial no efluente foram maiores que os valores no afluente. A geração de alcalinidade no reator, neste caso refletido pelos dados de alcalinidade parcial, permitem admitir sua estabilidade operacional no período.

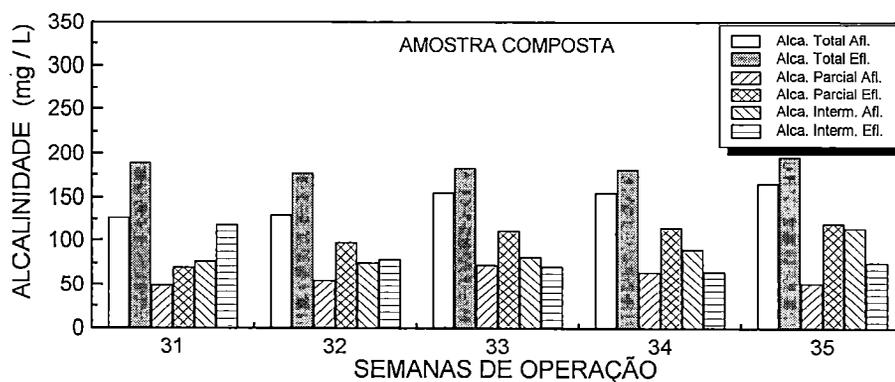


Fig. a)

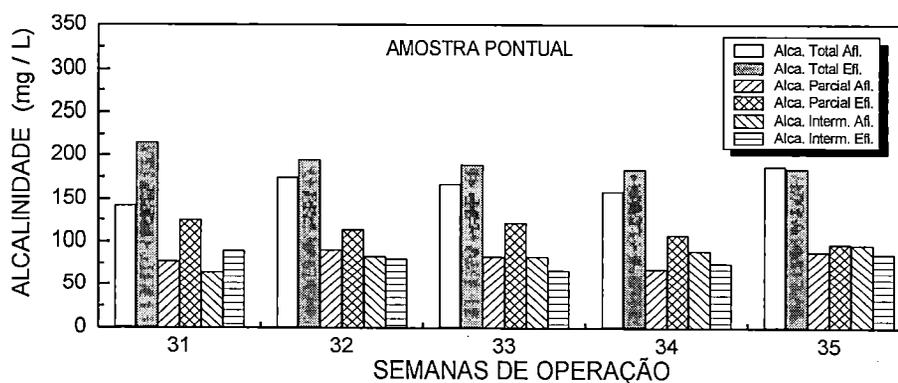


Fig. b)

FIGURA 5.5. Valores de Alcalinidade Total, Parcial e Intermediária das amostras: a) compostas, b) pontuais

ÁCIDOS VOLÁTEIS.-

A Figura 5.6 a) e b), mostra os resultados de Ácidos Voláteis das amostras compostas e pontuais.

Apesar da concentração de Ácidos Voláteis apresentar maior variação no afluente das amostras compostas (47 e 81 mg/L) quando comparado com o afluente da amostra pontual e (52 e 71 mg/L), os valores médios no efluente são iguais a 18,0 mg/L para ambos os tipos de amostragem.

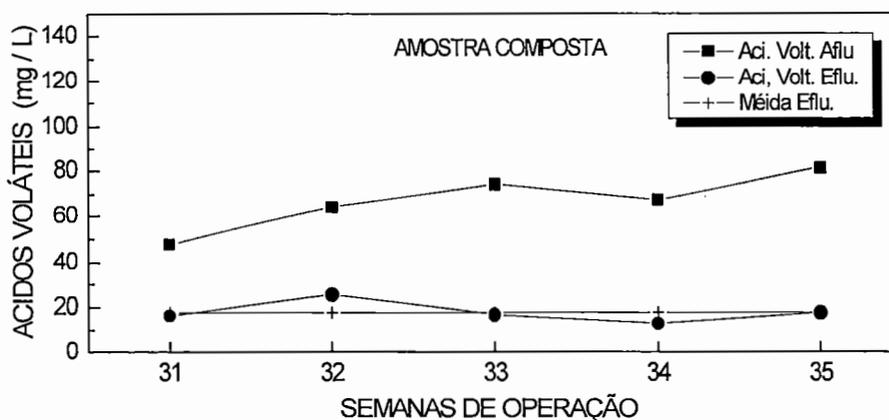


Fig. a)

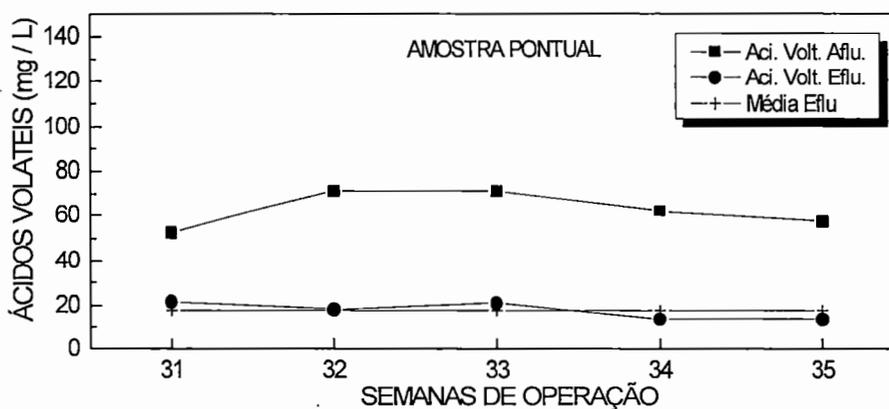


Fig. b)

FIGURA 5.6 Valores de Ácidos Voláteis das amostras a) compostas b) pontuais

Os valores maiores de ácidos voláteis nas amostras compostas do afluente indicam a provável ocorrência de acidificação dessas amostras durante e após a coleta. Obviamente, os resultados dos efluentes indicam não apenas a estabilidade do reator como, também, o fato de que efluentes tratados dificilmente estão sujeitos a sofrer acidificação significativa. Assim, o fato de os valores obtidos para as amostras compostas serem muito próximos aos das amostras pontuais justifica-se plenamente.

DQO Total.-

Na Figura 5.7 a) e b), são apresentados os resultados de DQO Total obtidos nas amostras compostas e pontuais.

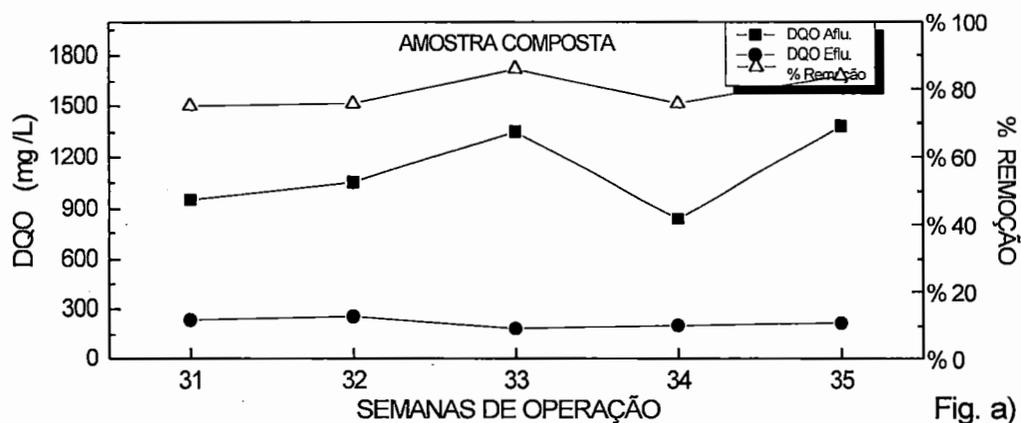


Fig. a)

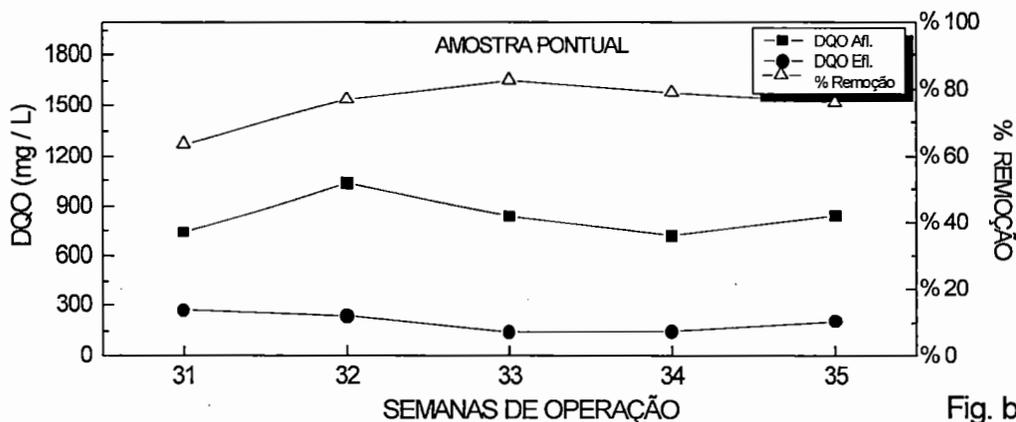


Fig. b)

FIGURA 5.7 Valores da DQO Total das amostras: a) compostas, b) pontuais

Nota-se que os valores de DQO Total no afluente nas amostras compostas sempre foram maiores que as do afluente nas amostras pontuais, indicando a ocorrência de descargas concentradas ao longo do dia. Essa amplitude de variação já havia sido verificada anteriormente, na etapa de caracterização dos esgotos sanitários realizada por Eng^o Mario Rebello, conforme pode ser verificado na Tabela 4.1.

Nas amostras compostas, os valores de DQO Total variaram entre 836 e 1382 mg/L, enquanto que, nas pontuais, obteve-se variação entre 720 e 1036 mg/L.

No efluente, os valores foram muito próximos, oscilando entre 187 e 257 mg/L nas compostas e 152 e 268 mg/L nas pontuais, obtendo-se remoções médias de 79% e 76% para as amostras compostas e pontuais, respectivamente. Observa-se que a eficiência média de remoção para amostras compostas é ligeiramente superior à apresentada por amostras pontuais. Nessas condições, a adoção de amostragem pontual, dependendo do horário em que for feita, pode fornecer dados seguros sobre o desempenho do reator.

DQO Filtrada.-

A Figura 5.8 a) e b) mostra os resultados da DQO Filtrada das amostras compostas e pontuais.

Nota-se que os valores da DQO Filtrada das amostras compostas apresentaram menor amplitude de variação que os valores das amostras pontuais, no que se refere ao afluente, contrariamente ao que ocorreu com a DQO Total (Figura 5.7 a e b).

Os valores da DQO Filtrada no efluente oscilaram entre 53 e 99 mg/L nas amostras compostas e entre 71 e 128 mg/L nas amostras pontuais, obtendo-se eficiência média de remoção de 82% nas amostras compostas e de 79% nas pontuais.

As observações sobre o desempenho do sistema são válidas, também, para os valores de DQO Filtrada.

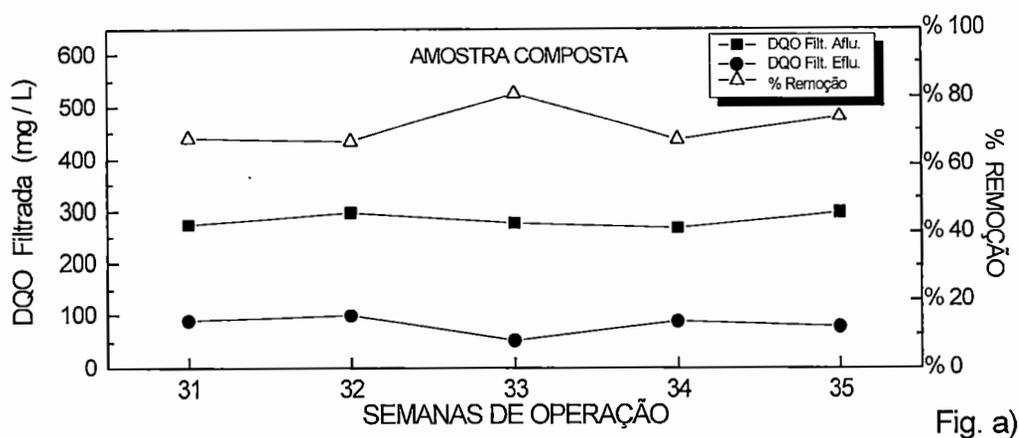


Fig. a)

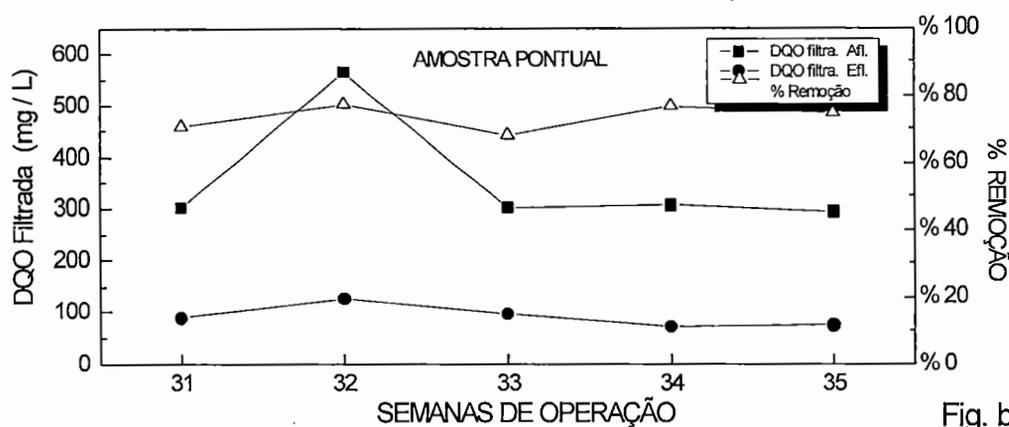


Fig. b)

FIGURA 5.8 Valores da DQO Filtrada das amostras a) compostas, b) pontuais

DBO.-

A Figura 5.9 a) e b) mostra os resultados da DBO, nas amostras compostas e pontuais.

Os valores de DBO no afluente das amostras compostas apresentaram amplitude de variação menor (650 e 819 mg/L) que os apresentados por amostras pontuais (354 e 935 mg/L). Os valores de DBO afluente são maiores que os encontrados na literatura (Tabela 3.3).

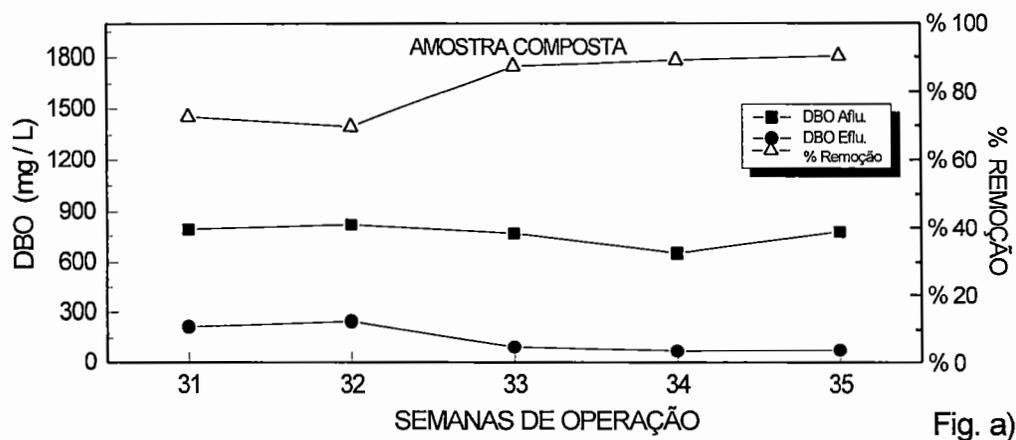


Fig. a)

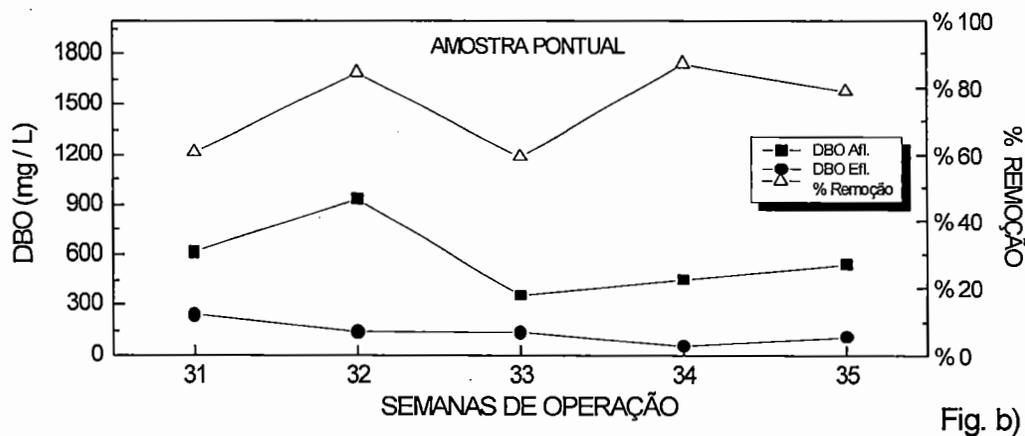


Fig. b)

FIGURA 5.9 Valores da DBO das amostras: a) compostas, b) pontuais

Os valores médios no efluente foram semelhantes, sendo 142 mg/L nas amostras compostas e 141 mg/L nas pontuais. Os resultados no efluente oscilaram entre 71 e 248 mg/L nas amostras compostas e entre 58 e 241 mg/L nas amostras pontuais, fornecendo valores médios de remoção de 82% e 74%, nas amostra compostas e pontuais, respectivamente.

Com maior razão, a amostragem pontual representou melhor o desempenho mais desfavorável do reator que a amostragem composta.

NITROGÊNIO.-

A Figura 5.10 a) e b), mostra os resultados do Nitrogênio no ensaio de amostragem composta e pontual.

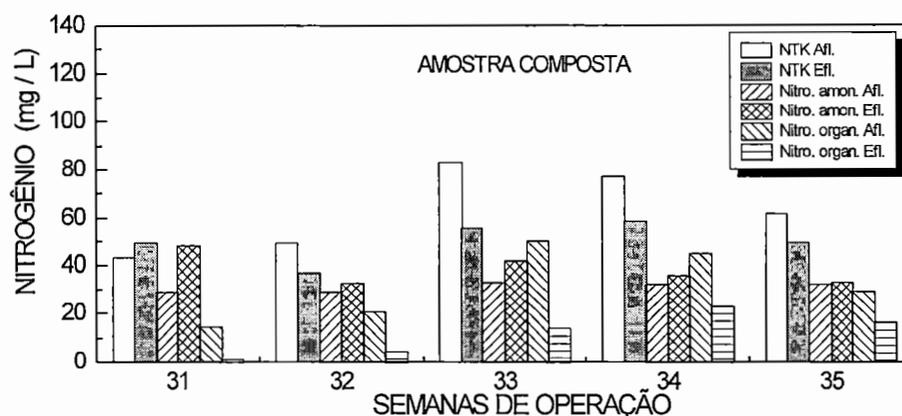


Fig. a)

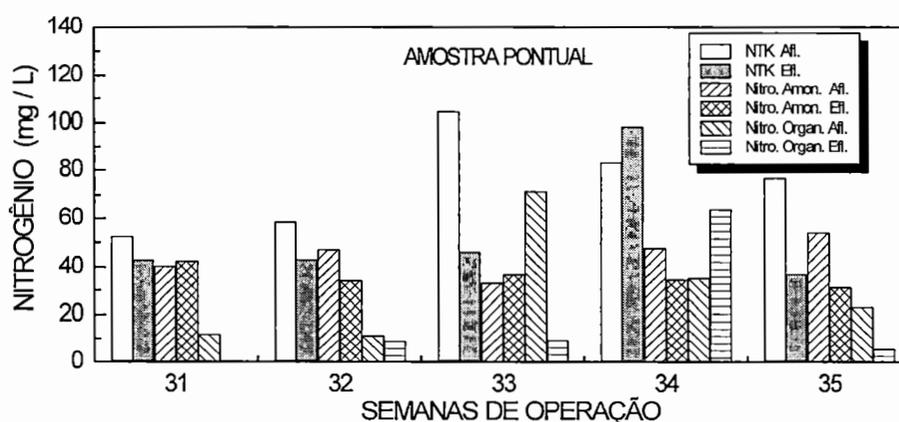


Fig. b)

FIGURA 5.10 Valores de Nitrogênio Total, Amoniacal e Orgânico das amostras: a) compostas, b) pontuais

Os resultados das amostras compostas e pontuais foram muito variáveis. Estas variações na amostragem pontual indicam a provável ocorrência, ao longo do dia, de maiores concentrações de proteínas no afluente.

Os valores de concentração de Nitrogênio Total afluente das amostras compostas estiveram dentro dos valores máximos e médios encontrados na literatura, variando entre 43 e 83 mg/L. Nas amostras

pontuais, a amplitude de variação das concentrações no afluente estiveram fora dos valores típicos encontrados na literatura variando entre 52 e 105 mg/L.

A pesar das variações no afluente entre as amostras compostas e pontuais, os valores médios no efluente estiveram muito próximos sendo de 50 mg/L na composta e 54 mg/L na pontual.

FÓSFORO.-

A Figura 5.11 a) e b), mostra os resultados de Fósforo no ensaio de amostragem composta e pontual.

