

**Campus de São Carlos**

**DESEMPENHO DE REATORES ANAERÓBIOS  
OPERADOS EM BATELADAS SEQUENCIAIS  
EM ESCALA PILOTO NO TRATAMENTO  
DE ESGOTO SANITÁRIO**

**ARNALDO SARTI**

**ORIENTADOR: Prof. Tit. EUGÊNIO FORESTI**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**



**ESCOLA DE ENGENHARIA  
DE SÃO CARLOS**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO**

**DESEMPENHO DE REATORES ANAERÓBIOS  
OPERADOS EM BATELADAS SEQUENCIAIS  
EM ESCALA PILOTO NO TRATAMENTO  
DE ESGOTO SANITÁRIO**

DEDALUS - Acervo - EESC



**ARNALDO SARTI**

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Doutor em Hidráulica e Saneamento.

**ORIENTADOR: PROF. DR. EUGÊNIO FORESTI**



**SÃO CARLOS**  
**2004**

Class.	TESE-EESC ✓
Cutt.	52091
Tombo	T097/04
Sysno	1371048

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

S249d

Sarti, Arnaldo

Desempenho de reatores anaeróbios operados em  
bateladas sequenciais em escala piloto no tratamento de  
esgoto sanitário / Arnaldo Sarti. -- São Carlos, 2004.

Tese (Doutorado) -- Escola de Engenharia de São  
Carlos-Universidade de São Paulo, 2004.

Área: Hidráulica e Saneamento.

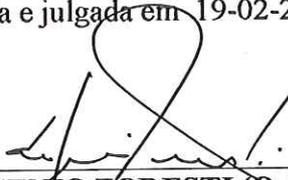
Orientador: Prof. Dr. Eugênio Foresti.

1. Esgoto sanitário. 2. Reatores operados em  
bateladas. 3. Tratamento biológico anaeróbio. I. Título.

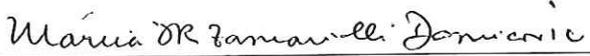
**FOLHA DE JULGAMENTO**

Candidato: Engenheiro **ARNALDO SARTI**

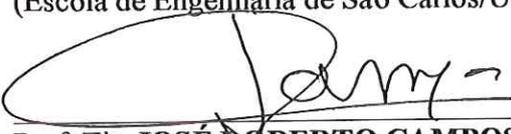
Tese defendida e julgada em 19-02-2004 perante a Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Tit. **EUGENIO FORESTI (Orientador)**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

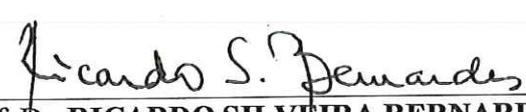
APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Dra. **MÁRCIA HELENA RISSATO ZAMARIOLLI DAMIANOVIC**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Tit. **JOSÉ ROBERTO CAMPOS**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. **RICARDO SILVEIRA BERNARDES**  
(Universidade de Brasília/UnB)

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. **LUIZ FERNANDO DE ABREU CYBIS**  
(Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS)

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Profª. Associada **MARIA DO CARMO CALIJURI**  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia (Hidráulica e Saneamento) e  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

ENTREGA

O destino do homem é ele quem faz  
Ande e não olhe para trás  
O caminho trilhado não tem volta  
Só o momento presente é perfeito  
Deixe para o mundo o que o revolta

Mas podemos mudar a direção  
Se da experiência aprendemos a lição  
Deixemos o passado para os perdedores  
O presente é tempo de mudança  
A escolha é o tempo de esperança  
A vida por si só nos trás amores

Mas como saber para onde ir?  
Como eger o caminho a seguir?  
Só a mente aberta vê a solução  
Aprender com os erros nos faz crescer  
Em busca somente do real saber  
Côncios de si e atentos ao coração

O poeta da vida observa o dia  
No eterno movimento sente alegria  
Despido de preconceito ou de razão

“ Encantos ”  
Renata Paz

*Dedico este trabalho à Regina, minha  
grande companheira, a Amanda,  
minha pequena companheira  
e a futura herdeira.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Eugênio Foresti pelo grande incentivo, pela sua orientação segura e efetivo ensinamento durante o desenvolvimento deste trabalho. Devo-lhe meu aceite no programa de pós-graduação desde 1996 (mestrado e doutorado).

Ao co-orientador Prof. Dr. Marcelo Zaiat, meu grandioso amigo desde a graduação, pelo auxílio e sugestões na fase experimental e pelas valiosas discussões teóricas. Ao Eng. Marcelo Loureiro Garcia (ex-aluno de iniciação) pela ajuda na montagem, operação e realização das análises de laboratório.

A todos os amigos do Laboratório de Processo Biológicos que desde 1996 tive contato. Não deixando de citar pelo incentivo e auxílio na execução experimental do trabalho dos amigos: Neyson Martins Mendonça, Ariovaldo José da Silva, Romeu Gadotti e José Alberto Correa Leite (Betão).

À amiga Bióloga Eloisa Pozzi Gianotti pelo grande auxílio nas análises microbiológicas. As Professoras Beth Moraes e Janja (cromatografia). Ao Sr. Walter Minotti pelo grande apoio na confecção das peças metálicas nos reatores.

Aos técnicos e amigos Antonio Wagner Lamon e Roberto Bergamo na montagem mecânica e automação dos reatores. Ao pessoal da contabilidade Flávia e Fernanda, bem como as secretarias Sá, Pavi e Rose.

Aos professores, funcionários e colegas do SHS/EESC/USP, aos meus familiares, especialmente aos meus pais (Paulo E.B.Sarti e Yvone Puppini Sarti) e minha irmã (Maria Alice Sarti) que também fizeram de tudo e mais alguma coisa para ser possível atingir este objetivo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa concedida e apoio financeiro para execução do trabalho, bem como ao PRONEX (Programa de Núcleo de Excelência).

## **SUMÁRIO**

<b>DEDICATÓRIO.....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>III</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>NOMENCLATURA.....</b>	<b>XVI</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
2.1-Objetivo principal.....	4
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
3.1-Tratamento Anaeróbio de Esgotos Sanitários.....	5
3.1.1-Esgotos Sanitários.....	5
3.1.2-Tratamento Biológico de Águas Residuárias.....	7
3.2-Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Seqüenciais.....	13
3.2.1-Princípios Básicos.....	13
3.2.2-Desempenho de Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Seqüenciais.....	18
3.2.2.1-Agitação.....	19
3.2.2.2-Relação Substrato/Microrganismo (S/X).....	22
3.2.2.3-Configuração Geométrica.....	26
3.2.2.4 Estratégia de Alimentação.....	27
3.3-Reatores Anaeróbios em Batelada Seqüencial com Biomassa Imobilizada.....	34

3.3.1-Biomassa Imobilizada em Suporte Inerte (Espuma de Poliuretano).....	34
3.3.2-Experiências com Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Seqüenciais com Biomassa Imobilizada em Espuma de Poliuretano.....	37
<b>4. INSTALAÇÕES E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....</b>	<b>41</b>
4.1-Projeto-Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Seqüenciais.....	41
4.2-Implantação-Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Seqüenciais.....	47
4.3-Operação-Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Seqüenciais.....	58
4.4-Monitoramento-Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Seqüenciais.....	62
4.4.1-Análises Microbiológicas.....	64
4.4.2-Análise Microscópicas.....	66
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>67</b>
5.1-Substrato (Esgoto sanitário).....	67
5.2-Análise Comparativa dos Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas.....	71
5.2.1-Análise Comparativa entre ASBR1 e ASBR2 (1ª etapa).....	74
5.2.2-Análise Comparativa entre ASBR1 e ASBR3 (1ª etapa).....	85
5.2.3-Resultados do ASBBR (1ª etapa).....	95
5.2.4-Análise dos Reatores Anaeróbios Operados em Batelada (2ª etapa).....	103
5.2.4.2-Análise Comparativa entre ASBR1 e ASBR2 (2ª etapa).....	105
5.2.4.2-Análise Comparativa entre ASBR1 e ASBR3 (2ª etapa).....	110
5.2.4.3-Resultados do ASBBR (2ª etapa).....	114
5.3-Comentários Gerais da 1ª e 2ª etapa.....	118
5.4-Characterização Microbiológica da Biomassa nos Reatores ASBR e ASBBR.	126
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>141</b>
<b>7. SUGESTÕES.....</b>	<b>143</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>144</b>
<b>Anexo A</b> Resultados Gerais do Monitoramento dos Reatores ASBR1, ASBR2, ASBR3 E ASBBR na 1ª e 2ª etapa de operação.	

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1:</b> Vantagens e desvantagens na utilização do tratamento biológico anaeróbio (Speece, 1996).....	9
<b>Tabela 3.2:</b> Tipos de reatores ou sistemas utilizados no tratamento de esgoto sanitário (Andrade Neto & Campos, 1999).....	10
<b>Tabela 3.3:</b> Resultados da aplicação de reatores UASB no tratamento de esgotos sanitários em diferentes escalas (Seghezzeo, 1998).....	13
<b>Tabela 3.4:</b> Comparação entre os reatores ASBR e UASB (Angenent & Dague, 1995)....	17
<b>Tabela 3.5:</b> Dados operacionais de reatores anaeróbios do tipo ASBR no tratamento de águas residuárias diversas.....	30
<b>Tabela 3.6:</b> Dados operacionais e de desempenho de reatores do tipo ASBR no tratamento de águas residuárias diversas.....	32
<b>Tabela 4.1:</b> Tempos das etapas para o ciclo total (8 horas) de operação dos reatores.....	46
<b>Tabela 4.2:</b> Fases de operação dos reatores de batelada seqüencial no período de 24 horas.....	56
<b>Tabela 4.3:</b> Problemas operacionais ocorridos durante a fase de operação dos reatores e as devidas soluções adotadas.....	59
<b>Tabela 4.4:</b> Alterações das condições de agitação dos reatores na fase experimental.....	61
<b>Tabela 4.5:</b> Atividades realizadas no decorrer do ensaio experimental e frequência.....	62
<b>Tabela 4.6:</b> Parâmetros de monitoramento operacional, físico-químicos da fase líquida, frequência e métodos de análises.....	63
<b>Tabela 5.1:</b> Resultados dos parâmetros analisados do esgoto sanitário.....	68

<b>Tabela 5.2:</b> Valores médios, máximos e mínimos de DQO do esgoto sanitário afluente e a carga orgânica aplicada na 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> etapa de operação dos reatores anaeróbios em batelada.....	69
<b>Tabela 5.3:</b> Valores médios, máximos e mínimos de características físico-químicas analisadas no esgoto sanitário na 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> etapa de operação.....	70
<b>Tabela 5.4:</b> Valores médios, máximos e mínimos em termos de DQO efluente e eficiência de remoção na 1 <sup>a</sup> etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR2.....	74
<b>Tabela 5.5:</b> Valores médios, máximos e mínimos em termos de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis efluente e eficiência de remoção na 1 <sup>a</sup> etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR2.....	75
<b>Tabela 5.6:</b> Valores médios, máximos e mínimos em termos de Ácidos Voláteis Totais e Alcalinidade a bicarbonato no efluente e concentração de metano no biogás na 1 <sup>a</sup> etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR2.....	75
<b>Tabela 5.7:</b> Valores médios, máximos e mínimos em termos de DQO efluente e eficiência de remoção na 1 <sup>a</sup> etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR3.....	86
<b>Tabela 5.8:</b> Valores médios, máximos e mínimos em termos de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis efluente e eficiência de remoção na 1 <sup>a</sup> etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR3.....	86
<b>Tabela 5.9:</b> Valores médios, máximos e mínimos em termos de Ácidos Voláteis Totais e Alcalinidade a bicarbonato no efluente e Concentração de metano presente no biogás na 1 <sup>a</sup> etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR3.....	87
<b>Tabela 5.10:</b> Valores médios, máximos e mínimos em termos de DQO efluente e eficiência de remoção na 1 <sup>a</sup> etapa de operação do reator ASBBR.....	95
<b>Tabela 5.11:</b> Valores médios, máximos e mínimos em termos de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis efluente e eficiência de remoção na 1 <sup>a</sup> etapa de operação do reator ASBBR.....	95
<b>Tabela 5.12:</b> Valores médios, máximos e mínimos em termos de Ácidos Voláteis Totais e Alcalinidade a bicarbonato no efluente e concentração de metano presente no biogás na 1 <sup>a</sup> etapa de operação do reator ASBBR.....	96
<b>Tabela 5.13:</b> Valores médios, máximos e mínimos em termos de DQO efluente e eficiência de remoção na 2 <sup>a</sup> etapa de operação dos reatores ASBR1, ASBR2, ASBR3 e ASBBR.....	104
<b>Tabela 5.14:</b> Valores médios, máximos e mínimos em termos de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis efluente e eficiência de remoção na 2 <sup>a</sup> etapa de operação dos reatores ASBR1, ASBR2, ASBR3 e ASBBR.....	104

- Tabela 5.15:**Valores médios, máximos e mínimos em termos de pH, Ácidos Voláteis Totais e Alcalinidade a bicarbonato no efluente e concentração de metano presente no biogás na 2<sup>a</sup> etapa de operação dos reatores ASBR1, ASBR2, ASBR3 e ASBBR..... 105
- Tabela 5.16:**Valores médios de DQO e Sólidos Suspensos Totais e Voláteis no efluente e eficiência de remoção na 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> etapas de operação dos reatores..... 122
- Tabela 5.17:**Valores de DQO bruta e Sólidos Suspensos Totais no efluente dos reatores na 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> etapas de operação abaixo de 80% dos dados obtidos..... 125
- Tabela 5.18:**Morfologias presentes no lodo dos reatores e respectivas frequências ao longo da 1<sup>a</sup> etapa de operação..... 128

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1:</b> Composição do esgoto sanitário (Tebbut, 1977).....	6
<b>Figura 3.2:</b> Principais rotas para decomposição da matéria orgânica na presença de diferentes aceptores de elétrons (Gijzen, 1996).....	7
<b>Figura 3.3:</b> Etapas do ciclo de operação do reator em batelada (Dague et al.,1992).....	14
<b>Figura 3.4:</b> Comportamento ao longo da operação dos valores de $d_{\text{médio}}$ nos reatores R1 e R2 para diferentes relações S/X (Ong et al., 2002).....	26
<b>Figura 4.1:</b> Representação esquemática dos volumes destinados para as fases sólida (lodo), líquida e gasosa nos reatores ASBR.....	42
<b>Figura 4.2:</b> Reator ASBR (L/D=1,5) com recirculação de líquido.....	43
<b>Figura 4.3:</b> Reator ASBR (L/D=1,5) com agitação mecânica.....	43
<b>Figura 4.4:</b> Reator ASBR (L/D=3,0) com recirculação de líquido.....	44
<b>Figura 4.5:</b> Representação esquemática dos volumes destinados na acomodação do suporte inerte e das fases sólida (lodo-descarte), líquida e gasosa no reator ASBBR..	45
<b>Figura 4.6:</b> Reator ASBBR (L/D=1,5) com agitação mecânica.....	45
<b>Figura 4.7:</b> Fluxograma esquemático proposto de operação simultânea dos reatores.....	47
<b>Figura 4.8:</b> Mapa de localização da área reservada da ETE-USP (São Carlos).....	48
<b>Figura 4.9:</b> Sala dos reatores construída na área da ETE da USP de São Carlos.....	49
<b>Figura 4.10:</b> Reatores instalados na sala construída na ETE.....	50
<b>Figura 4.11:</b> Reatores ASBR2 e ASBBR com a adaptação de cruzetas perfuradas para agitadores e cesto cilíndrico para acomodação dos cubos de espuma.....	50
<b>Figura 4.12:</b> Características geométricas dos impelidores dos reatores ASBR2 e ASBBR.....	51

<b>Figura 4.13:</b> Reatores ASBR2 e ASBBR com sistema de agitação acoplado.....	51
<b>Figura 4.14:</b> Bombas de recirculação instaladas nos reatores ASBR1 e ASBR3.....	52
<b>Figura 4.15:</b> Tubulações de saída de biogás nas tampas dos reatores ASBR2 e ASBR3 e ponto de amostragem para conexão de amostrador de biogás do ASBR1.....	53
<b>Figura 4.16:</b> Sistema de bombeamento de esgotos e grade grosseira instalada em caixa de passagem na entrada do poço de sucção.....	54
<b>Figura 4.17:</b> Válvula automatizada e microcomputador utilizado na automação.....	54
<b>Figura 4.18:</b> Diagrama de blocos da automação instalada nos reatores.....	55
<b>Figura 4.19:</b> Tela de apresentação do software para agendamento das ações seqüenciais e verificação de status de acionamentos.....	56
<b>Figura 4.20:</b> Tela do software de controle manual dos acionamentos e status de acionamentos.....	57
<b>Figura 4.19:</b> Vista parcial do aparato experimental completo e dos reatores ASBR1, ASBR2, ASBR3 e ASBBR.....	58
<b>Figura 4.22:</b> Microscopia ótica de contraste de fase indicando a presença de cloreto férrico no lodo dos ASBR e nos cubos de espuma de poliuretano no ASBBR.....	60
<b>Figura 5.1:</b> Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) filtrada (▲) do ASBR1 na 1ª etapa de operação.....	80
<b>Figura 5.2:</b> Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR2 na 1ª etapa de operação.....	80
<b>Figura 5.3:</b> Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR1 na 1ª etapa de operação.....	81
<b>Figura 5.4:</b> Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator ASBR2 na 1ª etapa de operação.....	81
<b>Figura 5.5:</b> Carga orgânica removida em função da carga orgânica aplicada nos reatores ASBR1 (—) e ASBR2 (—) na II fase (26-164 dias de operação) da 1ª etapa de operação.....	82
<b>Figura 5.6:</b> Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (▲) e ASBR2 (■) na 1ª etapa de operação.....	82
<b>Figura 5.7:</b> Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (▲) e ASBR2 (■) na 1ª etapa de operação.....	83
<b>Figura 5.8:</b> Variação temporal da concentração de metano presente no biogás dos reatores ASBR1 (■) e ASBR2 (■) na 1ª etapa de operação.....	83

- Figura 5.9:**Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR1 na 1ª etapa de operação..... 84
- Figura 5.10:**Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR2 na 1ª etapa de operação..... 84
- Figura 5.11:**Variação temporal (mensal) da concentração de Sólidos Totais (■) e Voláteis (■) no lodo do reator ASBR1 na 1ª etapa de operação..... 85
- Figura 5.12:**Variação temporal (mensal) da concentração de Sólidos Totais (■) e Voláteis (■) no lodo do reator ASBR2 na 1ª etapa de operação..... 85
- Figura 5.13:**Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR3 na 1ª etapa de operação..... 91
- Figura 5.14:**Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator ASBR3 na 1ª etapa de operação..... 91
- Figura 5.15:**Carga orgânica removida em função da carga orgânica aplicada nos reatores ASBR1 (—) e ASBR3 (—) na fase II (26-164 dias de operação) da 1ª etapa de operação..... 92
- Figura 5.16:**Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (▲) e ASBR3 (■) na 1ª etapa de operação..... 92
- Figura 5.17:**Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (▲) e ASBR3 (■) na 1ª etapa de operação..... 93
- Figura 5.18:**Variação temporal da concentração de metano presente no biogás dos reatores ASBR1 (■) e ASBR3 (■) na 1ª etapa de operação..... 93
- Figura 5.19:**Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR3 na 1ª etapa de operação..... 94
- Figura 5.20:**Variação temporal (mensal) da concentração de Sólidos Totais (■) e Voláteis (■) no lodo do reator ASBR3 na 1ª etapa de operação..... 94
- Figura 5.21:**Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBBR na 1ª etapa de operação..... 100
- Figura 5.22:**Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator do ASBBR na 1ª etapa de operação..... 100
- Figura 5.23:**Carga orgânica removida em função da carga orgânica aplicada no reator ASBBR (—) na fase II (26-164 dias de operação) da 1ª etapa de operação.101

- Figura 5.24:**Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente no reator ASBBR (■) na 1ª etapa de operação..... 101
- Figura 5.25:**Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente no reator ASBBR (■) na 1ª etapa de operação..... 102
- Figura 5.26:**Variação temporal da concentração de metano presente no biogás do reator ASBBR (■) na 1ª etapa de operação..... 102
- Figura 5.27:**Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBBR na 1ª etapa de operação..... 103
- Figura 5.28:**Variação temporal (mensal) da concentração de Sólidos Totais (■) e Voláteis (■) no lodo do reator ASBBR na 1ª etapa de operação..... 103
- Figura 5.29:**Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR1 na 2ª etapa de operação..... 107
- Figura 5.30:**Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR2 na 2ª etapa de operação..... 108
- Figura 5.31:**Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator do ASBR1 na 2ª etapa de operação..... 108
- Figura 5.32:**Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator do ASBR2 na 2ª etapa de operação..... 108
- Figura 5.33:**Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (■) e ASBR2 (▲) na 2ª etapa de operação... 109
- Figura 5.34:**Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (■) e ASBR2 (▲) na 2ª etapa de operação..... 109
- Figura 5.35:**Variação temporal da concentração de metano presente no biogás dos reatores ASBR1 (■) e ASBR2 (■) na 2ª etapa de operação..... 109
- Figura 5.36:**Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR1 na 2ª etapa..... 110
- Figura 5.37:**Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR2 na 2ª etapa..... 110
- Figura 5.38:**Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR3 na 2ª etapa de operação..... 112

- Figura 5.39:**Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator do ASBR3 na 2ª etapa de operação..... 113
- Figura 5.40:**Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (■) e ASBR3 (▲) na 2ª etapa de operação... 113
- Figura 5.41:**Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (■) e ASBR3 (▲) na 2ª etapa de operação..... 113
- Figura 5.42:**Variação temporal da concentração de metano presente no biogás dos reatores ASBR1 (■) e ASBR3 (■) na 2ª etapa de operação..... 114
- Figura 5.43:**Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR3 na 2ª etapa..... 114
- Figura 5.44:**Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBBR na 2ª etapa de operação..... 116
- Figura 5.45:**Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator do ASBBR na 2ª etapa de operação..... 116
- Figura 5.46:**Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente no reator ASBBR (■) na 2ª etapa de operação..... 117
- Figura 5.47:**Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente no reator ASBBR (■) na 2ª etapa de operação..... 117
- Figura 5.48:**Variação temporal da concentração de metano presente no biogás do reator ASBBR (■) na 2ª etapa de operação..... 117
- Figura 5.49:**Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBBR na 2ª etapa..... 118
- Figura 5.50:**Carga orgânica removida em função da carga orgânica aplicada nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 1ª etapa de operação (26 a 164 dias)..... 124
- Figura 5.51:**Carga orgânica removida em função da carga orgânica aplicada nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 2ª etapa de operação (66 dias)..... 124
- Figura 5.52:**Valores de concentração de DQO bruta no efluente em função do percentil nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 1ª etapa de operação..... 125

- Figura 5.53:**Valores de concentração de sólidos suspensos totais (SST) no efluente em função do percentil nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 1ª etapa de operação..... 125
- Figura 5.54:**Valores de concentração de DQO bruta no efluente em função do percentil nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 2ª etapa de operação..... 126
- Figura 5.55:**Valores de concentração de sólidos suspensos totais (SST) no efluente em função do percentil nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 2ª etapa de operação..... 126
- Figura 5.56:**Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células provenientes do ASBR1, no tratamento de esgoto sanitário na 1ª etapa (aumento 1250X). Estruturas semelhantes a: (a) Aglomerado de cocos não fluorescentes; (b) bacilos curvos (BRS); (c) *Sphaerotilus* sp (d) bacilos coloniais-organismos zoogleiais (aumento 1000X); (e) hifa de fungo; (f) arqueas filamentosas como *Methanosaeta* sp; (g, h) arqueas como *Methanosarcina* sp..... 132
- Figura 5.57:**Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células provenientes do ASBR2, no tratamento de esgoto sanitário na 1ª etapa (aumento 1250X). Estruturas semelhantes a: (a) Aglomerado de cocos fluorescentes; (b) bacilos fluorescentes; (c) bacilos de bordas arredondadas (aumento 1000X); (d) *Beggiatoa* sp (aumento 1000X); (e) arqueas filamentosas como *Methanosaeta* sp e bactérias fototróficas anoxigênicas; (f) arqueas filamentosas como *Methanosaeta* sp (g,h) arqueas como *Methanosarcina* sp..... 133
- Figura 5.58:**Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase das células provenientes do ASBR3, no tratamento de esgoto sanitário na 1ª etapa. Estruturas semelhantes a: (a) bacilos retos (aumento 1250X); (b) bacilos com inclusões (aumento 1250X); (c) hifa de fungo; (d) bacilos em cadeia (aumento 1600X); (e) bacilos de bordas arredondadas; (f,g) bactérias fototróficas anoxigênicas (aumento 1250X); (h) arqueas como *Methanosarcina* sp (aumento 1250X)..... 134
- Figura 5.59:**Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células provenientes do ASBBR (espuma), no tratamento de esgoto sanitário na 1ª etapa. Estruturas semelhantes a: (a) bacilos curvos (BRS) e bacilos de bordas arredondadas com inclusões (aumento 1000X); (b) bacilos fluorescentes (aumento 1000X); (c, d) bactérias fototróficas anoxigênicas (c-aumento 1000X e d-aumento 1250X); (e) fototróficas anoxigênicas (Gram negativa-aumento 1600X); (f) fototrófica anoxigênica com grânulos de PHB (aumento 1250X); (g,h) arqueas como *Methanosarcina* sp (aumento 1600X)..... 135

- Figura 5.60:**Micrografias por meio de MEV da espuma de poliuretano do ASBBR: (a) colonização dos retículos (poros) da espuma com 30 dias de operação (aumento 50X); (b) colonização dos poros da espuma após 180 dias de operação (aumento 100X); (c) cocos-1000x; (d) células semelhantes a *Methanosaeta* sp (300X/5000X); (e) células cocóides (possivelmente bactérias fototróficas anoxigênicas) e bacilos-3000X; (f) células semelhantes a *Methanosaeta* sp (aumento 5000X)..... 136
- Figura 5.61:**Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células do inóculo granular proveniente de reator UASB utilizado no tratamento de água residuária de abatedouro de aves (aumento 1250X). Estruturas semelhantes a: (a) bacilos coloniais; (b) bacilos retos e curvos; (c) arquea filamentosa como *Methanosaeta* sp (d) arquea como *Methanosarcina* sp..... 137
- Figura 5.62:**Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células provenientes do ASBR1, no tratamento de esgoto sanitário na 2<sup>a</sup> etapa (aumento 1500X). Estruturas semelhantes a: (a,b) arqueas como *Methanosarcina* sp; (c) arquea filamentosa como *Methanosaeta* sp; (d) *Sphaerotilus* sp e aglomerado de bactérias fototróficas anóxicas (aumento de 1000X)..... 139
- Figura 5.63:**Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células provenientes do ASBR2, no tratamento de esgoto sanitário na 2<sup>a</sup> etapa (aumento 1500X). Estruturas semelhantes a: (a) Aglomerado de bacilos fluorescentes; (b) arquea filamentosa como *Methanosaeta* sp e bactéria fototrófica anoxigênica; (c) arquea como *Methanosarcina* sp; (d) bacilos curvos (BRS)..... 139
- Figura 5.64:**Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase das células provenientes do ASBR3, no tratamento de esgoto sanitário na 2<sup>a</sup> etapa. Estruturas semelhantes a: (a) bactérias fototróficas anoxigênicas (aumento 1500X); (b) hifa de fungo (aumento 1000X); (c) bacilo de borda arredondada e bacilo delgado (aumento 1500X); (d) arquea como *Methanosarcina* sp (aumento 1000X)..... 140
- Figura 5.65:**Micrografias por meio de MEV dos grânulos presentes no reator ASBR2: grânulos intactos obtidos após 66 dias de operação (2<sup>a</sup> etapa) no tratamento de esgoto sanitário (aumentos de 200X e 141X)..... 140