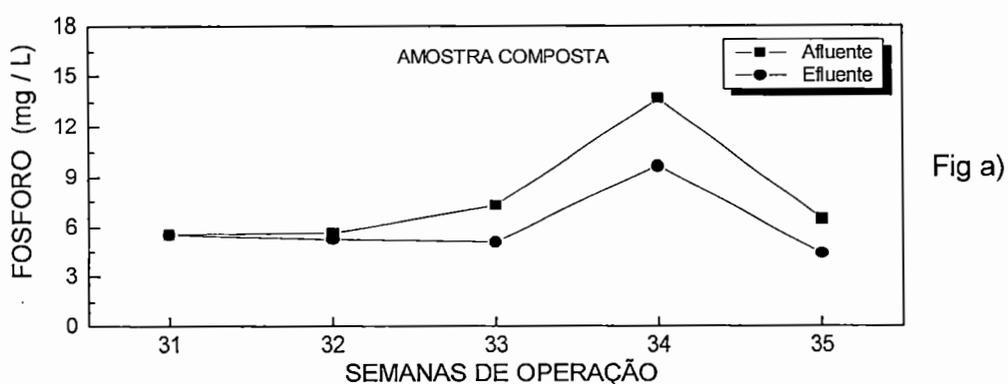


Fig a)

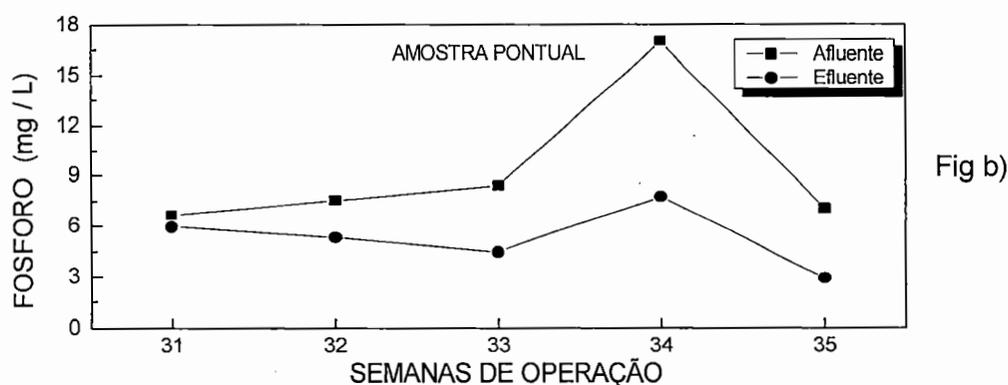


Fig b)

FIGURA 5.11 Valores de Fosfato das amostras: a) compostas e b) pontuais

Pode-se observar que os valores de concentração dos afluentes de Fósforo nas amostras pontuais (7 e 17 mg/L) foram pouco maiores que os

apresentados por amostras compostas (6 e 14 mg/L) valores esses muito semelhante aos encontrados na literatura.

Quanto aos efluentes, os valores apresentados pelas amostras compostas (4 e 10 mg/L) foram pouco maiores que os apresentados pelas amostras pontuais (3 e 8 mg/L).

Durante o ensaio de amostragens compostas e pontuais, observou-se que o afluente apresentou menor amplitude de variação das suas características físico-químicas nas amostragens compostas que nas pontuais, para os parâmetros: pH, Alcalinidade, DQO Filtrada, DBO, Nitrogênio e Fósforo.

Nos Parâmetros: DQO Total, e Ácidos Voláteis, observou-se uma melhor estabilidade do afluente nas amostras pontuais que para as amostras compostas.

Na proporção DQO:N:P, o Nitrogênio, na amostras compostas encontra-se na proporção ótima, em quanto que nas amostras pontuais, o valor médio da concentração de Nitrogênio é um pouco maior que os valores encontrados na literatura para esgotos sanitários. Os valores médios de Fósforo nas amostras compostas estiveram um pouco menor que os valores dentro da proporção, mas na amostra pontual o valor médio encontra-se dentro da proporção.

Na literatura não se recomenda a amostragem pontual para o monitoramento de um sistema de tratamento de águas residuárias. Neste trabalho pode-se dizer que os resultados médios obtidos nas amostras compostas não foram muito diferentes dos resultados obtidos através do monitoramento realizado regulamente através de amostragem pontual.

Encontraram-se algumas variações em alguns parâmetros, no mesmo dia de amostragem, mas em geral os resultados foram similares.

5.3.- ESTUDO DA VARIAÇÃO DIÁRIA DAS CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS

O comportamento do reator foi avaliado através de duas amostragem no dia: pela manhã e à tarde, durante uma semana. As análises foram feitas nos afluentes e efluentes e ao longo da altura do reator. Os resultados obtidos neste estudo encontram-se apresentados no Anexo C.

pH.-

A Figura 5.12 a) e b) mostra os resultados de pH desse ensaio durante a semana.

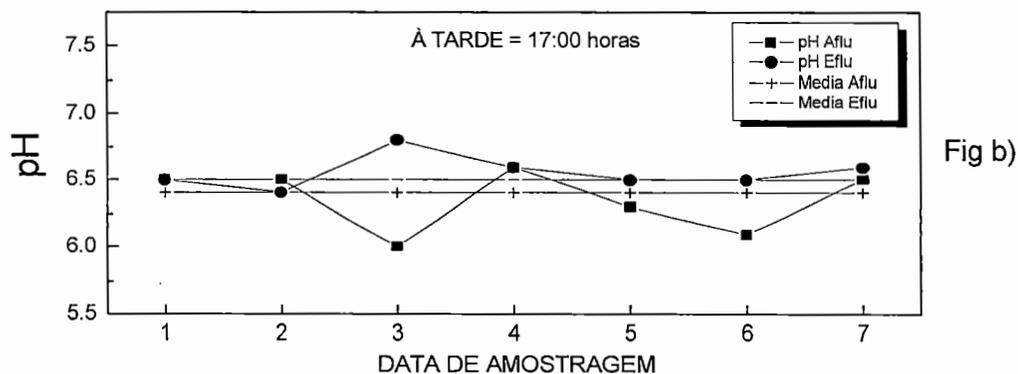
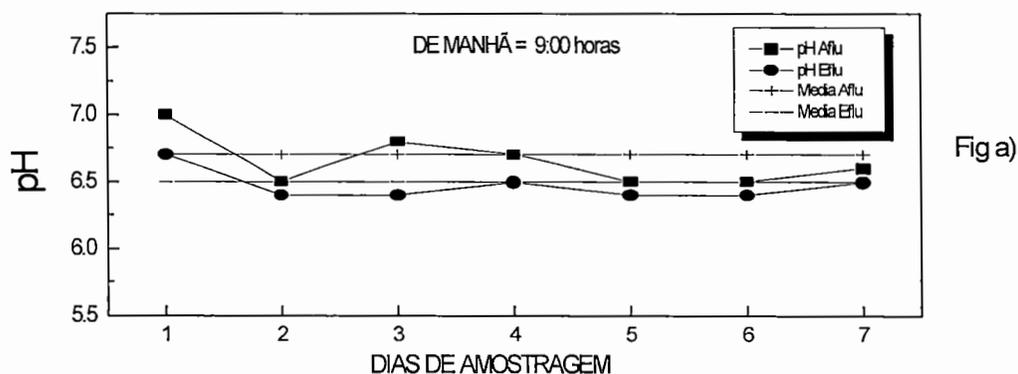


FIGURA 5.12 Valores de pH, durante a semana. a) de manhã e b) à tarde

Durante a manhã, o pH afluente sempre foi maior que o pH efluente (Figura 5.12-a). À tarde, o pH afluente foi mais variável e apresentou valores menos que o pH efluente. Os valores médios no afluente estiveram entre 6,7 pela manhã e 6,4 à tarde e no efluente entre 6,5 pela manhã e 6,6 à tarde. No efluente, a amplitude de variação foi pequena, sendo que as médias pela manhã e à tarde foram semelhantes e iguais a 6,5 e 6,6, respectivamente. À tarde, os valores médios do pH afluente e efluente foram mais próximos que à tarde (Figura 5.12-b).

ALCALINIDADE.-

A Figura 5.13 a) e b) mostra os resultados de Alcalinidade das variações diárias durante a semana.

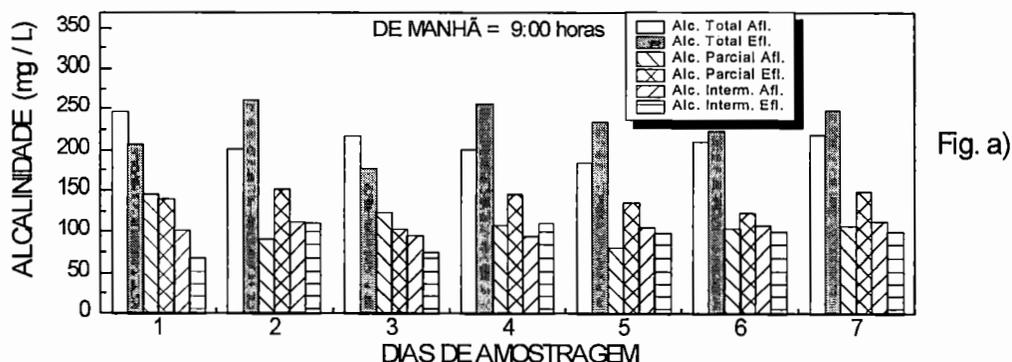


Fig. a)

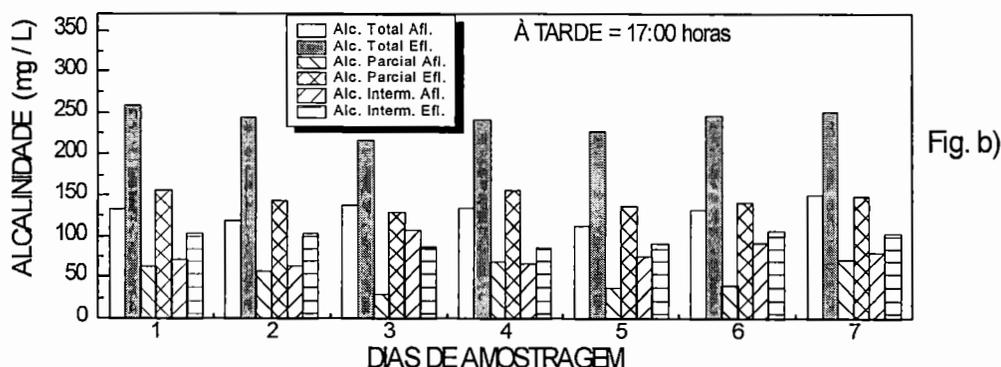


Fig. b)

FIGURA 5.13 Valores diárias de Alcalinidade Total, Parcial e Intermediária, durante uma semana. a) de manhã e b) à tarde

Observa-se que os valores da Alcalinidade Total, Parcial e Intermediária afluentes foram maiores pela manhã que à tarde. Os valores médios afluentes da Alcalinidade total foram 211 mg/L, pela manhã e 131 mg/L, à tarde. Os valores médios dos efluentes estiveram próximos sendo de 229 mg/L, pela manhã e 241 mg/L à tarde.

Apesar de os valores no afluente serem muito variáveis, os valores médios de Alcalinidade Total no efluente pela manhã e à tarde foram próximos, indicando estabilidade operacional do reator.

ÁCIDOS VOLÁTEIS.-

A figura 5.14 a) e b) apresenta os resultados de Ácidos Voláteis obtidos no estudo da variação diária, durante uma semana.

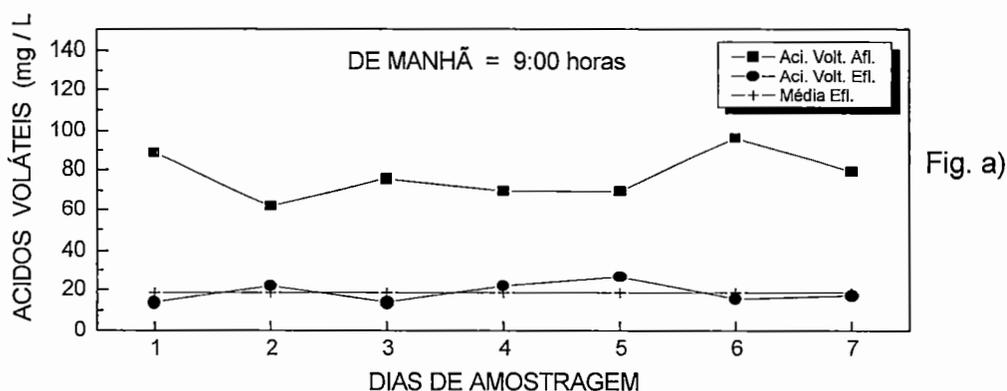


Fig. a)

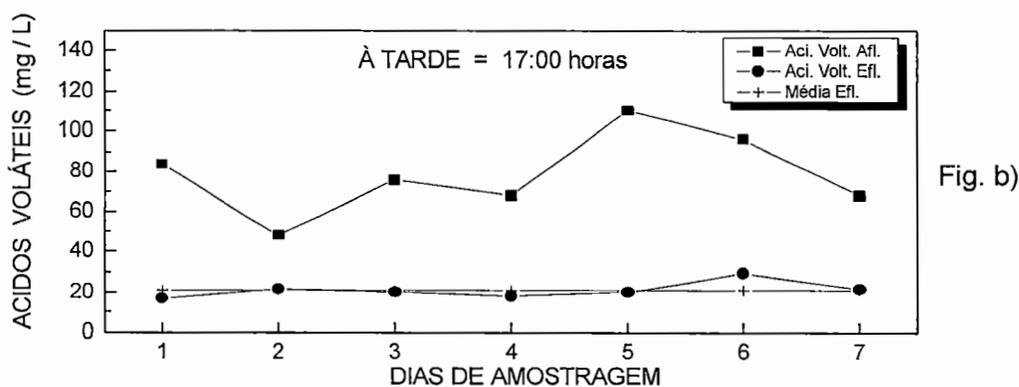


Fig. b)

FIGURA 5.14 Variação diária de Ácidos Voláteis do Afluente e Efluente, durante a semana.

Pode-se observar que os valores de Ácidos Voláteis afluentes à tarde (48 - 110 mg/L) apresentaram maior amplitude de variação que pela manhã (62 - 96 mg/L). Os valores da concentração no afluente são pouco representativos, pois refletem o que ocorre no sistema de coleta de esgotos.

Os valores dos Ácidos Voláteis efluentes, tanto pela manhã quanto à tarde, foram pouco variáveis, tendo-se como valores médios 19 e 21 mg/L, respectivamente.

DQO Total.-

A Figura 5.15 a) e b) mostra os resultados da DQO Total, no estudo da variação diária, durante a semana.

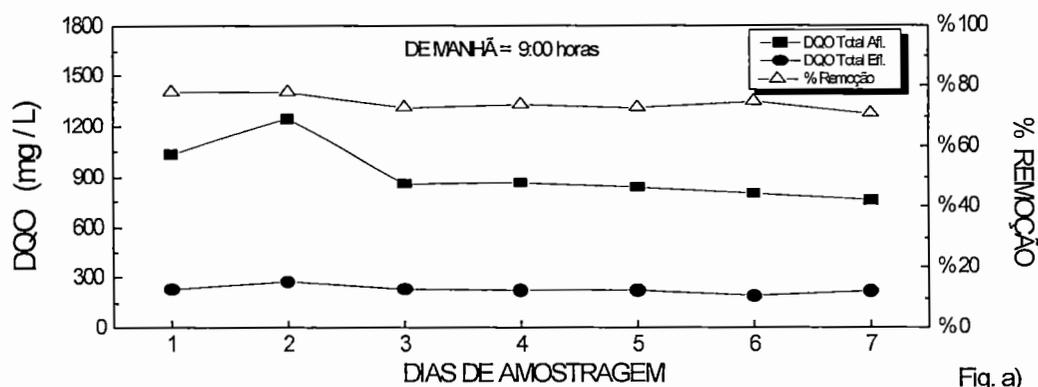


Fig. a)

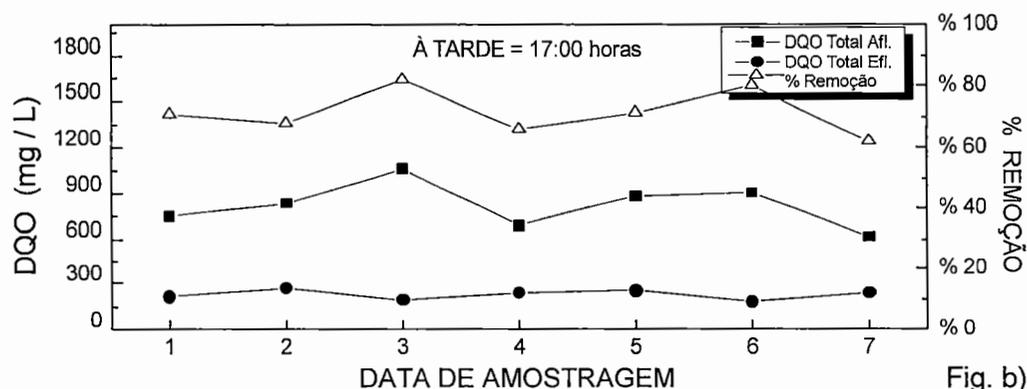


Fig. b)

FIGURA 5.15 Variações diárias da DQO Total durante a semana. a) de manhã e b) à tarde

Observa-se que a DQO Total afluente é muito variável, tanto pela manhã quando à tarde, variando entre 762 e 1250 mg/L pela manhã e entre 617 e 1063 mg/L à tarde,. Os valores médios no efluente estiveram entre 231 pela manhã e 228 mg/L à tarde. Confirmando os resultados anteriores, os valores no efluente sempre foram muito próximos (196 a 275 mg/L de manhã e 185 a 286 mg/L à tarde).

As eficiências médias de remoção neste ensaio foram de 75% e 71%, pela manhã e à tarde respectivamente.

DQO Filtrada.-

Na Figura 5.16 a) e b) mostram-se os resultados das variações diárias do parâmetro DQO Filtrada, durante uma semana.

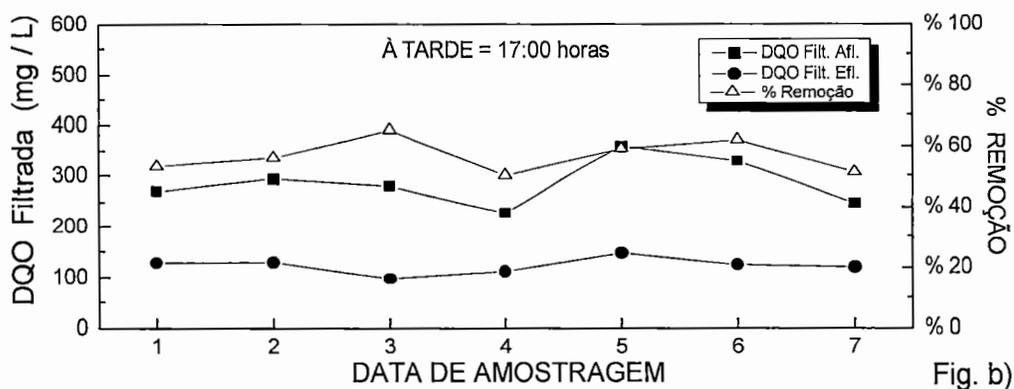
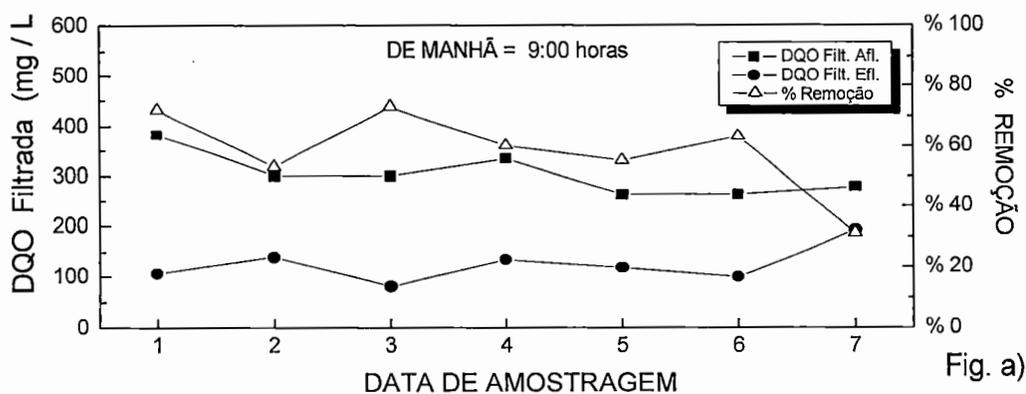


FIGURA 5.16 Variações diárias da DQO Filtrada, durante uma semana, a) de manhã e b) à tarde

Observa-se grande amplitude de variação nos valores de DQO filtrada afluente e efluente, pela manhã e à tarde, ao longo dos dias da semana

Os valores do efluente pela manhã estiveram entre 80 e 192 mg/L, à tarde entre 98 e 147 mg/L, sendo os valores médios de 124 mg/L pela manhã e 123 mg/L, à tarde.

Os valores da eficiência média de remoção, nesse período de observação, foram de 58% pela manhã e 57 % à tarde, valores baixos se comparados com o valores médios do ensaio de amostragem composta e pontual (71 e 73 % respectivamente), com igual TDH de 8 h, bem como com os valores obtidos ao longo de todo o período de monitoramento. Observa-se que tanto os resultados obtidos para o afluente como para o efluente são similares pela manhã e à tarde.

NITROGÊNIO.-

A Figura 5.17 a) e b) apresenta os resultados do Nitrogênio obtidos no estudo da variação diária durante uma semana.

Os valores de Nitrogênio Total apresentaram maior amplitude de variação pela manhã que à tarde. Esses valores variaram entre 34 e 74 mg/L pela manhã e entre 28 e 55 mg/L à tarde.

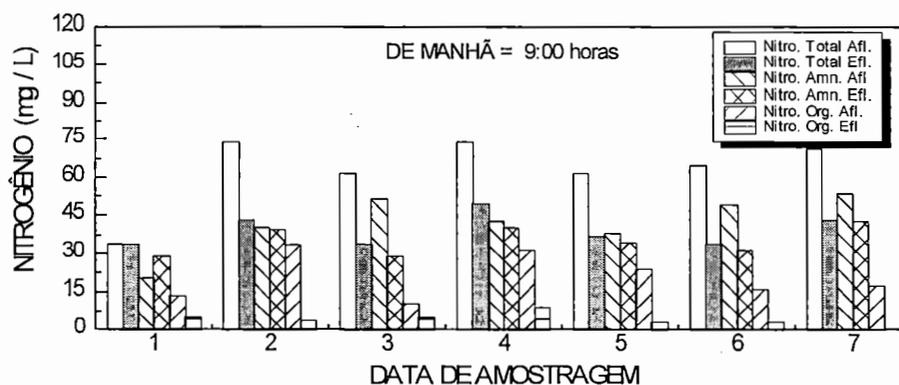


Fig. a)

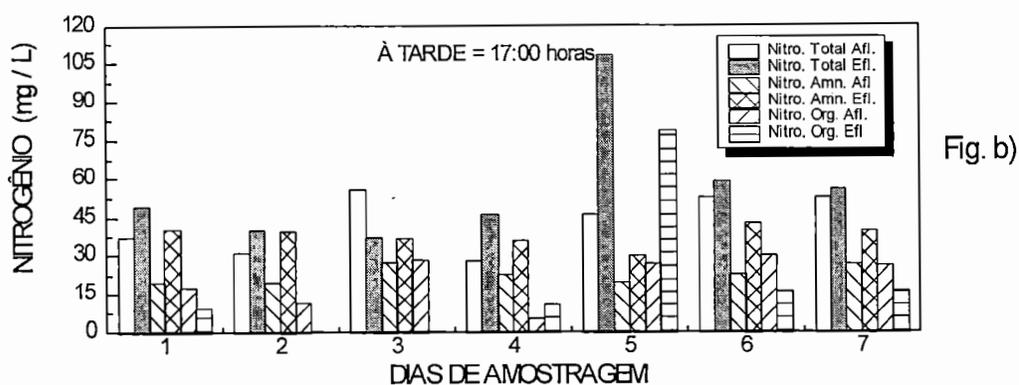


FIGURA 5.17 Variações diárias de Nitrogênio: Total, Amoniacal e Orgânico durante uma semana, a) de manhã e b) à tarde

FÓSFORO.-

A Figura 5.18 a) e b) mostra os resultados de Fósforo obtidos no estudo da variação diária, realizada durante uma semana.

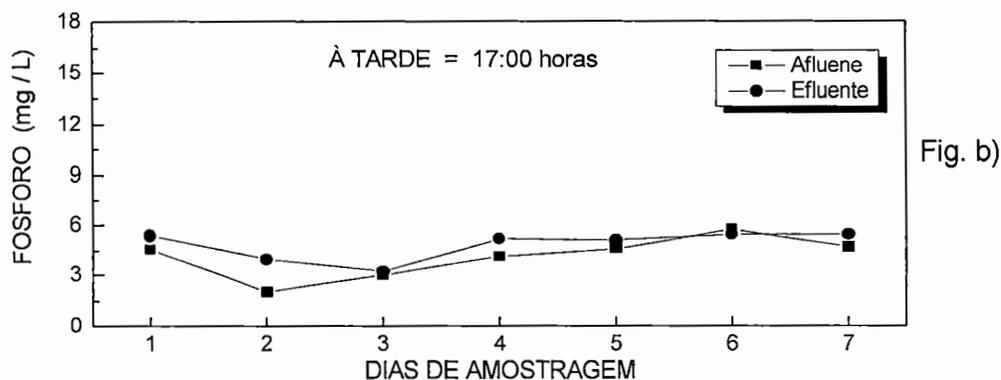
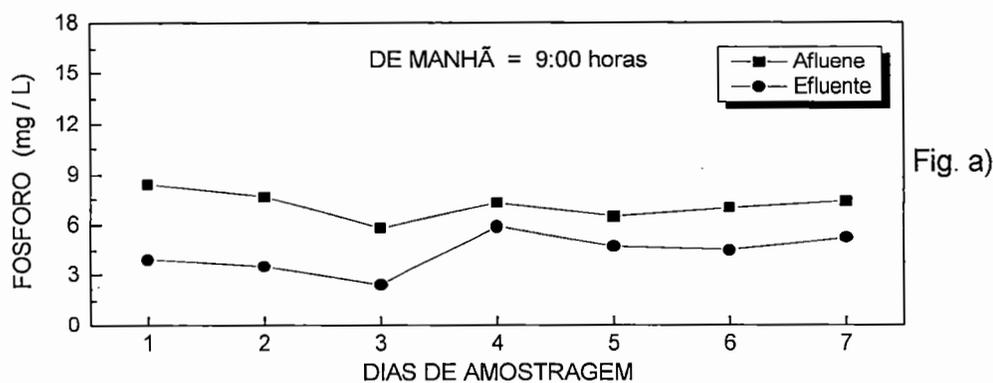


FIGURA 5.18 Valores de Fósforo Afluente e Efluente, durante a semana. a) de manhã, b) à tarde.

Observou-se que a concentração de Fósforo afluente foi, em geral, maior pela manhã que à tarde, sendo que à tarde as concentrações nos efluentes eram superiores que às do afluente. A amplitude de variação pela manhã foi menor que à tarde.

Durante o ensaio da variação diária, realizada durante uma semana, pôde-se observar que os afluentes foram mais constantes pela manhã que à tarde para a maioria dos parâmetros. Mesmo ocorrendo este fato, os valores dos efluentes sempre estiveram próximos, tanto para as medidas realizadas de manhã quanto para as realizadas à tarde.

5.4. DESEMPENHO DO REATOR

5.4.1. PARÂMETROS MONITORADOS NO AFLUENTE E NO EFLUENTE

Dentro deste item serão apresentados e analisados os resultados obtidos em laboratório, de todos os parâmetros monitorados ao longo dos seis meses de amostragem

Nas Tabelas D-1, D-2, D-3 e D-4, do Anexo D, encontram-se os resultados das análises físico-químicas.

A Figura 5.19 apresenta os valores de Temperatura do ar, durante o período de amostragem.

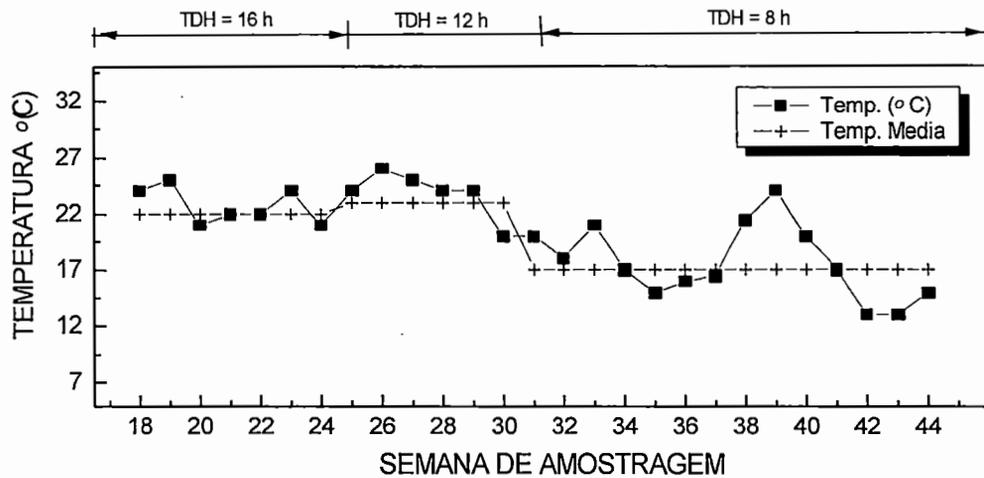


FIGURA 5.19 Valores de Temperatura do ar durante todo o período de monitoramento. Fonte: Adaptado de Estação do CRHEA.

Observa-se que os menores valores de temperatura do ar ocorreram no período em que o reator estava sendo operado com o menor TDH.

pH.-

A Figura 5.20 apresenta os valores de pH, durante todo o período de amostragem.

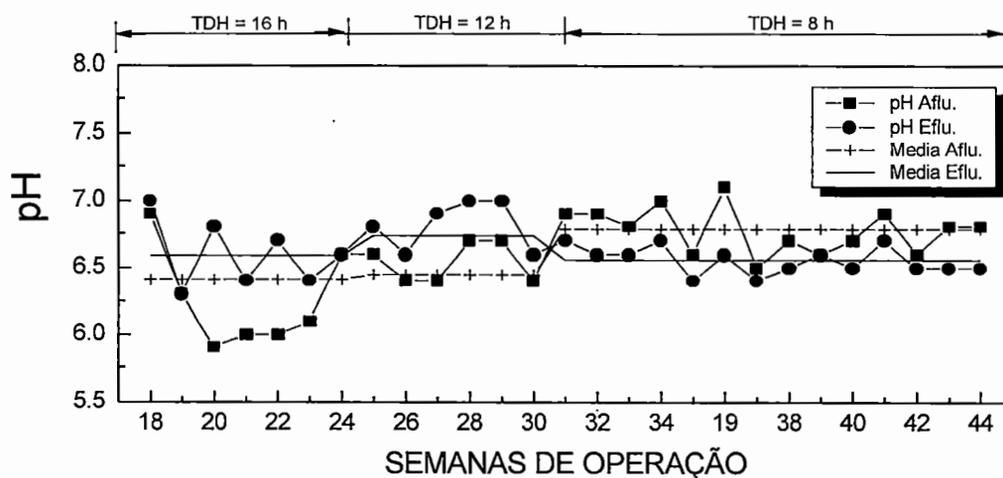


FIGURA 5.20 Valores de pH durante todo o período de amostragem

Os valores de pH afluente, durante o período de seis meses de monitoramento, variaram entre 5,9 e 7,1, enquanto que o pH efluente variou entre 6,3 e 7,0 (Figura 5.20).

Durante as treze primeiras semanas desta etapa, o pH efluente sempre foi maior que o afluente (TDH de 16 horas durante sete semanas, e TDH de 12 horas durante seis semanas). Nas quatorze semanas restantes, o pH efluente foi menor que o pH afluente (TDH de 8 horas).

Embora o pH do efluente tenha passado a ser inferior ao do afluente a partir da 31ª semana, esse abaixamento não foi drástico, sendo que o valor médio no efluente, neste período, foi de 6,6.

O menor valor de pH do efluente obtido para TDH de 8 horas indica que o reator possivelmente operou em condições não ideais nessa etapa, se comparado com o pH das etapas anteriores.

ALCALINIDADE.-

Na Figura 5.21 apresentam-se os valores médios de Alcalinidade nos diferentes períodos em função do TDH.

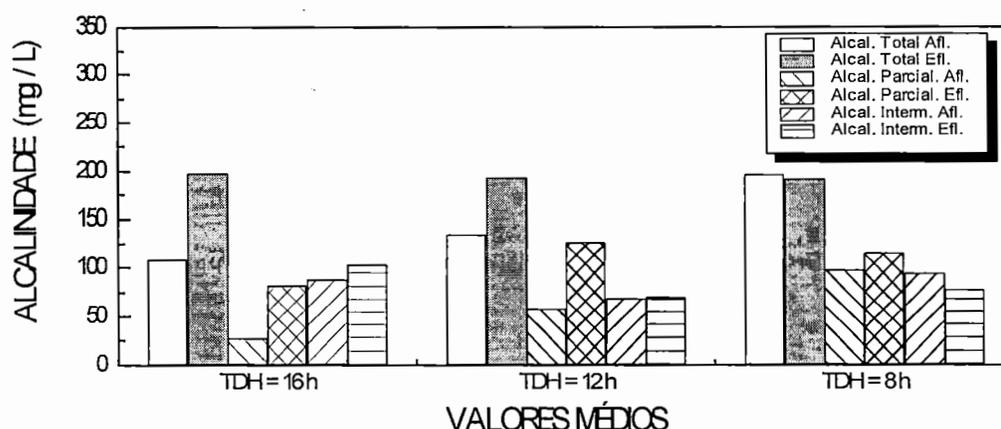


FIGURA 5.21 Valores médios de Alcalinidade Total, Parcial e Intermediária

Os valores da alcalinidade afluente foram muito variáveis ao longo de todo o período, oscilando entre 84 mg/L e 249 mg/L.

Pode-se observar que a Alcalinidade Total afluente variou muito nos três períodos, (TDH= 16h, 12h, 8h), mantendo-se praticamente constante no efluente.

Os valores de Alcalinidade Parcial no afluente foram sempre menores que os dos efluentes, sendo que com TDH de 8h a diferença entre afluente e efluente não foi tão significativa, quanto para com TDH 16h e 12h.

Por outro lado, no que se refere à Alcalinidade Intermediária, tanto o afluente quanto o efluente apresentaram valores variáveis para os diferentes TDH. Mesmo assim, com TDH de 8h, a Alcalinidade Intermediária apresentou-se menor para o efluente que para o afluente.

ÁCIDOS VOLÁTEIS.-

A Figura 5.22 mostra os resultados de Ácidos Voláteis, obtidos durante o período de monitoramento.

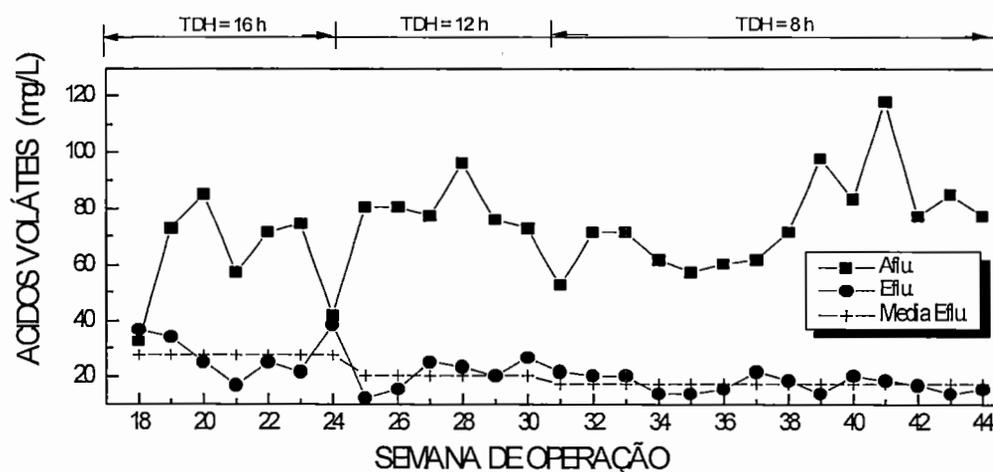


FIGURA 5.22 Valores de Ácidos Voláteis durante todo o período de monitoramento

Os valores de ácidos voláteis no afluente oscilaram entre 32 a 130 mg/L, sendo que os valores médios nos períodos dos diferentes TDH foram muito próximos.

Os valores de ácidos voláteis no efluente estiveram entre 14 e 39 mg/L. Os valores médios nos diferentes períodos foram: 27, 20, e 17 mg/L, para TDH de 16 h, 12 h e 8 h, respectivamente.

Pode-se observar no gráfico da Figura 5.22 que apesar de os valores Ácidos Voláteis afluentes terem se apresentado muito variáveis, os valores de Ácidos Voláteis no efluente diminuíram gradativamente ao longo do período experimental, atingindo o menor valor na última etapa experimental, apesar dos possíveis efeitos adversos de temperatura e baixo TDH.

DQO Total.-

A Figura 5.23 mostra os resultados de DQO Total obtidos durante o período de monitoramento.

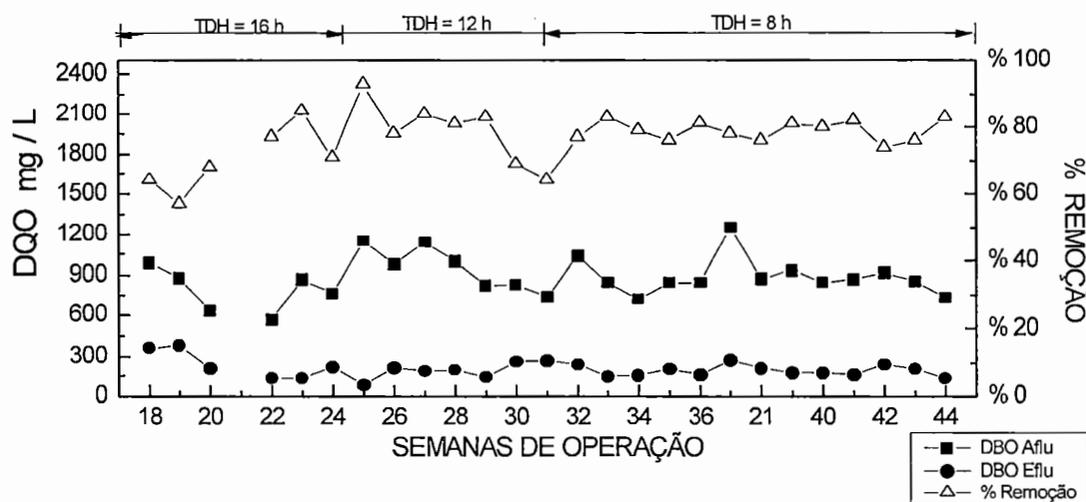


FIGURA 5.23 Valores de DQO Total: Afluente e Efluente durante todo o período de amostragem

Observa-se que a DQO afluente apresenta ampla faixa de variação ao longo de todo o período, com valores entre 563 e 1250 mg/L. A DQO Total do efluente variou entre 127 e 382 mg/L.

É importante observar que, apesar de os valores no afluente terem sido muito variáveis, os do efluente se mantiveram no intervalo entre 127 e 275 mg/L, com TDH de 8h; entre 81 e 257 mg/L, com TDH de 12h e entre 129 e 382 mg/L com TDH de 16h.

A eficiência de remoção esteve entre os valores de 57 % e 93 %, obtendo-se remoções médias com TDH de 16 h, 12 h e 8 h de 72%, 81% e 78 %, respectivamente. BARBOSA et., al., (1991), obtiveram remoção de 76% de DQO para tratamento de esgotos sanitários, após de 4 meses de operação do reator de 120 L, com TDH de 4 horas. SCHELLINDHOUT et al. (1988), operando reator de 35 m³, tratando esgotos sanitários, obtiveram remoções de DQO de 66%, com TDH de 5,2 h.

DQO Filtrada.-

A figura 5.24 mostra os resultados de DQO Filtrada, durante todo o período de amostragem.

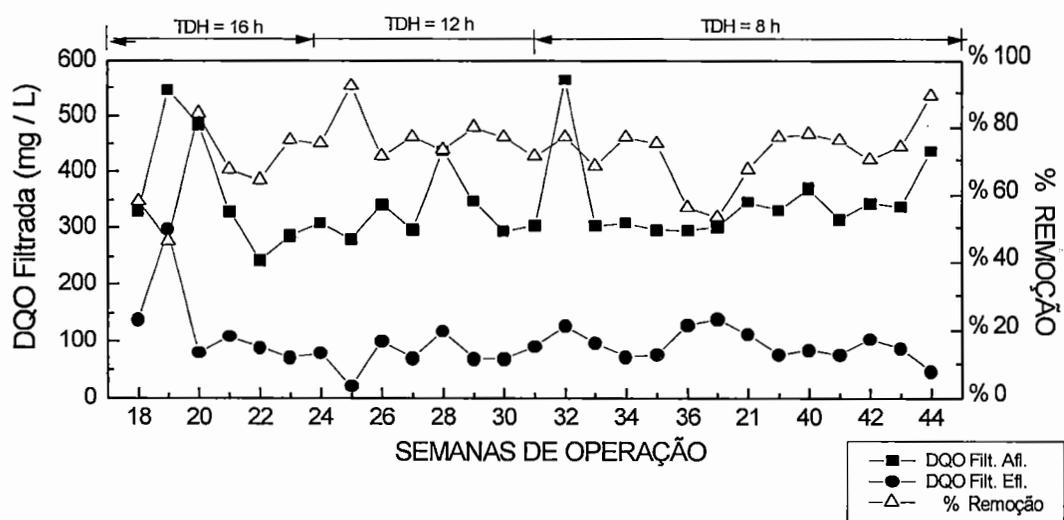


FIGURA 5.24 Valores de DQO Filtrada Afluente e Efluente durante todo o período de amostragem

Os valores da DQO Filtrada foram mais variável que a DQO Total, no que se refere ao afluente e efluente. A remoção esteve oscilante durante todo o período. Os valores no efluente estiveram entre 70 e 296 mg/L com TDH de 16h; entre 22 e 125 mg/L com TDH de 12 h; e entre 47 e 141 mg/L com TDH de 8h.

Os valores médios de remoção de DQO Filtrada obtidos foram de 66% com TDH de 16 h, e 72%, com TDH de 12h e 8 h.

As remoções médias de DQO Total sempre foram maiores que as remoções médias da DQO Filtrada. BARBOSA (1991), obteve remoções médias de DQO Total de 74% e DQO Filtrada de 52%, depois de cinco meses de operação do reator com TDH de 4 h. Para POVINELLI (1994) as remoções médias obtidas em pesquisa similar com reator compartimentado foram DQO Total de 50% e DQO Filtrada de 35%.