## NOMENCLATURA

$\varepsilon$	porosidade do leito
$\theta_c$	tempo de retenção celular, [T]
$\theta_h$	tempo de detenção hidráulico, [T]
D	diâmetro do reator, [L]
L	comprimento do reator, [L]
S	concentração de substrato, [M].[L] <sup>-3</sup>
V <sub>A</sub>	volume destinado para sistema de agitação, [L] <sup>-3</sup>
V <sub>D</sub>	volume para eventual descarte de lodo, [L] <sup>-3</sup>
V <sub>G</sub>	volume destinado à acumulação de biogás [L] <sup>-3</sup>
V <sub>L</sub>	volume líquido removível a cada ciclo, [L] <sup>-3</sup>
V <sub>R</sub>	volume destinado à retenção de biomassa, [L] <sup>-3</sup>
V <sub>S</sub>	volume para acomodação do suporte inerte, [L] <sup>-3</sup>
V <sub>T</sub>	volume total, [L] <sup>-3</sup>
V <sub>U</sub>	volume útil, [L] <sup>-3</sup>
X	concentração de biomassa, [M].[L] <sup>-3</sup>

## Abreviaturas

A	alimentação
ASBBR	anaerobic sequencing batch biofilm reactor
ASBR	anaerobic sequencing batch reactor
AVT	ácidos voláteis totais
CO	carga orgânica volumétrica
DBO	demanda bioquímica de oxigênio
DQO	demanda química de oxigênio
ESGB	reator de leito expandido granular
IG	inóculo granular

---

M	agitação mecânica
NG	inóculo não granular
pH	potencial hidrogeniônico
PHB	poli-hidroxibutirato
R	recirculação de biogás
RAHLF	Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo
S/X	razão substrato/microrganismo
SST	sólidos em suspensão totais
SSV	sólidos em suspensão voláteis
ST	sólidos totais
SV	sólidos voláteis
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor

---

## RESUMO

Sarti, A. (2004). Desempenho de reatores anaeróbios operados em bateladas seqüenciais em escala piloto no tratamento de esgoto sanitário. São Carlos (2004), 155p Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho apresenta e discute os resultados obtidos na operação de quatro reatores anaeróbios operados em bateladas seqüenciais, projetados em escala piloto, para tratamento de  $7,8 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$  de esgotos sanitários, coletados da rede coletora que atravessa o *Campus* da USP de São Carlos. Cada sistema ( $1,2 \text{ m}^3$ ) foi concebido para tratamento de  $1,95 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$  de esgoto sanitário, com concepções geométricas (relação L-altura/D-diâmetro), mecânicas (agitação mecânica ou recirculação de líquido) e tipo de retenção de biomassa diferentes. Três unidades eram do tipo ASBR (*anaerobic sequencing batch reactor*) e outro tipo ASBBR (*anaerobic sequencing batch biofilm reactor*) com leito fixo composto de matrizes cúbicas de espuma de poliuretano. Os ciclos operacionais tinham duração de oito horas perfazendo no total três ciclos por dia em cada sistema. O monitoramento dos reatores incluiu a determinação de DQO, pH, sólidos em suspensão totais (SST) e voláteis, ácidos voláteis totais, alcalinidade no afluente e efluente, bem como a concentração de metano no biogás. O ensaio experimental foi dividido em duas etapas distintas, sendo que na primeira (227 dias), os reatores não receberam inóculo e na segunda (66 dias) houve a inoculação prévia de lodo anaeróbio granular. Em ambas etapas, os dois reatores ASBR com mesmo tipo de agitação por recirculação de líquido, mas com diferente relação L/D não apresentaram desempenho satisfatório. Os valores médios de eficiência de remoção de DQO e de SST foram próximos de 40% e 60%, respectivamente. No efluente a concentração média foi de  $300 \text{ mgDQO} \cdot \text{l}^{-1}$  e de  $100 \text{ mgSST} \cdot \text{l}^{-1}$ . Nos reatores, ASBR com agitação mecânica e, ASBBR com biomassa imobilizada, os resultados médios obtidos foram melhores. O reator ASBBR atingiu eficiência média de 65% e 75% em remoção de DQO e SST, enquanto no ASBR com agitação mecânica chegou-se a 60% e 85%, respectivamente. A concentração média no efluente dos reatores foi de  $150 \text{ mgDQO} \cdot \text{l}^{-1}$  e  $60 \text{ mgSST} \cdot \text{l}^{-1}$  no ASBBR e  $220 \text{ mgDQO} \cdot \text{l}^{-1}$  e  $50 \text{ mgSST} \cdot \text{l}^{-1}$  no ASBR com agitação mecânica.

Palavra chave: Esgoto sanitário, processo anaeróbio, reator anaeróbio operado em batelada seqüencial, biomassa imobilizada, espuma de poliuretano.

## ABSTRACT

Sarti, A. (2004). The performance of anaerobic sequencing batch reactors in pilot scale for domestic sewage treatment. São Carlos (2004), 155p Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

This study reports and discuss several data obtained using four pilot scale anaerobic sequencing batch reactor, treating  $7.8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  of domestic sewage from the Sao Paulo University sewer treatment system (*Campus*- São Carlos). Each reactor system ( $1.2 \text{ m}^3$ ) was designed for the treatment of  $1.95 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  of domestic sewage with different geometric reactor characteristics (ratio L-length/D-diameter), mechanical (mechanical mixing or liquor re-circulation) and biomass retention type. Three reactors were a conventional ASBR (anaerobic sequencing batch reactor) with granular biomass and another one, an anaerobic sequencing batch biofilm reactor (ASBBR), which was composed with cubic matrices of polyurethane foam. The reactors were operated within 8-h of a sequential batch cycle, which were attained in three cycles by day for each system. Chemical oxygen demand (COD), pH, total suspended solids (TSS), volatile fatty acids, bicarbonate alkalinity in both the influent and effluent were monitored in the different cycles. Methane concentration was also assessed in the same period using Gas Chromatography (GC). The experiments were divided in two different phases. In the first phase, which corresponded to 227 d, the reactors were not inoculated. In the second phase (66 d) the reactors were then inoculated with anaerobic granular sludge. It was observed that in both operational phases, the two ASBR reactors, with the same re-circulating process of the mixed liquor, but with different L/D ratio, showed non-satisfactory results. The average values of COD and TSS removal were close to 40 and 60%, respectively. In the effluent, the average values were of  $300 \text{ mgDQO} \cdot \text{l}^{-1}$  and  $100 \text{ mgTSS} \cdot \text{l}^{-1}$ . ASBR reactors with mechanical mixing and ASBBR reactor with immobilized biomass showed better results. The average removal efficiency observed was of 65 and 75% for COD and TSS, respectively. ASBR reactors with mechanical mixing reached the efficiency of 60 and 85% for COD and TSS removal. The average concentration in the effluent was of  $150 \text{ mgDQO} \cdot \text{l}^{-1}$  and  $60 \text{ mgSST} \cdot \text{l}^{-1}$  in the ASBBR reactor; and  $220 \text{ mgCOD} \cdot \text{l}^{-1}$  and  $50 \text{ mgTSS} \cdot \text{l}^{-1}$  in the ASBR reactor with mechanical mixing.

Key word: Domestic sewage, anaerobic treatment, anaerobic sequencing batch reactor, immobilized biomass, polyurethane foam.

## 1. INTRODUÇÃO

O conhecimento e o interesse pelo tratamento anaeróbio cresceram consideravelmente, nas últimas três décadas, devido ao aumento significativo do número de alternativas, tanto no que se refere à concepção física das unidades de tratamento para conversões biológicas, como na otimização do processo em si. Tem-se conhecimento, hoje, de que os reatores anaeróbios são capazes de tratar grande diversidade de águas residuárias, inclusive as de origem doméstica.

O conhecimento adquirido é, sem dúvida, desproporcional ao nível de qualidade de muitos projetos e sistemas implantados. Pode-se afirmar que, no Brasil, a implantação de sistemas mal concebidos e construídos pode ter comprometido, de forma prematura, o avanço dessa tecnologia para tratamento de esgotos sanitários. É evidente que, dentre outros, a disseminação restrita dos conhecimentos pode ser considerada um dos principais fatores responsáveis pelo uso indevido ou má aceitação da tecnologia anaeróbia. É importante que se destaque que os critérios de projeto dos reatores anaeróbios são, ainda, empíricos, o que torna o projeto das unidades de tratamento aparentemente simples. No entanto, a simplicidade do projeto não decorre da simplicidade dos processos. Pelo contrário, os processos são altamente complexos e o sucesso depende do fornecimento de condições ambientais, nos reatores, que permitam o estabelecimento de mecanismos de autocontrole (Oliva, 1997).

O incremento da aplicação do tratamento anaeróbio no Brasil pode significar a consagração de sistemas simplificados que, certamente, possuem potencialidade de beneficiar comunidades desprovidas de possibilidade de implementação de soluções mais sofisticadas. Essas unidades simplificadas devem buscar resolver o

problema da estabilização da matéria orgânica presente nos esgoto sanitário, de maneira confiável.

Os novos reatores anaeróbios com biomassa imobilizada vêm sendo utilizados no tratamento de águas residuárias, obtendo bom desempenho com grande estabilidade do processo devido à capacidade de trabalhar com altos tempos de retenção celular, quando operados com baixos tempos de detenção hidráulica. Esses reatores permitem a imobilização e retenção dos microrganismos na forma de grânulos, flocos e sistemas de biofilmes aderidos a suportes inertes (Henze et al.,1997).

Para tratamento anaeróbio de esgoto sanitário, os principais tipos de reatores que estão sendo utilizados, na prática, no Brasil são: decanto-digestores (fossas sépticas), lagoas anaeróbias, filtros anaeróbios, reatores UASB e, mais recentemente os reatores anaeróbios compartimentados e de leito expandido ou fluidificado. Esses reatores podem se apresentar individualmente ou em sistemas combinados, para atender a diversas situações de arranjos de unidades em Estações de Tratamento.

Como alternativa aos reatores anaeróbios de fluxo contínuo, o reator anaeróbio operado em bateladas seqüenciais (ASBR) vem recebendo atenção maior nos últimos anos, com pesquisas que visam a aplicação prática no tratamento de águas residuárias em geral. O tratamento em si é efetuado na mesma unidade, em uma seqüência operacional que compreende: 1) fase de enchimento, 2) fase de tratamento (reação), durante a qual o substrato orgânico é degradado na presença de biomassa anaeróbia, 3) fase de sedimentação da biomassa (lodo) e 4) fase de descarga ou descarte. O tempo necessário (ciclo total) para que isso ocorra dependerá de inúmeros fatores, como: características e concentração de substrato, qualidade requerida do efluente, concentração de biomassa e temperatura.

O estudo e o desenvolvimento desse tipo de reator anaeróbio com fluxo intermitente é recente e os resultados obtidos, até o momento, indicam grande potencialidade destas unidades serem utilizadas no tratamento anaeróbio de diversos tipos de substratos. Sua aplicação em maior escala no tratamento de águas residuárias pode ser justificada em casos especiais. Por exemplo, esgoto sanitário de

pequenas comunidades, indústrias que lançam efluentes líquidos de forma descontínua ou atividades que geram efluentes apenas em algumas épocas do mês ou ano.

Este reator vem sendo estudado de forma efetiva, desde 1991, por grupos de pesquisadores da Universidade Estadual de Iowa (EUA) e da Universidade de Ottawa (Canadá) em escala de laboratório e, no Brasil, por grupos da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP), da Escola de Engenharia do Instituto Mauá de Tecnologia (EEM/IMT) e do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS). Nessas instituições brasileiras, os projetos de pesquisa têm enfoque no estudo de otimização do reator tipo ASBR e de novas propostas de configurações de reatores, para que a aplicação do sistema operado em batelada seqüencial em escala plena se torne viável.

No presente trabalho foram projetadas e operadas diferentes configurações de reatores anaeróbios do tipo ASBR (escala piloto) visando a possível aplicabilidade dessas configurações no tratamento de esgoto sanitário.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 - Objetivo Principal

O presente trabalho teve, como objetivo principal, avaliar o desempenho de quatro reatores anaeróbios operados em bateladas seqüenciais (escala piloto) no tratamento de esgoto sanitário proveniente da rede coletora da Universidade de São Paulo (*Campus - São Carlos*). Os objetivos específicos foram:

- I. Projetar e construir conjunto composto por quatro reatores operados em batelada com operação automatizada, sendo três reatores projetados para formação de biomassa na forma auto-imobilizada (granular ou floculenta) e outro para imobilização da biomassa em suporte inerte.
- II. Comparar o desempenho, ao longo do tempo, de três reatores operados em batelada seqüencial com diferentes características geométricas (relação L/D- Altura/Diâmetro) e tipos de agitação (recirculação de líquido por bomba ou agitação mecânica) sem inoculação prévia;
- III. Analisar o desempenho, ao longo do tempo, do reator operado em batelada seqüencial com biomassa imobilizada em suporte inerte (espuma de poliuretano) sem inoculação prévia;
- IV. Verificar o desempenho, ao longo do tempo, dos quatro reatores, conforme itens II e III, com inoculação prévia de lodo anaeróbio granular;
- V. Caracterização microbiológica da biomassa formada (lodo e biofilme aderido) nos quatro reatores operados em batelada seqüencial na presença ou não de inóculo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 - Tratamento Anaeróbio de Esgoto Sanitário

##### 3.1.1 - Esgoto Sanitário

Os esgotos podem ser definidos como as águas provenientes do sistema de abastecimento de uma população, depois de terem sido modificadas por diversos usos em atividades domésticas, industriais e comunitárias. Do ponto de vista de sua origem, resultam da combinação dos líquidos e/ou resíduos sólidos transportados pela água, procedentes de casas, prédios comerciais, oficinas, instituições, junto com os resíduos das indústrias e de atividades agrícolas, assim como as águas subterrâneas, superficiais ou de precipitação, que também, podem agregar-se eventualmente ao esgoto (Mendonça, 1987). De acordo com sua origem, os esgotos geralmente podem ser classificados como se segue (Mendonça, 2000):

a) Esgoto doméstico: São aquelas águas utilizadas com finalidade higiênica (sanitários, cozinhas, lavanderias etc.). Consistem basicamente de em resíduos humanos que chegam as redes de esgoto por meio de descargas de instalações hidráulicas das casas e também em resíduos originados em estabelecimentos comerciais, públicos e similares.

b) Água residuária industrial: São resíduos líquidos gerados nos processo industriais. Possuem características específicas, dependendo da natureza da atividade industrial. Os despejos industriais podem ser coletados separadamente ou em conjunto com os esgotos domésticos.

c) Água pluvial: Este tipo de despejo é formado pelas águas de chuva e de infiltração subterrânea; são tipicamente intermitentes e sazonais, variando o volume

de contribuição conforme a intensidade da precipitação atmosférica, condições climáticas, topografia e natureza do solo.

d) Água de infiltração: São as águas que penetram na rede coletora de esgotos por meio de defeitos ou trincas na tubulação, caixas de inspeção etc.

Os constituintes mais importantes do esgoto sanitário são aqueles que conferem à água residuária propriedades físicas, químicas ou biológicas indesejáveis. A composição e a concentração destes constituintes no esgoto dependerão, até certo ponto, dos costumes sócio-econômicos da população contribuinte (Van Haandel & Lettinga, 1994).

O esgoto sanitário é composto de constituintes físicos, químicos, e biológicos. É uma mistura de substâncias orgânicas e inorgânicas, suspensas ou dissolvidas na água. O material orgânico é composto principalmente por resíduos alimentícios, excreta, material vegetal e materiais diversos como sabões e detergentes sintéticos, enquanto que o material inorgânico compreende sais minerais (cloretos, sulfatos, sulfetos, carbonatos, fosfatos, nitratos), areia e metais.

No que se refere aos principais constituintes orgânicos dos esgotos sanitários, percebe-se que existe discordância na literatura com relação às suas quantidades (Tebbut, 1977; Mendonça, 1987; Metcalf & Eddy, 1991 e Oliva, 1997), certamente devido aos hábitos e condições locais de onde foram feitos os estudos. A Figura 3.1 apresenta a composição geral do esgoto sanitário, segundo Tebbut (1977).

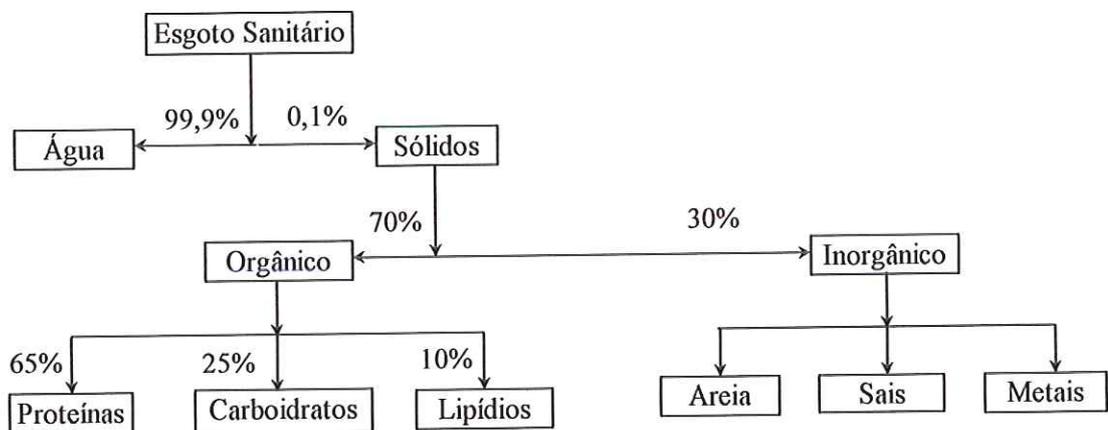


Figura 3.1: Composição do esgoto sanitário.  
Fonte: Adaptada de Tebbut (1977)

### 3.1.2- Tratamento Biológico de Águas Residuárias

Os processos mais amplamente utilizados para tratamento de esgotos sanitários são os biológicos. O tratamento por meio de processo biológico resulta na transformação de seus constituintes em moléculas mais simples e estáveis. Trata-se da oxidação do material orgânico presente, transformando-o em substâncias de estrutura molecular simples e de baixo conteúdo energético (Branco, 1986).

Nos processos biológicos de tratamento de águas residuárias, os microrganismos basicamente dispõem de duas vias de mineralização de matéria orgânica: aeróbia (na presença de oxigênio livre) e anaeróbia (na ausência de oxigênio livre). As principais rotas para a decomposição da matéria orgânica na presença de diferentes receptores de elétrons são mostradas na Figura 3.2.

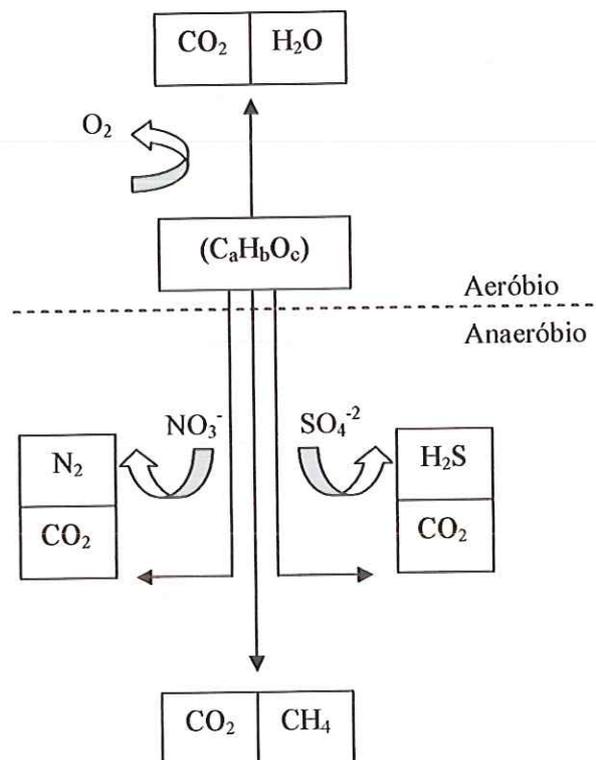


Figura 3.2: Principais rotas para decomposição da matéria orgânica na presença de diferentes aceptores de elétrons.

Fonte: Adaptada de Gijzen (1996)

O tratamento anaeróbio é uma tecnologia simples por ser um processo natural como o aeróbio, em geral, dispensa o uso de equipamentos sofisticados. Todavia essa simplicidade não é encontrada no contexto das interações das reações

bioquímicas e relações simbióticas entre os microrganismos atuantes na conversão anaeróbia dos compostos orgânicos a metano (Lima, 2001).

O consórcio microbiano ativo no tratamento anaeróbio executa um processo complexo envolvendo muitos grupos de microrganismos em várias etapas. Se o substrato consiste de compostos orgânicos complexos, eles são inicialmente hidrolisados e depois são fermentados para ácidos voláteis por microrganismos acidogênicos. Os ácidos voláteis com cadeia maior do que dois carbonos são convertidos para acetato e  $H_2$  (gás) por microrganismos acetogênicos produtores de hidrogênio. Finalmente, o acetato e  $H_2$  são convertidos a metano por organismos metanogênicos (Speece, 1996).

Segundo Foresti et al. (1999), esses microrganismos são especializados e cada grupo atua em reações específicas até a conversão a metano que, por sua vez, apresenta baixa solubilidade em água, conferindo à digestão anaeróbia capacidade de remoção de matéria orgânica presente na fase líquida e, conseqüentemente, utilização no tratamento de esgotos sanitários.

As águas residuárias diluídas, como os esgoto sanitário, têm sido submetidas a sistemas biológicos aeróbios de tratamento. No entanto, devido à vários fatores, coloca-se em questionamento a substituição de sistemas aeróbios de tratamento de esgotos sanitários por sistemas anaeróbios, mais atrativos, principalmente sob o ponto de vista econômico. Os investimentos, consideravelmente altos, de instalação, operação e manutenção dos processos aeróbios de tratamento, ainda precisam ser acrescidos de unidades de tratamento e disposição de lodo gerado pelos mesmos (Oliva, 1997). A Tabela 3.1 constitui-se no resumo das vantagens e desvantagens dos processos anaeróbios em relação aos aeróbios.

Tradicionalmente, no tratamento de esgoto sanitário, tem-se usado sistemas de lagoas de estabilização ou sistemas aeróbios de tratamento, particularmente o sistema de lodos ativados e suas variantes (lagoa aerada, valos de oxidação). Nesses sistemas, quando bem projetados e operados, a eficiência de remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) geralmente se mantém superior a 90%. Os tanques sépticos, desde 1895, e os tanques Imhoff, desde 1905, bem como as lagoas

anaeróbias e os digestores de lodo são exemplos de sistemas anaeróbios já utilizados de longa data. As únicas unidades amplamente utilizadas, excluindo-se os digestores de lodo, é o tanque Imhoff, no qual somente a fração sedimentável da DBO do esgoto recebe tratamento, obtendo-se, conseqüentemente, uma baixa eficiência de remoção de DBO total de 30 a 50% (Sousa, 1996).

Tabela 3.1: Vantagens e desvantagens na utilização do tratamento biológico anaeróbio.

<b>Desvantagens</b>	<b>Vantagens</b>
<i>Microrganismos anaeróbios são susceptíveis à inibição por vários compostos;</i>	<i>Pode ser aplicado em pequena e grande escala com reduzido consumo de energia;</i>
<i>Processos de pós-tratamento são necessários para atendimento de padrões de lançamento;</i>	<i>Uso de pequena área para instalação;</i>
<i>Possibilidade de geração de odores desagradáveis;</i>	<i>Produção de metano (uso: combustível);</i>
<i>Desempenho de remoção insatisfatório de patógenos, fósforo e nitrogênio;</i>	<i>Manutenção de biomassa viável, sem a presença de substrato, por longo período (meses);</i>
<i>Partida lenta pela ausência de lodo adaptado;</i>	<i>Baixa produção de lodo, cerca de 5 a 10 vezes menor, com relação aos aeróbios;</i>
<i>Complexidade da bioquímica e microbiologia do processo anaeróbio.</i>	<i>Tolerância a altas cargas orgânicas e baixos consumos de nutrientes.</i>

Fonte: Speece (1996).

Acredita-se que as concepções de sistemas modernos de tratamento de esgoto sanitário devam caminhar no sentido da utilização máxima do potencial dos sistemas anaeróbios de tratamento, deixando os sistemas aeróbios para pós-tratamento dos efluentes pré-tratados anaerobicamente, quando necessário, e, muitas vezes, na segunda etapa de implantação. Na Tabela 3.2 são apresentados alguns tipos de reatores e sistemas empregados no tratamento de esgotos sanitários.

A biomassa responsável pela degradação anaeróbia pode ser desenvolvida em grande variedade de configurações de reatores. A seleção de uma configuração apropriada é crítica para o sucesso da operação. Cada configuração diferente tem implicações sobre a razão tempo de retenção celular ( $\theta_c$ ) / tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ). Um valor máximo de  $\theta_c$  é desejável para estabilidade do processo e produção mínima de lodo. Diminuindo-se o  $\theta_h$ , diminui-se o volume do reator, reduzindo-se os custos do sistema de tratamento (Speece, 1983).

Tabela 3.2: Tipos de reatores ou sistemas utilizados no tratamento de esgotos sanitários.