DBO.-

A Figura 5.25, mostra os resultados obtidos para a DBO, nos períodos com TDH de 12h e 8 h.

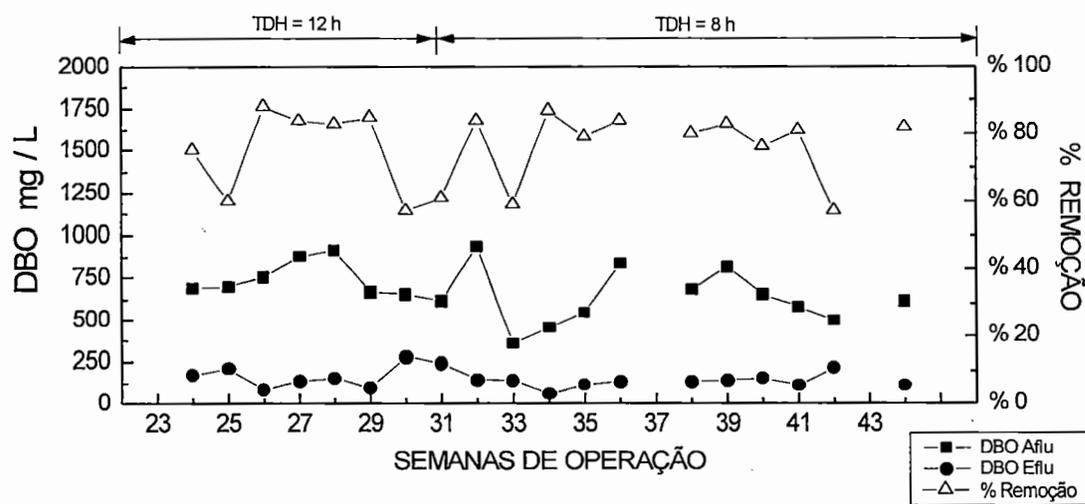


FIGURA 5.25 Valores da DBO Afluente e Efluente durante todo o período de amostragem

Os resultados da DBO mostram grande amplitude de variação, apresentando valores entre 354 e 935 mg/L no afluente. No efluente, a DBO esteve entre 88 e 278 mg/L com TDH de 12h e entre 58 e 241 mg/L, com TDH de 8h.

Os valores médios de remoção de DBO obtidos foram de 76% e 78% com TDH de 12 h e 8 h, respectivamente. SCHELLINDHOUT et al. (1988) obtiveram 80% de remoção de DBO, com TDH de 5,2 h em reator de 35 m³. Nobre et al. (1987) obtiveram remoção média de DBO, de 78%. em reator de 3,7m³. POVINELLI (1994) obteve remoção média de DBO de 70%, para reator compartimentado utilizado no tratamento de esgotos sanitários.

Os valores médios de remoção de DBO e DQO Total foram semelhantes, resultado esse também encontrado em outras pesquisas similares.

NITROGÊNIO.-

A Figura 5.26 mostra os valores médios de Nitrogênio Total Amoniacal e Orgânico, nos diferentes períodos, em função do TDH.

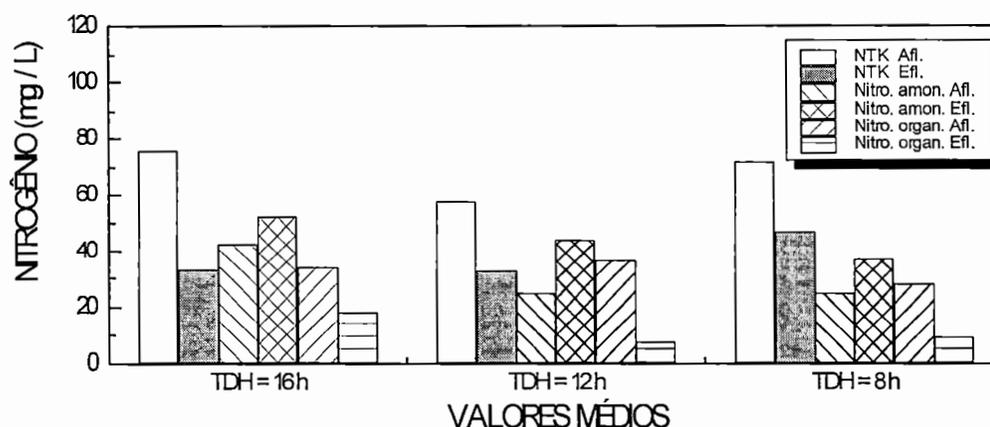


FIGURA 5.26 Valores médios mensais de Nitrogênio Total, Amoniacal e Orgânico, do Afluente e Efluente

Observa-se que os valores médios de Nitrogênio Amoniacal no efluente durante todo o período, com diferentes TDH, foram maiores que os do afluente, ocorrendo o contrário com Nitrogênio Total e Orgânico.

O Nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes no processo anaeróbio. Os valores obtidos de Nitrogênio em geral foram muito variáveis (Tabela D-4 do Anexo D). O Nitrogênio Total afluente oscilou entre 40 e 105 mg/L, e no efluente entre 34 e 99 mg/L. O Nitrogênio Amoniacal apresentou variações no afluente entre 21,0 e 54,0 mg/L e no efluente de 25 e 43 mg/L.

FÓSFORO.-

Na Figura 5.27 mostram-se os valores médios mensais de Fósforo no afluente e no efluente.

O monitoramento de Fósforo só foi realizado durante os meses de maio, junho e julho, com o reator operando com TDH de 8 horas. As variações estiveram entre 20,0 e 51,0 mg/L no afluente, e entre 7,0 e 23,0 mg/L no efluente.

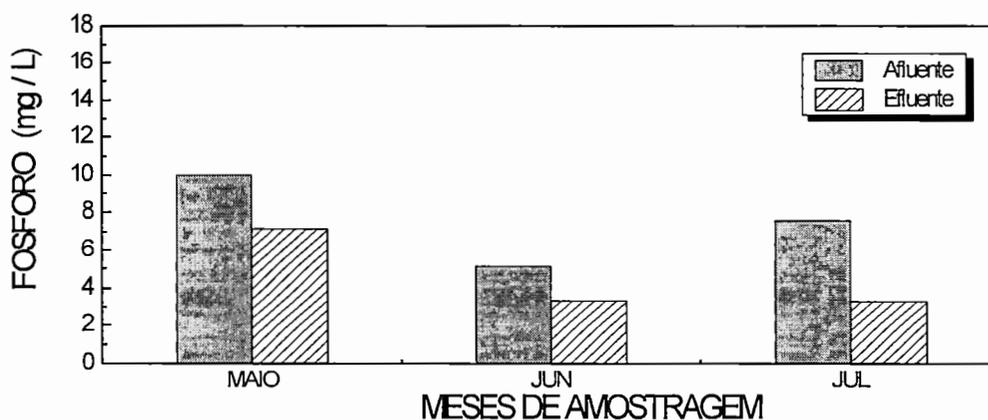


FIGURA 5.27 Valores médios mensais de Fósforo, Afluente e Efluente

Durante o estudo da variação semanal, pôde-se observar que os afluentes foram mais estáveis de manhã que à tarde para todos os

parâmetros. Mesmo ocorrendo este fato, os valores dos efluentes sempre estiveram próximos, tanto para as medidas realizadas de manhã como à tarde.

5.4.2- DESENVOLVIMENTO DA MANTA DE LODO

O desenvolvimento da manta de lodo, ao longo da altura do reator, será analisada a partir dos resultados de análises de laboratório, dos parâmetros: Ácidos Voláteis, Sólidos Sedimentáveis e Sólidos Totais: Fixos e Voláteis.

Nas Tabelas D-2 e D-7 do Anexo D, encontram-se os dados obtidos das análises de laboratório dos Ácidos Voláteis e Sólidos Totais e Suspensos, respectivamente

Na Tabela D-5 do Anexo D encontram-se os resultados dos Sólidos Sedimentáveis no Ponto 1, com TDH de 16 horas, e na Tabela D-6 do Anexo D, os resultados dos Pontos 1, 2 e 3, de acordo com o crescimento da manta de lodo.

ÁCIDOS VOLÁTEIS.-

A Figura 5.28 mostra os valores médios dos Ácidos Voláteis ao longo da altura do reator, nos diferentes períodos de TDH.

Pode-se notar que o desenvolvimento da manta foi gradativo ao longo do tempo. As variações, ao longo da altura do reator, foram semelhantes para todos os pontos com os diferentes tempos de detenção hidráulica (Figura 5.28).

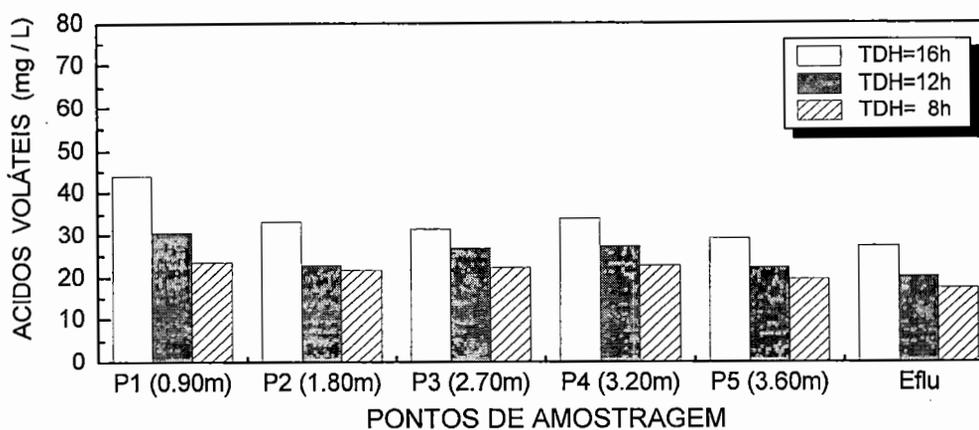


FIGURA 5.28 Valores médios por tempo de detenção hidráulica dos Ácidos Voláteis ao longo da altura do reator

No Ponto No 1, a 0.90 m do fundo do reator (Figura 5.28), pode-se notar que os valores médios com TDH de 16 h foram maiores que com TDH de 12 h e 8 h. A diferença entre os valores médios com TDH de 12 h e 8 h foi menor no ponto No 1 do que para TDH de 16 h. No ponto No. 2 estes valores são quase iguais.

No Ponto No. 3 (1,80m) e No. 4 (2,70m), (Figuras 5.28), pode-se notar que o comportamento foi semelhante, em todo o período de monitoramento.

Entre o Ponto No. 5 e o efluente (Figura 5.28), observa-se que a diferença não é significativa. Acredita-se que isto se deva ao fato do ponto No. 5 encontrar-se próximo ao separador sólido-líquido-gás. Nesta região, a presença de sólidos devido à turbulência é maior. Como era de se esperar, a remoção de ácidos na zona de sedimentação do reator, acima da zona de separação sólido-líquido-gás é insignificante.

SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS.-

Na Figura 5.29 apresentam-se dados sobre a evolução da manta de lodo no que se refere aos sólidos sedimentáveis e índice volumétrico de lodo (IVL)

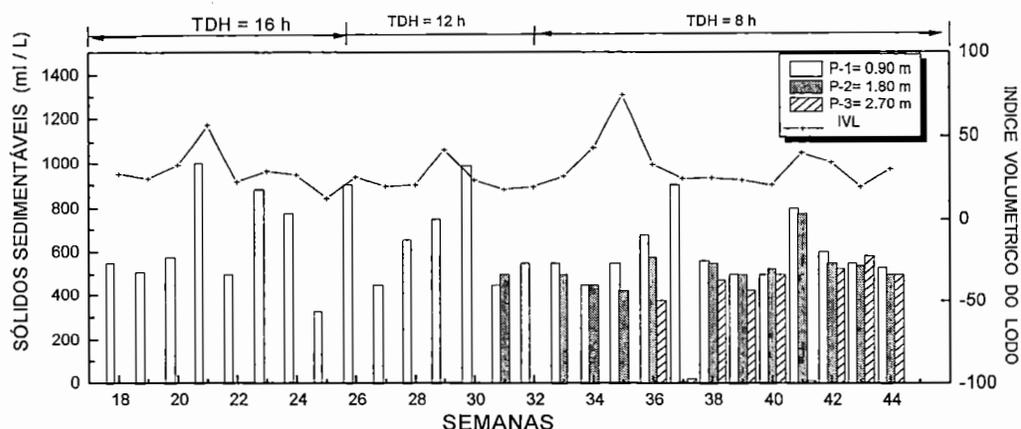


FIGURA 5.29 Valores dos Sólidos Sedimentáveis ao longo da altura do reator

O lodo apresentou em algumas ocasiões (no período de TDH de 16 h e 12 h), má sedimentabilidade. Depois de meia hora no cone Imhoff, o lodo flotava em parte, sedimentando parcialmente. Pode-se observar por exemplo, que na semana 21 após 30 minutos no cone Imhoff, não houve separação entre as fases lodo e líquido. Este fenômeno foi observado por algumas vezes. Depois de algumas semanas de operação com TDH de 8 horas, quando foi verificado o aparecimento do lodo nos Pontos No. 2 e No. 3, a flotação do lodo não foi mais observada.

A Figura 5.30 apresenta os valores dos Sólidos Sedimentáveis obtidos no ensaio da variação diária durante uma semana.

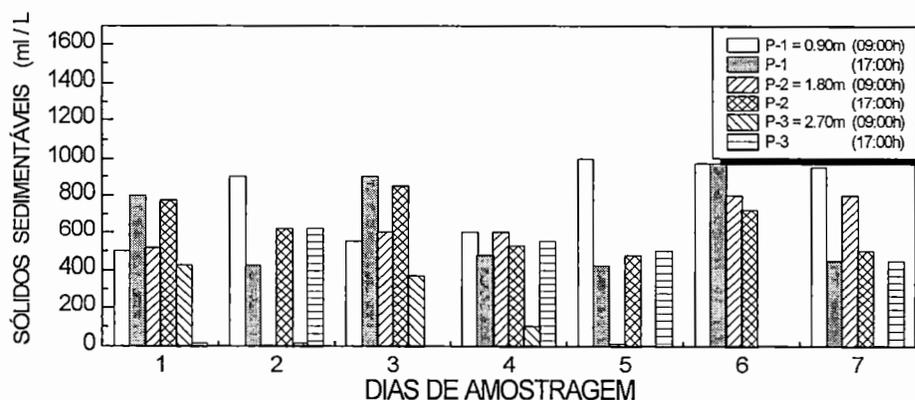


FIGURA 5.30 Valores de Sólidos Sedimentáveis ao longo da altura, durante a semana.

Durante o ensaio da variação diária, realizada durante uma semana, com TDH de 8 horas, a presença de lodo nos diferentes pontos apresentou-se muito variável (Figura 5.30). Enquanto observava-se a presença de lodo nos pontos 1, 2 e 3 pela manhã, à tarde só se podia observar esta presença em um ou dois pontos. Não foi possível associar esse comportamento do reator a qualquer outro fenômeno. É provável que, pela tarde, a temperatura mais elevada facilite a liberação de gás, facilitando a sedimentação do lodo.

SÓLIDOS TOTAIS.-

Na Figura 5.31 a), b) e c) mostra-se os valores médios dos Sólidos Totais, Fixos e Voláteis e Sólidos Suspensos: Totais, Fixos e Voláteis, nos diferentes períodos de TDH.

Com TDH de 16 h (Figura 5.31-a), a concentração de Sólidos Totais e Suspensos foi menor que com TDH de 12 h (Figura 5.31-b).

Com TDH de 8 h, a concentração de Sólidos Totais e Sólidos Suspensos aumentou nos Pontos 1,2 e 3 (Figura 5.31-c).

Os Sólidos Totais e os Sólidos Suspensos foram monitorados com o objetivo de avaliar o crescimento da manta de lodo durante os seis meses. O aparecimento do lodo no Ponto No. 1 se deu no mês de dezembro, permanecendo só neste ponto por 30 semanas, quando o reator operou com TDH de 16 h e 12 h. Foi no início do funcionamento do reator com TDH de 8 horas que apareceu lodo nos Pontos No. 2 e No. 3.

Os valores médios no afluente e efluente foram maiores nos primeiros três meses que nos últimos três meses de monitoramento regular (Tabela D-7, do Anexo D).

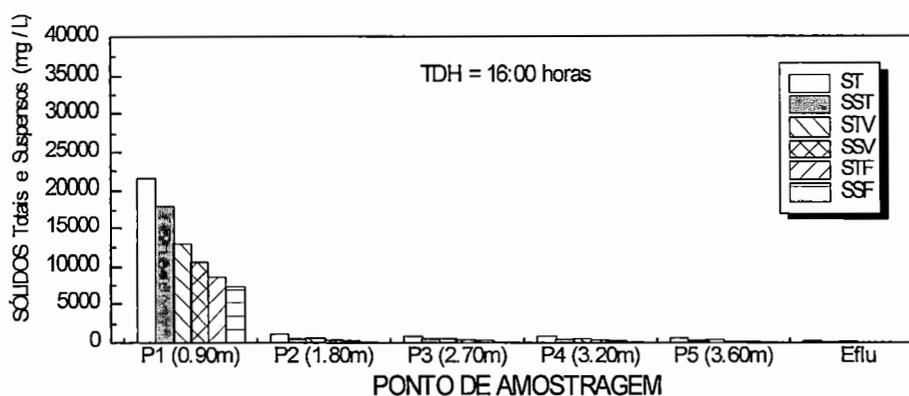


Fig. 5.31-a

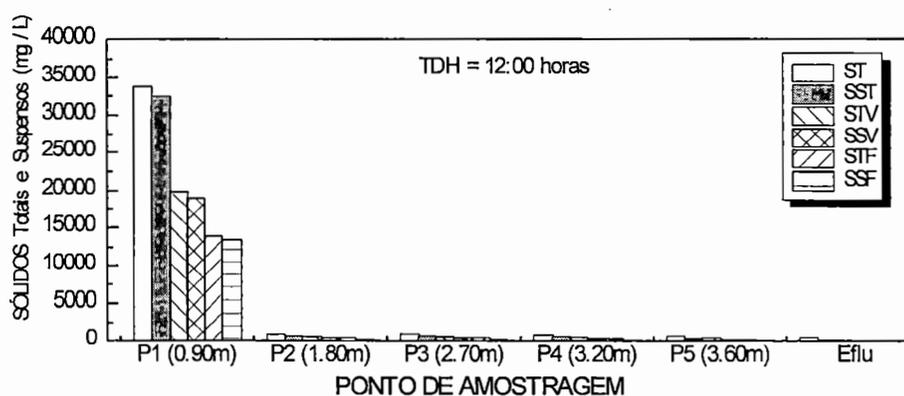


Fig. 5.31-b

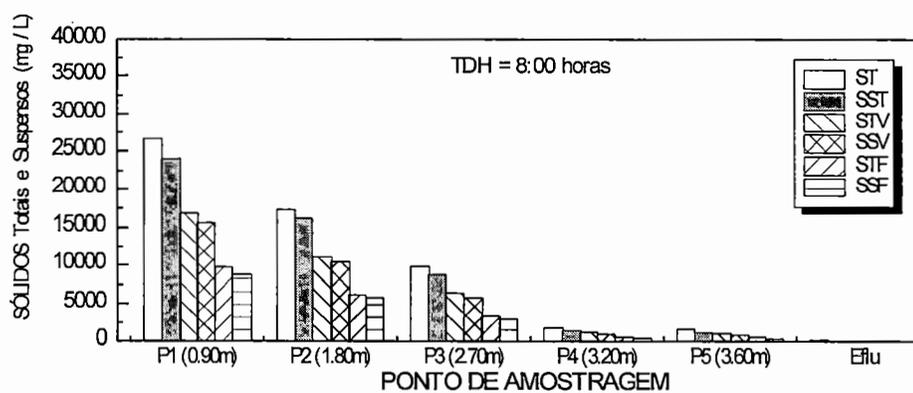


Fig. 5.31-c

FIGURA 5.31 Valores dos Sólidos Totais e Suspensos ao longo da altura do reator

ATIVIDADE METANOGÊNICA.-

A Atividade metanogênica do lodo foi realizada no Ponto No. 1, (a 0,90 m do fundo), quando o reator operava com TDH de 8h. Os valores obtidos estão na Tabela 5.1.

Pode observar-se que os resultados da análise de atividade metanogênica de 0,04 e 0,076 gr CH₄/gr SSV.d estão entre os valores encontrados em trabalhos semelhantes, apresentados na Tabela 5.2, sendo que, destes reatores, só o de Kampur não foi inoculado como e o caso do reator em estudo.

O lodo do reator em estudo tem sido utilizado com sucesso como inóculo em outros experimentos.

TABELA 5.1. Resultados das análises de Atividade Metanogênica do lodo no Ponto No. 1

DATA	ATIVIDADE METANOGENICA gr CH ₄ / gr SSV . d	
	Controle	Ativo
24/06/96	0,0126	0,0437
20/08/96	0,00678	0,0768

TABELA 5.2 Atividade de lodo em função de TDH para diferentes reatores UASB

SISTEMA	TDH (h)	ATIVIDADE METANOGENICA g CH ₄ / g SSV . d
Cali	4 a 8	0,02 a 0,10
Kampur	5,2	0,06
São Paulo	4 a 14	0,07 a 0,19

Fonte: Van HAANDEL and LETTINGA (1994)

5.4.3.- PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO GÁS.-

A Produção do gás foi medida somente a partir de meados do mês de abril, quando foi instalado o medidor de gás. As figuras 5.32-a à 5.32-d representam os valores da produção média diária de gás, em todo o período registrado. (Tabelas B-3 do Anexo B e D-9 do Anexo D).

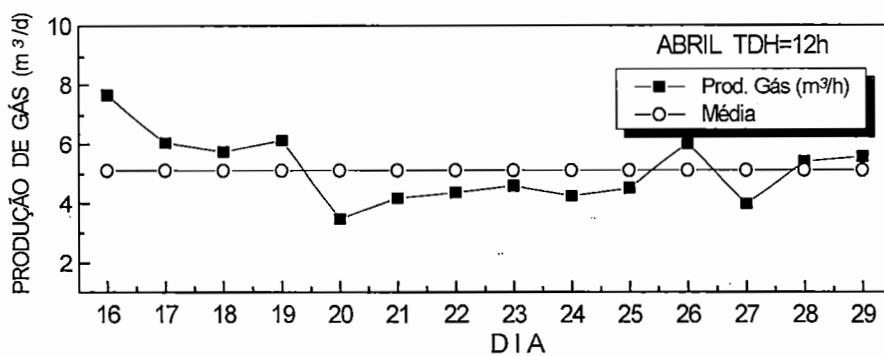


Fig. 5.32-a

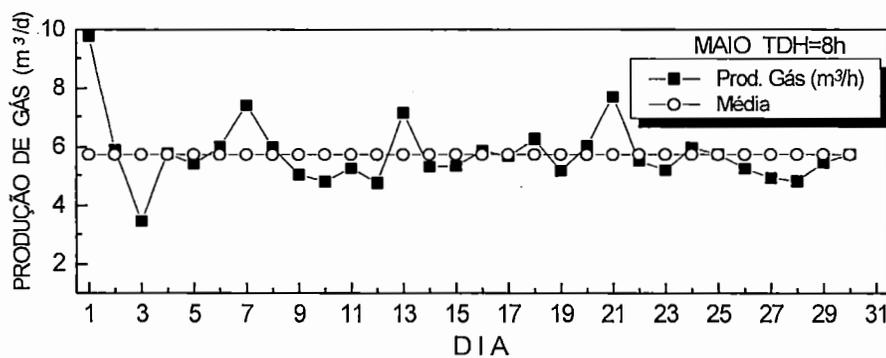


Fig. 5.32-b

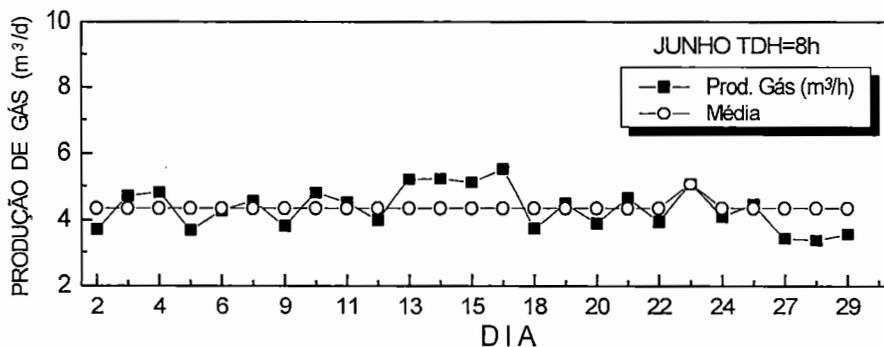


Fig. 5.32-c

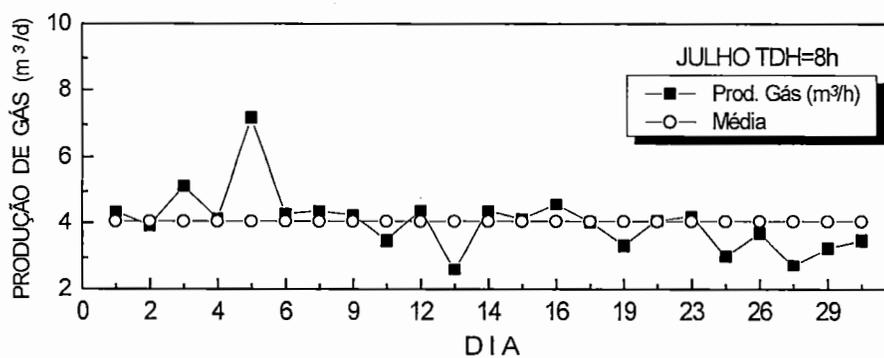


Fig. 5.32-d

FIGURA 5.32 Valores diários mensais da Produção de Gás a) abril, b) maio, c) junho e d) julho

Pode-se notar que nas últimas semanas de operação com TDH de 12 horas (Figura 32-a), a produção de gás foi mais irregular que nos últimos três meses, com TDH de 8 horas (Figura 32-b).

Os valores médios horários durante todo o período de leitura da produção de gás foram de $0,212 \text{ m}^3/\text{h}$, no mês de abril, com TDH de 12 h e de $0,197 \text{ m}^3/\text{h}$, com TDH de 8 h. Esses valores foram menores que os registrados durante o dia no ensaio de amostragem composta que foi de $0,290 \text{ m}^3/\text{h}$ (Figura 5.33).

Também pode-se observar uma queda na produção de gás durante o mês de julho (Figura 5.32-d). Esta deveu-se à baixa temperatura (média de 17,6) no período e à presença de lodo flotando no dispositivo de separação de sólido-líquido-gás, devido a uma camada de espuma na superfície do reator, fato já relatado por alguns autores, VAN HAANDEL & LETTINGA (1994), POVINELLI (1994).

A diminuição considerável da produção de gás em geral pode significar presença de condições desfavoráveis para as bactérias metanogênicas, como pH alto ou baixo, ou a presença de tóxicos no afluente. Embora a probabilidade disto acontecer em plantas tratando esgotos sanitário seja baixa, a observação da produção de gás é considerada de vital importância, já que é um indicador do funcionamento do coração do reator: o lodo metanogênico. LOUW WILSCHUT, (1994).

A Figura 5.33 mostra a produção de gás durante o estudo de amostragem composta.

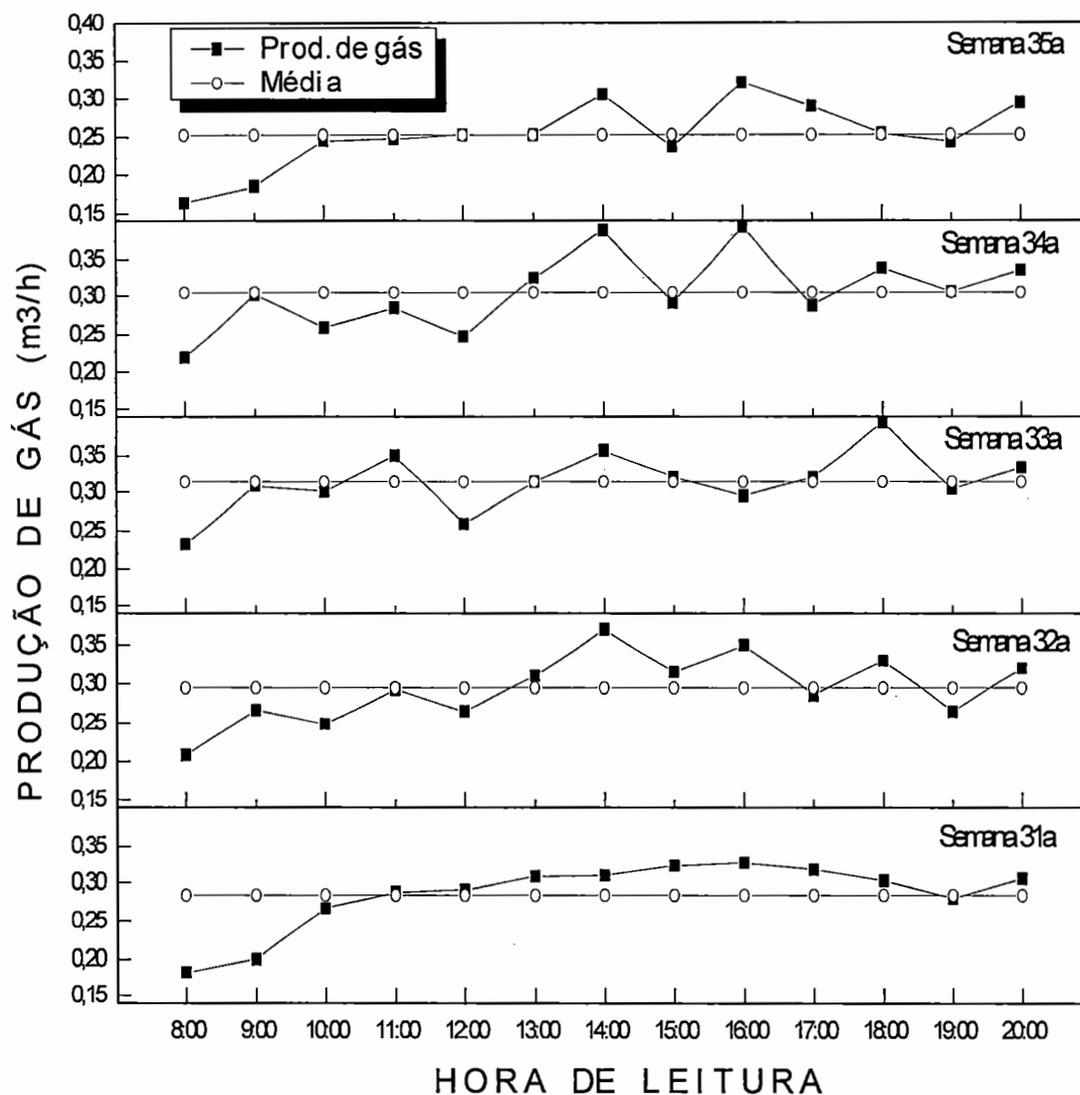


FIGURA 5.33 Produção de gás no dia de coleta de amostra composta, durante oito horas.

Durante o ensaio de amostragem composta pode-se observar que o valor da produção de gás entre 13:00 e 18:00 horas foi superior do valor médio horário. A Figura 5.33 só apresenta os valores médios horários.

A Tabela 5.3 apresenta os resultados das análises de composição de gás, as quais foram realizadas uma vez no mês. Na Tabela 5.4 são apresentados os valores de Biogás e CH_4 a CNTP

TABELA 5.3. Composição do gás

Semana de Operação	CH ₄ %	CO ₂ %	N ₂ %
19 ^a	74,37	16,67	8,96
20 ^a	72,36	15,49	12,15
25 ^a	78,46	14,82	6,72
27 ^a	76,96	13,39	6,65
33 ^a	75,16	9,93	14,91
34 ^a	76,84	8,71	14,45
37 ^a	70,74	9,80	19,46
42 ^a	59,55	5,29	35,16

Tabela 5.4 Produção real de Biogás

MÊS	TDH (h)	Temp. média (°C)	Prod. média Biogás L/d	Prod. Biogás a CNTP L/d	% CH ₄ no Biogás	Prod. média CH ₄ a CNTP L/d
Abril	8	22,6	5.510	5.120	76,96	3.940
Maio	8	18,9	6.120	5.730	76,00	4.350
Junho	8	17,9	4.610	4.330	70,74	3.060
Julho	8	17,6	4.300	4.050	59,55	2.410

Tabela 5.5 Produção teórica de Biogás

MÊS	TDH (h)	Temp. média (°C)	DQO Rem. g/L	Massa removida por dia g/d	Prod. média CH ₄ teórica L/d	Prod. média CH ₄ a CNTP L/d	GM/GT
Abril	8	22,6	0,735	39.690	13.895	3.940	0,28
Maio	8	18,9	0,676	36.500	12.775	4.350	0,34
Junho	8	17,9	0,770	41.580	14.553	3.060	0,21
Julho	8	17,6	0,663	35.800	12.530	2.410	0,19

Nas Tabelas 5.4 e 5.5 estão representados os valores de produção de CH₄ real e teórico. Pode-se notar que a produção que foi medida é menor que a calculada a partir da DQO removida, fato esperado já que se tem uma quantidade de gás dissolvido e fração da DQO removida que foi convertida em biomassa, assim como as perdas de gás na superfície do

reator observada ao longo do período de monitoramento. Não há como avaliar com precisão essas frações e, nessas condições, os valores medidos resultam significativamente inferiores aos teóricos.

Deve-se considerar, também que os valores de massa de DQO removida constantes da Tabela 5.5 são superiores aos reais, uma vez que, durante a noite a DQO afluyente é inferior que no período diurno, conforme os dados do estudo da caracterização do esgotos, apresentados na Tabela 4.1, assim com os dados da produção de gás naquele período.

A Figura 5.34 mostra os valores médios mensais da produção de CH_4 , (Tabela 5.4) durante todo o período de monitoramento.

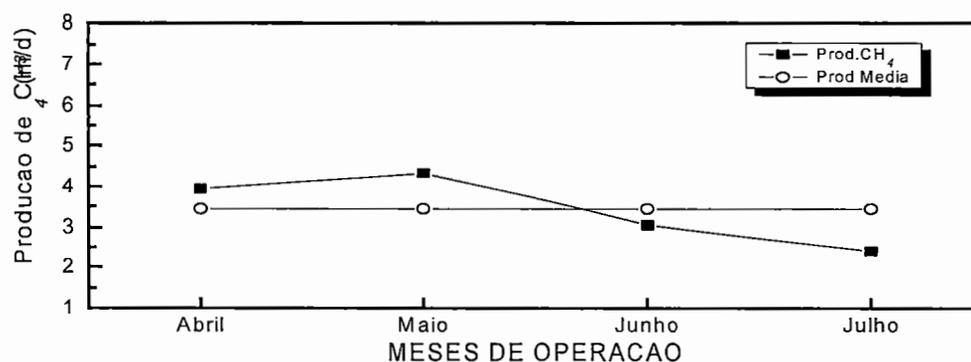


FIGURA 5.34 Valores médios mensais da Produção de CH_4 a CNTP.

Os valores de CH_4 apresentados na Figura 5.34 foram calculados baseados nos valores médios mensais da temperatura do ar e a produção média mensal do Biogás. Pode-se observar que os valores da produção de gás nos meses de junho e julho estão abaixo do valor médio, fato explicado anteriormente.

6.- CONCLUSÕES

Da análise dos resultados obtidos durante a operação do reator anaeróbio de manta de lodo protótipo utilizado no tratamento de esgotos sanitários concluiu-se que:

- Após longo período de partida, superior a quatro meses, o reator atingiu estabilidade operacional, confirmando-se que a presença de inóculo no início de operação não é indispensável, embora seja desejável.
- O estudo comparativo entre as características de amostras pontuais e compostas mostrou ser possível avaliar o desempenho do reator através de amostragem pontual do afluente e do efluente. Para tanto, é necessário estudo detalhado das variações das características dos esgotos sanitários durante o dia, escolhendo-se o melhor horário para coleta de amostras. Nesta pesquisa, o desempenho médio calculado com os resultados das amostras compostas foi ligeiramente superior ao calculado com os correspondentes a amostras pontuais.
- A estabilidade operacional do reator foi confirmada, também, nos estudos sobre as diferenças entre as amostras coletadas pela manhã (9:00 h) e à tarde (17:00 h).
- A DQO Total afluente apresentou ampla amplitude de variação, atingindo valores elevados, muito superiores aqueles constantes nas referências bibliográficas e considerandos típicos para esgotos sanitários.

- Os valores médios de eficiência de remoção de DQO foram de 72%, 81% e 78 % para os valores de TDH de 16, 12 e 8 horas respectivamente. Esses valores encontram-se próximos ao limite superior de eficiência observada em reatores desse tipo citados na literatura.
- Não foi constatado efeito adverso de grande intensidade no desempenho do reator nas meses mais frios, embora o reator estivesse sendo operado com tempo de detenção hidráulico (TDH) de 8 horas, correspondente ao menor valor de TDH testado.
- A eficiência de remoção de DQO Total foi significativamente superior à DQO Filtrada, conforme verificado também por outros autores. Fração relativamente pequena dessa DQO é constituída por Ácidos Voláteis, indicando que o reator operou próximo ao seu limite máximo de eficiência.

7.- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAERTS G. J., VEENSTRA S., BENTVELSEN M., VAN DUJIL L. A. (1990). "Feasibility of the Anaerobic sewage treatment in Sanitation Strategies en Developing Countries" -Chap 3- Anaerobic Treatment of Domestic Wastewater. The Report Series 20, Delf, 23-40.
- BARBOSA R.A. and SAINT'ANNA G.L Jr., (1989) "Treatment of raw domestic sewage in an UASB reactor".. Wat. Res. vol 23, No. 12, p 1483-1490.
- CAMPOS, J.R., (1994) "Alternativa para Tratamento Esgoto Sanitario - Pre-tratamento de Águas para Abastecimento". Consórcio Intermunicipal das bacias dos Rios Piracicaba e Capivari.
- Del NERY, V., (1987) "Utilização de lodo anaeróbio imobilizado em gel no estudo de partida de reatores de fluxo ascendente com manta de lodo". São Carlos, EESC-USP. Dissertação (Mestrado Hidráulica e Saneamento) São Carlos.
- FRANCESE, F. Sineriz, (1994) "Puesta en marcha de reactores UASB-Granulacion" III Taller y Seminario-Latinoamericano "Tratamineto Anaerobio de Aguas Residuales", Uruguay, p 145 - 154.
- GIANNOTI, E. P. (1994) "Desnitrificação em uma lagoa marginal do Rio Mogi-Guaçu, Lagoa do Infernã" (Estacao Ecologica do Itajai - Luiz Antonio -SP) Sao Carlos SP. UFSCAR. Tese de Doutorado.
- LANE, A.G (1986) "Start-up, Operating Requerements and Granule Formation during Upflow Sludge Bed Treatment of a Strang Food Procissing Effluent" Enviromental Technology Letters, Vol. 7 pp 555-564.
- LEME ,FRANCILIO PAES, (1982) "Engenharia do saneamento ambiental" Livros Técnicos e científicos, Rio de Janeiro.

- LOUW WILDSCHUT, (1994) "Operación y mantenimiento de una planta UASB para aguas residuales domésticas" Arranque y operación de sistemas de flujo ascendente con manto de lodo UASB, Manual del Curso p J1-J17. Santiago de Cali, Colombia.
- L.W. HULSHOFF POL, (1983) W.de ZEEUW, J.DOLFING,G.LETTINGA. "Start-up and sludge Granulation in UASB-reactors". Agricultural University, Department Water Pollution Control, De Dreyen , Netherland.
- LOOK HULSHOFF POL, (1994) "Arranque y Operación de reactores UASB" Arranque y operación de sistemas de flujo ascendente con manto de lodo UASB, Manual del Curso p E1-E-11. Santiago de Cali, Colombia.
- MERGAERT K., VANDERHAEGEN B. and VERSTRAETE W., (1992). Review Paper - "Alicability and Trends of Anaerobic Pre-Treatment of Municipal Wastewater" Wat.Res., 6. (8), 1025-1033.
- METCALF & EDDY (1991) Inc. Water Engineering: "Treatment, Disposal, Reuse, 3ª Ed., USA, Mc Graw-Hill.
- NOYOLA, A., (1994) "Diseño, inoculación y arranque de reactores UASB". In: III Taller y Seminario Latinoamericano "Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales", Uruguay,. p 133-143.
- NOYOLA, A. y MONROY, (1994) O. "Experiencias y perspectivas del tratamiento anaerobio en México" In: III Taller y Seminario Latinoamericano "Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales", Uruguay,. p 331-340.
- NOBRE C.A. e GUIMARÃES M.O., (1987) "Experimentos em digestão anaeróbia de esgotos urbanos" Revista DAE 47, 75-85.
- POVINELLI, SILVIA, (1994) "Estudo de hidrodinâmica e partida de reator anaeróbico com Chicanas tratando Esgotos Sanitários". São Carlos, EESC-USP. Dissertação (Mestrado Hidráulica e Saneamento). São Carlos, fevereiro.
- ROJAS, Olga CH., (1994) "Relação Alcalinidad-Acidos Grasos volátiles" Arranque y operación de sistemas de flujo ascendente con manto de lodo -UASB-, Manual del Curso p D1-D23 Santiago de Cali, Colombia.
- SHELLENKHOUT, A. and COLLAZOS,C.J., (1991) "Full scale application of the UASB technology for sewage treatment". Sixth International Symposium o Anaerobic Digestion, S:P, Brazil, 12-16 may.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater., (1985)
16th Ed. American public health assoc., American water word
association, Water Pollution control federation. Washington, D.C.

TORRES, PATRICIA, (1992) "Desempenho de um Reator Anaeróbio de
Manta de Lodo (UASB) de bancada no tratamento de substrato
sintético simulando esgoto sanitário". São Carlos. EESC-USP.
Dissertação (Mestrado Hidráulica e Saneamento) São Carlos,
novembro.

UNIVERSIDAD DEL VALLE, COORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL
DEL CAUCA, UNIVERSIDAD AGRICOLA DE WAGENINGEN, (1994)
"Arranque y Operación de sistemas de flujo ascendente com manto de
lodo -UASB-, Santiago de Cali Colombia.

Van HAANDEL, A.C., G, LETTINGA, (1994) "Tratamento anaeróbio de
esgotos- "Um manual para regiões de clima quente". Distrito Industrial,
Campina Grande, PB, Brasil, janeiro.

VIEIRA, S., (1994) "Experiência e perspectivas do tratamento anaeróbio de
Esgotos Sanitários no Brasil", In: III Taller y Seminario Latinoamericano
"Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales" Uruguay,. p 293-301.