<b>Tipo</b>	<b>Processo predominante</b>
<i>Disposição no solo</i>	<i>Aeróbio e anaeróbio</i>
<i>Lagoas facultativas</i>	<i>Aeróbio e anaeróbio</i>
<i>Sistemas de lagoas tipo australiano</i>	<i>Aeróbio e anaeróbio</i>
<i>Lagoa aerada+lagoa de sedimentação</i>	<i>Aeróbio e anaeróbio</i>
<i>Lodos ativados convencionais</i>	<i>Aeróbio</i>
<i>Lodos ativados (aeração prolongada)</i>	<i>Aeróbio</i>
<i>Valas de oxidação</i>	<i>Aeróbio</i>
<i>Lodos ativados em reator tipo batelada</i>	<i>Aeróbio</i>
<i>Poço profundo aerado (deep shaft)</i>	<i>Aeróbio</i>
<i>Filtro biológico aeróbio</i>	<i>Aeróbio</i>
<i>Reator aeróbio de leito fluidificado</i>	<i>Aeróbio</i>
<i>Filtro anaeróbio</i>	<i>Anaeróbio</i>
<i>Decanto-digestor (tanque séptico/tanque imhoff)</i>	<i>Anaeróbio</i>
<i>Decanto-digestor+filtro anaeróbio</i>	<i>Anaeróbio</i>
<i>Reator anaeróbio de manta de lodo</i>	<i>Anaeróbio</i>
<i>Reator anaeróbio compartimentado (chicanas)</i>	<i>Anaeróbio</i>
<i>Reator anaeróbio de leito fluificado/expandido</i>	<i>Anaeróbio</i>
<i>Combinações de processos anaeróbio-aeróbio e biológico-físico-químicos</i>	<i>Anaeróbio e aeróbio Anaeróbio+físico-químico Aeróbio+físico-químico</i>

Fonte: Andrade Neto & Campos (1999).

Tem-se conhecimento, hoje, que os reatores de alta taxa são capazes de tratar grande diversidade de substratos, inclusive águas residuárias de origem doméstica. Os sistemas modernos de tratamento anaeróbio têm algum mecanismo de retenção de biomassa que permitem a acomodação de grande massa de lodo em seu interior, o que os distingue dos sistemas clássicos de baixa taxa (Tanques sépticos e Tanques Imhoff), apresentando, uma razão  $\theta/\theta_h$  muito superior a 1 (alta taxa). Portanto, ocorre o fluxo de esgoto sanitário na biomassa ativa dispersa na massa líquida como flocos ou grânulos, ou formando leito, ou aderido a meio suporte.

A relação  $\theta/\theta_h$  muito superior a 1 tem sido alcançada por meio da construção de reatores cuja concepção e operação apóiam-se nos seguintes conceitos (Andrade Neto & Campos, 1999):

- a) Retenção de microrganismos nos interstícios existentes em leito de pedra ou outro material suporte adequado que constitui parte do reator anaeróbio com

fluxo descendente e ascendente. Nesse caso, são incluídos os filtros anaeróbios, nos quais, apesar de ocorrer a formação de biofilme existe parcela significativa de microrganismos nos interstícios do leito.

- b) Formação de região no reator anaeróbio com elevada concentração de microrganismos ativos (lodo) que deve ser obrigatoriamente atravessada pelo fluxo ascendente da água residuária a ser tratada. Esse princípio é explorado nos reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (Upflow Anaerobic Sludge Blanket-UASB) e nos reatores anaeróbios compartimentados (chicanas).
- c) Imobilização de microrganismos mediante aderência a superfícies fixas ou à superfície do material particulado (móvel). Os reatores de leito expandido ou fluidificado fundamentam-se essencialmente nesse princípio, tendo-se em vista que a grande parcela de microrganismos ativos encontra-se aderida às partículas que constituem o leito.

O Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB) tem sido utilizado com sucesso para tratamento de grande variedade de efluentes industriais como, por exemplo: vinhaça, levedura, cervejaria, indústrias de conservas alimentícias, café, derivados lácteos, abatedouros, etc.

A partir da década de 80, este reator vem sendo estudado e desenvolvido para o tratamento de esgoto sanitário. Este reator é o sistema mais utilizado no tratamento anaeróbio de esgoto sanitário de alta taxa. Várias unidades em escala real estão implantadas em diferentes países e mais sistemas estão sendo construídos. Todos os sistemas em escala real operam em regiões de clima tropical ou subtropical (Van Haandel & Lettinga, 1994).

Foresti (2002) comenta que várias unidades de reatores UASB e similares são utilizados para tratamento de esgoto sanitário, particularmente, em países em desenvolvimento. Essas unidades tem sido operadas, normalmente, em temperatura

ambiente superior a 20<sup>0</sup>C, tempo de detenção hidráulico na faixa de 6 a 10 horas e carga orgânica volumétrica inferior a 3 kgDQO.m<sup>-3</sup>.dia<sup>-1</sup>. Tais reatores tem apresentado eficiências de remoção de DQO de 65 a 85%.

Embora os reatores UASB incluam amplas vantagens, principalmente no que diz respeito a requisitos de área, simplicidade e baixos custos de projeto, execução, operação e manutenção, alguns aspectos negativos ainda são atribuídos aos mesmos como: possibilidade de emanção de maus odores, partida lenta, tolerância a cargas tóxicas e necessidade pós-tratamento. Este sistema bem projetado, construído e operado tratando exclusivamente esgoto sanitário, a maioria dos problemas citados, podem ser sanados. No caso do longo tempo de partida, a presença de inóculo pode reduzir em muito o tempo de partida dos reatores UASB e minimizar as dificuldades pertinentes a essa fase de operação. Na Tabela 3.3 são apresentados os resultados gerais de reatores UASB utilizados no tratamento de esgoto sanitários.

Novas configurações de reatores anaeróbios de alta taxa, estão sendo desenvolvidas para os mais diversos tipos de aplicações, sendo que todas têm o intuito específico de atender aos seguintes requisitos: formação e retenção de grande quantidade de lodo e melhoria do contato biomassa-substrato. Contudo, muitas configurações encontram-se em fase inicial de estudo (escala de laboratório) e/ou escala-piloto, não podendo ser consideradas tecnologias estabelecidas, apenas novas concepções com grande potencialidade de desenvolvimento visando à aplicação em grande escala no tratamento anaeróbio de águas residuárias. Algumas das novas configurações são: Reator anaeróbio de leito expandido, Reator anaeróbio de leito granular expandido (EGSB), Reator anaeróbio compartimentado (chicanas), Reator UASB compartimentado, Reator anaeróbio com biodisco rotativo, Reator anaeróbio horizontal de leito fixo.

Tabela 3.3: Resultados da aplicação de reatores UASB no tratamento de esgotos sanitários em diferentes escalas.

Referência	Temp. (°C)	Vol. (m <sup>3</sup> )	$\theta_h$ (h)	Concentração afluente (mg.l <sup>-1</sup> )			Eficiência de Remoção (%)		
				DQO	DBO	SST	DQO	DBO	SST
<i>Lettinga et al. (1983)</i>	12-18	0,12	32-40	420-920	(55-95)	NF	48-70	(30-45)	90
<i>De Man et al. (1986)</i>	10-18	6	9-16	100-900	53-474	*10-700	46-60	(42-48)	55-75
<i>Lettinga et al. (1987)</i>	25	64	6-8	267	95	NF	75-82	75-93	70-80
<i>de Man et al. (1988)</i>	12-20	0,12	7-8	190-1180	(80-300)	NF	30-75	(20-60)	NF
<i>Monroy et al. (1988)</i>	12-18	0,11	12-18	465	NF	154	65	NF	73
<i>Barbosa &amp; Santana (1989)</i>	19-28	0,12	4	627	357	376	74	78	72
<i>Collivignarelli et al. (1991)</i>	7-27	336	12-42	205-326	55-153	100-250	31-56	40-70	55-80
<i>Draaijer et al. (1992)o</i>	20-30	1200	6	563	214	418	74	75	75
<i>van der Last &amp; Lettinga (1992)</i>	> 13	120	2-7	391	(291)	NF	16-34	(20-51)	NF
<i>Vieira &amp; Garcia (1992)</i>	18-28	120	5-15	188-459	104-255	67-236	60	70	70
<i>Bogte et al. (1993)</i>	14	1,2	44	976	454	641*	33	50	47*
<i>Vieira et al. (1994)</i>	16-23	67,5	7	402	515	379	74	80	87
<i>Schellinkhout &amp; Osório (1994)</i>	24	3360	5	380	160	240	45-60	64-78	60
<i>van Haandel &amp; Lettinga(1994)</i>	NF	160	2-17	783-893	442-518	472-597	75	85	83
<i>Haskoning (1996)</i>	18-32	12000	8	1183	484	1000	51-63	53-69	46-64
<i>Chernicharo &amp; Borges (1997)</i>	NF	477	13	600	NF	303	68	NF	76
<i>Tare et al. (1997)</i>	18-32	6000	8	404	205	362	62-72	65-71	70-78
<i>Oliva (1997)</i>	17-32	18	8-16	554-1650	549-837	142-873	27-91	56-85	47-86
<i>Passig et al. (2000)</i>	18-29	3x2773	24-10	876-376	NF	253-116**	65	> 80	72**
<i>Torres &amp; Foresti (2001)</i>	18-28	0,15	6	406-860	NF	83-94	65	NF	66

NF- não fornecido

\*expresso como DQO e \*\* expresso como Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)

( ) DQO solúvel.

Fonte: Adaptada de Seghezze et al. (1998).

## 3.2 - Reator Anaeróbio Operado em Bateladas Sequenciais

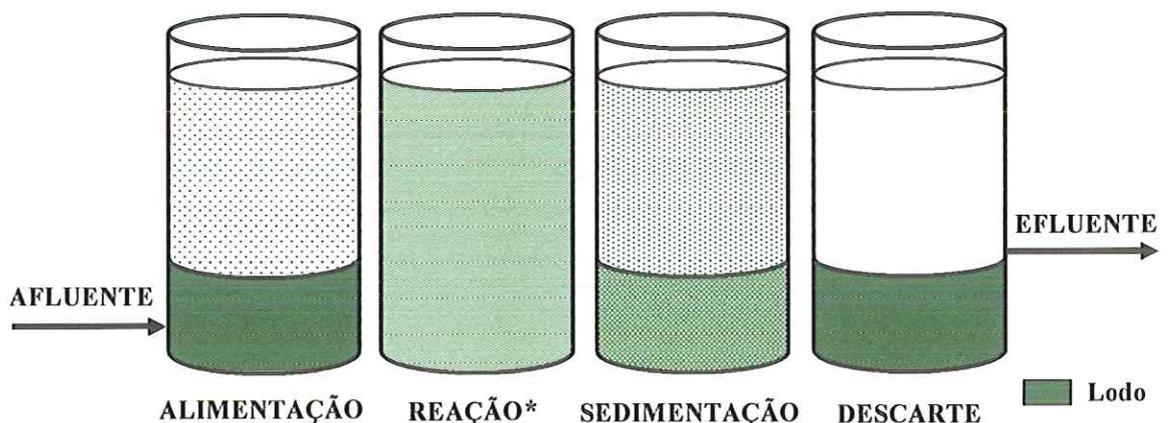
### 3.2.1-Princípios Básicos

Segundo Dague et al. (1992), o reator anaeróbio operado em bateladas sequenciais (ASBR-“*Anaerobic Sequencing Batch Reactor*”), surgiu como alternativa ao *Processo Anaeróbio de Contato* (reator de mistura completa e alimentação contínua). Nesse sistema com mistura completa, o biogás gerado provoca a flotação da biomassa contida no reator, implicando na presença de decantador externo para retorno de lodo biológico descartado no efluente.

A operação intermitente do ASBR, na forma de ciclos ou bateladas, resulta em altas concentrações de substrato/microrganismos (S/X) no início dos ciclos e,

conseqüentemente, alta produção de biogás. A baixa relação S/X, no final dos ciclos, resulta em baixa produção de biogás, favorecendo a sedimentação adequada da biomassa, na ausência de decantador externo. Tal biomassa deve-se encontrar, preferivelmente, na forma de grânulos (biomassa auto-imobilizada) para permitir eficiente separação de sólidos e aumento do tempo de retenção celular (Hollopeter & Dague, 1994 e Ndon & Dague, 1997). Sung & Dague (1995) comentam que, nessa configuração de reator, é possível a conversão da biomassa floculenta em biomassa granular altamente ativa e que apresenta boas características de sedimentação.

No ASBR, o tratamento biológico é realizado em uma única unidade, em uma seqüência operacional (ciclo) que compreende quatro etapas distintas: (i) alimentação: entrada do substrato, (ii) reação: contato, por meio de agitação, entre substrato e a biomassa presente para conversão da matéria orgânica a metano e dióxido de carbono, (iii) sedimentação: separação da fase sólida (lodo biológico) e (iv) descarte: saída do líquido tratado e clarificado. Em alguns casos, após a etapa de descarte, faz-se necessária a presença da etapa de (v) repouso para flexibilidade de operação do reator. A operação completa (ciclo total) do reator anaeróbico em batelada seqüencial pode ser vista na Figura 3.3.



\*Etapa com agitação: Recirculação de biogás, mecânica ou recirculação de líquido.

Figura 3.3: Etapas do ciclo de operação do reator em batelada.  
Fonte: Adaptada Dague et al. (1992)

A duração do ciclo total é o somatório do tempo de enchimento, tempo de reação, tempo de sedimentação, tempo de descarte e tempo de repouso se houver necessidade. Os ciclos podem ser repetidos indefinidamente, desde que a duração do ciclo total forneça o tempo necessário para realização da seqüência de operação.

O tempo de alimentação pode ser variável e o sistema pode operar na forma em batelada ou em batelada-alimentada (semicontínuo). No caso da operação em batelada a etapa de alimentação pode ser efetuada em curtos ou longos períodos de tempo e altas concentrações de substrato são atingidas logo após o término dessa etapa. O aumento do tempo de alimentação resulta em menores concentrações de substrato dentro do reator e pode evitar cargas de choque iniciais (Angenent & Dague, 1995).

Pela necessidade de se manter a concentração de substrato em níveis controlados, pode ser empregada a estratégia de alimentação em batelada-alimentada, onde o enchimento ocorre durante a etapa de reação. Tal estratégia pode ser utilizada no caso da presença de substâncias tóxicas ou inibidoras na água residuária, elevadas cargas orgânicas, ou situações de restrições operacionais (frequência e volume de água residuária a ser tratada).

Na segunda etapa do ciclo, chamada de reação, utiliza-se a agitação contínua ou intermitente, podendo ser mecânica, recirculação de líquido ou borbulhamento do próprio biogás gerado no sistema. A duração desta etapa dependerá, basicamente, das velocidades de consumo de substratos primários e intermediários para geração do gás metano. Segundo Angenent e Dague (1995) e Speece (1996), a duração da fase de reação depende de vários parâmetros como: temperatura, composição (em termos de sólidos suspensos), concentração do substrato, qualidade do efluente requerida e concentração de biomassa contida no reator.

A terceira fase do ciclo que é a sedimentação do lodo, que visa permitir a separação dos sólidos em suspensão e evitar o arraste do lodo juntamente com o efluente na fase seguinte do ciclo (descarga ou descarte). Desta forma, essa fase é extremamente dependente da formação de lodo auto-imobilizado com boas características de sedimentação (granulado). O tempo de duração da sedimentação

pode variar de alguns minutos até algumas horas. Sung & Dague (1995) e Speece (1996) propõem de 10 a 30 minutos para a duração da fase de sedimentação.

Do ponto de vista operacional, é essencial que ocorra a liberação eficiente de biogás para que não haja expansão excessiva da manta de lodo devido ao seu acúmulo no interior da biomassa sedimentada. A concentração de sólidos suspensos na mistura líquida (licor misto) do ASBR é uma variável importante que afeta a velocidade de sedimentação da biomassa e também a habilidade de alcançar um sobrenadante limpo (claro) para descartar como efluente.

A descarga do efluente é a última etapa do ciclo total e deve ocorrer o mais rapidamente possível não permitindo, assim, arraste considerável de sólidos. Com o término dessa fase, o ciclo tem continuidade com o início da fase de alimentação. O descarte do líquido sobrenadante pode se dar por meio de tomada localizada em um nível pré-determinado, com vazão regulada (válvula ou bomba), sendo o tempo requerido nessa etapa governado pelo volume total a ser descartado (removível) durante cada ciclo total.

Segundo Sung & Dague (1995), este tipo de reator anaeróbio oferece vantagens atrativas em relação às configurações já existentes como:

- A eliminação de curtos-circuitos devido ao reator ser alimentado em batelada.
- Dispensa mecanismos de distribuição de fundo da unidade, já que o afluente (com carga orgânica alta ou baixa) é agitado na fase seguinte (fase de reação), o que não ocorre nos reatores anaeróbios contínuos (por exemplo reatores UASB e Filtros Anaeróbios de Fluxo Ascendente).
- Na forma cíclica de operação, ocorre a tendência de selecionar a biomassa de melhor característica na fase de sedimentação (lodo granular), permitindo alta eficiência na separação e retenção de sólidos, como não é o caso dos sistemas alimentados continuamente.
- Devido ao processo de sedimentação ocorrer no interior do reator, não há necessidade de separador externo, bem como recirculação de líquido ou de sólidos efluentes.

- A alternância da relação S/X ao longo do ciclo resulta em alta conversão do substrato durante a fase de reação, bem como baixos níveis de substratos intermediários na fase de sedimentação e descarga, permitindo o desenvolvimento favorável da metanogênese.

Angenent e Dague (1995) propuseram a comparação entre os reatores ASBR e UASB, conforme está apresentada na Tabela 3.4. Existem semelhanças entre os sistemas nos seguintes aspectos: permitem o desenvolvimento de lodo granular e a biomassa formada apresenta boas características de sedimentação.

Tabela 3.4: Comparação entre os reatores ASBR e UASB.

UASB	ASBR
<i>Reator possui manta de lodo e fluxo ascendente;</i>	<i>Reator opera com quatro seqüências de operação: enchimento, reação, sedimentação e descarte;</i>
<i>Alimentação contínua;</i>	<i>Alimentação intermitente resultando em condições de alta e baixa concentração de substrato;</i>
<i>Pode necessitar recirculação de efluente;</i>	<i>Não necessita recirculação de efluente;</i>
<i>Apresenta riscos de curto-circuito;</i>	<i>Não há curto-circuitos, mas pode ocorrer zonas mortas;</i>
<i>Não necessita de mistura para granulação;</i>	<i>Necessita de mistura para granulação por meio de agitação mecânica, hidráulica ou recirculação de biogás gerado</i>
<i>É mais aplicado para águas residuárias com baixa concentração de sólidos suspensos;</i>	<i>Aplicado para águas residuárias de baixa e alta concentração de sólidos suspensos;</i>
<i>Dependência, entre outros, da velocidade ascendente para ocorrência do fenômeno de granulação.</i>	<i>O fenômeno de granulação não depende da velocidade ascensional aplicada.</i>

Fonte: Angenent & Dague (1995).

Conforme Speece (1996), o sucesso do tratamento anaeróbio de águas residuárias nos reatores ASBR é dependente da habilidade do reator selecionar e adaptar as arqueas metanogênicas que se desenvolvem em baixas concentrações de ácidos voláteis. Os baixos níveis de S/X, alcançados no final de cada ciclo, fazem com que os microrganismos entrem em competição pela baixa concentração de substratos intermediários remanescentes para crescimento em detrimento àqueles viáveis com concentração mais elevada no meio. O resultado da competição interespecies no ASBR é a seleção de arqueas metanogênicas que podem

desenvolver-se em baixa concentração de ácidos voláteis, tais como *Methanosarcina barkeri* e *Methanosaeta* sp (Mergaert et al.,1992).

Na operação dos reatores ASBR, os maiores problemas ainda detectados são: possibilidade de existência de zonas mortas (agitação deficiente); altos tempos necessários para sedimentação em relação ao tempo de reação, implicando na existência de biomassa que apresenta baixa velocidade de sedimentação resultando no arraste considerável de sólidos em suspensão na descarga; partida lenta (dependência da ocorrência de granulação); forma de alimentação (batelada ou batelada-alimentada); e possível inibição pelas flutuações das concentrações de substratos aplicadas (Zaiat et al., 2001).

Devido às suas várias vantagens operacionais, o reator ASBR tem sido extensivamente estudado. Este tipo de reator é adequado para estudos que visam elucidar aspectos fundamentais da degradação anaeróbia, bem como operacional devido à sua facilidade de instrumentação e controle. Muitas configurações têm sido testadas, e os parâmetros que afetam significativamente o desempenho destes reatores têm sido avaliados. Dentre eles, pode-se citar razão S/X (substrato/microrganismo), a geometria do reator (relação L-altura /D-diâmetro), estratégia de alimentação, as condições de mistura e agitação e imobilização de biomassa (grânulos e biofilmes). Pesquisas são direcionadas a fim de se buscarem condições ótimas de operação para minimizar os problemas ainda detectados na operação dos reatores ASBR (Pinho et al., 2002).

### **3.2.2-Desempenho de Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Sequenciais**

Os estudos referentes à aplicação desse tipo de reator anaeróbio no tratamento de águas residuárias estão baseados em resultados referentes a configurações cilíndricas e na maioria em escala de laboratório, sendo apenas encarados como de caráter representativo para visualização do potencial de utilização do reator ASBR.

Como fatores principais e determinantes no desempenho dos reatores ASBR

tem-se: a agitação na etapa de reação, a relação substrato/concentração de microrganismos (S/X), a configuração geométrica e a estratégia de alimentação do reator.

### **3.2.2.1-Agitação**

A agitação em reatores do tipo ASBR, na maioria dos trabalhos realizados em escala de laboratório, é feita principalmente pela recirculação do biogás gerado na fase de reação. Esse biogás é armazenado em uma bolsa flexível e retornado ao sistema para promover a agitação. Embora nenhum estudo exaustivo sobre condições de agitação tenha sido relatado, presume-se que o sistema de recirculação de gás para projetos de reatores ASBR, em maior escala, torna-se economicamente inviável, levando-se ao uso de agitação mecânica (Timur & Öztürk, 1999; Bodik et al., 2002; Ong et al., 2002 e Ruiz et al., 2002) ou recirculação do próprio líquido pelo fundo do reator (Brito et al., 1997 e Cuevas Rodrigues et al., 1998) para criar condições uniformes de temperatura, pH e concentração de substrato durante a fase de reação.

A intensidade e a frequência de agitação são fatores importantes. A agitação intensa pode causar ruptura de grânulos resultando em baixa eficiência na fase de sedimentação, bem como a agitação intermitente, ou seja, por períodos curtos de tempo, na fase de reação, permite aumentar a eficiência de separação gás-líquido, melhorando as características de sedimentação do lodo e o desempenho do processo (Angenent & Dague, 1995).

Em vários trabalhos, os autores propuseram agitação intermitente com recirculação de biogás de alguns minutos a cada 30 minutos ou 60 minutos durante a fase de reação. Porém, Droste & Massé (1995) concluíram que tal forma de agitação parece não ter tido efeito no desempenho e na estabilidade dos reatores ASBR utilizados no tratamento de resíduo de suinocultura bruto operando com tempos de reação de 170 a 670 horas (ciclo total de 1344 a 336 horas).

A utilização de agitação contínua ou intermitente por recirculação de gás foi discutida por Sung & Dague (1995), sendo que, nesse trabalho, os reatores ASBR

apresentaram eficiências de remoção de DQO e produção de metano semelhantes para ambas formas de agitação, ao longo do ciclo total de 6 horas, no tratamento de substrato à base de leite em pó. Portanto, pôde-se viabilizar o uso de formas diferentes de agitação por recirculação de biogás em pequenas unidades tratando altas concentrações de substratos em termos de Sólidos Voláteis e de DQO ( $> 1000 \text{ mgDQO.l}^{-1}$ ) sem afetar o desempenho do reator.

De acordo com Brito et al. (1997), a utilização da recirculação do próprio líquido do reator por meio de bomba, na fase de reação, surge como alternativa no tipo de agitação para esta configuração de reator anaeróbio, já que, para águas residuárias de baixa concentração ( $< 1000 \text{ mgDQO.l}^{-1}$ ), ocorre baixa produção de gás, especialmente em temperatura ambiente, gerando turbulência insuficiente no reator, ocasionando o aparecimento de zonas estagnadas de líquido e/ou resistência à transferência de massa externa.

Este reator ASBR (1,2 l) com recirculação de líquido, mantido a  $22^{\circ}\text{C}$ , foi avaliado no tratamento de substrato sintético à base de glicose e ácidos voláteis ( $\cong 1000 \text{ mgDQO.l}^{-1}$ ) obtendo-se eficiências de remoção em termos de DQO total de 60 a 70%. Segundo os autores, nesse trabalho foram possivelmente minimizadas zonas estagnadas e/ou resistência à transferência massa externa, observando-se a homogeneização completa do sistema sólido-líquido no interior do reator. Utilizando-se o cloreto de lítio como traçador, determinou-se o tempo de mistura de aproximadamente 30 minutos (fase de reação: 5-6 horas) para a vazão de recirculação aplicada.

Deve-se destacar que os autores mantiveram o reator ASBR totalmente aberto para análise da influência do oxigênio no processo anaeróbio de tratamento por meio da avaliação do potencial redox do sistema, desde o enchimento até a descarga. Foram obtidos baixos valores de potencial redox no início da fase de reação ( $-400 \text{ mV}$ ) e, portanto, concluiu-se que o oxigênio foi facilmente removido pelas bactérias facultativas. Assim, não houve inibição na presença do oxigênio, pelo fato, de o reator operar aberto e na forma de ciclos. Kato et al. (1997) observaram que microrganismos metanogênicos não foram inibidos na presença do

oxigênio em reator UASB e reator de leito expandido granular (ESGB). De acordo com os autores, o oxigênio foi consumido por bactérias aeróbias ou facultativas na camada externa dos grânulos.

A mesma forma de agitação foi empregada por Cuevas-Rodrigues et al. (1998) em reator ASBR com volume de  $0,98 \text{ m}^3$ , operado em ciclos de 8 horas, para tratamento de esgoto sanitário da Universidade Nacional do México complementado com açúcar de beterraba. Para o volume tratado por ciclo de  $0,61 \text{ m}^3$ , foram obtidos valores médios de DQO bruta afluyente e efluente de  $586 \pm 60 \text{ mg.l}^{-1}$  e  $386 \pm 38 \text{ mg.l}^{-1}$ , respectivamente. A eficiência média de remoção foi de 35%. Os autores enfocam que a baixa eficiência de remoção apresentada pelo ASBR foi devida ao uso da unidade como reator acidogênico, para fornecimento de efluente pré-fermentado para reator aeróbio em batelada (SBR) no intuito de nitrificar e remover biologicamente o fósforo.