VON SPERLING, M., (1996) "Princípios do tratamento biológico de água
residuárias" Vol 1 Departamento de engenharia Sanitária e ambiental,
Universidade Federal de Minas Gerais,

VON SPERLING, M., (1996) "Princípios do tratamento biológico de água
residuárias" Vol 2 Departamento de engenharia Sanitária e ambiental,
Universidade Federal de Minas Gerais,

YUE-GEN YAN and JOO-HWA TAY, (1996) "Brewery Wastewater
Treatment in UASB Reactor at Ambient Temperature". Journal of
Environmental Engineering , june.

ANEXO A

PRIMEIRA ETAPA

TABELA A.1 Resultados das análises de DQO, e DQO Filtrada, durante o período de outubro de 1995 a janeiro de 1996.

Data	TDH (h)	DQO		
		Afluente	Efluente	% Rem
25/10/95	16	554	406	27
16/11/95	16	673	311	54
07/12/95	16	795	386	51
15/12/96	16	687	324	53
17/01/96	16	812	372	54
25/01/96	16	711	348	42

TABELA A.2 Resultados das análises de sólidos durante o período de outubro a dezembro de 1995.

Data	Pto	Sol. Suspenso		
		SST	SSF	SSV
19/10/95	Aflu.	142	6	136
	P1	102	14	88
	P2	80	7	73
	P3	110	10	100
	P4	176	5	171
	P5	115	9	106
	Eflu.	83	7	66
16/11/95	Aflu.	175	15	160
	P1	117	10	107
	P2	68	3	65
	P3	75	2	73
	P4	200	25	175
	P5	98	4	94
	Eflu.	77	0	77
07/12/95	Aflu.	251	203	48
	P1	32933	11233	21700
	P2	125	37	88
	P3	347	50	297
	P4	528	172	356
	P5	511	143	368
	Eflu.	46	18	28
19/12/95	Aflu.	873	305	568
	P1	32700	10425	22275
	P2	242	80	162
	P3	151	51	100
	P4	184	60	124
	P5	202	65	137
	Eflu.	94	29	65

ANEXO B

**ESTUDO DE AMOSTRAGENS COMPOSTAS E
PONTUAIS**

TABELA B-1 Resultados das análises dos Afluente e Efluente Compostos e Pontuais

PARÂMETRO \ DATA	30/04/96		07/05/96		14/05/96		21/05/96		28/05/96		MÉDIA	
	Comp.	Pontual	Comp.	Pontual								
pH Afluente	6,50	6,90	6,60	6,90	6,70	6,80	6,70	7,00	6,50	6,60	6,60	6,84
pH Efluente	6,60	6,70	6,90	6,60	7,00	6,60	6,90	6,70	6,90	6,40	6,86	6,60
ÁCIDOS VOL. Afl. (mg/L)	47	52	64,33	71	74	71	67	62	81	57	66	62
ÁCIDOS VOL. Efl. (mg/L)	16	21	26	19	17	21	13	14	18	14	17	17
ALCAL. Total Afl. (mg/L)	127	142	130	175	155	168	155	159	167	187	146	166
ALCAL. Total Efl. (mg/L)	189	215	177	194	183	189	181	184	196	184	185	193
ALCAL. Parcial. Afl. (mg/L)	49	78	55	91	73	84	65	69	52	89	58	82
ALCAL. Parcial. Efl. (mg/L)	70	125	97	113	111,30	122	115	107	120	98	102	113
ALCAL. Intermed. Afl. (mg/L)	778	64	75	84	81	84	90	90	114	97	87	84
ALCAL. Intermed. Efl. (mg/L)	118	90	79	81	71	67	65	76	76	86	82	80
DQO Afluente (mg/L)	955	739	1051	1036	1352	843	836	720	1382	845	1115	836
DQO Efluente (mg/L)	239	268	257	240	187	145	205	152	220	205	221	202
Remoção DQO (%)	75	64	76	77	86	83	75	79	84	76	79	76
DQO Filtrada Afluente (mg/L)	275	302	298	564	278	302	268	307	298	295	283	354
DQO Filtrada Efluente (mg/L)	89	89	99	128	53	97	88	71	78	75	81	92
Remoção DQO Filtrada (%)	68	71	67	77	81	68	67	77	74	75	71	73

TABELA B-1 Resultados das análises dos Afluente e Efluente Compostos e Pontuais (Continuação)

PARÂMETRO \ DATA	30/04/96		07/05/96		14/05/96		21/05/96		28/05/96		MÉDIA	
	Comp.	Pontual	Comp.	Pontual								
DBO Afluente (mg/L)	790	614	819	935	764	354	650	452	774	545	759	580
DBO Efluente(mg/L)	217	241	248	145	96	144	71	58	76	115	142	141
Remoção DBO (%)	73	61	70	85	87	59	89	87	90	79	82	74
NTK Afluente (mg/L)	43	52	49	56	83	105	77	83	62	77	63	75
NTK Efluente (mg/L)	49	43	37	43	55	46	59	98	49	37	50	54
Nitro. Amoniacal Afl. (mg/L)	29	40	29	47	33	33	32	48	32	54	31	44
Nitro. Amoniacal Efl. (mg/L)	48	43	33	34	42	37	36	35	33	31	38	36
Nitro. Orgânico Afl. (mg/L)	14	12	20	11	50	72	45	35	29	2	32	31
Nitro. Orgânico Efl. (mg/L)	1	0	4	9	14	9	23	64	16	6	12	18
Fósforo Afl. (mg/L)	6	7	6	8	7	8	14	17	6	7	8	9
Fósforo Efl. (mg/L)	5	6	5	5	5	4	10	8	4	3	6	5

TABELA B-2 Resultados das análises dos Sólidos Totais, Suspensos e Dissolvidos dos Afluente e Efluente COMPOSTOS

Data	Pto.	Sol. Totais			Sol. Suspenso			Sol. Dissolvido		
		ST	SF	SV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
30/04/96	Aflu.	662	200	462	357	52	305	305	148	157
	Eflu.	282	142	140	71	7	64	211	135	76
07/05/96	Aflu.	514	176	338	278	33	245	236	143	93
	Eflu.	274	170	104	70	10	60	204	160	44
14/05/96	Aflu.	954	316	638	624	188	436	330	128	202
	Eflu.	278	158	120	66	12	54	212	146	66
21/05/96	Aflu.	896	194	702	418	132	286	478	62	416
	Eflu.	412	76	336	58	11	47	354	65	289
28/05/96	Aflu.	786	220	566	516	89	427	270	131	139
	Eflu.	268	120	148	66	9	57	202	111	91

PONTUAIS

Data	Pto	Sol. Totais			Sol. Suspenso			Sol. Dissolvido		
		ST	SF	SV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
30/04/96	Aflu.	552	182	370	219	26	193	333	156	177
	Eflu.	320	188	132	62	4	58	258	184	74
07/05/96	Aflu.	696	184	512	243	43	200	453	141	312
	Eflu.	312	192	120	65	14	51	247	178	69
14/05/96	Aflu.	732	152	580	259	41	218	473	111	362
	Eflu.	296	206	90	50	10	40	246	196	50
21/05/96	Aflu.	664	256	408	236	41	195	428	215	213
	Eflu.	272	146	126	44	12	32	228	134	94
28/05/96	Aflu.	518	258	260	239	35	204	279	223	56
	Eflu.	200	106	94	52	7	45	148	99	49

TABELA B-3 Resultado da medida do volume de Gás durante oito horas no dia de coleta das Amostras Compostas

HORA	30/04/94		07/05/96		14/05/96		21/05/96		28/05/96	
	GÁS	MÉDIA								
	(m ³ /h)									
8:00	0,182	0,285	0,208	0,294	0,232	0,314	0,218	0,305	0,164	0,253
9:00	0,200	0,285	0,266	0,294	0,309	0,314	0,302	0,305	0,185	0,253
10:00	0,267	0,285	0,248	0,294	0,301	0,314	0,260	0,305	0,245	0,253
11:00	0,288	0,285	0,292	0,294	0,349	0,314	0,285	0,305	0,248	0,253
12:00	0,291	0,285	0,265	0,294	0,260	0,314	0,247	0,305	0,253	0,253
13:00	0,309	0,285	0,310	0,294	0,314	0,314	0,324	0,305	0,254	0,253
14:00	0,310	0,285	0,370	0,294	0,356	0,314	0,387	0,305	0,305	0,253
15:00	0,323	0,285	0,315	0,294	0,320	0,314	0,291	0,305	0,237	0,253
16:00	0,327	0,285	0,350	0,294	0,295	0,314	0,391	0,305	0,321	0,253
17:00	0,318	0,285	0,285	0,294	0,320	0,314	0,287	0,305	0,290	0,253
18:00	0,303	0,285	0,330	0,294	0,392	0,314	0,337	0,305	0,255	0,253
19:00	0,281	0,285	0,265	0,294	0,304	0,314	0,306	0,305	0,244	0,253
20:00	0,306	0,285	0,320	0,294	0,334	0,314	0,335	0,305	0,293	0,253

ANEXO C

ESTUDO DA VARIAÇÃO DIÁRIA

TABELA C-1 Resultados das análises dos Afluente e Efluente, durante a semana de 10/06 (segunda - feira) a 16/06/96 (domingo)

PARÂMETRO \ DATA	SEGUNDA 10/06		TERÇA 11/06		QUARTA 12/06		QUINTA 13/06	
	9h	17 h	9 h	17 h	9h	17h	9h	17h
pH Afluente	7,0	6,5	6,5	6,5	6,8	6,0	6,7	6,6
pH Efluente	6,7	6,5	6,4	6,4	6,4	6,8	6,5	6,6
ÁCIDOS VOL. Afl. (mg/L)	88	84	62	48	76	76	70	68
ÁCIDOS VOL. pto. 1 (mg/L)	19	23	16	19	17	16	32	19
ÁCIDOS VOL. pto. 2 (mg/L)	19	28	28	23	17	20	39	22
ÁCIDOS VOL. pto. 3 (mg/L)	15	34	23	31	16	20	43	22
ÁCIDOS VOL. pto. 4 (mg/L)	17	26	23	40	17	26	43	45
ÁCIDOS VOL. pto. 5 (mg/L)	17	23	23	42	14	33	31	17
ÁCIDOS VOL. Efl. (mg/L)	14	17	22	22	14	20	22	19
ALCAL. Total Afl. (mg/L)	246	132	201	118	217	137	200	133
ALCAL. Total Efl. (mg/L)	207	259	260	245	176	215	255	241
ALCAL. Parcial. Afl. (mg/L)	145	62	90	56	123	30	107	68
ALCAL. Parcial. Efl. (mg/L)	140	156	151	142	102	128	146	156
ALCAL. Intermed. Afl. (mg/L)	101	70	111	62	94	107	94	66
ALCAL. Intermed. Efl. (mg/L)	67	104	108	102	74	87	110	86
DQO Afluente (mg/L)	1032	749	1250	833	860	1063	868	689
DQO Efluente (mg/L)	231	220	275	266	233	196	229	237
Remoção DQO (%)	78	71	78	68	73	82	74	66
DQO Filtrada Afluente (mg/L)	382	270	301	294	301	280	333	228
DQO Filtrada Efluente (mg/L)	106	128	141	130	80	98	134	113
Remoção DQO Filtrada (%)	72	53	53	56	73	65	60	50
NTK Afluente (mg/L)	34	37	74	31	62	55	74	28
NTK Efluente (mg/L)	34	49	43	10	34	37	49	46
Nitro. Amoniacal Afl. (mg/L)	20	20	40	20	51	27	43	23
Nitro. Amoniacal Efl. (mg/L)	29	40	40	40	29	37	40	36
Nitro. Orgânico Afl. (mg/L)	14	17	34	11	10	28	31	5
Nitro. Orgânico Efl. (mg/L)	5	9	4	0	5	0	9	10
Fósforo Afluente (mg/l)	8	5	8	2	6	4	7	4
Fósforo Efluente (mg/l)	4	5	4	4	2	3	6	5

TABELA C-1 Resultados de análises dos afluente e efluente durante a semana de 10/06 (segunda - feira) a 16/06/96 (domingo) (Continuação)

PARÂMETRO \ DATA	SEXTA 14/06		SÁBADO 15/06		DOMINGO 16/06		MÉDIA	
	9h	17 h	9 h	17 h	9h	17h	9h	17h
pH Afluente	6,5	6,3	6,5	6,1	6,6	6,5	6,7	6,4
pH Efluente	6,4	6,5	6,4	6,5	6,5	6,6	6,5	6,6
ÁCIDOS VOL. Afl. (mg/L)	70	110	96	96	79	68	77	79
ÁCIDOS VOL. pto. 1 (mg/L)	19	47	23	19	20	23	20	24
ÁCIDOS VOL. pto. 2 (mg/L)	23	42	17	23	20	25	23	26
ÁCIDOS VOL. pto. 3 (mg/L)	25	37	23	31	22	23	24	28
ÁCIDOS VOL. pto. 4 (mg/L)	25	36	29	29	20	25	25	33
ÁCIDOS VOL. pto. 5 (mg/L)	23	26	17	20	22	25	21	27
ÁCIDOS VOL. Efl. (mg/L)	26	20	16	29	17	22	18	22
ALCAL. Total Afl. (mg/L)	184	112	211	132	219	150	211	131
ALCAL. Total Efl. (mg/L)	234	227	223	246	248	252	229	241
ALCAL. Parcial Afl. (mg/L)	79	37	104	40	106	71	108	52
ALCAL. Parcial Efl. (mg/L)	136	136	123	140	148	148	135	144
ALCAL. Intermed. Afl. (mg/L)	105	75	107	92	113	79	104	79
ALCAL. Intermed. Efl. (mg/L)	97	91	100	106	99	104	94	97
DQO Afluente (mg/L)	840	883	799	905	762	617	916	820
DQO Efluente (mg/L)	227	253	196	185	224	237	231	228
Remoção DQO (%)	73	71	75	80	71	62	75	71
DQO Filtrada Afluente (mg/L)	264	359	264	328	279	248	303	287
DQO Filtrada Efluente (mg/L)	118	147	99	125	192	121	124	123
Remoção DQO Filtrada (%)	55	59	63	62	31	51	58	57
NTK Afluente (mg/L)	62	46	65	52	71	52	62	43
NTK Efluente (mg/L)	37	108	34	59	43	55	39	56
Nitro. Amoniacal Afl. (mg/L)	38	20	49	23	53	26	42	23
Nitro. Amoniacal Efl. (mg/L)	34	30	31	43	43	40	35	38
Nitro. Orgânico Afl. (mg/L)	24	27	16	30	17	56	21	21
Nitro. Orgânico Efl. (mg/L)	3	78	3	16	0	16	4	19
Fósforo Afl. (mg/L)	7	5	7	6	7	5	7	4
Fósforo Efl. (mg/L)	5	5	5	5	5	5	4	5

TABELA C-2 Resultados das análises de Sólidos Totais, Suspensos e Dissolvidos durante a semana de 10/06 a 16/06/96.

Data	Pto.	Sol. Totais(mg/L)			Sol. Suspenso (mg/L)			Sol. Dissolvido (mg/L)		
		ST	SF	SV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
10/06/96 (09:00h)	Aflu.	670	148	522	262	38	224	408	110	298
	P1	20950	7832	13118	20682	7658	13024	268	174	94
	P2	18484	6602	11882	17820	6356	11464	664	246	418
	P3	13382	4504	8878	13318	4494	8824	64	10	54
	P4	1376	442	934	1069	313	756	307	129	178
	P5	1234	394	840	1050	325	725	184	69	115
10/06/96 (17:00h)	Eflu.	232	92	140	53	11	42	179	81	98
	Aflu.	456	156	300	176	26	150	280	130	150
	P1	28737	10772	17962	28106	10584	17522	631	188	440
	P2	23414	8436	14978	21734	7810	13924	1680	626	1054
	P3	934	374	560	726	226	500	208	148	60
	P4	882	330	552	623	200	423	259	130	129
11/06/96 (09:00h)	P5	798	276	522	535	154	381	263	122	141
	Eflu.	264	162	102	43	4	39	221	158	63
	Aflu.	712	190	522	406	64	342	306	126	180
	P1	39768	14728	25040	37604	13846	23758	2164	882	1282
	P2	472	274	205	292	87	198	180	187	7
	P3	1126	470	656	782	255	527	344	215	129
11/06/96 (17:00h)	P4	834	312	522	382	116	266	452	196	256
	P5	694	328	366	403	127	276	291	201	90
	Eflu.	270	192	78	46	11	35	224	181	43
	Aflu.	538	106	432	168	16	152	370	90	280
	P1	24714	9264	15450	23884	8812	15072	830	452	378
	P2	19114	6714	12400	18440	6400	12040	674	314	360
12/06/96 (09:00h)	P3	12600	4028	8572	12174	3836	8338	426	192	234
	P4	12852	480	802	980	355	625	11872	125	177
	P5	1196	464	732	723	145	578	473	319	154
	Eflu.	328	174	154	56	3	53	272	171	101
	Aflu.	640	188	452	244	28	216	396	160	236
	P1	22838	8274	14564	22248	8040	14208	590	234	356
12/06/96 (17:00h)	P2	20144	7098	13046	19440	6756	12684	704	342	362
	P3	13146	3418	9728	12008	3124	8884	1138	294	844
	P4	1086	382	704	596	183	413	490	199	291
	P5	1008	288	720	691	213	478	317	75	242
	Eflu.	218	18	200	46	9	37	172	9	163
	Aflu.	566	222	344	280	30	250	286	192	94
13/06/96 (09:00h)	P1	39132	14342	24790	37120	13984	23136	2012	358	1654
	P2	27310	9716	17594	25014	9106	15908	2296	610	1686
	P3	2206	260	1946	230	98	138	1976	162	1808
	P4	914	102	812	310	92	218	604	10	594
	P5	2028	348	1680	481	92	389	1547	256	1291
	Eflu.	178	40	138	34	2	32	144	38	106
13/06/96 (09:00h)	Aflu.	634	204	430	235	31	204	399	173	226
	P1	30114	11346	18768	28010	10464	17546	2104	882	1222
	P2	21394	7750	13644	20290	7428	12862	1104	322	782
	P3	3116	976	2140	2714	280	2434	402	696	-294
	P4	1124	324	800	1106	313	793	18	11	7
	P5	1362	406	956	965	310	655	397	96	301
	Eflu.	342	80	262	138	42	96	204	38	166

TABELA C-2 Resultados das análises de Sólidos Totais, Suspensos e Dissolvidos a semana de 10/06 a 16/06/96 (domingo)

Data	Pto.	Sol. Totais(mg/L)			Sol. Suspenso (mg/L)			Sol. Dissolvido (mg/L)		
		ST	SF	SV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
13/06/96 (17:00h)	Aflu.	524	160	364	137	45	92	387	115	272
	P1	25244	9006	16242	23652	8418	15234	1592	588	1008
	P2	17402	5928	11474	16932	5780	11152	470	148	322
	P3	14558	4596	9962	13278	4446	8832	1280	150	1130
	P4	4312	1202	3110	2540	700	1840	1772	502	1270
	P5	2922	892	2030	2027	527	1500	895	365	530
	Eflu.	320	108	212	57	4	53	263	104	159
14/06/96 (09:00h)	Aflu.	492	172	320	240	20	220	252	152	100
	P1	56666	18938	38258	51472	18408	32534	5194	530	5724
	P2	922	394	528	638	158	480	284	236	48
	P3	614	294	320	322	70	252	292	224	68
	P4	684	196	488	414	108	306	270	88	182
	P5	658	262	396	318	70	248	340	192	148
	Eflu.	340	126	214	46	5	41	294	121	173
14/06/96 (17:00h)	Aflu.	556	164	392	224	57	165	332	107	227
	P1	21042	7834	13208	19554	7246	12308	1488	588	900
	P2	16176	5724	10452	16004	5630	10374	172	94	78
	P3	13784	4718	9182	13778	4602	9060	6	116	122
	P4	5838	1900	3938	4712	1544	3168	1126	356	770
	P5	5162	1662	3500	4894	1584	3310	268	78	190
	Eflu.	290	144	146	61	10	51	229	134	95
15/06/96 (09:00h)	Aflu.	480	150	330	208	8	200	272	142	130
	P1	45484	16632	28852	44324	15958	28366	1160	674	486
	P2	27554	9856	17880	27246	9674	17390	308	182	490
	P3	774	370	404	406	111	295	368	259	109
	P4	686	318	368	418	141	277	268	177	91
	P5	634	260	374	402	86	316	232	174	58
	Eflu.	250	174	76	41	7	34	209	167	42
15/06/96 (17:00h)	Aflu.	544	180	364	153	11	142	391	169	222
	P1	40354	14968	25386	39362	14394	24942	992	574	444
	P2	24916	8966	15950	24770	8828	15942	146	138	8
	P3	976	212	764	365	103	262	611	109	502
	P4	712	130	582	434	129	305	278	1	277
	P5	658	100	608	356	54	256	302	46	352
	Eflu.	226	150	76	26	4	22	200	146	54
16/06/96 (09:00h)	Aflu.	530	194	336	276	52	224	254	142	112
	P1	46432	16928	29504	45712	16766	28946	720	162	558
	P2	25368	8932	16436	21860	7694	14166	3508	1238	2270
	P3	454	234	220	233	69	164	221	165	56
	P4	680	306	374	487	157	330	193	149	44
	P5	542	254	288	352	116	236	190	138	52
	Eflu.	248	152	96	54	10	44	194	142	52
16/06/96 (17:00h)	Aflu.	404	174	230	141	8	133	263	166	97
	P1	23654	8992	14662	22718	8886	13832	936	106	830
	P2	17326	6248	11078	16458	5964	10494	868	284	584
	P3	14636	5068	9568	12928	4376	8552	1708	692	1016
	P4	3160	1054	2154	2716	562	2106	444	492	48
	P5	2182	718	1464	1820	512	1308	362	206	156
	Eflu.	272	186	86	55	10	45	217	176	41

TABELA C-3 Dados de Sólidos Sedimentáveis da manta de lodo ao longo da altura, durante a semana de 10 à 16 de junho, duas vezes no dia.

Data	TDH (h)	Ponto 1 (0.90m) ml / L	Ponto 2 (1.80m) ml / L	Ponto 3 (2.70m) ml / L
*10/06/96	8	500	515	430
**10/06/96	8	800	775	17
*11/06/96	8	900	5	18
**11/06/96	8	425	620	620
*12/06/96	8	550	600	375
**12/06/96	8	900	850	6
*13/06/96	8	600	600	100
**13/06/96	8	475	525	550
*14/06/96	8	1000	14	6
**14/06/96	8	425	475	500
*15/06/96	8	975	800	9
**15/06/96	8	975	725	6
*16/06/96	8	950	800	4
**16/06/96	8	450	500	450

* 9:00 horas

**17:00 horas

TABELA C-4 Resultado da medida do volume de Gás durante a semana de 10/06 (segunda - feira) a 16/06/96 (domingo)

Data	Hora	Var. Horária	Leitura	Q (m ³ /h)	Média Diária (m ³ /h)
10/06/96	09:00	20,92	289,548	13,841	
10/06/96	17:00	8,00	291,383	0,229	7,035
11/06/96	09:00	16,00	293,660	0,142	
11/06/96	17:00	8,00	295,687	0,253	0,198
12/06/96	09:00	16,00	298,200	0,157	
12/06/96	17:00	8,00	299,775	0,197	0,177
13/06/96	09:00	16,00	302,580	0,175	
13/06/96	17:00	8,00	304,885	0,288	0,232
14/06/96	09:00	16,00	307,887	0,188	
14/06/96	17:00	8,00	310,110	0,278	0,233
15/06/96	09:00	16,00	313,590	1,119	
15/06/96	17:00	8,00	315,480	0,236	0,678
16/06/96	09:00	16,00	318,640	0,197	
16/06/96	17:00	8,00	321,010	0,296	0,247

ANEXO D

DESEMPENHO DO REATOR

TABELA D-1 Resultados das análises: Temperatura, pH e Alcalinidade, durante o período de fevereiro a julho de 1996.

Data	TDH	Temp. (ar)*	pH		Alc. Total (mg/L)		Alc. Parcial (mg/L)		Alc. Intermediária. (mg/L)	
			Aflue	Eflue	Aflue	Eflue	Aflue	Eflue	Aflue	Eflue
02/02/96	16	24	6,60	6,30	156	163	67	76	89	86
08/02/96	16	25	6,90	7,00	107	143	48	63	59	80
13/02/96	16	21	6,70	6,60	~	~	~	~	~	~
15/02/96	16	22,8	5,90	6,80	117	235	13	122	104	113
22/02/96	16	22	6,00	6,40	136	212	15	78	117	136
27/02/96	16	21	6,50	6,50	~	~	~	~	~	~
29/02/96	16	22	6,00	6,70	88	170	19	71	69	99
05/03/96	16	24	6,80	6,60	191	188	~	~	~	~
07/03/96	16	24	6,10	6,40	141	214	~	~	~	~
12/03/96	16	21	6,60	6,60	119	192	~	~	~	~
MÉDIA	16	22,68	6,41	6,59	108	198	27	82	88	103
14/03/95	12	23,5	6,40	6,50	135	208	~	~	~	~
19/03/96	12	24	6,60	6,80	195	169	~	~	~	~
21/03/96	12	22,5	6,30	6,50	132	176	~	~	~	~
26/03/96	12	26,2	6,40	6,60	150	191	65	86	83	105
28/03/96	12	26	6,50	6,70	131	179	49	109	83	70
02/04/96	12	25,5	6,40	6,90	107	188	39	113	69	75
09/04/96	12	24,5	6,70	7,00	171	215	74	158	97	56
11/04/96	12	19,5	6,10	6,70	93	182	36	114	57	68
16/04/96	12	24	6,70	7,00	84	221	82	199	2	22
23/04/96	12	20	6,40	6,60	143	208	61	107	82	100
MÉDIA	12	23,57	6,45	6,73	134	194	58	127	69	71

TABELA D-1 Resultados das análises: Temperatura, pH e Alcalinidade durante o período de fevereiro a julho de 1996. (Continuação)

Data	TDH	Temp. (ar)*	pH		Alc. Total (mg/L)		Alc. Parcial (mg/L)		Alc. Intermediária (mg/L)	
			Aflue	Eflue	Aflue	Eflue	Aflue	Eflue	Aflue	Eflue
30/04/96	8	20,2	6,90	6,70	143	215	79	125	64	91
07/05/96	8	18,6	6,90	6,60	175	194	91	113	84	81
14/05/96	8	21,5	6,80	6,60	168	189	84	122	84	67
21/05/96	8	17,2	7,00	6,70	160	184	69	108	10	76
28/05/96	8	15,8	6,60	6,40	187	184	90	98	97	87
04/06/96	8	16	7,10	6,60	155	158	122	116	32	42
11/06/96	8	16,5	6,50	6,40	201	261	9	151	111	110
18/06/96	8	21,5	6,70	6,50	222	218	117	115	105	103
25/06/96	8	24	6,60	6,60	224	168	103	99	118	69
02/07/96	8	20	6,70	6,50	199	179	712	99	128	81
09/07/96	8	17	6,90	6,70	249	220	127	137	122	83
16/07/96	8	13	6,60	6,50	212	181	100	114	113	67
27/07/96	8	13	6,80	6,50	225	165	108	99	117	66
30/07/96	8	15	6,80	6,50	235	167	106	104	129	63
MEDIA	8	17,81	6,78	6,56	197	192	97	114	94	78

*Temperatura do ar, as 9:00 horas.

Fonte: Estação do CRHEA

TABELA D-2 Resultados das análises de Ácidos Voláteis, durante o período de fevereiro à julho de 1996

DATA	TDH	Ácidos Voláteis (mg/L)						Efluente
		Afluente	P1	P2	P3	P4	P5	
02/02/96	16	32	64	69	39	37	40	37
08/02/96	16	73	70	45	45	37	39	34
13/02/96	16	85	29	20	36	33	26	25
15/02/96	16	130	31	51	36	51	22	22
22/02/96	16	57	36	36	36	40	28	17
27/02/96	16	71	33	28	26	31	28	25
29/02/96	16	85	60	26	28	45	31	28
05/03/96	16	74	50	22	25	23	29	22
07/03/96	16	93	45	17	23	23	29	25
12/03/96	16	42	22	19	22	20	19	39
MÉDIA	16	74	44	33	32	34	29	27
14/03/95	12	82	50	33	26	26	23	29
19/03/96	12	81	34	17	20	20	200	12
21/03/96	12	79	25	22	45	31	25	19
26/03/96	12	81	25	22	25	36	19	15
28/03/96	12	64	20	15	17	17	20	17
02/04/96	12	77	42	19	23	40	17	25
09/04/96	12	96	51	19	26	20	20	23
11/04/96	12	32	15	19	19	20	17	15
16/04/96	12	76	23	26	22	19	25	20
23/04/96	12	72	20	37	43	42	37	26
MÉDIA	12	74	31	23	27	27	22	20
30/04/96	8	52,70	31	26	29	26	34	22
07/05/96	8	71	26	25	22	25	17	20
14/05/96	8	71	19	20	20	20	22	20
21/05/96	8	62	33	22	20	17	15	14
28/05/96	8	57	23	19	20	19	14	14
04/06/96	8	60	17,	14	19	19	15	15
11/06/96	8	62	15	28	23	23	23	22
18/06/96	8	71	20	22	20	23	23	19
25/06/96	8	98	26	19	19	15	15	14
02/07/96	8	84	19	19	20	37	17	20
09/07/96	8	118	12	15	22	22	19	19
16/07/96	8	77	17	17	19	29	19	17
27/07/96	8	85	26	22	19	17	15	14
30/07/96	8	77	43	37	40	25	25	15
MEDIA	8	75	23	22	22	23	20	17

TABELA D-3 Resultados das análises: DQO, DQO Filtrada e DBO, durante o período de fevereiro a julho 1996

Data	TDH (h)	DQO (mg/L)			DQO Filtrada (mg/L)			DBO (mg/L)		
		Afluente	Efluente	% Rem.	Afluente	Efluente	% Rem.	Afluente	Efluente	% Rem.
02/02/96	16	987	361	64	330	139	58	~	~	~
08/02/96	16	879	382	57	545	296	46	~	~	~
13/02/96	16	637	206	68	486	78	84	~	~	~
15/02/96	16	870	276	68	358	188	47	~	~	~
22/02/96	16	~	~	~	329	108	67	~	~	~
27/02/96	16	563	129	77	244	88	64	~	~	~
29/02/96	16	1002	210	79	573	130	77	~	~	~
05/03/96	16	868	129	85	286	70	76	~	~	~
07/03/96	16	1142	156	86	291	107	63	~	~	~
12/03/96	16	765	220	71	307	77	75	~	~	~
MÉDIA	16	856	238	72	375	128	66	~	~	~
14/03/95	12	900	225	78	295	107	64	688	174	75
19/03/96	12	1146	81	93	278	22	92	~	~	~
21/03/96	12	1020	239	77	361	83	77	693	212	60
26/03/96	12	979	211	78	342	100	71	~	~	~
28/03/96	12	781	166	79	403	107	73	755	88	88
02/04/96	12	1136	185	84	296	69	77	876	140	84
09/04/96	12	996	194	81	436	118	73	912	154	83
11/04/96	12	1092	160	85	181	125	31	~	~	~
16/04/96	12	822	138	83	348	68	80	668	100	85
23/04/96	12	826	857	69	293	68	77	653	278	57
MÉDIA	12	970	186	81	323	87	72	749	164	76
30/04/96	8	739	268	64	302	89	71	614	241	61
07/05/96	8	1036	240	77	564	128	77	935	145	84
14/05/96	8	843	145	83	302	97	68	354	144	59
21/05/96	8	720	152	79	307	71	77	452	58	87
28/05/96	8	845	205	76	295	75	75	545	115	79
04/06/96	8	841	159	81	294	130	56	834	136	84
11/06/96	8	1250	275	78	301	141	53	~	~	~
18/06/96	8	875	209	76	346	113	67	680	133	80
25/06/96	8	932	176	81	331	75	77	814	141	83
02/07/96	8	845	172	80	371	83	78	655	155	76
09/07/96	8	870	160	82	314	75	76	578	112	81
16/07/96	8	918	239	74	344	104	70	498	213	57
23/07/96	8	851	205	76	338	87	74	~	~	~
30/07/96	8	733	127	83	436	47	89	617	113	82
MÉDIA	8	878	195	78	346	94	72	628	135	78

TABELA D-4 Resultados das análises: Nitrogênio e Fósforo, durante o período de fevereiro a julho 1996

DATA	TDH (h)	NITROGÊNIO Afluente (mg/L)			NITROGÊNIO Efluente (mg/L)			FÓSFORO (mg/L)	
		Total	Amoniacal	Orgânico	Total	Amoniacal	Orgânico	Afluente	Efluente
02/02/96	16	79	41	39	41	31	10	~	~
08/02/96	16	54	30	23	48	30	18	~	~
15/02/96	16	95	33	62	52	43	10	~	~
22/02/96	16	77	30	47	68	30	37	~	~
29/02/96	16	55	27	28	55	32	24	~	~
07/03/96	16	92	36	57	49	38	11	~	~
MÉDIA	16	76	33	43	52	34	18	~	~
14/03/96	12	68	39	29	55	32	24	~	~
21/03/96	12	68	30	38	58	38	20	~	~
28/03/96	12	49	34	15	40	40	0	~	~
02/04/96	12	46	23	24	43	33	10	~	~
11/04/96	12	40	21	19	40	36	4	~	~
16/04/96	12	99	54	44	40	33	7	~	~
23/04/96	12	43	34	9	43	40	4	~	~
MÉDIA	12	57	33	25	44	37	8	~	~
30/04/96	8	52	40	12	43	43	0	7	6
07/05/96	8	59	48	11	43	34	9	8	5
14/05/96	8	105	33	72	46	9	9,24	8	4
21/05/96	8	83	48	35	99	35	64	17	8
28/05/96	8	77	54	23	3	31	6	7	3
04/06/96	8	86	39	47	52	28	24	7	3
11/06/96	8	74	40	34	43	40	4	8	4
18/06/96	8	65	45	20	40	31	9	7	4
25/06/96	8	68	48	20	37	28	9	7	2
02/07/96	8	62	45	17	34	28	6	7	3
09/07/96	8	86	47	39	40	26	14	8	5
16/07/96	8	71	47	24	34	28	5	8	4
23/07/96	8	70	47	23	37	25	12	7	3
30/07/96	8	74	49	25	40	32	8	7	3
MÉDIA	8	72	47	25	37	28	9	8	3

TABELA D-5 Dados de Sólidos Sedimentáveis da manta de lodo no Ponto 1

Data	TDH (h)	Ponto 1 (0.90m) (ml / L)	IVL
02/02/96	16	550	26,65
08/02/96	16	510	24
13/02/96	16	575	32,3
15/02/96	16	10	23
22/02/96	16	1000	56,25
27/02/96	16	500	22
29/02/96	16	500	16
05/03/96	16	880	28,6
07/03/96	16	500	25,8
12/03/96	16	775	25,88
14/03/95	12	350	15,2
19/03/96	12	325	12,52
21/03/96	12	1000	21,85
26/03/96	12	900	24,74
28/03/96	12	400	16,34
02/04/96	12	450	19,47
09/04/96	12	650	20,24
11/04/96	12	1000	21,43
16/04/96	12	750	42
23/04/96	12	990	23

TABELA D-5 Dados de Sólidos Sedimentáveis da manta de lodo ao longo da altura. (Continuação)

Data (ml / L)	TDH (h)	Ponto 1 (0.90m) (ml / L)	Ponto 2 (1.80m) (ml / L)	Ponto 3 (2.70m) (ml / L)	IVL
30/04/96	8	450	500	-	17,64
07/05/96	8	550	-	-	19,24
14/05/96	8	550	500	-	25,2
21/05/96	8	450	450	-	43
28/05/96	8	550	425	-	74,78
04/06/96	8	675	575	375	32,7
11/06/96	8	900	5	18	23,93
18/06/96	8	560	550	475	24,22
25/06/96	8	500	500	425	23
02/07/96	8	500	525	500	20
09/07/96	8	800	775	10	40
16/07/96	8	600	550	525	34
23/07/96	8	550	540	580	19
30/07/96	8	530	500	500	29,94

TABELA D-6 Resultados das análises de Sólidos Totais, Suspensos e Dissolvidos, durante o período de fevereiro a julho de 1996

Data	Pto	Sol. Totais(mg/L)			Sol. Suspenso (mg/L)			Sol. Dissolvido (mg/L)		
		ST	SF	SV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
02/02/96	Aflu.	1006	120	904	239	67	172	767	53	732
	P1	23036	8502	14534	20633	7400	13233	2403	1102	1301
	P2	1374	460	1150	1140	224	680	234	236	470
	P3	1358	374	984	723	231	492	635	143	492
	P4	1026	400	626	515	154	361	511	246	265
	P5	618	280	338	325	75	250	293	205	88
	Eflu.	176	76	100	124	28	96	52	48	4
06/02/96	Aflu.	934	148	786	300	41	259	634	107	527
	P1	2218	744	1474	1580	490	1090	638	254	384
	P2	1626	378	1248	1173	355	818	453	23	430
	P3	1356	400	956	1067	350	717	289	50	239
	P4	1682	496	1186	917	233	684	765	263	502
	P5	724	106	640	352	84	246	372	22	394
	Eflu.	628	120	508	214	64	150	414	56	358
08/02/96	Aflu.	614	216	398	204	36	168	410	180	230
	P1	21233	7667	13566	18162	6632	11530	3071	1035	2036
	P2	1344	440	904	964	309	655	380	131	249
	P3	1400	466	940	1350	410	934	50	56	6
	P4	1240	398	842	631	81	550	609	317	292
	P5	892	300	592	518	82	436	374	218	156
	Eflu.	270	42	228	142	24	118	128	18	110
13/02/96	Aflu.	490	164	326	146	8	138	344	156	188
	P1	22894	8840	14054	17800	6700	11100	5094	2140	2954
	P2	792	242	550	418	127	291	374	115	259
	P3	836	212	624	470	83	387	366	129	237
	P4	1088	366	722	641	209	432	447	157	290
	P5	664	256	408	300	100	200	364	156	208
	Eflu.	430	180	250	62	22	40	368	158	210
15/02/96	Aflu.	1856	548	1308	1478	322	1156	378	226	152
	P1	764	308	456	424	148	276	340	160	180
	P2	606	278	328	252	124	128	354	154	200
	P3	554	192	362	289	130	159	265	62	203
	P4	872	386	486	532	174	358	340	212	128
	P5	650	254	396	253	94	159	397	160	237
	Eflu.	358	140	218	18	6	12	340	134	206
20/02/96	Aflu.	688	156	532	269	50	219	419	106	313
	P1	24004	9898	14106	17133	7133	10000	6871	2765	4106
	P2	3880	328	552	467	73	394	3413	255	158
	P3	774	316	458	435	135	300	339	181	158
	P4	674	298	376	412	144	268	262	154	108
	P5	578	234	344	276	34	242	302	200	102
	Eflu.	294	104	190	56	16	40	238	88	150

TABELA D-6 Resultados das análises de Sólidos Totais, Suspensos e Dissolvidos, durante o período de fevereiro a julho de 1996 (Continuação)

Data	Pto.	Sol. Totais(mg/L)			Sol. Suspenso (mg/L)			Sol. Dissolvido (mg/L)		
		ST	SF	SV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
22/02/96	Aflu.	1170	242	928	320	27	293	850	215	635
	P1	24174	9408	14766	17775	7250	10525	6399	2158	4241
	P2	1014	316	698	553	174	379	461	142	319
	P3	770	180	590	425	125	300	345	55	290
	P4	896	292	604	500	140	360	396	152	244
	P5	528	190	338	314	86	228	214	104	110
	Eflu.	404	132	272	28	2	26	376	130	246
27/02/96	Aflu.	748	186	562	179	29	150	569	157	412
	P1	27512	11056	16456	22733	9767	12966	4779	1289	3490
	P2	710	252	458	426	113	313	284	139	145
	P3	554	208	346	212	58	154	342	150	192
	P4	622	210	453	253	100	412	369	110	41
	P5	476	128	348	140	38	102	336	90	246
	Eflu.	350	64	286	44	4	40	306	60	246
29/02/96	Aflu.	804	194	610	329	29	300	475	165	310
	P1	30750	12500	18250	23022	9840	13182	7728	2660	5068
	P2	920	316	604	455	140	315	465	176	289
	P3	766	284	482	445	140	305	321	144	177
	P4	890	310	580	363	79	284	527	231	296
	P5	640	154	486	209	49	160	431	105	326
	Eflu.	392	140	252	15	1	14	377	139	238
05/03/96	Aflu.	660	220	440	350	125	225	310	95	215
	P1	30733	12667	18066	28734	12036	16698	1999	631	1368
	P2	796	274	522	583	189	394	213	85	128
	P3	664	272	392	517	194	323	147	78	69
	P4	616	220	396	460	172	288	156	48	108
	P5	522	226	296	289	91	198	233	135	98
	Eflu.	192	102	90	11	1	10	181	101	80
07/03/96	Aflu.	998	252	746	582	94	488	416	158	258
	P1	19360	8400	10960	17634	7414	10220	1726	986	740
	P2	648	246	402	323	123	200	325	123	202
	P3	596	338	258	229	71	158	367	267	100
	P4	692	262	430	283	91	192	409	171	238
	P5	528	302	226	214	88	126	314	214	100
	Eflu.	320	138	182	32	2	30	288	136	152
12/03/96	Aflu.	550	240	316	158	27	131	392	213	185
	P1	31556	13768	17788	29946	12956	16990	1610	812	798
	P2	576	212	364	247	91	156	329	121	208
	P3	614	280	334	237	97	140	377	183	194
	P4	590	252	338	270	87	183	320	165	155
	P5	568	270	298	255	62	193	313	208	105
	Eflu.	366	152	214	44	1	43	322	151	171

TABELA D-6 Resultados das análises de Sólidos Totais, Suspensos e Dissolvidos, durante o período de fevereiro a julho de 1996 (Continuação)