O ASBR com sistema de agitação mecânica de líquido é promissor para unidades em maior escala, já que, nos reatores em escala de laboratório, utilizam-se agitadores do tipo magnético no fundo do reator, como nos trabalhos de Timur & Öztürk (1999); Ong et al. (2002) e Ruiz et al. (2002). A partir do trabalho de Bodik et al. (2002) empregando agitador tipo hélice no ASBR, pôde-se vislumbrar o uso para unidades maiores, ampliando o leque de alternativas para agitação de líquidos.

Borzani et al. (1986) recomendam que os impelidores dos agitadores mecânicos sejam selecionados de maneira a promover ao líquido determinados caminhos no interior do reator. Sua classificação está diretamente ligada ao tipo de movimento que imprimem ao líquido, podendo ser considerado o escoamento axial (fluido desloca-se paralelamente ao eixo) e escoamento tangencial ou radial (fluido desloca-se perpendicularmente ao eixo). De modo geral, os agitadores mecânicos podem ser classificados conforme o tipo de impelidor utilizado, como por exemplo, tipo hélice, palheta, turbina e suas variantes.

No trabalho de Rodrigues et al. (2003) foi utilizado, agitação mecânica de líquido com impelidor do tipo turbina com 6 pás planas. O reator do tipo ASBR, com volume total de  $5 \text{ l}$  foi empregado no tratamento de esgoto sanitário sintético

(0,5 gDQO. $l^{-1}$ ). No reator contendo biomassa imobilizada na forma de grânulos foi aplicada a faixa de rotação para agitação de 0 (sem agitação) até 75 rpm. Conforme os autores, o valor de rotação de 50 rpm foi ideal para retenção de sólidos e manutenção da integridade dos grânulos, o que refletiu nos bons resultados obtidos em termos de remoção de DQO de 80% (bruta) e 88% (filtrada) na aplicação de ciclos de 8 horas.

### **3.2.2.2-Relação Substrato/Microrganismo (S/X)**

O parâmetro S/X é avaliado por alguns pesquisadores como de significativa importância na formação de biomassa auto-imobilizada, na forma granular, nos reatores anaeróbios operados em bateladas seqüenciais (Ong et al., 2002). A formação de biomassa na forma de grânulos, nesta configuração, torna-se relevante quanto ao desempenho e a estabilidade no processo anaeróbio de tratamento de águas residuárias.

O fenômeno de granulação consiste na aderência tanto entre microrganismos anaeróbios, como destes às partículas suportes inorgânicas e/ou orgânicas para formação dos grânulos. Esse processo desenvolvido nos reatores ASBR consiste na conversão gradual da biomassa da forma floculenta em biomassa auto-imobilizada na forma granular devido à “seleção” da biomassa com melhores características de sedimentação (Sung & Dague, 1995 e Wirtz & Dague, 1996).

Fatores físico-químicos governam a granulação como: pH, temperatura, composição e concentração dos compostos orgânicos presentes na água residuária, hidrodinâmica, presença de cálcio e produção de polímeros extracelulares (Hulshoff Pol, 1989).

O fenômeno da granulação é processo complexo devido ao envolvimento de muitas espécies de microrganismos e vários fatores ambientais. A aderência de microrganismos e agregação é geralmente atribuída ao resultado de interações entre microrganismos e a superfície no qual se aderem, podendo essa ser composta de material inerte, partícula orgânica ou outro microrganismo. A interação entre os vários grupos de microrganismos anaeróbios é essencial para maior eficiência de

tratamento pela degradação anaeróbia (Ong et al., 2002). A associação próxima entre microrganismos acetogênicos e metanogênicos pode ser benéfica ao processo de conversão de matéria orgânica, no qual  $H_2$  e outros produtos intermediários podem ser eficientemente transferidos entre os respectivos grupos microbianos envolvidos (Speece, 1996).

Geralmente, a formação de biomassa na forma granular, nos ASBR, é lenta e pode durar vários meses, até anos (Gouranga et al., 1997 e Ong et al., 2002). Sung & Dague (1995) observaram a formação completa de grânulos após 300 dias de operação no tratamento de substrato à base de leite em pó. Assim, considerando a partida do reator estabelecida apenas após o desenvolvimento do processo de granulação, com a estabilidade do processo de tratamento, estes reatores apresentam, portanto, períodos de partida longos, podendo ser comparados com outros sistemas anaeróbios.

Segundo Zhang et al. (1995), o processo de formação de biomassa auto-imobilizada, na forma de grânulos, está ligado diretamente à variação cíclica da relação S/X durante a operação dos reatores em batelada seqüencial. Angenent & Dague (1995) e Wirtz & Dague (1996) apresentam duas vantagens principais da biomassa na forma granular sobre a forma floculenta, em reatores ASBR, como:

- Melhor eficiência na retenção de biomassa no reator, pela sua melhor característica de sedimentação (maior velocidade de sedimentação).
- Possuir maior atividade metanogênica específica

Reyes III & Dague (1995) estudaram o comportamento do parâmetro S/X na partida e durante operação de reatores anaeróbios ASBR, mantidos a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , no tratamento de substrato a base de leite em pó. Foram realizados seis experimentos de partida, com inóculo granular, com o parâmetro S/X inicial de 0,1; 0,3; 0,4; 0,8; 1,0 e 1,33  $\text{dia}^{-1}$ , sendo respectivamente a carga orgânica volumétrica de 2; 4; 4; 4; 4 e 1,5  $\text{gDQO.l}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  e a concentração de biomassa inicial no interior do reator (X) de 21; 15; 10; 5; 3 e 1,5  $\text{gSSV.l}^{-1}$ . A carga orgânica volumétrica foi incrementada ao longo tempo de cada operação, até atingir 10  $\text{gDQO.l}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , para proporcionar a

alteração da relação S/X inicial aplicada.

Segundo os autores, ocorreu flutuação da relação S/X ao longo do tempo de cada operação, devido ao crescimento e o arraste da biomassa (adaptação e “seleção” da biomassa) dos reatores, em resposta aos incrementos de concentração de substrato. O ensaio com relação inicial de S/X de  $0,3 \text{ dia}^{-1}$  e concentração de biomassa inicial no interior do reator de  $15 \text{ gSSV.l}^{-1}$  no início da operação permitiu atingir curto tempo de partida (28 dias) e eficiências de remoção de DQO total e solúvel de 85 e 90%, respectivamente. Nos ensaios com relações iniciais S/X superiores a  $0,3 \text{ dia}^{-1}$ , os tempos de partida foram maiores (45 a 85 dias), devido ao arraste de biomassa no efluente gerado pela alta produção de biogás prejudicando, tanto o processo de sedimentação, como a remoção em termos de DQO total no mesmo nível atingido quando a relação inicial S/X aplicada foi de 0,1 ou  $0,3 \text{ dia}^{-1}$ .

Wirtz & Dague (1996) realizaram experimentos em quatro reatores anaeróbios em batelada seqüencial (12 l) no tratamento de água residuária sintética à base de sacarose, mantidos a  $35^{\circ}\text{C}$ , com objetivo de minimizar o tempo requerido para o desenvolvimento do processo de granulação, fazendo-se uso de meios suporte diferentes e coagulante catiônico (heteropolímero de acrilamida). Os sistemas foram inoculados com lodo anaeróbio não granular para a concentração de inicial no interior dos reatores de  $12 \text{ gSSV.l}^{-1}$ . No início da operação utilizaram dois reatores com meios suporte diferentes, sendo um com carvão ativado em pó (24g) e outro com carvão ativado granulado (24g). Outros dois sistemas foram testados com polímero catiônico (12 mg/ciclo) e sem polímero catiônico e meio suporte, para efeito comparativo.

De acordo com os pesquisadores, o reator sem aplicação de coagulante e meio suporte alcançou a granulação em 120 dias após a partida, mas esse tempo pôde ser reduzido, usando-se carvão ativado granulado (90 dias), carvão ativado em pó (75 dias) e polímero (30 dias). Os meios suportes empregados ofereceram boas condições para o crescimento da biomassa e auto-imobilização. O processo de granulação foi efetivo no sistema com aplicação de polímero, por promover a agregação da biomassa e, conseqüentemente, o aumento da concentração de sólidos

suspensos voláteis no reator, proporcionando, eficiências de remoção em termos de DQO total e solúvel de até 95%.

Ong et al. (2002) também investigaram a efetividade da adição de polímero catiônico (amina poliquaternária) no desenvolvimento da granulação, durante 385 dias, em dois reatores ASBR (5 l). Os sistemas utilizados no tratamento de água residuária sintética à base de sacarose foram mantidos a 35<sup>0</sup>C e inoculados com lodo anaeróbio não granular, sendo mantida a concentração de 5 gSSV.l<sup>-1</sup> no interior dos ASBR no decorrer de todo ensaio experimental. A aplicação de polímero (2,5 mg.ciclo<sup>-1</sup>) ocorreu num dos reatores, sendo que outro serviu como controle para efeito comparativo.

Acompanhou-se a evolução do processo de granulação por meio da medida do diâmetro médio da biopartícula (equação 3.1), utilizando sistema de análise de imagem (microscópio, câmera e microcomputador).

$$d_{\text{médio}} = \sqrt[3]{\frac{\sum d_i^3}{n}} \quad (3.1)$$

Onde:  $d_{\text{médio}}$  é diâmetro médio da biopartícula,  $d_i$  é o diâmetro individual da biopartícula e  $n$  o número de biopartículas analisadas.

De acordo com os autores, em 150 dias de operação, os reatores apresentaram baixo valor de  $d_{\text{médio}}$  devido à baixa relação S/X aplicada (0,4 dia<sup>-1</sup>). As biopartículas tiveram rápido crescimento a partir do 240<sup>o</sup> dia até ao final do experimento, quando as relações S/X foram respectivamente 0,5 e 0,6 dia<sup>-1</sup>. A aplicação do polímero catiônico foi efetiva no desenvolvimento da granulação a partir de 140 dias de operação, pela formação de grânulos com maiores dimensões propiciando melhor característica de sedimentação. Ressalta-se que as eficiências de remoção nos ASBR foram superiores a 90% para as várias relações S/X aplicadas.

Na Figura 3.4 apresentam-se os resultados obtidos relativos à análise do diâmetro médio da biopartícula no trabalho de Ong et al. (2002), para diferentes relações S/X aplicadas nos reatores com adição de polímero (R<sub>1</sub>) e sem adição de polímero (R<sub>2</sub>).

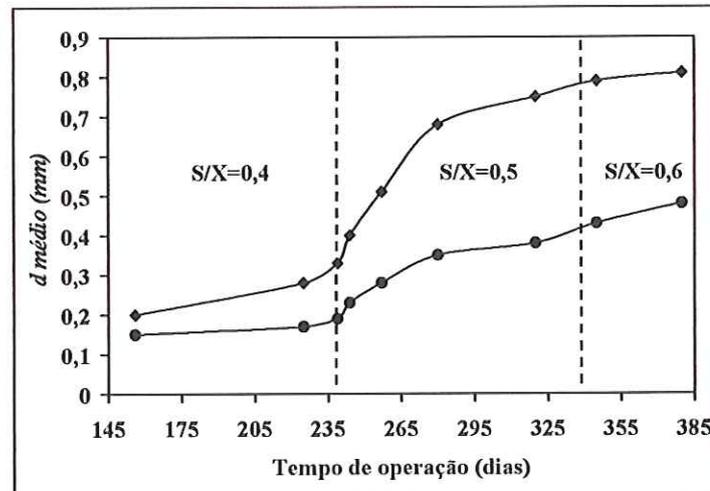


Figura 3.4: Comportamento de  $d_{médio}$  ao longo da operação dos valores nos reatores R1 (♦) e R2 (●) para diferentes relações S/X.  
Fonte: Adaptada de Ong et al. (2002).

### 3.2.2.3-Configuração Geométrica

De acordo com Sung & Dague (1995), a característica geométrica (relação altura/diâmetro) está diretamente ligada à formação de biomassa granular no ASBR. Como já citado anteriormente, esta forma de biomassa é essencial para a remoção eficiente de matéria orgânica e para a estabilidade de operação nessa configuração de reator. Portanto, reatores com diferentes características geométricas podem impor diferentes níveis de “seleção” da biomassa permitindo a conversão da forma floculenta para granular.

No trabalho citado, foi analisada a influência da característica geométrica na formação e “seleção” da biomassa em reatores ASBR, na presença de inóculo não granular. Foram utilizados quatro reatores (13 l), com relação L/D (altura (cm) /diâmetro (cm)) de **0,6** (18/30); **0,9** (24/26); **1,8** (36/20) e **5,6** (78/14), no tratamento de substrato à base de leite em pó, sendo operados com semelhante concentração de substrato inicial, tempo de ciclo total e volume líquido (volume removível a cada ciclo). Os autores, ao longo da operação dos reatores (310 dias), por meio da análise do diâmetro das partículas de biomassa granular formada, constataram que os reatores com L/D de 1,8 e 5,6 teriam maior capacidade de desenvolvimento (formação) e “seleção” da biomassa na forma granular em relação aos sistemas com L/D de 0,6 e 0,9. Portanto, a utilização de alta relação L/D (L/D=1,8 a 5,6) ao invés

de baixa relação de L/D ( $L/D=0,6$  a  $0,9$ ) é preferível e mais favorável para a estabilidade do processo de tratamento, em virtude de propiciar a formação de grânulos com melhores características de sedimentação.

Cybis & Pescador (2000) demonstraram, a partir dos dados obtidos no tratamento de substrato sintético simulando esgoto sanitário (DQO:  $436\pm 42$  mg. $l^{-1}$ ), que reatores do tipo ASBR com menores relações de L/D apresentam melhores resultados em termos de qualidade de efluente (DQO e SST). Nesse trabalho foram utilizados quatro reatores com diferentes relações de L/D (**4,8**; **2,0**; **1,0** e **0,58**) e mesmo volume (12 l) mantidos a 35<sup>o</sup>C. Foram obtidas no reator ASBR com menor relação L/D (0,58) valores de remoção de DQO e SST superiores a 85% e 80%, respectivamente. Essas remoções no reator propiciaram, após aproximadamente 120 dias de operação, efluente com valores médios de DQO de  $71\pm 23$  mg. $l^{-1}$  e SST de  $16\pm 12$  mg. $l^{-1}$ .

#### **3.2.2.4-Estratégia de Alimentação**

A forma de alimentação, batelada ou batelada-alimentada, pode afetar o desempenho de reatores ASBR, pois influi diretamente na relação S/X aplicada e, conseqüentemente, no processo de granulação e na retenção de sólidos no sistema. Por outro lado, Droste & Massé (1995) e Massé et al. (1996) não observaram variações significativas no desempenho e na estabilidade do processo de tratamento de reatores ASBR, quando as condições de alimentação foram alteradas. Nesse caso, incluem-se as frequências de alimentação, tempo de enchimento e concentração de substrato.

Os trabalhos de Droste & Massé (1995) e Massé et al. (1996) são correlatos, nos quais operaram-se vários reatores em batelada seqüencial, mantidos a 20<sup>o</sup>C, na forma em batelada-alimentada no tratamento de resíduo de suinocultura bruto. Os sistemas foram alimentados com frequência de 1 ou 3 vezes, com fase de enchimento de 670 a 170 horas (ciclo total: 1344 a 336 horas), sendo as concentrações de substrato de 38 a 86 gDQO/fase de enchimento. Em face das alterações nas condições de alimentação, como redução do tempo de enchimento,

aumento da concentração de substrato e frequência de alimentação, os autores apresentam resultados em termos de eficiência de remoção de DQO total e solúvel de 83% e 96%, respectivamente, nos vários experimentos realizados.

Segundo Angenent & Dague (1995), o aumento do tempo de alimentação ou diminuição do tempo de ciclo resulta em diminuição da concentração de compostos intermediários formados no processo da degradação anaeróbia, em sistema de alimentação em batelada. Nesse trabalho, o reator ASBR, mantido a 35 °C, foi operado com ciclo total de 4 horas e concentrações de substrato sintético à base de sacarose de 3,0 a 9,5 gDQO.l<sup>-1</sup>. As concentrações de ácidos voláteis totais, expressos como ácido acético no efluente, mantiveram-se entre 250 e 300 mg.l<sup>-1</sup>, independentemente dos incrementos das concentrações de substrato ao longo do experimento. Portanto, a utilização de ciclos menores não afetou o desempenho e a estabilidade dos reatores ASBR, como pode ser visto pelos valores médios de 82 e 95%, respectivamente, em termos de eficiência remoção de DQO total e solúvel.

Ndon & Dague (1997), utilizaram, também, ciclo total de 4 horas em quatro reatores ASBR no tratamento de substrato à base de leite em pó com baixa concentração de substrato (0,4 a 1,0 gDQO.l<sup>-1</sup>) para cada reator. Inicialmente, ocorreu o aumento de concentração de substrato, ao longo da operação dos reatores mantidos a 35 °C. A seguir, a operação dos reatores com aumento da concentração de substrato foi iniciada mantendo-os a 25 °C e, posteriormente, as operações foram a 20 e 15 °C. Os reatores apresentaram eficiências remoção, em termos de DQO total e solúvel, superiores a 70 e 82%, respectivamente, para a operação nas várias temperaturas aplicadas. Segundo os pesquisadores, não houve variação significativa de desempenho pela mudança na temperatura.

Este fato foi preconizado por Dague et al (1992) e Schmit & Dague (1993) em trabalho sobre tratamento de resíduo de suinocultura em reatores ASBR a 35, 25 e 20 °C. No trabalho de Dague et al (1992), foram mantidos dois reatores em temperaturas diferentes (35 e 25 °C) e aplicadas concentrações de substrato de 6,3 a 40 gSV.l<sup>-1</sup> em cada reator. Schmit & Dague (1993) operaram reatores a 20 °C e concentrações de substrato variando de 8,4 a 35 gSV.l<sup>-1</sup>.

Em ambos os trabalhos, os reatores apresentaram eficiências de remoção de Sólidos Voláteis (SV) superiores a 44%, atingindo 92% nas várias temperaturas aplicadas. Contudo, quando a temperatura de operação foi diminuída de 25 para 20 °C (Schmit & Dague, 1993), houve redução das eficiências de remoção de SV, sendo essas inferiores a 72%. Houve, nesse caso, menor capacidade de adaptação da biomassa no interior do sistema quando se diminuiu a temperatura para 20 °C. Entretanto, o mesmo problema não ocorreu no trabalho de Ndon & Dague (1997) utilizando substrato sintético de baixa concentração (0,4 a 1,0 gDQO.l<sup>-1</sup>). De acordo com Dague et al (1992) e Schmit & Dague (1993), a capacidade de adaptação do sistema, perante a diminuição de temperatura, está diretamente ligada ao incremento da concentração de biomassa (SSV) no seu interior.

Nas Tabelas 3.5 e 3.6 estão apresentados os dados operacionais e de desempenho de trabalhos relativos à utilização de reatores ASBR citados na Revisão Bibliográfica realizada.

Tabela 3.5: Dados operacionais de reatores anaeróbios do tipo ASBR no tratamento de águas residuárias diversas.

Referência	Volume útil do reator (l)	Volume tratado por ciclo (l)	Tempo de ciclo (h)	Água residuária	Concentração do Substrato
<i>Dague et al. (1992)</i>	13	1,5 (12%)	6	Leite em pó Desnatado	1-10 gDQO.l <sup>-1</sup>
	13	3,0 (23%)	6		0,6-6 gDQO.l <sup>-1</sup>
	13	6 (46%)	6		0,3-3 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Dague et al. (1992)</i>	12	2 (15%)	24	Suinocultura (diluído)	6,3-40 gSV.l <sup>-1</sup>
	12	2 (15%)	24		6,5-32 gSV.l <sup>-1</sup>
<i>Schmit &amp; Dague (1993)</i>	12 (90)	2 (16%)	24	Suinocultura (diluído)	8,4-32 gSV.l <sup>-1</sup>
	12 (90)	1,3 (9%)	24		8,4-35 gSV.l <sup>-1</sup>
	12 (90)	1,0 (8%)	24		11-35 gSV.l <sup>-1</sup>
<i>Hollopeter &amp; Dague (1994)</i>	12 (90)	1,5 (13%)	6	Chorume	3,2-7,0 gDQO.l <sup>-1</sup>
	12 (90)	2,0 (17%)	6		2,4-5,2 gDQO.l <sup>-1</sup>
	12 (90)	3,0 (25%)	6		1,6-3,5 gDQO.l <sup>-1</sup>
	12 (90)	4,0 (33%)	6		1,2-2,5 gDQO.l <sup>-1</sup>
	12 (90)	6,0 (50%)	6		0,8-1,8 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Droste &amp; Massé (1995)</i>	42	-	1344	Suinocultura (bruto)	38-63 gDQO/A
	42	-	a		43-86 gDQO/A
	42	-	336		86 gDQO/A
	42	-			66 gDQO/A
<i>Reyes III &amp; Dague (1995)</i>	10	9,6 (96%)	6	Leite em pó Desnatado	1,5-10 gDQO.l <sup>-1</sup>
	10	5,0 (50%)	6		2,0-10 gDQO.l <sup>-1</sup>
	10	9,3 (93%)	6		4,0-10 gDQO.l <sup>-1</sup>
	10	8,9 (89%)	6		4,0-10 gDQO.l <sup>-1</sup>
	10	7,7 (77%)	6		4,0-10 gDQO.l <sup>-1</sup>
	10	6,6 (66%)	6		4,0-10 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Angenent &amp; Dague (1995)</i>	12 (100)	4,0 (33%)	4	Sintética (sacarose)	3,0-9,5 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Sung &amp; Dague (1995)</i>	12 (18)	1,5 (13%) a	6	Leite em pó Desnatado	4,0-16 gDQO.l <sup>-1</sup>
	12 (24)	3,0 (25%) a	6		4,0-16 gDQO.l <sup>-1</sup>
	12 (37)	6,0 (50%)	6		4,0-24 gDQO.l <sup>-1</sup>
	12 (78)		6		4,0-24 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Wirtz &amp; Dague (1996)</i>	12 (78)	1,5 (13%) a	6	Sintética (sacarose)	3,0-24 gDQO l <sup>-1</sup>
	12 (78)	3,0 (25%)	6		3,0-24 gDQO l <sup>-1</sup>
	12 (78)		6		3,0-24 gDQO l <sup>-1</sup>
	12 (78)		6		3,0-24 gDQO l <sup>-1</sup>
<i>Zhang et al. (1996)</i>	12	2,0 (17%)	8	Suinocultura (bruto)	3,2-9 gSV.l <sup>-1</sup>
	12	2,0 (17%)	12		2,7-17 gSV.l <sup>-1</sup>
	12	2,0 (17%)	24		4,8-33 gSV.l <sup>-1</sup>
<i>Massé et al. (1996)</i>	42	34 (83%)	164 a 1344	Suinocultura (bruto)	43-86 gDQO/A
	42	34 (83%)			86 gDQO/A

Tabela 3.5: Continuação

Referência	Volume útil do reator (l)	Volume tratado por ciclo (l)	Tempo de ciclo (h)	Água residuária	Concentração do Substrato
<i>Brito et al. (1997)</i>	1,2 (58)	0,6 (50%)	5,6 e 6,6	Sintética (Glicose)	1,0 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Massé et al. (1997)</i>	25	12,0 (48%)	1344	Suinocultura (bruto)	38-63 gDQO/A
<i>Ndon &amp; Dague (1997)</i>	6	0,5 (8%)	4	Leite em pó Desnatado	0,4-1,0 gDQO.l <sup>-1</sup>
	6	1,0 (16%)	4		0,4-1,0 gDQO.l <sup>-1</sup>
	6	1,5 (25%)	4		0,4-1,0 gDQO.l <sup>-1</sup>
	6	2,0 (33%)	4		0,4-1,0 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Cuevas Rodrigues et al.(1998)</i>	980	610 (62%)	8	Esgoto Sanitário	0,56 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Timur &amp; Özturk (1999)</i>	2 (18)	0,2 (10%)	24	Chorume	4,0-12 gDQO.l <sup>-1</sup>
	2 (18)	0,25 (13%)	24		9,4 gDQO.l <sup>-1</sup>
	2 (18)	0,3 (15%)	24		9,4 gDQO.l <sup>-1</sup>
	2 (18)	0,4 (20%)	24		9,5 gDQO.l <sup>-1</sup>
	2 (18)	0,6 (30%)	24		9,5 gDQO.l <sup>-1</sup>
	2 (18)	1,0 (50%)	24		9,5-16 gDQO.l <sup>-1</sup>
	2 (18)	1,3 (65%)	24		14,5 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Cybis &amp; Pescador (2000)</i>	12 (73)	-	12	Esgoto Sanitário Sintético	0,4 gDQO.l <sup>-1</sup>
	12 (40)	-	12		0,4 gDQO.l <sup>-1</sup>
	12 (25)	-	12		0,4 gDQO.l <sup>-1</sup>
	12 (18)	-	12		0,4 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Ruiz et al. (2001)</i>	3,5	-	12	Suinocultura	3,5-4,5 gDQO.l <sup>-1</sup>
	3,5	-	12		20 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Bodik et al. (2002)</i>	2	-	24	Esgoto	0,5-0,64 gDQO.l <sup>-1</sup>
	2	-	12	Sanitário	0,5-0,64 gDQO.l <sup>-1</sup>
	2	-	8	c/ glicose	0,5-0,86 gDQO.l <sup>-1</sup>
<i>Shizas et al. (2002)</i>	12 (75)	6 (50%)	24 e 12	Sintética (glicose)	3 a 6 gDQO.l <sup>-1</sup>

A-Alimentação

() - Altura do reator (cm) citado em algumas referências

() - Porcentagem relativa ao volume útil do reator.

Tabela 3.6: Dados operacionais e de desempenho de reatores do tipo ASBR no tratamento de águas residuárias diversas.

Referência	Tipo de alimentação	Tempo de reação (h)	Tipo de agitação	Agitação	Temp (°C)	E <sub>DQO</sub> * (%)	E <sub>SV</sub> ** (%)
<i>Dague et al. (1992)</i>	Batelada	-	R	-	35	80-95 <sup>T</sup>	-
		-	R	-	35	80-90 <sup>T</sup>	-
		-	R	-	35	70-80 <sup>T</sup>	-
<i>Dague et al. (1992)</i>	Batelada	21,5 (90%)	R	-	25	-	77-92
		21,5 (90%)	R	-	35	-	74-87
<i>Schmit &amp; Dague (1993)</i>	Batelada	21,5 (90%)	R	-	20	-	41-48
		21,5 (90%)	R	-	20	-	44-72
		21,5 (90%)	R	-	20	-	43-67
<i>Hollopeter &amp; Dague (1994)</i>	Batelada <sup>IG</sup>	4,5 (75%)	R	2min/0,5h	35	85 <sup>T</sup> -90 <sup>S</sup>	-
		4,5 (75%)	R	2min/0,5h	35		-
		4,5 (75%)	R	2min/0,5h	35		-
		4,5 (75%)	R	2min/0,5h	35		-
		4,5 (75%)	R	2min/0,5h	35		-
<i>Droste &amp; Massé (1995)</i>	Batelada <sup>IG</sup> alimentada	670 (50%)	-	-	20	-	-
		670 (50%)	R	10min/0,5h	20	50-83 <sup>T</sup>	-
		170 a 670	-	-	20	84-96 <sup>S</sup>	-
		170 a 340	-	-	20	-	-
<i>Reyes III &amp; Dague (1995)</i>	Batelada <sup>IG</sup>	-	R	-	35	70 <sup>T</sup> -90 <sup>S</sup>	-
		-	R	-	35	80 <sup>T</sup> -95 <sup>S</sup>	-
		-	R	-	35	70 <sup>T</sup> -90 <sup>S</sup>	-
		-	R	-	35	70 <sup>T</sup> -95 <sup>S</sup>	-
		-	R	-	35	75 <sup>T</sup> -90 <sup>S</sup>	-
		-	R	-	35	85 <sup>T</sup> -95 <sup>S</sup>	-
<i>Angenent &amp; Dague (1995)</i>	Batelada <sup>IG</sup>	3,6 (90%)	R	2min/0,5h	35	53-82 <sup>T</sup> 78-95 <sup>S</sup>	-
<i>Sung &amp; Dague (1995)</i>	Batelada	-	R	Contínua	35	58-99 <sup>T</sup> 90-99 <sup>S</sup>	-
		-	R	(100S <sup>-1</sup> )	35		-
		-	R	ou	35		-
		-	R	5min/1h	35		-
<i>Wirtz &amp; Dague (1996)</i>	Batelada <sup>NG</sup>	5,0 (83%)	R	-	35	95 <sup>T</sup> -95 <sup>S</sup>	-
		a	R	-	35		-
		4,8 (80%)	R	-	35		-
			R	-	35		-
<i>Zhang et al. (1996)</i>	Batelada	5,6 (70%)	R	3min/h	25	-	39-49
		9,5 (80%)	R	3min/h	25	-	53-61
		21,5 (90%)	R	3min/h	25	-	40-59

Tabela 3.6: Continuação

Referência	Tipo de alimentação	Tempo de reação (h)	Tipo de agitação	Agitação	Temp (°C)	E <sub>DQO</sub> <sup>*</sup> (%)	E <sub>sv</sub> <sup>**</sup> (%)
<i>Massé et al. (1996)</i>	Batelada <sup>IG</sup> alimentada	670 (50%)	R	10min/0,5h	20	41-83 <sup>T</sup>	-
		170 a 670	-		20	84-93 <sup>S</sup>	-
<i>Brito et al. (1997)</i>	Batelada	5-6 (90%)	R (líquido)	2,4 l.h <sup>-1</sup>	22	60-70 <sup>T</sup>	-
<i>Massé et al. (1997)</i>	Batelada <sup>IG</sup> alimentada	670 (50%)	-	-	20	58-73 <sup>T</sup> 85-96 <sup>S</sup>	-
<i>Ndon &amp; Dague (1997)</i>	Batelada <sup>IG</sup>	3,1 (77%)	-	-	15-35	-	-
		2,9 (72%)	-	-	15-35	69-95 <sup>T</sup>	-
		2,8 (70%)	-	-	15-35	82-99 <sup>S</sup>	-
		3,0 (76%)	-	-	15-35	-	-
<i>Cuevas Rodrigues et al.(1998)</i>	Batelada	6,5 (83%)	R (líquido)	contínua	17-27	35 <sup>T</sup> 46 <sup>S</sup>	-
<i>Timur &amp; Özturk (1999)</i>	Batelada	22,5 (94%)	M	1min/1h	35	80-85 <sup>T</sup>	-
		22,5 (94%)	M	1min/1h	35	85 <sup>T</sup>	-
		22,5 (94%)	M	1min/1h	35	84 <sup>T</sup>	-
		22,5 (94%)	M	1min/1h	35	83 <sup>T</sup>	-
		22,5 (94%)	M	1min/1h	35	82 <sup>T</sup>	-
		22,5 (94%)	M	1min/1h	35	64-81 <sup>T</sup>	-
		22,5 (94%)	M	1min/1h	35	72 <sup>T</sup>	-
<i>Cybis &amp; Pescador (2000)</i>	Batelada <sup>NG</sup>	9 (75%)	M	-	35	111 <sup>T</sup>	-
		9 (75%)	M	-	35	84 <sup>T</sup>	-
		9 (75%)	M	-	35	74 <sup>T</sup>	-
		9 (75%)	M	-	35	71 <sup>T</sup>	-
<i>Ruiz et al. (2001)</i>	Batelada <sup>NG</sup>	11 (90%)	M	-	35	86 <sup>T</sup> -91 <sup>S</sup>	-
		11 (90%)	M	-	35	90 <sup>T</sup> -96 <sup>S</sup>	-
<i>Bodik et al. (2002)</i>	Batelada	23-11-7	M	-	8	56-74 <sup>T</sup>	-
		23-11-7	M	-	15	62-84 <sup>T</sup>	-
		23-11-7	M	-	23	86-88 <sup>T</sup>	-
<i>Shizas et al. (2002)</i>	Batelada <sup>IG</sup>	8 a 18	M	-	21	>80 <sup>S</sup>	-

\*Eficiência de remoção de matéria orgânica (DQO) e \*\*Eficiência de remoção de Sólidos Voláteis  
<sup>T</sup>-DQO Total e <sup>S</sup>-DQO Solúvel

<sup>IG</sup>-Inóculo granular e <sup>NG</sup>-Inóculo não granular

R - Recirculação de biogás e M - Agitação mecânica

( ) - Porcentagem relativa a duração da fase de reação no ciclo de operação.

### **3.3 - Reatores Anaeróbios em Batelada Sequencial com Biomassa Imobilizada**

#### **3.3.1-Biomassa Imobilizada em Suporte Inerte (Espuma de Poliuretano)**

O desenvolvimento de biotecnologias avançadas para tratamento anaeróbio de águas residuárias está calcado na imobilização de microrganismos que participam do processo, por promover tempos de retenção celular propícios ao elevado desempenho do sistema e no oferecimento de condições operacionais para que o consórcio microbiano se estabeleça de maneira equilibrada, minimizando o efeito negativo de altas concentrações de intermediários específicos (Lettinga, 1995). Esses micro-ecossistemas biológicos tornam os microrganismos mais resistentes às condições ambientais, quanto à ação de agentes físicos, químicos e predatórios, condição essa, favorável para o tratamento de águas residuárias (Costerton et al., 1995).

Especificamente, o fenômeno de aderência dos microrganismos em material suporte depende das propriedades físico-químicas da superfície do suporte (porosidade, área superficial, rugosidade do material e distribuição do tamanho dos poros), pois essas propriedades conferem capacidade de retenção de microrganismos (Alves et al., 1999). De acordo com Huysman et al. (1983) as superfícies porosas e rugosas são mais propícias que as lisas, além do tamanho e do número de poros influenciarem na formação do biofilme.

A superfície dos materiais inertes é o local utilizado preferencialmente pelos microrganismos no desenvolvimento de suas atividades metabólicas e em situações cujo substrato é adsorvido na superfície do suporte (difusão através do filme estagnado). A população de microrganismos aderidos apresenta maior atividade metabólica do que os que ficam em suspensão (van Loosdrecht et al., 1987).

Huysman et al. (1983), testando vários tipos de suportes porosos e não porosos, em reator de fluxo ascendente (1,5 l) tratando substrato sintético ( $DQO=5g.l^{-1}$ ) e utilizando lodo predominantemente metanogênico, verificaram que a espuma de poliuretano reticulada foi colonizada rápida e densamente (oito dias). A biomassa metanogênica estava mecanicamente retida na forma de colônias dentro

dos poros da espuma. A porosidade e o diâmetro dos poros parecem ser de primordial importância na colonização microbiana, uma vez que interferem na difusão do substrato dentro da partícula.

Nesse contexto, Fynn & Whitmore (1984) analisaram a colonização de cultura enriquecida com arqueas metanogênicas em espumas de poliuretano reticulada (densidade de  $30 \text{ kg.m}^{-3}$ ) variando a porosidade entre 20 a 60 poros por polegada linear. Foi utilizado um reator de mistura alimentado com formiato de sódio, única fonte de carbono. Os autores constataram que a colonização da espuma aumenta com o aumento do número de poros, pois, as espumas com 60 poros por polegada linear estavam mais densamente colonizadas. Espumas com menor número de poros (20, 30 e 45 poros por polegada linear) foram comparativamente menos efetivas na retenção de biomassa.

Gijzen et al. (1988) usaram espuma de poliuretano reticulada (densidade de  $18 \text{ kg.m}^{-3}$ ) como material suporte na imobilização de associações metanogênicas para tratar resíduos sólidos finamente particulados. A colonização no reator alimentado com uma mistura de acetato, propionato e butirato foi rápida e densa, composta, principalmente, por longos filamentos de arqueas do tipo *Methanosaeta* sp e um pequeno número de *Methanosarcina* sp.

Calzada et al. (1984) utilizaram reatores metanogênicos de leito fixo, de 0,15 a 12 litros, recheados com espuma de poliuretano (densidade de  $20 \text{ kg.m}^{-3}$ ) para degradação de polpa de café acidificada a metano. Os resultados foram satisfatórios, no tratamento do resíduo, permitindo admitir o adequado uso de tal meio suporte em função da retenção de biomassa.

Segundo Zaiat (1996), o uso de espuma de poliuretano, como suporte de imobilização de biomassa, deve-se à flexibilidade de suas propriedades físicas (densidade e tamanho de partícula), alta porosidade interna, estabilidade à hidrólise, difícil degradação biológica e potencial capacidade de confinamento de microrganismos. Esse autor utilizou meio suporte composto de cubos (matrizes) de espuma de poliuretano na concepção original do reator anaeróbio horizontal de leito fixo (RAHLF) em escala de bancada (2 l).

O desenvolvimento e aplicação do RAHLF iniciaram-se pela determinação de metodologia adequada para imobilização de lodo anaeróbio em matrizes cúbicas de espuma de poliuretano (Zaiat et al., 1994). O reator foi testado, inicialmente, no tratamento de água residuária de indústria de papel reciclado (Foresti et al., 1995), obtendo-se resultados satisfatórios empregando tal meio suporte. Posteriormente, foram realizados trabalhos envolvendo tratamento de substrato sintético à base de glicose (Zaiat et al., 1997), águas residuárias contendo alta concentração de sulfato (Cadavid et al., 1997), compostos fenólicos (Bolaños et al., 2000) e formaldeído (Oliveira, 2001). O RAHLF apresentou bom desempenho, além de rápida partida, devido às condições de rápida adaptação, crescimento e retenção da biomassa anaeróbia.

Varesche et al.(1997) constataram a forte aderência de microrganismos em matrizes de espuma de poliuretano (densidade de  $23 \text{ kg.m}^{-3}$ ). Nesse trabalho, microgrânulos de diferentes características e tamanhos foram identificados ao longo do RAHLF. Tal fenômeno pode ter ocorrido devido à variação da concentração de substrato, resultando em diferentes razões S/X ao longo do RAHLF. A conformação espacial da biomassa encontrada dentro das matrizes de poliuretano não apresentou estrutura bem definida. Os autores formularam a hipótese de que os arranjos encontrados permitiriam otimizar os fluxos de substratos primários e produtos intermediários entre as espécies, dentro das matrizes.

Ribeiro (2001) constatou a influência de diferentes tipos de substratos presentes no esgoto sanitário sintético na dinâmica de formação do biofilme em matrizes de espuma de poliuretano, em reatores anaeróbios horizontais de leito fixo diferenciais, alimentados. A influência do substrato na dinâmica de aderência microbiana foi constatada devido aos diferentes padrões de colonização encontrados. Utilizando-se substrato sintético simulando esgoto sanitário, verificou-se que a excreção de polímeros pareceu ser de fundamental importância no processo de colonização das matrizes de poliuretano, estando vinculada, provavelmente, à fixação de células ao suporte. Partidas rápidas observadas em trabalhos utilizando

reatores de leito fixo (RAHLF) e espuma de poliuretano como suporte podem estar vinculadas à rápida adesão dos microrganismos a esse suporte.

Segundo Lima (2001) a fase de partida da operação do RAHLF (240 l), no tratamento de esgoto sanitário (sem inoculação prévia), foi caracterizada pela imediata retenção de sólidos suspensos indicando a colonização das matrizes de espuma de poliuretano (densidade de 23 kg.m<sup>-3</sup>) predominantemente por bacilos e cocos e a observação de morfologia semelhante a *Methanosaeta* sp no biofilme formado na terceira semana de operação. A partir da 10<sup>a</sup> semana, pela maior diversidade de microrganismos, ocorreu a predominância do morfotipo *Methanosaeta* sp em relação a *Methanosarcina* sp. Foi atingido o equilíbrio dinâmico aparente após 12 semanas de operação com eficiências de remoção superior a 70%.

### **3.3.2-Experiências com Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Sequenciais com Biomassa Imobilizada em Espuma de Poliuretano**

A proposição de novas configurações de reatores visa resolver os problemas operacionais identificados nos reatores anaeróbios em batelada sequencial. Uma alternativa que parece promissora é a utilização de biomassa imobilizada em suportes inertes. O uso de suportes inertes resulta em maior retenção de sólidos no sistema, para evitar o arraste observado nos reatores ASBR contendo células auto-imobilizadas (forma granular) e, conseqüentemente, a eliminação da fase de sedimentação, diminuindo o tempo total do ciclo (Zaiat et al., 2001).

Nesse contexto, Ratusznei et al. (2000) propuzeram nova configuração de reator anaeróbio em batelada contendo biomassa imobilizada utilizando cubos de espuma de poliuretano denominado de ASBBR-“*Anaerobic Sequencing Batch Biofilm Reactor*”. O reator protótipo em escala de bancada era composto por frasco de vidro cilíndrico (volume: 2 l) e agitado mecanicamente por agitador magnético alocado no fundo do frasco. As espumas de poliuretano com 1 cm de aresta contendo biomassa imobilizada foram confinadas em uma espécie de “cesto” no interior do sistema.

O reator empregado no tratamento de esgoto sanitário sintético e mantido a 30<sup>o</sup>C atingiu estabilidade operacional (equilíbrio dinâmico aparente) após 10 dias de experimento, tratando 0,5 l de substrato sintético (0,5 gDQO.l<sup>-1</sup>) com 3 ciclos/dia (ciclo total: 8 horas). A eficiência máxima de remoção em termos de DQO de 86% foi alcançada depois de 36 dias de operação com apenas 3 horas do início do ciclo.

A aplicação dos reatores anaeróbios em batelada seqüencial contendo microrganismos imobilizados em suporte inerte depende, ainda, do entendimento de muitos aspectos fundamentais e tecnológicos. Dentre os aspectos fundamentais podem ser destacados os fenômenos de transferência de massa, o comportamento cinético, além do comportamento hidrodinâmico.

Ratusznei et al.(2001) analisaram a influência da agitação no desempenho do ASBBR (volume total de 2,5 l), mantido a 30<sup>o</sup>C, preenchido com matrizes cúbicas de poliuretano para o tratamento de esgoto sanitário sintético (0,5gDQO.l<sup>-1</sup>). Foram aplicados tempo de ciclo de 8 horas e faixa de rotação para agitação mecânica de 0 (sem agitação) até 750 rpm. Conforme os autores, o aumento de rotação na agitação melhora o desempenho devido à minimização da resistência a transferência de massa na fase líquida.

Ratusznei et al. (2003) verificaram a influência da estratégia de alimentação na estabilidade e no desempenho do ASBBR preenchido com cubos de espuma de poliuretano de 5 mm de lado. O reator (2,5 l) foi operado com tempo de ciclos de 3 horas (180 minutos), tratando esgoto sintético (0,5 g DQO.l<sup>-1</sup>), com tempo de enchimento de 3 minutos (batelada) e batelada alimentada com tempos de enchimento de 30, 60 e 180 minutos. A eficiência de remoção média nos testes em batelada foi de 86%. Na batelada alimentada, o sistema alcançou a estabilidade somente com o tempo de enchimento de 30 minutos e as eficiências médias foram menores entre 61 a 72%.

Os efeitos da transferência de massa na fase sólida foram avaliados por Cubas et al. (2002), no ASBBR (5 l) em escala de bancada. Diferentes condições de transferência massa na fase sólida foram impostas, variando-se o tamanho de cubos de espuma de poliuretano de 5, 10, 20 e 30 mm de lado. O reator foi alimentado

com esgoto sintético ( $0,5\text{gDQO.l}^{-1}$ ), com ciclos de 8 horas e rotação na agitação de 500 rpm (constante). A transferência de massa na fase sólida não foi o passo limitante na conversão da matéria orgânica com partículas entre 5 mm a 20 mm. A resistência à transferência de massa na fase sólida somente influenciou na velocidade de degradação da matéria orgânica com cubos de 30 mm de lado.

No trabalho de Cubas et al. (2002) foram realizados também estudos cinéticos com dados obtidos experimentalmente, com o objetivo de se avaliar os efeitos da transferência de massa na fase sólida. Aos dados, ajustou-se o modelo cinético de primeira ordem modificado, levando-se em conta a concentração do substrato residual, parâmetro diretamente associado à qualidade final do efluente. Os valores da constante cinética aparente de primeira ordem foram estimados em  $0,59\text{ h}^{-1}$  para os experimentos com biopartículas (cubos de espuma de poliuretano) entre 5 e 20 mm e  $0,48\pm 0,04\text{ h}^{-1}$  em experimentos com biopartículas de 30 mm. A concentração do substrato residual aumentou exponencialmente quando se aumentou o tamanho das biopartículas de 5 mm a 30 mm ( $51,8\pm 6,0$  para  $76,4\pm 8,6\text{ mgDQO.l}^{-1}$ ). Portanto, a qualidade o efluente melhorou quando o tamanho das biopartículas diminuiu, como resultado da diminuição da resistência à transferência de massa na fase sólida.

Cubas et al. (2003) realizaram estudos para analisar a influência do fenômeno de transferência de massa externa no desempenho do ASBBR (5 l) preenchido com cubos de espuma de poliuretano de 5 mm de aresta. O substrato (esgoto sintético) com DQO média de  $0,5\text{ g.l}^{-1}$  foi tratado em ciclos de 8 horas. Foram realizados perfis temporais de concentração de substrato (efluente), para as rotações na agitação de 300, 500, 700 e 900 rpm, podendo ser obtidos os parâmetros cinéticos aparentes de primeira-ordem ( $k_1$ ) nas diferentes condições de agitação. Uma expressão na forma exponencial de  $k_1$  em função da rotação aplicada na agitação (300 a 900 rpm) foi ajustada como sendo:

$$k_1 = (0,29\pm 0,02).e^{(0,0019\pm 0,0001).N} \quad (1.1)$$

onde: N é a velocidade de agitação.

Nota-se pela equação (1.1) que o aumento da rotação aplicada na agitação implica no crescimento exponencial do parâmetro  $k_1$  devido a redução da camada de líquido estagnada ao redor da biopartícula minimizando a resistência a transferência de massa na fase líquida permitindo obter maiores velocidades globais de reação.

Pinho et al. (2002) estudaram a influência da rotação na agitação no tratamento de efluentes parcialmente solúveis, em ASBBR (5,5 l) contendo biomassa fixa em partículas cúbicas de espuma de poliuretano de 30 mm de lado. O substrato utilizado foi leite de soja com 45% da DQO na forma de matéria suspensa (DQO média=970 mg.l<sup>-1</sup>). O reator foi operado com ciclos de 8 horas e mantido a 30°C. As rotações aplicadas foram: 500 rpm, 700 rpm, 900 rpm e 1100 rpm (constantes). O tempo de mistura, de 90 segundos, foi muito baixo se comparado com o tempo de ciclo, indicando que o meio líquido está homogêneo para as rotações aplicadas na agitação (500 a 1100 rpm). Observou-se que a concentração residual de substrato (DQO) diminuiu quando a velocidade de agitação era incrementada, afetando positivamente a qualidade do efluente tratado. Na aplicação de rotação de 500 rpm, o residual em termos de DQO foi de 179 mg.l<sup>-1</sup>, enquanto para 1100 rpm de 86 mg.l<sup>-1</sup>.

Os avanços conseguidos nos vários trabalhos citados com a utilização de reatores ASBBR, contendo biomassa imobilizada em matrizes de espuma de poliuretano, permitem vislumbrar a aplicação para uma extensa gama de águas residuárias. Entretanto, estudos mais aprofundados devem ser realizados com a finalidade de avaliar a real aplicabilidade desse tipo de sistema. Dentre os temas mais importantes está a avaliação do comportamento de tais reatores em maior escala para tentar estabelecer critérios na aplicação prática de tal configuração.

## 4. INSTALAÇÕES E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Nesse item, será descrita a estratégia metodológica adotada com o intuito de atender aos objetivos propostos para esta pesquisa, contemplando as etapas de projeto, implantação, operação e monitoramento dos reatores anaeróbios operados em bateladas seqüenciais. As dificuldades pertinentes às etapas citadas, também, serão explanadas e discutidas para compreensão do andamento da pesquisa.

### 4.1 PROJETO-Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Seqüenciais

Existem poucos dados específicos, na literatura, para projetos de reatores anaeróbios operados em bateladas seqüenciais. Por esse motivo, necessitou-se adotar alguns parâmetros, para viabilizar o projeto das unidades em escala piloto, já que, na maioria, são reatores em escala de bancada tratando substratos simples e que praticamente não retratam a realidade de sistemas em maior escala.

O projeto dos reatores anaeróbios em batelada (escala piloto) foi concebido para tratamento de  $7,8 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$  de esgotos sanitários, coletados da rede que atravessa o *Campus* da USP de São Carlos. As quatro unidades foram projetadas para tratamento de  $1,95 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ , individualmente, com concepções geométricas, mecânicas (tipo de agitação) e tipo de retenção de biomassa diferentes. As concepções dos reatores anaeróbios envolveram dois tipos de configuração como:

- Reator Anaeróbio Operado em Bateladas Seqüenciais (ASBR)

Na configuração do tipo ASBR foram projetadas três unidades, cada uma com volume total e útil de  $1,20$  e  $1,06 \text{ m}^3$ , respectivamente, diferenciadas pelo tipo de agitação e característica geométrica por meio da relação altura(L)/diâmetro(D).

Portanto, dois reatores ASBR tinham como forma de agitação a recirculação de líquido por bomba centrífuga, mas com relações L/D distintas, o outro possuía agitação mecânica de líquido, mas relação L/D igual a um dos ASBR concebidos com recirculação de líquido.

Nos trabalhos realizados em reatores anaeróbios operados em batelada seqüencial, em escala de laboratório, poucos evidenciam, conforme a literatura, o enfoque da agitação de líquido por meio mecânico ou recirculação por bomba. Na maioria, enfatizam a utilização da recirculação de biogás gerado como meio de agitação de líquido. O projeto proposto teve, como um dos objetivos, implantar e avaliar, comparativamente, as duas formas de agitação em reatores anaeróbios operados em batelada seqüencial, bem como a influência da relação L/D no desempenho do processo de tratamento anaeróbio de esgoto sanitário.

Para os reatores ASBR, destinou-se 1/3 do volume total como o volume para retenção da biomassa na forma auto-imobilizada ou granular, conforme utilizado anteriormente por Sousa (1996). O volume reservado para acumulação de gás foi adotado como sendo, aproximadamente, 10% do volume total. Desse modo, o projeto dos reatores ASBR baseou-se nas seguintes considerações (conforme ilustrado na Figura 4.1):

$$V_T = V_R + V_L + V_G \quad (4.1)$$

$$V_U = V_R + V_L \quad (4.2)$$

Onde:

$V_T$ = volume total $V_U$ = volume útil $V_R$ = volume destinado à retenção de biomassa auto-imobilizada (lodo) $V_L$ = volume líquido removível a cada ciclo (volume tratado) $V_G$ = volume destinado à acumulação de biogás
---

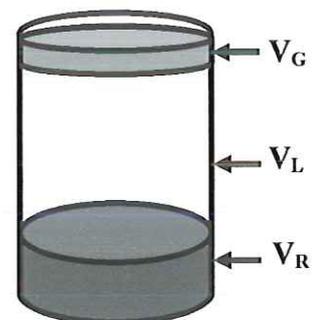


Figura 4.1: Representação esquemática dos volumes destinados para as fases sólida (lodo), líquida e gasosa nos reatores ASBR.

Os reatores do tipo ASBR projetados estão apresentados nas Figuras 4.2, 4.3

e 4 4, conforme suas dimensões e características individuais. Ressalta-se que todas as unidades do tipo ASBR possuíam o mesmo volume removível, ou a ser tratado a cada ciclo, de  $0,65 \text{ m}^3$ .

**Reator: ASBR 1**

$V_T: 1,20 \text{ m}^3$

$V_U: 1,06 \text{ m}^3$

$V_R: 0,41 \text{ m}^3$

$V_L: 0,65 \text{ m}^3$

$V_G: 0,14 \text{ m}^3$

Altura (L): 1,5 m

Diâmetro (D): 1,0 m

L/D: 1,5

*Tipo de agitação: Recirculação de líquido*

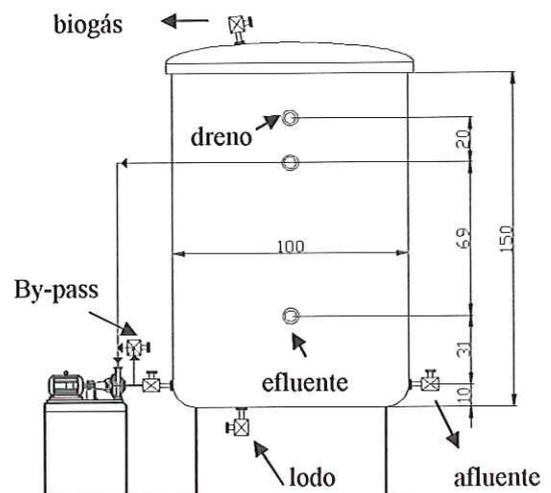


Figura 4.2: Reator ASBR (L/D=1,5) com recirculação de líquido (medidas em cm).