Data	Pto.	Sol. Totais(mg/L)			Sol. Suspenso (mg/L)			Sol. Dissolvido (mg/L)		
		ST	SF	SV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
14/03/96	Aflu.	668	265	462	360	206	95	308	59	367
	P1	23112	9634	13478	23032	9600	13432	80	34	46
	P2	882	314	568	591	186	405	291	128	163
	P3	972	390	582	600	210	390	372	180	192
	P4	828	328	500	454	79	375	374	249	125
	P5	522	198	324	213	74	139	309	124	185
19/03/96	Eflu.	398	204	194	69	5	64	329	199	130
	Aflu.	990	352	638	638	225	413	352	127	225
	P1	27220	11202	16018	25960	10676	15284	1260	526	734
	P2	1034	386	648	679	263	416	355	123	232
	P3	970	376	594	625	245	380	345	131	214
	P4	786	500	286	463	188	275	323	312	11
21/03/96	P5	764	302	462	512	165	347	252	137	115
	Eflu.	240	126	114	23	4	19	217	122	95
	Aflu.	748	228	520	395	124	271	353	104	249
	P1	45814	18498	27394	45758	18364	27316	56	134	78
	P2	486	264	222	188	68	120	298	196	102
	P3	486	278	208	164	54	110	322	224	98
26/03/96	P4	504	216	288	178	58	120	326	158	168
	P5	338	162	176	80	0	80	258	162	96
	Eflu.	378	220	158	94	19	75	284	201	83
	Aflu.	618	172	446	300	29	271	318	143	175
	P1	37130	15458	21672	36376	15098	21278	754	360	394
	P2	498	238	260	210	62	148	288	176	112
28/03/96	P3	872	380	492	565	240	325	307	140	167
	P4	426	272	154	156	46	110	270	226	44
	P5	336	66	270	146	44	102	190	22	168
	Eflu.	224	106	118	22	2	20	202	104	98
	Aflu.	524	174	350	130	18	112	394	156	238
	P1	26212	10508	15704	24476	9872	14604	1736	636	1100
02/04/96	P2	836	320	516	624	210	414	212	110	102
	P3	836	308	528	681	238	443	155	70	85
	P4	786	284	502	414	128	286	372	156	216
	P5	426	138	288	186	48	138	240	90	150
	Eflu.	264	176	88	29	9	20	235	167	68
	Aflu.	726	276	450	342	50	292	384	226	158
02/04/96	P1	24084	9814	14270	23116	9800	13316	968	14	954
	P2	1796	728	1068	1650	590	1060	146	138	8
	P3	1908	772	1136	1664	591	1073	244	181	63
	P4	1826	664	1162	1336	436	900	490	228	262
	P5	1048	408	640	730	220	510	318	188	130
	Eflu.	236	138	98	40	1	39	196	137	59

TABELA D-6 Resultados das análises de Sólidos Totais, Suspensos e Dissolvidos, durante o período de fevereiro a julho de 1996 (Continuação)

Data	Pto.	Sol. Totais(mg/L)			Sol. Suspenso (mg/L)			Sol. Dissolvido (mg/L)		
		ST	SF	SV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
09/04/96	Aflu.	748	228	520	331	46	285	417	182	235
	P1	33368	13576	19792	32104	13178	18956	1264	398	836
	P2	984	412	572	778	244	534	206	168	38
	P3	948	384	564	539	217	322	409	167	242
	P4	740	308	432	431	127	304	309	181	128
	P5	674	176	498	356	124	232	318	52	266
	Eflu.	276	174	102	47	7	40	229	167	62
11/04/96	Aflu.	950	394	556	552	217	305	398	177	251
	P1	49010	19752	29258	46656	18704	27952	2354	1048	1306
	P2	534	184	350	295	103	192	239	81	158
	P3	570	238	332	252	100	152	318	138	180
	P4	488	208	280	234	64	170	254	144	110
	P5	496	214	282	256	84	172	240	130	110
	Eflu.	358	114	244	26	12	14	332	102	230
16/04/96	Aflu.	1004	214	790	190	30	160	814	184	630
	P1	27722	13248	14474	23682	11780	11902	4040	1468	2572
	P2	1410	566	853	1338	485	844	72	81	9
	P3	1730	646	1084	1346	438	908	384	208	176
	P4	1294	464	900	1275	375	830	19	89	70
	P5	1034	422	612	828	333	495	206	89	117
	Eflu.	2120	146	66	36	5	31	2084	141	35
23/04/96	Aflu.	510	150	360	238	71	167	272	79	193
	P1	43932	17290	26642	42966	17086	25880	966	204	762
	P2	468	216	252	214	60	154	254	156	98
	P3	528	232	296	298	102	196	230	130	100
	P4	472	206	266	232	66	166	240	140	100
	P5	378	216	162	168	52	116	210	164	46
	Eflu.	274	170	104	63	12	51	211	158	53
30/04/96	Aflu.	552	182	370	219	26	193	333	156	177
	P1	26492	10494	15998	25502	10214	15288	990	280	710
	P2	16178	5598	10580	15574	5496	10078	604	102	502
	P3	1686	590	1096	1292	385	907	394	205	189
	P4	1854	640	1214	1353	400	953	501	240	261
	P5	2016	696	1320	1533	473	1060	483	223	260
	Eflu.	320	188	132	62	4	58	258	184	74
07/05/96	Aflu.	696	184	512	243	43	200	453	141	312
	P1	29016	11360	17656	28588	11218	17370	428	142	286
	P2	3588	1064	2524	2928	888	2040	660	176	484
	P3	1268	450	818	907	271	636	361	179	182
	P4	1228	432	796	853	258	595	375	174	201
	P5	1162	412	750	678	204	474	484	208	276
	Eflu.	312	192	120	65	14	51	247	178	69

TABELA D-6 Resultados das análises de Sólidos Totais, Suspensos e Dissolvidos, durante o período de fevereiro a julho de 1996 (Continuação)

Data	Pto	Sol. Totais(mg/L)			Sol. Suspenso (mg/L)			Sol. Dissolvido (mg/L)		
		ST	SF	SV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
14/05/96	Aflu.	732	152	580	259	41	218	473	111	362
	P1	24032	8750	15282	21820	8080	13740	2212	670	1542
	P2	19920	6990	12954	19818	6966	12828	102	24	126
	P3	2090	748	1342	1427	408	1019	663	340	323
	P4	1836	650	1186	1515	485	1030	321	165	156
	P5	1908	660	1248	1206	363	843	702	297	405
	Eflu.	296	206	90	50	10	40	246	196	50
21/05/96	Aflu.	664	256	408	236	41	195	428	215	213
	P1	14938	5538	9400	10326	3826	6500	4612	1712	2900
	P2	16254	5920	10334	13772	4964	8808	2482	956	1526
	P3	8678	2858	5820	8263	2722	5541	415	136	279
	P4	2564	864	1700	2000	700	1300	564	164	400
	P5	1944	608	1336	1431	462	969	513	146	367
	Eflu.	272	146	126	44	12	32	228	134	94
28/05/96	Aflu.	518	258	260	239	35	204	279	223	56
	P1	10950	4012	6938	7354	2660	4694	3596	1352	2244
	P2	19116	7052	12064	17820	6374	11446	1296	678	618
	P3	4040	1290	2750	3349	1062	2287	691	228	463
	P4	1488	518	970	1039	317	722	449	201	248
	P5	1422	494	928	1135	353	782	287	141	146
	Eflu.	200	106	94	52	7	45	148	99	49
04/06/96	Aflu.	536	216	320	224	40	184	312	176	136
	P1	22328	7794	14534	20634	7690	12944	1694	104	1590
	P2	17578	6188	11390	15742	5550	10192	1836	638	1198
	P3	13780	4208	9572	11438	3546	7892	2342	662	1680
	P4	1112	388	724	700	210	490	412	178	234
	P5	1018	342	676	639	174	465	379	168	211
	Eflu.	182	44	138	41	4	37	141	40	101
11/06/96	Aflu.	712	190	522	406	64	342	306	126	180
	P1	39768	14728	25040	37604	13846	23758	2164	882	1282
	P2	472	274	205	292	87	198	180	187	7
	P3	1126	470	656	782	255	527	344	215	129
	P4	834	312	522	382	116	266	452	196	256
	P5	694	328	366	403	127	276	291	201	90
	Eflu.	270	192	78	46	11	35	224	181	43
18/06/96	Aflu.	522	194	328	244	96	148	278	98	180
	P1	25964	9790	16174	23120	8580	14540	2844	1210	1634
	P2	19540	7016	12524	19294	6946	12348	246	70	176
	P3	14872	5054	9818	14220	4784	9436	652	270	382
	P4	1232	456	776	1074	379	695	158	77	81
	P5	1208	418	790	1040	335	705	168	83	85
	Eflu.	158	132	38	51	13	26	107	119	12

TABELA D-6 Resultados das análises de Sólidos Totais, Suspensos e Dissolvidos, durante o período de fevereiro a julho de 1996 (Continuação)

Data	Pto.	Sol. Totais(mg/L)			Sol. Suspenso (mg/L)			Sol. Dissolvido (mg/L)		
		ST	SF	SV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
25/06/96	Aflu.	594	140	454	262	81	181	332	59	273
	P1	22724	8472	14252	21678	8000	13678	1046	472	574
	P2	19358	6876	12482	18766	6638	12128	592	238	354
	P3	13606	4490	9116	13464	4384	9080	142	106	36
	P4	2034	658	1376	1646	515	1131	388	143	245
	P5	1706	552	1154	1327	307	1020	379	245	134
	Eflu.	200	90	130	46	4	42	154	86	88
02/07/96	Aflu.	616	192	424	231	108	123	385	84	301
	P1	26348	10040	16308	25028	9512	15516	1320	528	792
	P2	20826	7552	13274	19394	7024	12370	1432	528	904
	P3	17698	6202	11496	16474	5740	10734	1224	462	762
	P4	2768	988	1798	2370	930	1440	398	58	358
	P5	2768	898	1870	2100	775	1325	668	123	545
	Eflu.	202	72	130	45	10	35	157	62	95
09/07/96	Aflu.	498	180	367	462	95	318	36	85	49
	P1	32760	12356	20404	31220	11844	19376	1540	512	1028
	P2	23198	8340	14758	23006	8250	14756	192	90	2
	P3	848	288	560	654	173	481	194	115	79
	P4	958	308	650	762	192	570	196	116	80
	P5	682	266	416	514	128	386	168	138	30
	Eflu.	212	202	76	90	14	10	122	188	66
16/07/96	Aflu.	534	180	354	319	114	205	215	66	149
	P1	28204	10758	17446	26370	9862	16508	1834	896	938
	P2	20958	7688	13270	20272	7312	12960	686	376	310
	P3	17248	6078	11170	16650	5708	10942	598	370	228
	P4	2963	830	2133	2822	744	2078	141	86	55
	P5	2560	814	1746	1725	475	1250	835	339	496
	Eflu.	95	39	56	45	2	43	50	37	13
23/07/96	Aflu.	544	212	332	243	57	186	301	155	146
	P1	40444	11590	28854	32812	8860	27952	7632	2730	902
	P2	22172	8124	14048	21533	7890	13643	639	234	405
	P3	19098	6792	12306	16426	6410	10016	2672	382	2290
	P4	1882	666	1216	1506	418	1088	376	248	128
	P5	1818	442	1376	1341	394	947	477	48	429
	Eflu.	204	132	72	66	5	61	138	127	11
30/07/96	Aflu.	638	206	432	254	70	184	384	136	248
	P1	27860	10160	17700	24922	7866	17056	2938	2294	644
	P2	22038	7734	14304	18182	6918	11264	3856	816	3040
	P3	20318	6970	13348	16494	5420	11074	3824	1550	2274
	P4	2108	476	1632	1300	373	927	808	103	705
	P5	1218	396	822	908	304	604	310	92	218
	Eflu.	186	98	122	154	64	56	32	34	66

TABELA IV-7 Resultados das análises de Sólidos Totais, Suspensos e Dissolvidos, durante o período de fevereiro a julho de 1996. Valores Médios mensais

MÊS	Pto	Sol. Totais (mg/L)			Sol. Suspenso (mg/L)			Sol. Dissolvido (mg/L)			SSV/ SST
		ST	SF	SV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV	
FEV	Aflu.	923	219	706	385	68	317	538	152	389	0,82
	P1	19621	7658	11962	15474	6151	9322	4147	1507	2640	0,60
	P2	1363	334	721	650	182	441	713	152	280	0,68
	P3	930	292	638	602	185	416	328	108	222	0,69
	P4	999	351	653	529	146	412	470	205	241	0,78
	P5	641	211	432	299	71	225	343	140	207	0,75
MAR	Eflu.	367	111	256	78	19	60	289	92	196	0,76
	Aflu.	720	238	490	364	106	251	355	132	239	0,69
	P1	30142	12517	17635	28990	12002	16978	1153	515	657	0,59
	P2	720	312	664	603	191	412	373	121	252	0,68
	P3	751	277	587	597	186	410	266	91	177	0,69
	P4	654	335	659	537	149	421	451	186	238	0,78
ABRIL	P5	501	208	293	237	72	165	264	137	127	0,70
	Eflu.	298	153	145	41	5	35	257	148	110	0,87
	Aflu.	748	241	508	312	73	234	436	167	274	0,75
	P1	34101	14029	20072	32338	13460	18882	1764	569	1190	0,58
	P2	3562	276	538	461	147	314	352	129	223	0,68
	P3	1228	1484	2189	2581	1027	1553	1091	456	636	0,60
MAIO	P4	1112	310	558	454	122	364	784	188	194	0,80
	P5	941	355	586	645	214	431	296	141	155	0,67
	Eflu.	597	155	124	46	7	39	552	148	86	0,85
	Aflu.	653	213	440	244	40	204	408	173	236	0,84
	P1	19734	7415	12319	17022	6446	10576	2712	969	1743	0,62
	P2	14720	251	552	374	111	263	429	139	289	0,70
JUNHO	P3	4019	2943	4427	5265	2143	3122	2105	800	1305	0,59
	P4	1779	616	1163	1352	440	912	427	176	251	0,67
	P5	1609	544	1066	1113	346	767	497	198	299	0,69
	Eflu.	270	163	108	53	11	42	217	152	66	0,80
	Aflu.	591	185	406	284	70	214	307	115	192	0,75
	P1	27696	10196	17500	25759	9529	16230	1937	667	1270	0,63
JULHO	P2	14237	2164	3009	4553	1928	2625	620	236	384	0,58
	P3	10846	4482	6672	8418	3519	4898	2737	963	1774	0,58
	P4	1303	454	850	951	305	646	353	149	204	0,68
	P5	1157	410	747	852	236	617	304	174	130	0,72
	Eflu.	203	115	96	46	8	35	157	107	61	0,76
	Aflu.	566	194	382	302	89	203	264	105	179	0,67
JULHO	P1	31123	10981	20142	28070	9589	19282	3053	1392	861	0,69
	P2	21838	3489	4900	7771	3259	4512	618	230	388	0,58
	P3	15042	6247	9253	11676	4905	6770	3823	1341	2482	0,58
	P4	2136	654	1486	1752	531	1221	384	122	265	0,70
	P5	1809	563	1246	1318	415	902	492	148	344	0,68
	Eflu.	180	109	91	80	19	41	100	90	50	0,51

TABELA D-8 Resultado da medida do volume de gás, durante o período de abril à julho de 1996

Data	Hora	Var. Horária	Leitura	Q Média Diária (m³/d)
16/04/96	14:30		0,000	
16/04/96	18:15	3,75	1,300	8.32
17/04/96	8:12	13,97	4,470	
17/04/96	16:43	8,52	7,170	6.53
18/04/96	7:55	15,20	10,590	
18/04/96	17:19	9,40	13,265	6.11
19/04/96	7:53	9,57	16,074	
19/04/96	16:47	8,90	18,305	6.53
20/04/96	10:55	18,13	21,105	3.71
21/04/96	9:50	22,92	25,400	4.50
22/04/96	7:35	21,75	29,512	
22/04/96	16:25	8,83	31,305	4.71
23/04/96	8:45	16,33	33,700	
23/04/96	16:50	8,08	35,850	4.95
24/04/96	8:18	15,47	38,524	
24/04/96	17:25	9,12	40,432	4.58
25/04/96	7:54	14,07	43,305	4.90
26/04/96	7:31	23,61	48,528	
26/04/96	18:04	10,55	51,880	6.47
27/04/96	10:00	15,99	54,735	4.29
28/04/96	8:30	22,50	60,175	5.80
29/04/96	8:05	23,58	66,108	
29/04/96	17:05	9,00	68,335	5.99
30/04/96	8:00	14,92	71,050	
30/04/96	20:00	8,00	74,573	5.28
01/05/96	9:48	13,80	76,985	
01/05/96	11:55	2,12	77,585	9.76
02/05/96	9:23	21,46	82,470	
02/05/96	15:45	6,37	84,365	5.89
03/05/96	10:30	18,75	87,250	3.45
04/05/96	9:52	23,37	92,828	
04/05/96	12:35	2,72	93,581	5.77
05/05/96	10:30	21,92	98,880	5.40
06/05/96	8:52	22,37	103,275	
06/05/96	12:40	3,80	104,294	6.00
07/05/96	8:00	19,33	108,324	
07/05/96	20:00	8,00	111,940	7.38
08/05/96	8:45	12,75	114,689	
08/05/96	16:00	7,25	117,020	5.99

TABELA D-8 Resultado da medida do volume de gás, durante o período de abril à julho de 1996 (Continuação)

Data	Hora	Var. Horária	Leitura	Q Média Diária (m³/h)
09/05/96	11:10	19,17	121,737	
09/05/96	17:10	6,00	122,946	4.78
10/05/96	8:23	15,22	125,590	
10/05/96	10:30	2,12	126,125	4.73
11/05/96	10:20	23,83	131,678	7.12
12/05/96	10:43	24,38	136,806	5.30
13/05/96	8:15	21,53	142,377	
13/05/96	14:26	6,18	144,460	
13/05/96	17:53	3,45	145,695	5.32
14/05/96	8:00	14,12	148,966	
14/05/96	20:00	8,00	152,820	5.87
15/05/96	11:30	15,50	156,515	5.67
16/05/96	10:55	23,42	162,650	6.26
17/05/96	7:35	20,67	168,216	
17/05/96	15:10	7,58	170,011	5.15
18/05/96	11:55	20,75	174,730	
19/05/96	9:25	21,50	179,641	
20/05/96	15:15	29,83	186,030	
20/05/96	17:15	2,00	186,672	6.02
21/05/96	8:00	14,75	189,883	
21/05/96	20:00	8,00	193,635	7.69
22/05/96	8:36	12,60	196,110	
22/05/96	15:00	6,40	197,995	5.51
23/04/96	15:00	24,00	203,550	5.17
24/05/96	9:00	18,00	207,801	
24/05/96	11:30	2,50	208,534	5.96
25/05/96	10:30	23,00	214,390	5.75
26/05/96	12:10	25,67	220,317	5.22
27/05/96	10:20	22,17	224,890	
27/05/96	17:40	7,17	226,530	4.90
28/05/96	8:00	14,33	228,880	
28/05/96	20:00	12,00	232,010	4.79
29/05/96	12:00	16,00	234,947	
29/05/96	17:40	5,67	236,632	5.43
30/05/96	11:20	17,67	240,113	
30/05/96	17:45	6,42	242,115	5.75
31/05/96	10:30	16,75	245,645	
31/05/96	17:55	7,42	247,545	5.24

TABELA D-8 Resultado da medida do volume de gás, durante o período de abril à julho de 1996 (Continuação)

Data	Hora	Var. Horária	Leitura	Q Média Diária (m ³ /d)
02/06/96	10:40	40,75	254,220	3.71
03/06/96	8:18	21,63	258,337	
03/06/96	10:35	2,28	258,849	4.69
04/06/96	9:45	23,17	263,765	4.79
05/06/96	11:30	25,75	267,990	3.69
06/06/96	11:10	23,67	272,465	4.27
07/06/96	10:50	23,67	277,220	4.53
09/06/96	12:05	49,25	285,518	3.81
10/06/96	9:00	20,92	289,548	
10/06/96	17:00	8,00	291,383	4.78
11/06/96	9:00	16,00	293,660	
11/06/96	17:00	8,00	295,687	4.48
12/06/96	9:00	16,00	298,200	
12/06/96	17:00	8,00	299,775	3.99
13/06/96	9:00	16,00	302,580	
13/06/96	17:00	8,00	304,885	5.21
14/06/96	9:00	16,00	307,887	
14/06/96	17:00	8,00	310,110	5.22
15/06/96	9:00	16,00	313,590	
15/06/96	17:00	8,00	315,480	5.10
16/06/96	9:00	16,00	318,640	
16/06/96	17:00	8,00	321,010	5.53
18/06/96	9:00	40,00	327,710	3.74
19/06/96	13:30	28,50	333,399	4.45
20/06/96	9:15	19,75	336,847	3.89
21/06/96	17:50	32,58	343,595	4.63
22/06/96	9:35	15,75	346,361	3.94
23/06/96	9:10	23,58	351,671	5.05
24/06/96	15:25	30,25	354,865	
24/06/96	17:06	1,68	355,300	4.09
25/06/96	9:00	15,90	358,454	4.42
27/06/96	14:30	53,50	366,595	3.43
28/06/96	14:55	24,42	370,155	3.37
29/06/96	11:05	20,17	373,255	3.56
30/06/96	10:30	23,42	377,460	4.10

TABELA D-8 Resultado da medida do volume de gás, durante o período de abril à julho de 1996 (Continuação)

Data	Hora	Var. Horária	Leitura	Média Diária (m³/d)
01/07/96	17:15	30,75	383,375	4.34
02/07/96	9:00	15,75	386,130	3.91
03/07/96	11:35	26,58	392,258	5.16
04/07/96	17:45	30,17	397,785	4.12
05/07/96	17:55	24,17	405,555	7.20
06/07/96	9:15	15,33	408,496	4.28
08/07/96	16:00	54,75	419,152	4.37
09/07/96	9:00	17,00	422,370	4.23
11/07/96	9:30	48,50	429,790	3.48
12/07/96	17:55	32,42	435,956	4.38
13/07/96	10:55	17,00	437,916	2.63
14/07/96	9:50	22,92	442,341	4.37
15/07/96	10:50	25,00	446,870	4.11
16/07/96	9:00	22,17	451,351	4.58
18/07/96	9:00	48,00	459,835	4.02
19/07/96	17:00	32,00	464,577	3.35
22/07/96	8:35	63,58	475,880	4.07
23/07/96	9:05	24,50	480,402	4.19
24/07/96	16:45	31,67	484,690	3.04
26/07/96	8:20	39,58	491,236	3.70
27/07/96	11:30	27,17	494,577	2.76
29/07/96	14:10	50,67	501,920	3.27
30/07/96	9:00	18,83	504,818	3.49