**Reator: ASBR 2**

$V_T: 1,20 \text{ m}^3$

$V_U: 1,06 \text{ m}^3$

$V_R: 0,41 \text{ m}^3$

$V_L: 0,65 \text{ m}^3$

$V_G: 0,14 \text{ m}^3$

Altura (L): 1,5 m

Diâmetro (D): 1,0 m

L/D: 1,5

*Tipo de agitação: Mecânica*

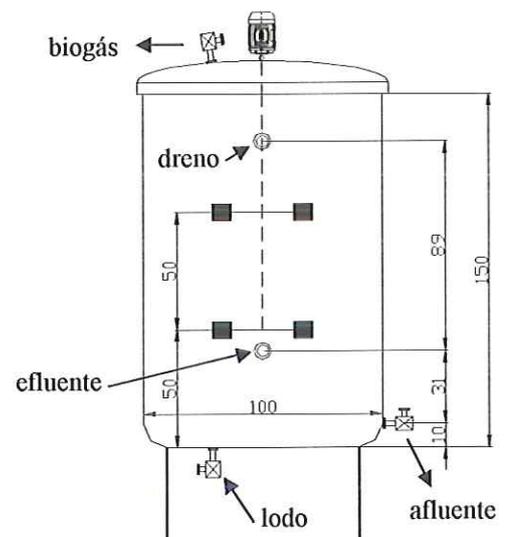


Figura 4.3: Reator ASBR (L/D=1,5) com agitação mecânica (medidas em cm)

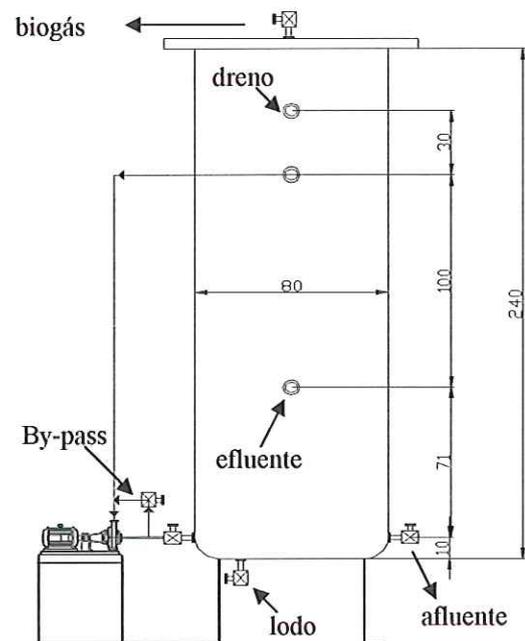
**Reator: ASBR 3** **$V_T$ : 1,20 m<sup>3</sup>** **$V_U$ : 1,06 m<sup>3</sup>** **$V_R$ : 0,41 m<sup>3</sup>** **$V_L$ : 0,65 m<sup>3</sup>** **$V_G$ : 0,14 m<sup>3</sup>****Altura (L): 2,4 m****Diâmetro (D): 0,8 m****L/D: 3****Tipo de agitação: Recirculação de líquido**

Figura 4.4: Reator ASBR (L/D=3,0) com recirculação de líquido (medidas em cm)

• Reator Anaeróbio operado em Batelada Sequencial c/ Biomassa Imobilizada (ASBBR)

Para concepção, em escala piloto, do reator anaeróbio operado em batelada sequencial com biomassa imobilizada em suporte inerte, baseou-se no trabalho de Ratusznei et al. (2000). Para efeito comparativo com os ASBR, a configuração do tipo ASBBR foi projetada com mesmo volume total dos ASBR (1,20 m<sup>3</sup>). Tal concepção difere pela presença, no interior da unidade, de suportes inertes para imobilização da biomassa. Essa configuração proposta tinha a mesma relação de L/D do ASBR2 (L/D=1,5) e igual tipo de agitação (mecânica).

No reator ASBBR, as biopartículas ficaram confinadas em uma espécie de “cesto cilíndrico” ao redor do eixo de agitação utilizando-se, como suporte inerte, cubos de espuma de poliuretano (50 mm de aresta) com densidade de 23 kg/m<sup>3</sup>, conforme utilizado por Foresti et al. (1995).

Para tratar o mesmo volume líquido removível a cada ciclo (0,65 m<sup>3</sup>) dos ASBR, adequou-se o projeto do reator para se ter volume útil (1,04 m<sup>3</sup>) semelhante ao dos reatores ASBR (1,06 m<sup>3</sup>), para porosidade de leito ( $\epsilon$ ) inicial igual a 0,4 ou

40%. Adotou-se volume para descarte eventual de lodo biológico de 7% do volume total, alocado junto ao fundo do reator. O mesmo valor foi considerado para o volume de acumulação de biogás na parte superior do reator. No projeto do reator ASBBR, foram adotadas as seguintes relações (conforme ilustrado na Figura 4.5):

$$V_T = V_A + V_D + V_G + V_S \quad (4.3)$$

$$V_U = V_A + V_S \quad (4.4)$$

$$V_L = V_A + V_S * \epsilon \quad (4.5)$$

Onde:

$V_T$  = volume total

$V_U$  = volume útil

$V_L$  = volume líquido removível a cada ciclo

$V_A$  = volume destinado para sistema de agitação

$V_S$  = volume para acomodação do suporte inerte

$V_G$  = volume destinado à acumulação de biogás

$V_D$  = volume para eventual descarte de lodo

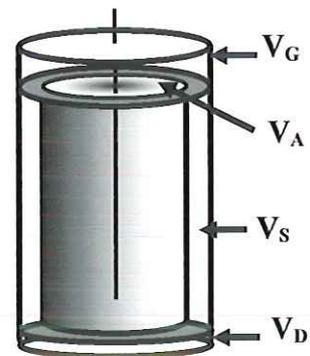


Figura 4.5: Representação esquemática dos volumes destinados na acomodação do suporte inerte e das fases sólida (lodo-descarte), líquida e gasosa no reator ASBBR.

O reator do tipo ASBBR dimensionado está apresentado na Figura 4.6.

#### **Reator: ASBBR**

$$V_T: 1,20 \text{ m}^3$$

$$V_U: 1,04 \text{ m}^3$$

$$V_A: 0,41 \text{ m}^3$$

$$V_S: 0,62 \text{ m}^3$$

$$V_E = V_S \times (1 - \epsilon) = 0,37 \text{ m}^3$$

Onde:  $V_E$  - volume de espuma em cubos

$$V_G: 0,085 \text{ m}^3$$

$$V_D: 0,085 \text{ m}^3$$

$$\text{Altura (L): } 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Diâmetro (D): } 1,0 \text{ m}$$

$$L/D: 1,5$$

*Tipo de agitação: Mecânica*

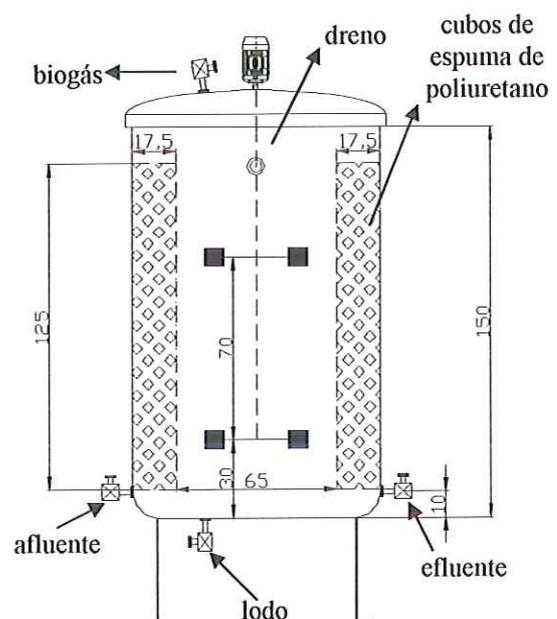


Figura 4.6: Reator ASBBR (L/D=1,5) com agitação mecânica (medidas em cm).

Para execução do projeto dos reatores, foram identificados no mercado, tanques comerciais, com as dimensões adequadas e fabricados com material apropriado para receber esgotos sanitários, os quais foram adaptados para cada tipo de configuração empregada. Os reatores ASBR1, ASBR2 e ASBBR foram confeccionados em polietileno (Poly Processing Indústria e Comércio de Plásticos Ltda), enquanto o ASBR3 em fibra de vidro (Edra do Brasil Indústria e Comércio), devido à impossibilidade de encontrar no mercado tanque de polietileno com as dimensões de projeto especificadas.

O tempo de ciclo total foi de 8 horas, adotado para todos os reatores, baseado no trabalho de Ratusznei et al. (2000). A adoção desse tempo de ciclo total implica a realização de três ciclos completos por dia, sendo cada ciclo correspondente aos tempos de enchimento, reação, sedimentação, descarga e repouso para os reatores ASBR. Para o ASBBR, foi dispensada a fase de sedimentação por se tratar de reator contendo biomassa imobilizada em meio suporte.

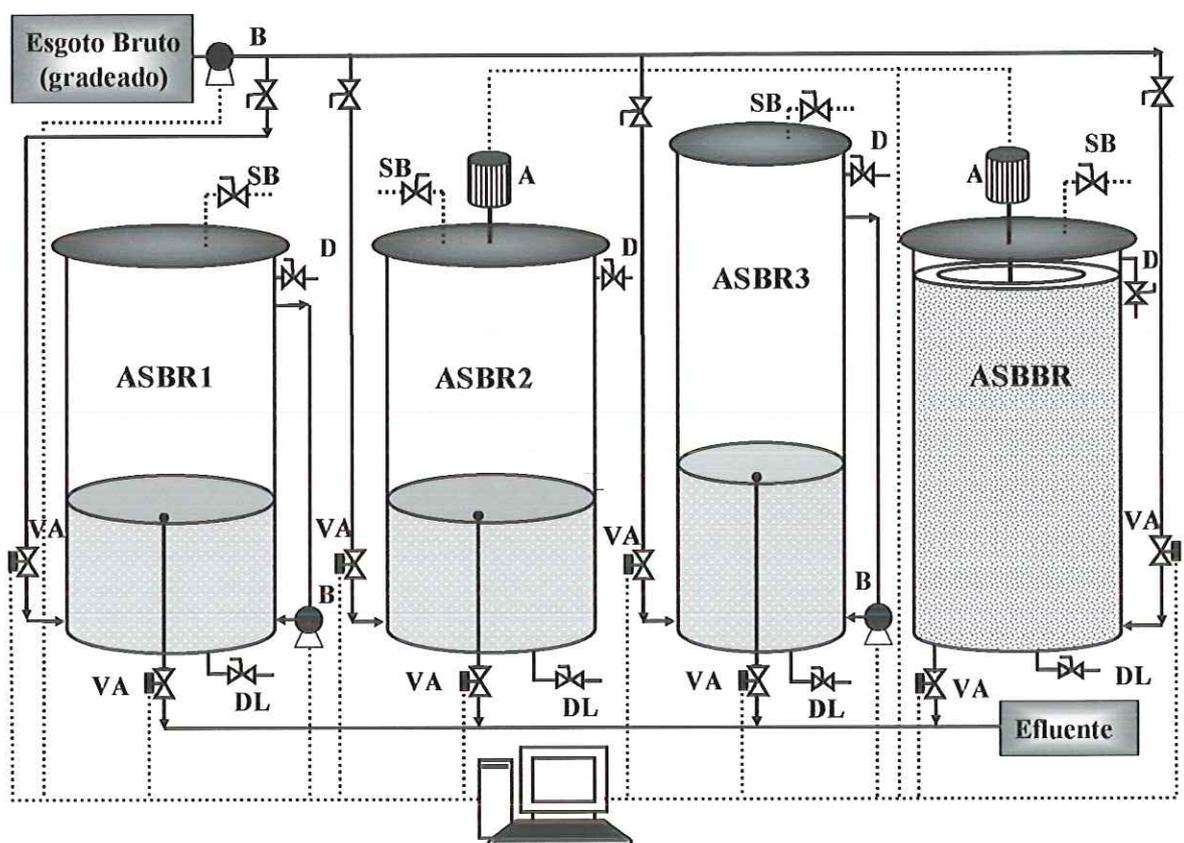
A fixação do tempo de ciclo total e do tempo de repouso possibilitou a operação conjunta dos quatro reatores. O enchimento era realizado em paralelo e a operação de descarte feita simultaneamente em todos os reatores. Na Tabela 4.1, visualizam-se os tempos das etapas envolvidas na execução do ciclo total dos reatores.

Tabela 4.1: Tempos das etapas para o ciclo total (8 horas) de operação dos reatores.

<b>Reatores ASBR 1, 2 e 3</b>	<b>Reator ASBBR</b>
<b>Enchimento: 2 h</b>	<b>Enchimento: 2 h</b>
<b>Reação com agitação: 3 h</b>	<b>Reação com agitação: 5 h</b>
<b>Sedimentação: 2 h</b>	<i>Não há fase de Sedimentação</i>
<b>Descarga: 0,5 h</b>	<b>Descarga: 0,5 h</b>
<b>Repouso: 0,5 h</b>	<b>Repouso: 0,5 h</b>

Pela complexidade da operação simultânea, tornou-se impossível operar manualmente as unidades. Portanto, o sistema foi automatizado por controle temporal supervisionado por microcomputador. A execução das etapas, a cada ciclo total, envolveu abertura/fechamento de válvulas automatizadas na alimentação e

descarte do efluente, bem como o acionamento do dispositivo de agitação, por via mecânica ou por recirculação de líquido (bomba), dependendo da configuração do reator. Devido ao uso de controle temporal automático, houve a necessidade de se instalar drenos, para evitar o transbordamento das unidades. Na Figura 4.7, pode-se observar o fluxograma esquemático proposto para operação em paralelo dos reatores.



**Legenda:** D-dreno, DL-descarte de lodo, A-agitador, B-bomba centrífuga, SB-saída de biogás e VA- válvula de esfera automatizada.

**Observação:** Todas as tubulações foram dimensionadas com diâmetro de 1".

Figura 4.7: Fluxograma esquemático proposto de operação simultânea dos reatores.

#### 4.2 IMPLANTAÇÃO-Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Sequenciais

Para implantação de todo aparato experimental, construiu-se sala de alvenaria, com área total de 42 m<sup>2</sup>, em local adequado com relação à proximidade

da rede coletora de esgotos sanitários do *Campus* da USP de São Carlos. Optou-se, portanto, por área dentro da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE-USP).

Em virtude das obras de construção da ETE estarem em fase inicial, a infraestrutura básica (energia elétrica e rede de água) no local era precário, por isso, enfrentou-se enormes dificuldades na construção da sala, bem como a montagem experimental. Na Figura 4.8 pode-se visualizar o local de reservado para construção da ETE, onde foi alocada a sala para alojar o aparato experimental.

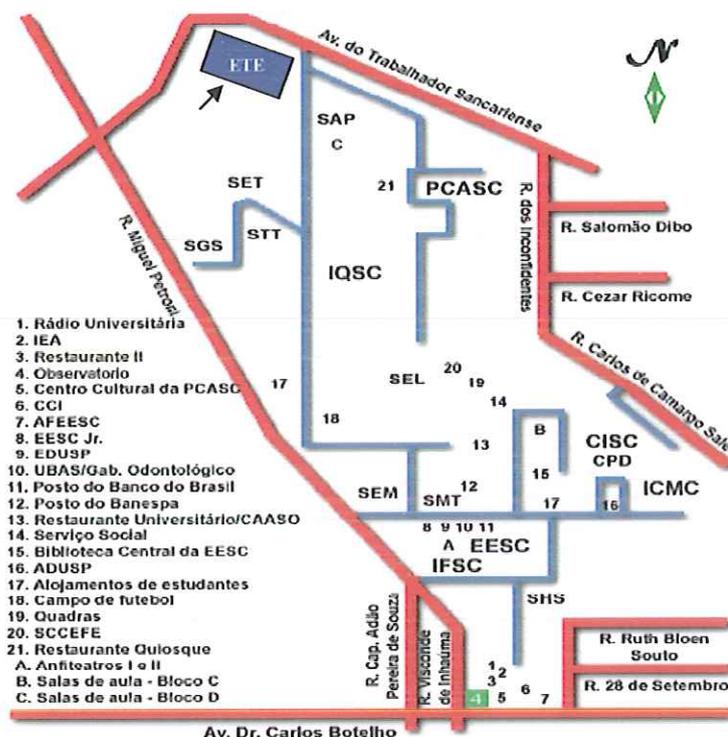


Figura 4.8: Mapa de localização da área reservada da ETE-USP (São Carlos).

Nessa etapa de implantação, despenderam-se grandes esforços, perante a Prefeitura da USP-São Carlos, para conseguir regularizar o precário fornecimento de energia elétrica e de água no local. O fornecimento irregular de energia elétrica ocasionou danos em equipamentos elétricos, tanto na fase de montagem do aparato experimental como na fase de operação. Tais problemas no fornecimento só foram solucionados após seis meses do início de funcionamento dos reatores. A sala construída na ETE-USP para instalação do aparato experimental pode ser vista na Figura 4.9.

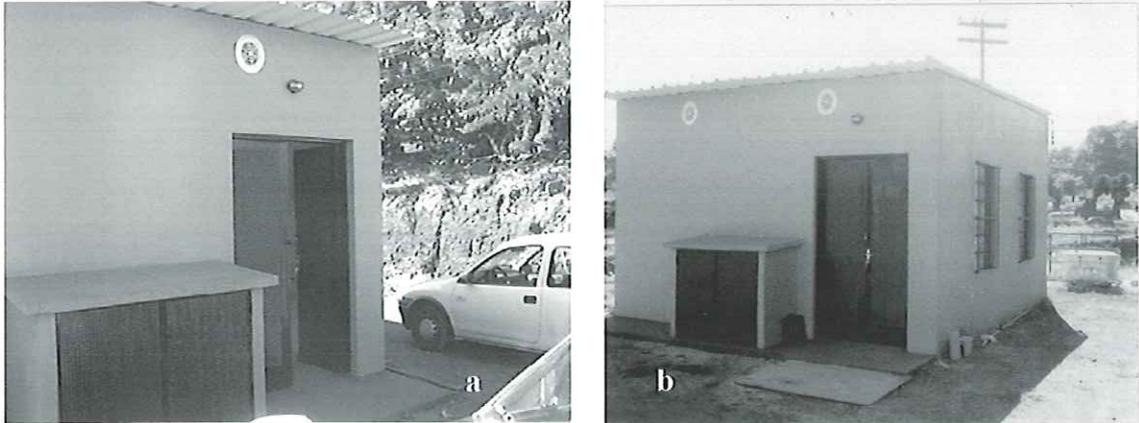


Figura 4.9: Sala dos reatores construída na área da ETE da USP de São Carlos (a e b).

Para a montagem do aparato experimental, certas etapas foram seguidas:

- 1) Adequação dos quatro reatores na sala construída na ETE (USP);
- 2) Montagem específica de cada reator conforme tipo de agitação de líquido e tipo de retenção de biomassa (ASBRs/ASBBR);
- 3) Instalação das tubulações de alimentação e descarte dos reatores;
- 4) Montagem de rede de saída de biogás (individual);
- 5) Instalação de bomba centrífuga e tubulação de sucção e recalque para alimentação de esgoto bruto para sala dos reatores;
- 6) Instalação de sistema de controle via computador interligando válvulas automatizadas, bombas (recirculação e alimentação de esgoto bruto) e agitadores para viabilização da automação temporal dos reatores.

A montagem iniciou-se com o transporte dos reatores das dependências do Laboratório de Processos Biológicos (EESC-USP), onde foram provisoriamente alocados, para a sala de reatores construída na ETE, como pode ser visto na Figura 4.10. Os reatores de polietileno (ASBR1, ASBR2 e ASBBR), com suporte metálico de apoio, foram fixados no piso. A fim de se evitar tombamento, construiu-se base (alvenaria) para apoio do fundo (Figura 4.10b) do reator de fibra de vidro (ASBR3).

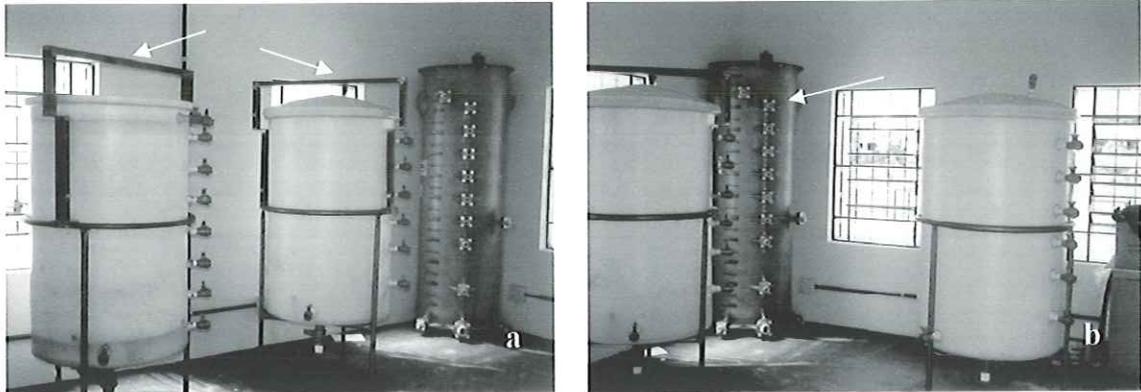


Figura 4.10: Reatores instalados na sala construída na ETE (a,b).

Nos reatores com sistema de agitação mecânica (ASBR2/ASBBR), foram fixados suportes (conforme Figura 4.10a), tanto dos motores, como o eixo dos agitadores. O eixo ( $\phi$  10 mm) foi fixado em uma espécie de cruzeta perfurada, confeccionada com tubo de 2" (aço inox 316), encaixada no fundo dos tanques (conforme Figuras 4.11a e 4.11b). Especificamente, para o reator com biomassa imobilizada em suporte inerte (ASBBR), a confecção e montagem tornaram-se mais complicadas e demoradas, devido à necessidade de se adaptar o cesto cilíndrico de tela perfurada ( $\phi$  15 mm-aço inox 316), que receberia os cubos de espuma (50 mm de aresta), ao tanque de polietileno. Nesse caso, para a confecção do cesto e seu devido ajuste no interior, o tanque precisou ser transportado para local adequado, com melhor suporte para o devido fim (Serralheria Minotti – Araraquara -SP). Na Figura 4.11c, observa-se o resultado da adaptação do cesto no tanque de polietileno destinado ao reator ASBBR.



Figura 4.11: Reatores ASBR2 (a) e ASBBR (b e c) com a adaptação de cruzetas perfuradas para agitadores e cesto cilíndrico para acomodação dos cubos de espuma.

Nos reatores ASBR2 e ASBBR foram utilizados, individualmente, dois

impelidores tipo turbina (6 pás), confeccionados em aço inox 316, cujas características geométricas, especificadas conforme Metcalfy & Eddy (1991), podem ser vistas na Figura 4.12. Os sistemas de agitação (moto-reductor, impelidores e eixo), após montagem nos reatores, podem ser vistos na Figura 4.13. A potência instalada nesses reatores foi de 1/3 CV dada pelo moto-reductor acoplado.

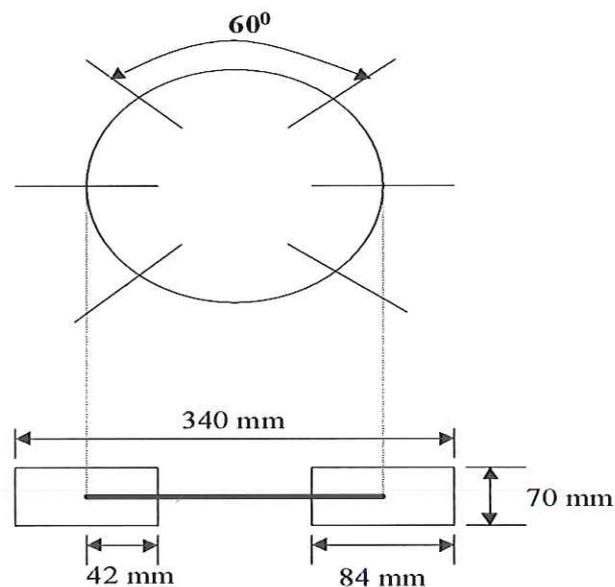


Figura 4.12: Características geométricas dos impelidores dos reatores ASBR2 e ASBBR.



Figura 4.13: Reatores ASBR2 (a) e ASBBR (b) com sistema de agitação acoplado.

Para agitação do meio líquido nos reatores ASBR1 e do ASBR3, empregaram-se bombas centrífugas auto-escorvante (marca Jacuzzi-modelo 5JL15-1CV) de rotor aberto (devido à presença de sólidos), que promovia a recirculação do líquido com entrada pelo fundo. Nessas bombas de recirculação, instalou-se by-pass

do recalque para sucção, para possibilitar a variação da vazão de recirculação nos reatores. A montagem das bombas, nos reatores ASBR1 e ASBR3 pode ser vista na Figura 4.14.

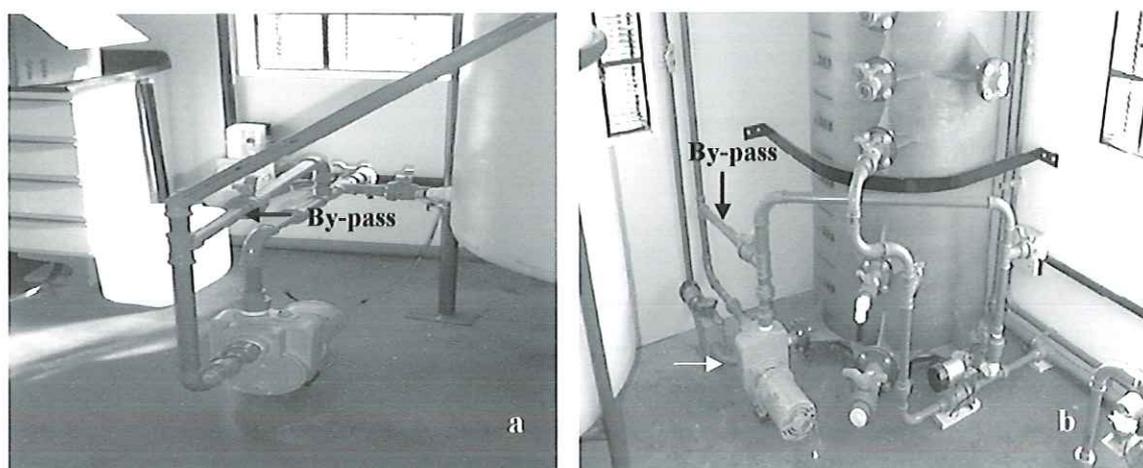


Figura 4.14: Bombas de recirculação instaladas nos reatores ASBR1 (a) e ASBR3 (b).

Na etapa da montagem das tubulações (PVC- $\phi$  1") de alimentação e de descarte, individualmente, de todos os reatores, adaptaram-se válvulas de esfera automatizadas (PVC- $\phi$  1<sup>1/2</sup>"") e conjunto motor-redutor acoplado (24 Vdc-1/3CV). O emprego desse tipo de válvula pretendeu atingir fechamento estanque das tubulações, tanto de saída, como de entrada das unidades.

Para viabilizar a saída dos gases nos reatores, gerados no processo anaeróbio (biogás), instalaram-se tubulações (PVC- $\phi$  1") desde as respectivas tampas até exterior da sala. Tais tubulações eram constituídas de válvula de esfera (PVC- $\phi$  1") acopladas a mangueira plástica (PVC- $\phi$  1") conforme mostrado na Figura 4.15a. Essas tubulações foram adaptadas de forma que fosse possível acoplar amostradores de vidro (300 ml) para coleta de amostras de biogás. As válvulas de esfera eram mantidas fechadas desde o início do ciclo total, sendo abertas ao final para retirada de amostra, empregando-se os amostradores (1/reator) adaptados às tubulações por meio de mangueiras ( $\phi$  1/4") de silicone (Figura 4.15b). Os amostradores de biogás, devidamente vedados, eram encaminhados ao Laboratório de Processos Biológicos (LPB-USP) para análise da composição do biogás coletado em cada reator.

Para minimizar o escape de biogás, as tampas dos tanques de polietileno (ASBR2 e ASBBR) foram vedadas com borracha automotiva. Essa medida incluiu a vedação das aberturas executadas para a passagem dos eixos dos agitadores pelas tampas. As montagens de todas as tubulações acompanharam o Fluxograma esquemático na Figura 4.7.



Figura 4.15: Tubulações de saída de biogás nas tampas dos reatores ASBR2 e ASBR3 (a) e ponto de amostragem para conexão de amostrador de biogás do ASBR1 (b).

A tubulação de alimentação de esgoto bruto da rede coletora para a sala de reatores precisou ser adaptada em virtude de as obras de construção do tratamento primário (grade e caixa de areia), elevatória e reservatório “pulmão” da ETE-USP não terem sido concluídas. Nesse caso, adequou-se um sistema de bombeamento específico e exclusivo utilizando a tubulação de by-pass (desvio) da caixa de areia para a captação dos esgotos sanitários.

Adaptou-se grade, tubulações e bomba centrífuga auto-escorvante de rotor aberto (Jacuzzi – modelo 5JL15) no poço de sucção que faz parte da estação elevatória da ETE-USP (Figura 4.16a), localizado após a caixa de areia. Esse poço tornou-se reservatório e tanque de equalização dos esgotos sanitários afluentes aos reatores ao longo de todo período experimental. Portanto, os esgotos sanitários foram apenas gradeados (remoção de sólidos grosseiros), não tendo sido possível, utilizar efluente do sistema completo de tratamento primário (Figura 4.16b).



Figura 4.16: Sistema de bombeamento de esgotos (a) e grade grosseira instalada em caixa de passagem na entrada do poço de sucção (b).

Ao término das montagens hidráulicas e mecânicas, todo o aparato de automação dos reatores foi instalado. Tal aparato foi composto de: válvulas automatizadas (Figura 4.17a) para abertura e fechamento das tubulações (entrada e saída) dos reatores; motores dos agitadores; bombas de recirculação; e bomba de esgoto bruto. Todos esses dispositivos foram interligados a um microcomputador Pentium 100 MHz (Figura 4.17b), para permitir seus acionamentos automáticos. Para os motores dos agitadores dos reatores ASBR2 e ASBBR, apenas o acionamento foi mantido ao microcomputador. O controle da velocidade de rotação (rpm) foi feito utilizando-se regulador eletrônico (Tipo PWM), sendo o ajuste realizado por meio de medidas fornecidas por tacômetros instalados nos reatores.



Figura 4.17: Válvula automatizada (a) e microcomputador utilizado na automação (b).

As ações seqüenciais para cada fase no ciclo total (enchimento, reação, sedimentação, descarga e repouso) foram agendadas, para cada tipo reator (ASBRs ou ASBBR), de forma temporal (minutos) por meio de “software” específico desenvolvido em DELPHI 3 operando em ambiente MS-Windows, que viabiliza a utilização de outros aplicativos, sem a interrupção do processo. Para esta tarefa, empregou-se uma placa de aquisição de dados (entradas e saídas digitais e analógicas) instalada no microcomputador e interligada aos reatores, por meio de interface, conforme diagrama de blocos apresentado na Figura 4.18.

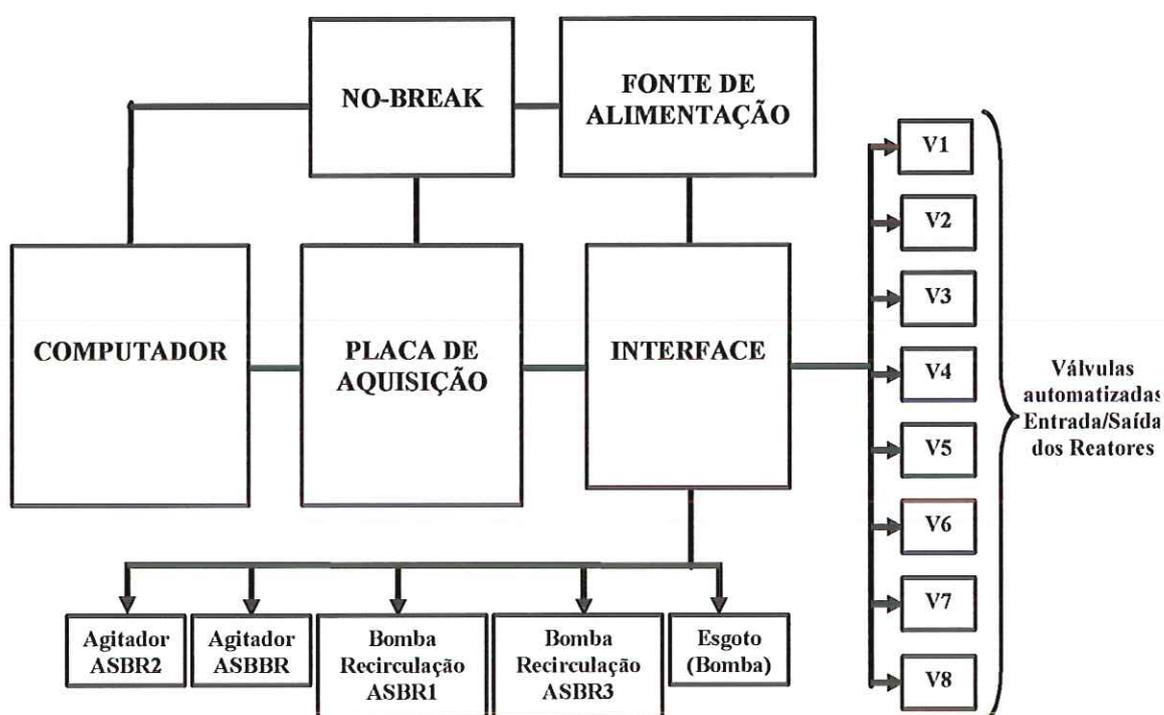


Figura 4.18: Diagrama de blocos da automação instalada nos reatores

A seqüência lógica das ações seqüenciais era empreendida pelo uso do “software” nas ações de acionamento para a bomba de alimentação de esgoto bruto (gradeado), abertura/fechamento de válvulas automatizadas (enchimento e descarte), bem como as bombas de recirculação e agitadores mecânicos. Na Tabela 4.2, visualizam-se as fases do ciclo total de operação dos reatores, que foi utilizada como base para a estruturação das ações seqüenciais a serem executadas por cada unidade de tratamento. A tela de apresentação do “software”, na qual consta o agendamento das ações seqüenciais e o “status” dos acionamentos (acionado:

válvula aberta e desligado:válvula fechada) podem ser vistas na Figura 4.19.

Na eventual falha do fornecimento de energia elétrica, foi necessária a instalação de *No-Breaks*, principalmente para evitar problemas na execução das seqüências de acionamentos via computador das válvulas automatizadas.

Tabela 4.2: Fases de operação dos reatores de batelada sequencial no período de 24 horas.

Reator	1º Ciclo Total (horas)							2º Ciclo Total (horas)							3º Ciclo Total (horas)									
Reator	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
ASBR1	E	E	R	R	R	S	S	D	E	E	R	R	R	S	S	D	E	E	R	R	R	S	S	D
ASBR2	E	E	R	R	R	S	S	D	E	E	R	R	R	S	S	D	E	E	R	R	R	S	S	D
ASBR3	E	E	R	R	R	S	S	D	E	E	R	R	R	S	S	D	E	E	R	R	R	S	S	D
ASBBR	E	E	R	R	R	R	R	D	E	E	R	R	R	R	R	D	E	E	R	R	R	R	R	D

Legenda: **E**-enchimento, **R**-reação, **S**-sedimentação e **D**-descarga e repouso.

Figura 4.19: Tela de apresentação do “softwar” para agendamento das ações seqüenciais e verificação de status de acionamentos.

Na Figura 4.20, observa-se a tela do software que possibilita o acionamento manual de todos os motores e válvulas automatizadas. O acionamento manual, caso necessário, era realizado com toque do cursor, na tela do software, sobre a figura do dispositivo correspondente a ser ligado fora das seqüências de ações agendadas.

Instalaram-se pressostatos, nos reatores ASBR1 e ASBR3, que operavam como sensores de nível e tiveram a função de proteção, no caso de eventual falta de energia na fase de enchimento. As bombas de recirculação não eram acionadas se não houvesse volume total de líquido superior a  $1,0 \text{ m}^3$  nas unidades.



Figura 4.20: Tela do software de controle manual dos acionamentos e status de acionamentos.

Na Figura 4.21, pode-se observar a vista parcial do aparato experimental montado, bem como todas as configurações de reatores propostas. A montagem do aparato experimental durou cerca de um ano e seis meses para sua conclusão, incluindo a fase de projeto e a sua implantação propriamente dita.

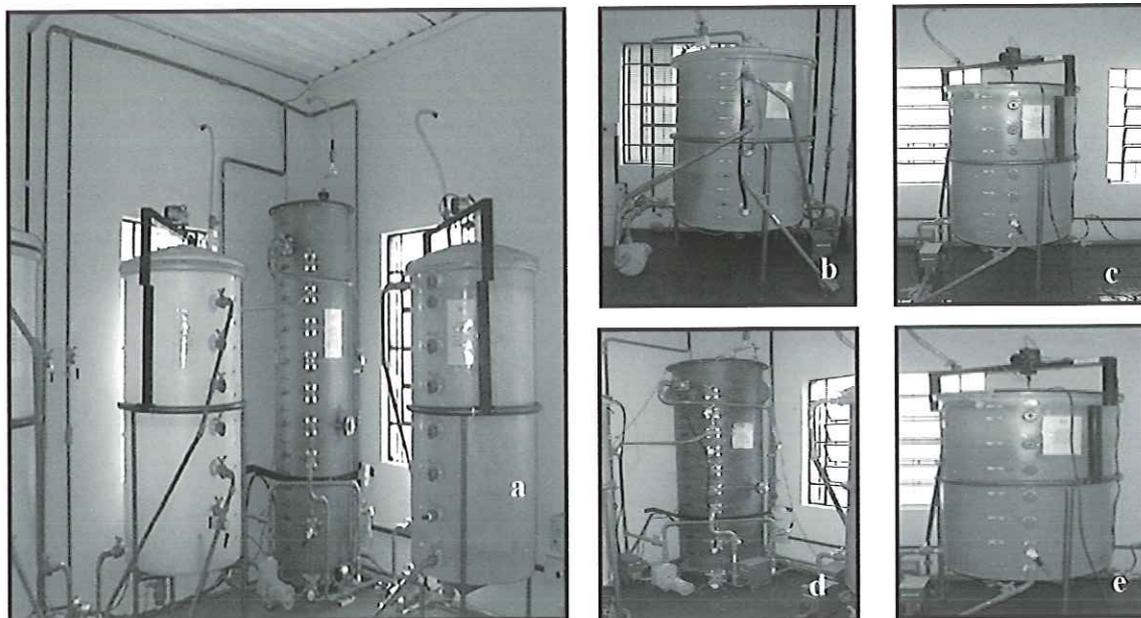


Figura 4.21: Vista parcial do aparato experimental completo (a) e dos reatores ASBR1 (b), ASBR2 (c), ASBR3 (d) e ASBBR (e).

#### 4.3 OPERAÇÃO-Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Sequenciais

Inicialmente, realizaram-se testes com água limpa para detecção de vazamentos das tubulações e verificação da estanqueidade dos reatores. Os testes abrangeram, também, os equipamentos mecânicos (agitadores e bombas centrífugas), bem como todo sistema de automação instalado, quando se fez necessária a introdução do software do agendamento de ações sequenciais previstas previamente. A intenção dos testes foi minimizar possíveis problemas de operação ao longo do período experimental, já que a etapa de implantação de todo o aparato experimental pesou muito no andamento do trabalho.

A partir do mês de outubro (4/10/2002), teve início a operação dos reatores anaeróbios de batelada sequencial, no tratamento de esgoto sanitário, os quais permaneceram efetivamente, em operação, até o mês de dezembro (18/12/2002). As atividades, além de todos os problemas ocorridos durante a operação dos reatores e, que principalmente, provocaram longas paradas operacionais, no período experimental, estão resumidamente expostos na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Problemas operacionais ocorridos durante a fase de operação dos reatores e as devidas soluções adotadas.

Problema	Causas	Soluções Adotadas
Paralisação da bomba centrífuga de alimentação dos reatores com esgoto bruto	Entrada de sólidos grosseiros na bomba	Substituição por bomba e adaptação de tela perfurada (inox) na tubulação de recalque
Manutenção de Computador	Alteração de tensão devida à precariedade da rede elétrica existente	Instalação de transformador próximo a ETE e de rede elétrica subterrânea
Levantamento de parte da cobertura metálica da sala de reatores causando danos ao sistema de automação	Chuva forte	Instalação de telhas de fibrocimento, manutenção do computador e troca de componentes eletrônicos danificados (umidade)
Impermeabilização do tratamento primário da ETE	Poço de sucção sem esgoto bruto	Aguardar término da impermeabilização
Presença no esgoto bruto de alta concentração de cloreto férrico proveniente de Planta Piloto de Flotação instalada a montante da ETE	Vazamento de tanques de armazenamento de produto químico	Substituição de todo o suporte inerte (ASBBR) e remoção do lodo dos ASBRs para posterior inoculação com lodo granular

Como observado na Tabela 4.3, os problemas ocorridos nesta fase foram inerentes ao projeto. Portanto, os fatos relatados não estão relacionados com a operação do sistema, mas causaram danos operacionais não previstos nos reatores. A presença de cloreto férrico, após sete meses de operação, atuou como carga tóxica de choque nos reatores, provocando danos irreparáveis ao tratamento biológico, tornando necessária a interrupção da operação e abertura de todos os reatores para remoção do lodo formado nos ASBRs e a troca dos cubos de espuma de poliuretano no ASBBR. Na Figura 4.22, nota-se a presença de cloreto férrico no lodo (Figura 4.22a) e nas espumas de poliuretano (Figura 4.22b).

A solução, para continuidade do ensaio experimental, foi partir para a inoculação dos reatores com biomassa granular proveniente de reator UASB tratando águas residuárias de abatedouros de aves (Avícola Dacar-Tiête -SP). Os reatores ASBRs foram inoculados com aproximadamente 410 litros de lodo granular (volume destinado a acumulação de lodo) e o ASBBR com o mesmo lodo (60 l de lodo granular desintegrado e 60 l de água-120 l), sendo mantido com esgoto sanitário e sob agitação diária durante 7 dias, para propiciar maior aderência de biomassa nos novos cubos de espuma de poliuretano. A opção por lodo granular

estava diretamente calcada na melhor característica de sedimentação desse tipo de lodo, verificada por vários autores na literatura utilizando reatores ASBR, em escala de bancada.

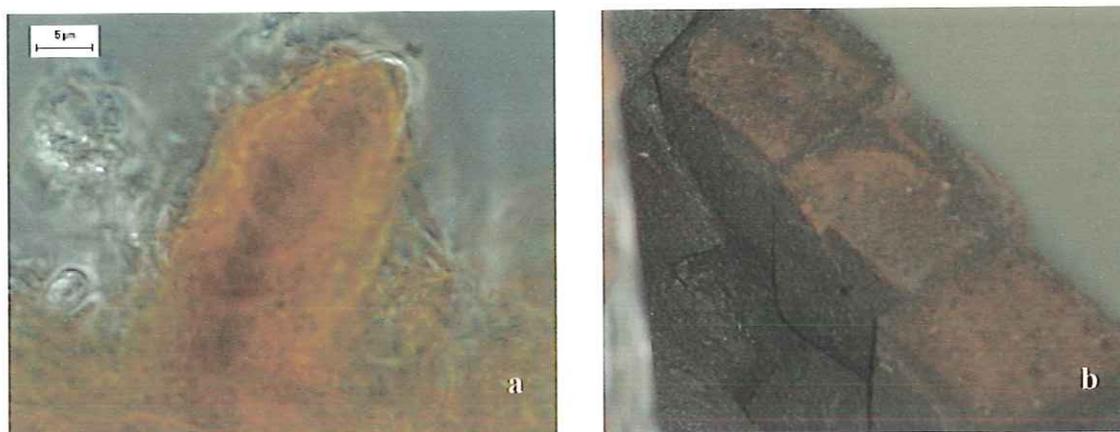


Figura 4.22: Microscopia ótica de contraste de fase indicando a presença de cloreto férrico no lodo dos ASBR (a) e nos cubos de espuma de poliuretano no ASBBR (b).

O trabalho experimental, nesse caso, precisou ser dividido em duas etapas de operação ou experimentais, sendo a primeira (227 dias-681 ciclos totais) em que os sistemas não foram submetidos à inoculação, enquanto que na segunda foi realizada tendo lodo biológico anaeróbico na forma granular como inóculo. Nessa segunda etapa, os reatores foram operados por aproximadamente três meses (66 dias-198 ciclos totais) no tratamento de esgoto sanitário para efeito comparativo, a fim de avaliar o desempenho das configurações propostas, nas duas etapas experimentais.

Na primeira etapa (sem inoculação), alteraram-se as condições operacionais de agitação visando a melhoria no desempenho das configurações propostas, conforme a Tabela 4.4. Estas alterações foram aplicadas conforme o andamento dos resultados de monitoramento das unidades. Foi necessário, nesse caso, proceder as modificações no agendamento de ações seqüenciais (software) para realizar tais alterações específicas.

Na segunda etapa experimental (com inoculação), mantiveram-se as mesmas condições operacionais existentes até a interrupção da operação das unidades devido à presença de cloreto férrico. Tais condições operacionais foram o tempo de ciclo

total, bem como o tempo das etapas do ciclo e os parâmetros de agitação de todos os sistemas (Tabela 4.4).

Tabela 4.4: Alterações das condições de agitação dos reatores na fase experimental.

Reator	Tipo de agitação	Forma de agitação – Vazão/rotação
ASBR1	recirculação de líquido	1)Contínua: 750 l.h <sup>-1</sup> 2)Sem recirculação 3)Intermitente: 1500 l.h <sup>-1</sup> (5min/h) 4)Intermitente: 1500 l.h <sup>-1</sup> (10min/h)*
ASBR2	agitação mecânica	Contínua: 30 rpm*
ASBR3	recirculação de líquido	1)Contínua: 750 l.h <sup>-1</sup> 2)Sem recirculação 3)Intermitente: 1500 l.h <sup>-1</sup> (5min/h) 4)Intermitente: 1500 l.h <sup>-1</sup> (10min/h)*
ASBBR	agitação mecânica	Contínua: 40 rpm*

\*Valores de parâmetros de agitação mantidos na segunda etapa experimental.

Deve-se salientar que, para especificar a vazão das bombas de recirculação, propostas para os ASBR (1 e 3), baseou-se no trabalho de Brito et al. (1997), utilizando, como referência, o valor da razão de recirculação empregada pelos autores. Naquele trabalho, utilizou-se reator batelada tipo ASBR (1,2 l) com volume removível de 0,6 l e recirculação contínua de líquido de 2,4 l.h<sup>-1</sup>. A razão de recirculação empregada foi de 4 x volume tratado/h na fase de reação (2,4/0,6). No caso dos reatores ASBR1 e ASBR3, com volume removível de 0,65 m<sup>3</sup>, a vazão de recirculação de líquido seria 2,6 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> (4 x 0,65m<sup>3</sup>). Iniciou-se a primeira etapa de operação com, aproximadamente, ¼ da vazão de projeto (0,75 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>), em virtude de os reatores não estarem inoculados e haver necessidade de retenção de sólidos para formação de alta concentração de biomassa viável para o tratamento biológico. Ressalta-se que no trabalho de Brito et al. (1997) o reator ASBR foi inoculado com biomassa granular.

As alterações das vazões de recirculação de líquido na primeira etapa experimental, no ASBR1 e ASBR3, conforme Tabela 4.4, tiveram o intuito de melhorar o desempenho dos sistemas no item retenção de sólidos e, possivelmente, minimizar zonas estagnadas nas unidades e resistências à transferência massa

externa pela homogeneização completa do sistema sólido-líquido (substrato e lodo). Com o mesmo intuito, na retenção de sólidos, alterou-se, também, a forma de recirculação (contínua, sem recirculação e intermitente).

Nos reatores ASBR2 e ASBBR, operados sob agitação mecânica, especificou-se motores de maneira a se obter rotação na faixa de 0 a 60 rpm. No caso do ASBR2, adotou-se o valor de 30 rpm para evitar a quebra de flocos pelo contato com as pás dos agitadores, enquanto que, no ASBBR o valor adotado foi de 40 rpm. A adoção dos valores como ponto de partida foi necessária devido à falta de dados específicos na literatura.

Como a operação dos reatores era automatizada, certas atividades relacionadas com a manutenção da continuidade operacional dos sistemas foram realizadas segundo a frequência exposta na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Atividades realizadas no decorrer do ensaio experimental e frequência.

Atividade	Frequência
Verificação do andamento das operações seqüenciais realizadas em cada reator, principalmente, na fase de enchimento (vazão).	Diário
Limpeza do lodo formado no poço de sucção da bomba de alimentação dos reatores (caminhão limpa-fossa).	1 x mês
Remoção por meio de peneira de material flutuante do poço de sucção.	1 x semana
Limpeza de grade instalada na entrada do poço de sucção da bomba de alimentação.	3 x semana
Limpeza da sala de reatores	2 x semana

#### 4.4 MONITORAMENTO - Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas Seqüenciais

A avaliação de desempenho dos reatores, por meio de parâmetros físicos e físico-químicos da fase líquida, se deu com o monitoramento sistemático dos parâmetros operacionais, compreendendo determinações temporais das vazões de recirculação de líquido (ASBR1 e ASBR3), rotação dos agitadores (ASBR2 e ASBBR), temperatura ambiente (máxima e mínima) e do afluente e efluente; e análise de amostras coletadas no afluente e no efluente final do primeiro ciclo total de operação do dia (7:00 às 15:00 horas-Tabela 4.2).

As análises físico-químicas das amostras da fase líquida foram realizadas no Laboratório de Processos Biológicos (USP), contemplando os parâmetros Demanda Química de Oxigênio (DQO) bruta e filtrada (membrana 1,2  $\mu\text{m}$ ), Sólidos Totais (ST), Sólidos em Suspensão Totais (SST), Sólidos em Suspensão Voláteis (SSV), Alcalinidade a bicarbonato, Ácidos Voláteis Totais e pH. As determinações de Ácidos Voláteis Totais (AVT) como ácido acético ( $\text{HAC}$ ) e de Alcalinidade a bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) seguiram a metodologia descrita por Dillalo & Albertson (1961) e modificada por Ripley et al. (1986).

A composição dos gases gerados pela degradação anaeróbia foi analisada por cromatografia gasosa, utilizando-se cromatógrafo Gow-Mac com detector de condutividade térmica (TC) e coluna "Poropak Q (2m x 1/4" - 80 a 100 mesh). O gás de arraste foi o hidrogênio na vazão de 1  $\text{mL}\cdot\text{s}^{-1}$ . As amostras gasosas foram coletadas em amostradores de vidro acoplados nas tubulações de saída de gases, instaladas nas tampas dos reatores. Essas coletas eram realizadas 10 minutos antes do descarte do efluente. A frequência das coletas, análises e os respectivos métodos utilizados encontram-se inseridos na Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Parâmetros de monitoramento operacional, físico-químicos da fase líquida, frequência e métodos de análises.

Parâmetro	Frequência de Análise	Método de Análise
Vazão: recirculação de líquido	1 x semana	Balde (20 litros graduado) e cronômetro
Rotação dos agitadores	1 x semana	Tacômetros
Temperatura	2 x semana	Termômetros
pH	2 x semana	Potenciométrico (APHA, 1998)
Alcalinidade a bicarbonato	2 x semana	Titulométrico (Ripley et al, 1986)
Ácidos Voláteis Totais	2 x semana	Titulométrico (Dillalo&Albertson, 1961)
DQO bruta e filtrada	2 x semana	Espectofotométrico (APHA, 1998)
ST, SST e SSV	2 x semana	Gravimétrico (APHA, 1998)
Composição do Gás (Biogás)	2 x semana	Cromatografia Gasosa

A partir dos dados obtidos nas referidas análises de monitoramento, feitas desde a partida dos reatores em ambas as etapas de operação (com e sem inoculação), pode-se comparar o desempenho dos sistemas conforme as diferentes formas geométricas, os reatores ASBR1 ( $L/D=1,5$ ) e ASBR3 ( $L/D=3,0$ ) e, também, pelo tipo de agitação, recirculação de líquido e agitação mecânica nas unidades com mesmo  $L/D=1,5$ , os reatores ASBR1 e ASBR2. Conjuntamente, analisou-se o desempenho do reator ASBBR com biomassa imobilizada em cubos de espuma de poliuretano, para efeito de comparação com os reatores ASBR.

#### **4.4.1 - Análises Microbiológicas**

O acompanhamento da evolução do processo de retenção e aderência da biomassa anaeróbia, no meio suporte (cubos de espuma), ocorreu desde o início de operação do ASBBR sem a presença de inóculo. A coleta de amostra mensal consistiu da retirada de um cubo de espuma na porção central do reator, o qual foi mantido em frasco (100 ml) com água destilada para posterior corte (4 divisões). Uma quarta parte selecionada do corte foi comprimida sobre cápsula de porcelana, para remoção da biomassa aderida, permitindo o exame da microbiota presente nas partes externa e interna do cubo seccionado. Pelas observações microbiológicas por Microscopia Ótica de Contraste de Fase e Fluorescência e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) dos microrganismos aderidos e a determinação dos sólidos totais (ST) e voláteis (SV), avaliou-se a evolução ao longo do tempo a microbiota formada.

Na etapa experimental realizada após a introdução de inóculo granular no reator, procurou-se analisar a retenção e aderência de biomassa, ao meio suporte, empregando-se a mesma metodologia, pois havia interesse maior na verificação de mudanças microbiológicas, ao longo do tempo, da biomassa anaeróbia introduzida no ASBBR, por ser essa biomassa originalmente proveniente de reator UASB, tratando águas residuárias de abatedouro de aves.

Para quantificar a biomassa aderida ao suporte inerte, foi utilizado 1/4 do cubo de espuma coletado. Essa parte foi cortada em pedaços menores e transferida para um frasco de 40 ml. A estes pedaços foram adicionadas perólas de vidro e 10 ml de água destilada. Em seguida, tampou-se o frasco e promoveu-se agitação durante 20 minutos, para desprender a biomassa aderida na espuma, conforme metodologia utilizada por Ribeiro (2001). O líquido foi separado das pérolas de vidro e das espumas e, em seguida, transferido para cápsulas de porcelana de 50 ml, previamente pesadas ( $P_0$ ). As espumas foram transferidas para cápsulas de vidro. Empregou-se cerca de 5 ml de água destilada para lavagem das pérolas de vidro. As espumas e as cápsulas de porcelana com líquido recolhido foram levadas para estufa, ajustada para temperatura de 100 °C, onde permaneceram até peso constante por cerca de 24 horas. As espumas ( $P_E$ ) e a cápsula de porcelana ( $P_1$ ) foram pesadas. Na última fase, a cápsula foi transferida para uma mufla, ajustada para temperatura de 550 °C, onde permaneceu por 2 horas. Depois, pesou-se novamente a cápsula, obtendo-se o valor de  $P_2$ . Os valores de sólidos totais (ST) por grama de espuma e sólidos voláteis (SV) por grama de espuma foram, então, obtidos a partir das equações 4.1 e 4.2:

$$ST = (P_1 - P_0)/P_E \quad (4.1)$$

$$SV = (P_1 - P_2)/P_E \quad (4.2)$$

Para os reatores do tipo ASBR, na etapa em que foram operados sem a presença de inóculo, coletou-se mensalmente 1 litro de amostra de líquido do fundo dos sistemas, para realizar-se análises microbiológicas por Microscopia Ótica de Contraste de Fase e Fluorescência, como também para quantificar a concentração de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), segundo APHA (1998). O intuito foi o de avaliar a microbiota formada, bem como a retenção de biomassa ao longo do tempo para comparação entre as concepções propostas de reatores diferenciados pelo tipo de agitação de líquido e característica geométrica (L/D).

Na Etapa operacional dos ASBR, com introdução de lodo granular anaeróbio, as observações microbiológicas objetivaram verificar possíveis alterações microbiológicas e morfológicas da biomassa granular ao longo do tempo. Para este propósito, foram feitas análises de Microscopia Ótica de Contraste de Fase e Fluorescência, bem como Microscopia Eletrônica de Varredura.

#### 4.4.2 - Análises Microscópicas

Nas análises microbiológicas realizadas por Microscopia Ótica de Contraste de Fase e Fluorescência, fixadas em lâminas com agar 2%, utilizou-se microscópio OLYMPUS BX-60 com as imagens capturadas por câmera (OPTRONICS) acoplada ao software "*Image Pro Plus*"(versão 4.1) existente no Laboratório de Processos Biológicos (USP). Para as análises por microscopia eletrônica de varredura (MEV) utilizou-se um microscópio de varredura digital ZEISS DSM-960 disponível no Instituto de Química da USP de São Carlos.

As amostras de espuma de poliuretano e de biomassa granular para MEV foram submetidas ao método de preparação desenvolvido por Nation (1983) e adaptada para biofilmes constituídos de bactérias por Araújo (1994). Inicialmente, as amostras foram mantidas em solução tampão fosfato com concentração 0,1M (pH=7,3), contendo 2,5% de glutaraldeído durante 12 horas a 4°C para fixação do biofilme. Posteriormente, as amostras fixadas foram submetidas a três lavagens com duração 10 minutos cada, utilizando-se a solução tampão fosfato e expostas a soluções de etanol a 50%, 70%, 80%, 90% e 95% durante 10 minutos para cada concentração, para desidratação. As amostras, tanto de espuma como de biomassa granular, foram lavadas 3 vezes com etanol 100% durante 10 minutos e expostas por 30 segundos à solução de hexametildesilazane (HMDS) para pós-fixação. Finalmente, as amostras foram secas em estufa à temperatura de 60°C durante 2 horas e cobertas com ouro, seguindo para análise de microscopia eletrônica de varredura.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta e discute os resultados dos experimentos realizados com os reatores anaeróbios operados em bateladas sequenciais (ASBR e ASBBR) no tratamento de esgoto sanitário, no período de outubro de 2001 a novembro de 2002. Em concordância com o planejamento experimental (Instalações Experimentais) descrito no capítulo 4, os resultados são apresentados em etapas contemplando as especificidades das fases experimentais realizadas para o cumprimento aos objetivos especificados no trabalho.

### 5.1-Substrato (Esgoto sanitário)

A caracterização do esgoto sanitário *in natura* é de fundamental importância, já que se trata de substrato bastante variável ao longo das horas do dia, principalmente em horários específicos na parte da manhã, início da tarde e da noite. No caso específico do esgoto sanitário que chega a ETE - USP (São Carlos), a maior parte, é proveniente da cidade de São Carlos e menor parcela oriunda do *Campus* de São Carlos da Universidade de São Paulo, com vazão aproximada de  $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ . Na Tabela 5.1, estão apresentados os resultados das análises físico e físico-químicas obtidos por meio de perfil 24 horas, isto é, pela amostragem ao longo do dia com coleta de amostra a cada 2 horas.

De maneira geral, notou-se efetiva variação dos parâmetros analisados nas amostras coletadas do esgoto sanitário. Como se trata de esgoto sanitário recebendo contribuições, além de domésticas (incluindo laboratórios), industriais e comerciais, as variações encontradas eram, de certa maneira, esperadas. As comparações de resultados de vários estudos da literatura, quanto às quantidades relativas de

constituintes do esgoto sanitário, indicam sempre alguma discordância apesar de a composição, no geral, não apresentar grandes variações. Isto pode ocorrer devido às diferenças em procedimentos de análise ou a efetiva variação na composição do esgoto analisado ao longo do dia.

Tabela 5.1: Resultados dos parâmetros analisados do esgoto sanitário (perfil de 24 horas)

Parâmetros Analisados	06:00 (h)	08:00 (h)	10:00 (h)	12:00 (h)	14:00 (h)	16:00 (h)	18:00 (h)	20:00 (h)	22:00 (h)	00:00 (h)	02:00 (h)	04:00 (h)	06:00 (h)
Temperatura Ambiente (°C)	16	15	16	15	15	14	14	13	12	11	10	9	8
Temperatura Esgoto (°C)	23	22	22	22	22	21	21	21	21	20	21	21	19
pH	7,1	7,2	7,7	7,5	7,3	7,6	7,1	7,0	7,1	7,1	8,0	7,4	7,2
Potencial Oxido-Redução (mV)	-143	-54	-108	-115	-106	-95	-87	-112	-106	-96	-137	-141	-107
Oxigênio Dissolvido (mgO <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup> )	3,49	2,51	3,44	3,17	3,10	4,12	3,07	2,56	3,11	2,35	1,45	1,55	2,50
Condutividade (µS.cm <sup>-1</sup> )	1434	1981	655	746	606	694	797	776	949	834	1037	768	609
Alc. Total (mgCaCO <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	109	187	150	165	155	147	157	147	179	153	224	104	127
Alc. Bicarbonato. (mgCaCO <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	78	145	120	130	126	120	130	124	162	138	200	88	103
Ácidos V. Totais (mgHac.l <sup>-1</sup> )	45	59	42	50	42	38	39	32	25	22	35	22	34
DQO (Bruta) (mg.l <sup>-1</sup> )	668	1118	694	703	667	349	677	228	184	231	243	188	171
DQO (Filtrada) (mg.l <sup>-1</sup> )	121	529	319	388	353	216	221	147	82	70	124	84	47
Nitrogênio total (mgN-NH <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	31	58	52	53	49	50	41	42	38	38	71	25	36
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mgN-NH <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	21	45	34	29	31	25	35	35	34	34	51	18	26
N-Norgânico (mgN-NH <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	10	13	18	24	18	25	6	7	4	4	20	7	10
Fósforo (mgPO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> .l <sup>-1</sup> )	13	19	17	17	17	15	18	13	10	12	18	9	6
Sulfato (mg.l <sup>-1</sup> )	18	25	34	41	25	14	22	12	2	4	33	6	5
Sólidos Sedim. (ml.l <sup>-1</sup> )	4,0	5,2	4,5	4,5	3,0	1,8	5,5	1,5	2,0	2,5	1,3	0,1	0,8
Sólidos Totais (mg.l <sup>-1</sup> )	1041	1778	721	860	676	534	862	501	526	560	1193	535	416
Sól. T. Voláteis (mg.l <sup>-1</sup> )	287	829	413	571	536	204	494	239	165	425	218	180	153
Sólidos S. Totais (mg.l <sup>-1</sup> )	211	544	275	268	165	227	212	119	99	120	270	180	118
Sól. S. Voláteis (mg.l <sup>-1</sup> )	208	539	270	263	161	212	203	116	97	82	268	178	115

Fonte: Eng. Neyson Martins Mendonça (Comunicação Pessoal-03/05/2001)

Para visualização do comportamento do esgoto sanitário afluente, ao longo do ensaio experimental, deve-se esclarecer que tal período, conforme descrito no capítulo 4, foi dividido em duas etapas diferenciadas na forma metodológica de operação na partida dos reatores anaeróbios em batelada seqüencial. A 1ª etapa (227 dias) caracterizou-se pela não inoculação dos reatores, enquanto na 2ª etapa (66 dias) fez-se aplicação de inóculo biológico nas unidades. Ressalta-se que a 1ª Etapa foi composta por três fases de tempo de operação distintas, em virtude, de se considerar o início do tratamento anaeróbio (0-25 dias), o período antes da entrada de cloreto férrico nos sistemas (26 a 164 dias) e após a presença de cloreto férrico (165-227 dias).

A Tabela 5.2 apresenta os valores médios, máximos e mínimos de DQO nas amostras brutas e filtradas de esgoto sanitário na 1ª e 2ª Etapa de operação, bem como a carga orgânica volumétrica aplicada a cada reator, considerando tanto o volume total (1,2 m<sup>3</sup>) como o volume útil (1,06 m<sup>3</sup>). O volume diário tratado de esgoto sanitário pelos reatores foi de 1,95 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup> (3 ciclos x 0,65 m<sup>3</sup>).

Tabela 5.2: Valores médios, máximos e mínimos de DQO do esgoto sanitário afluente e a carga orgânica aplicada na 1ª e 2ª Etapa de operação dos reatores anaeróbios em batelada.

1ª ETAPA	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO Filtrada (mg.l <sup>-1</sup> )	Carga Orgânica Aplicada* (kg.m <sup>3</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Carga Orgânica Aplicada** (kg.m <sup>3</sup> .dia <sup>-1</sup> )
<b>0 - 25 dias</b>	<b>534±53</b>	<b>289±47</b>	<b>0,87</b>	<b>0,98</b>
<i>Máximo:</i>	634	381	1,03	1,16
<i>Mínimo:</i>	459	244	0,75	0,85
<b>26 - 164 dias</b>	<b>455±166</b>	<b>182±60</b>	<b>0,74</b>	<b>0,84</b>
<i>Máximo:</i>	934	331	1,52	1,72
<i>Mínimo:</i>	119	54	0,19	0,22
<b>165 - 227 dias</b>	<b>555±145</b>	<b>207±52</b>	<b>0,90</b>	<b>0,87</b>
<i>Máximo:</i>	856	294	1,40	1,58
<i>Mínimo:</i>	313	88	0,51	0,58
<b>0 - 227 dias</b>	<b>491±158</b>	<b>201±65</b>	<b>0,80</b>	<b>0,90</b>
<i>Máximo:</i>	934	381	1,52	1,72
<i>Mínimo:</i>	119	54	0,19	0,22
2ª ETAPA	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO Filtrada (mg.l <sup>-1</sup> )	Carga Orgânica Aplicada* (kg.m <sup>3</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Carga Orgânica Aplicada** (kg.m <sup>3</sup> .dia <sup>-1</sup> )
<b>0 - 66 dias</b>	<b>563±118</b>	<b>190±37</b>	<b>0,92</b>	<b>1,03</b>
<i>Máximo:</i>	800	244	1,30	1,47
<i>Mínimo:</i>	345	120	0,56	0,63

Obs: Carga Orgânica Volumétrica Aplicada relativa ao \*volume total e ao \*\*volume útil.

Na Tabela 5.3 estão sintetizados os valores médios, máximos e mínimos em termos de Ácidos Voláteis Totais (AVT) como ácido acético ( $H_{Ac}$ ), pH, Alcalinidade a bicarbonato e Sólidos Suspensos Totais e Voláteis do esgoto sanitário afluente nas Etapas de operação dos reatores anaeróbios em batelada seqüencial.

Tabela 5.3: Valores médios, máximos e mínimos de características físico-químicas analisadas no esgoto sanitário na 1ª e 2ª etapa de operação.

1ª ETAPA	AVT (mgHAc.l <sup>-1</sup> )	pH	Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	S.S.Totais (mg.l <sup>-1</sup> )	S.S.Voláteis (mg.l <sup>-1</sup> )
<b>0 - 25 dias</b>	<b>66±6</b>	-	<b>105±7</b>	<b>208±52</b>	<b>175±51</b>
<i>Máximo:</i>	75	7,2	113	274	237
<i>Mínimo:</i>	57	6,9	93	153	117
<b>26 - 164 dias</b>	<b>52±15</b>	-	<b>101±13</b>	<b>193±159</b>	<b>164±136</b>
<i>Máximo:</i>	77	7,3	136	576	534
<i>Mínimo:</i>	17	6,8	70	46	45
<b>165 - 227 dias</b>	<b>70±19</b>	-	<b>91±18</b>	<b>297±168</b>	<b>228±168</b>
<i>Máximo:</i>	112	7,3	122	695	136
<i>Mínimo:</i>	40	6,7	56	136	22
<b>0 - 227 dias</b>	<b>58±17</b>	-	<b>99±15</b>	<b>222±147</b>	<b>183±121</b>
<i>Máximo:</i>	112	7,2	136	695	534
<i>Mínimo:</i>	17	6,8	56	46	22
2ª ETAPA	AVT (mgHAc.l <sup>-1</sup> )	pH	Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	S.S.Totais (mg.l <sup>-1</sup> )	S.S.Voláteis (mg.l <sup>-1</sup> )
<b>0 - 66 dias</b>	<b>68±13</b>	-	<b>84±16</b>	<b>250±135</b>	<b>203±96</b>
<i>Máximo:</i>	91	7,2	109	593	451
<i>Mínimo:</i>	36	6,6	40	120	112

A temperatura do esgoto esteve na faixa de 19 a 28°C, refletindo as variações climáticas apresentadas no decorrer do ensaio experimental, o qual representou os períodos de primavera, verão, outono e inverno correspondendo ao início de outubro de 2001 a dezembro de 2002. O pH foi estável e, principalmente na 1ª Etapa, esteve acima do valor mínimo recomendado para aplicação do tratamento anaeróbio, na faixa de 6,6 a 7,7, o que indica, juntamente com os níveis de alcalinidade obtidos, a presença de constituintes alcalinizantes em quantidade suficiente para garantir o tamponamento do meio, dispensando o acondicionamento prévio do afluente (esgoto sanitário). Nesse caso, há concordância com baixos valores de AVT obtidos.

O esgoto sanitário pode ser considerado como um tipo complexo de água residuária de baixa carga, caracterizado por baixa concentração de DQO, alta fração de sólidos suspensos e flutuações nas cargas hidráulica e orgânica. Geralmente, 50% da DQO do esgoto é constituída de material em suspensão (sólidos suspensos) (Hulshoff Pol et al., 1998); como limite prático para aplicação do tratamento anaeróbio de alta taxa, considera-se a faixa de 10 a 30% da DQO devida aos sólidos suspensos (Lettinga e Hulshoff Pol, 1991). O esgoto sanitário utilizado apresentou uma proporção média, ao longo de todo o período experimental entre de 50 a 60% da DQO como sólidos suspensos, excedendo os valores indicados na literatura. Esta maior concentração de material particulado não foi empecilho para o tratamento de esgoto sanitário pelos reatores anaeróbios em batelada. Ao contrário, a presença de sólidos suspensos em maior quantidade foi favorável para a formação de lodo biológico disperso e imobilizado na 1ª etapa, já que os sistemas não foram inoculados.

Os resultados obtidos, em geral, demonstraram que o esgoto sanitário específico apresenta composição que permite classificá-lo como de concentração média (Metcalf & Eddy, 1991).

## **5.2-Análise Comparativa dos Reatores Anaeróbios Operados em Bateladas**

Neste item, serão apresentados os resultados da análise comparativa de desempenho entre as diferentes configurações de reatores anaeróbios operados em bateladas seqüenciais em duas etapas de operação, sendo a primeira com duração de 227 dias (681 bateladas), na qual os reatores não foram inoculados, enquanto na segunda, com duração de 66 dias (198 bateladas), os sistemas receberam lodo anaeróbio granular como inóculo.

Na 1ª etapa, os reatores foram operados à temperatura ambiente média de  $24 \pm 8$  °C (sala de reatores), enquanto que, na 2ª etapa a média foi de  $28 \pm 7$  °C. Os sistemas foram sujeitos, no citados períodos experimentais, às cargas orgânicas aplicadas médias de  $0,80 \pm 0,25$  kgDQO.m<sup>-3</sup>.dia<sup>-1</sup> e  $0,92 \pm 0,19$  kgDQO.m<sup>-3</sup>.dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

As comparações de desempenho, enfocando ambas as etapas de operação, entre as diferentes concepções de unidades de tratamento, seguiram o critério definido anteriormente nos objetivos específicos, que se resumem em:

- 1) Reatores em batelada com diferente tipo de agitação e com a mesma forma geométrica por meio da relação altura/diâmetro ( $L/D=1,5$ ), no caso o ASBR1 (recirculação de líquido) e o ASBR2 (agitação mecânica).
- 2) Reatores em batelada com igual tipo de agitação (recirculação de líquido), mas com forma geométrica diferente, o ASBR1 ( $L/D=1,5$ ) e o ASBR3 ( $L/D=3,0$ ).
- 3) Análise do ASBBR ( $L/D=1,5$ ), composto por reator em batelada com biomassa imobilizada em cubos de espuma de poliuretano e submetido à agitação mecânica.

Salienta-se que para a efetiva análise comparativa, a 1ª etapa de operação foi dividida em 3 fases iguais; isto é, com mesma duração, para todos os reatores. Essa etapa foi subdividida nas seguintes fases de operação:

- I. 0 a 25 dias - Fase de início de operação, com a presença de metano no biogás, indicando o princípio do tratamento biológico metanogênico. Nessa fase, os reatores ASBR1 e ASBR3 foram operados com agitação por recirculação contínua de líquido ( $750 \text{ l.h}^{-1}$ ).
- II. 26 a 164 dias – Fase de “estabilidade operacional”, considerada anterior à entrada de cloreto férrico nos reatores. Os reatores ASBR1 e ASBR3 foram operados na ausência de agitação (60 dias) e, posteriormente, agitados por recirculação intermitente de líquido ( $1500 \text{ l.h}^{-1}$  - 5min/h).
- III. 165 a 227 dias – Fase de “instabilidade operacional”, após a entrada de cloreto férrico (carga de choque) nos reatores. Nessa fase, foi aplicada, também, recirculação intermitente de líquido nos reatores ASBR1 e ASBR3 ( $1500 \text{ l.h}^{-1}$  - 5min/h e  $1500 \text{ l.h}^{-1}$  - 10min/h).

Na 2<sup>a</sup> etapa, o lodo de inóculo granular utilizado apresentava a concentração inicial do lodo em termos de sólidos totais (ST) e voláteis (SV) de 64,1 gST.l<sup>-1</sup> e 52,8 gSV.l<sup>-1</sup>, respectivamente. Adicionou-se a cada reator ASBR, o volume aproximado de 410 litros de biomassa granular (1/3 do volume total do reator) que resultou nas concentrações de 25,6 kgST e 21,1 kgSV. Considerando o volume total dos reatores de 1,2 m<sup>3</sup>, as concentrações de SV e ST na partida foram de 21,3 kgST.m<sup>-3</sup> e 17,6 kgSV.m<sup>-3</sup>, respectivamente.

A bibliografia especializada recomenda que as cargas biológicas iniciais, durante a partida de um reator anaeróbio, sejam da ordem de 0,05 a 0,15 kgDQO.kgSV<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, dependendo do tipo de efluente que está sendo tratado. Essas cargas devem ser aumentadas gradativamente, em função da eficiência do sistema. A carga biológica, durante o regime permanente aparente, pode atingir, de acordo com o tipo de afluente a ser tratado, valores em torno de 2,0 kgDQO.kgSV<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> (Chernicharo et al.,1999).

Nos reatores ASBR a carga biológica ou carga de “lodo” foi determinada por meio do produto do volume tratado por dia em cada reator de 1,95 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup> e a concentração de substrato mínima (0,35 kg.m<sup>-3</sup>) ou máxima (0,80 kg.m<sup>-3</sup>) no período de 66 dias, dividido pela massa de lodo admitida ao reator (21,1 kgSV). Tal carga variou de 0,03 a 0,07 kgDQO.kgSV<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, indicando que os reatores dispuseram de quantidades de lodo maiores do que a necessária para garantir o sucesso da partida.

No ASBBR, tentou-se proceder à inoculação utilizando-se o mesmo lodo granular macerado diluído em água, mas os dados iniciais de concentração na espuma de poliuretano em termos de sólidos totais e voláteis (gST.gsuporte<sup>-1</sup> ou gSV.gsuporte<sup>-1</sup>) foram próximos aos obtidos quando o reator não sofreu inoculação, após 25 dias de operação. Portanto, não houve efetividade do processo de inoculação aplicado. Os resultados da concentração de SV e ST no suporte na 1<sup>a</sup> etapa foram 0,37 gST.gsuporte<sup>-1</sup> e 0,28 gSV.gsuporte<sup>-1</sup>, enquanto no 1<sup>o</sup> dia de operação utilizando-se de inóculo a concentração era de 0,28 gST.gsuporte<sup>-1</sup> e 0,21 gSV.gsuporte<sup>-1</sup>.

Todos resultados detalhados, na forma de Tabelas, de todas as análises realizadas no monitoramento dos reatores anaeróbios operados em batelada seqüencial no tratamento de esgoto sanitário, ao longo do período experimental (mensal), envolvendo as citadas etapas, estão em anexo no final da tese.

### 5.2.1 Análise Comparativa entre ASBR1 e ASBR2 (1ª ETAPA)

Nas Tabelas 5.4, 5.5 e 5.6, estão apresentados os resultados do monitoramento do efluente dos reatores ASBR1 e ASBR2, na 1ª etapa de operação, no tratamento de esgoto sanitário, conforme descrito no item 4.4. Os dados contidos nas referidas Tabelas estão descritos como valores médios das variáveis analisadas nas três fases relativas a esta etapa de operação (227 dias), bem como os valores máximos e mínimos dessas variáveis.

Tabela 5.4: Valores médios, máximos e mínimos em termos de DQO efluente e eficiência de remoção na 1ª etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR2.

REATOR	ASBR 1	ASBR 1	ASBR 2	ASBR 2	ASBR 1	ASBR 2
1ª ETAPA	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO Filtrada (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO Filtrada (mg.l <sup>-1</sup> )	Eficiência* (%)	Eficiência* (%)
0 - 25 dias	425±46	242±13	309±20	249±20	20	41
<i>Máximo:</i>	504	255	340	283	35	64
<i>Mínimo:</i>	372	217	291	226	7	33
26 - 164 dias	298±99	161±48	220±63	151±44	32	48
<i>Máximo:</i>	550	238	338	243	67	80
<i>Mínimo:</i>	95	57	78	49	8	15
165 - 227 dias	314±114	161±51	265±77	190±55	43	51
<i>Máximo:</i>	535	278	380	273	80	83
<i>Mínimo:</i>	115	64	98	61	13	24
0 -227 dias	316±105	169±52	242±70	172±55	33	48
<i>Máximo:</i>	550	278	380	283	80	83
<i>Mínimo:</i>	95	57	78	49	7	15

\* Amostras brutas

Tabela 5.5: Valores médios, máximos e mínimos em termos de Sólidos Suspensos Totais (SST) e Voláteis (SSV) efluente e eficiência de remoção na 1ª etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR2.

REATOR	ASBR1	ASBR1	ASBR2	ASBR2	ASBR1	ASBR1	ASBR2	ASBR2
1ª ETAPA	SST (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV (mg.l <sup>-1</sup> )	SST (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV (mg.l <sup>-1</sup> )	Remoção SST (%)	Remoção SSV (%)	Remoção SST (%)	Remoção SSV (%)
0 - 25 dias	106±25	90±21	47±11	37±10	49	49	77	79
<i>Máximo:</i>	142	115	56	47	-	-	-	-
<i>Mínimo:</i>	84	63	32	27	-	-	-	-
26 - 164 dias	99±55	85±45	57±35	49±28	49	48	70	71
<i>Máximo:</i>	231	187	172	134	-	-	-	-
<i>Mínimo:</i>	26	23	17	5	-	-	-	-
165 - 227 dias	121±53	94±49	44±19	33±14	59	59	85	86
<i>Máximo:</i>	190	162	79	51	-	-	-	-
<i>Mínimo:</i>	17	7	10	8	-	-	-	-
0 - 227 dias	106±51	88±43	52±29	43±24	52	52	77	77
<i>Máximo:</i>	231	187	172	134	-	-	-	-
<i>Mínimo:</i>	17	7	10	5	-	-	-	-

Tabela 5.6: Valores médios, máximos e mínimos em termos de Ácidos Voláteis Totais (como ácido acético) e Alcalinidade a bicarbonato no efluente e concentração de metano presente no biogás na 1ª etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR2.

REATOR	ASBR1	ASBR2	ASBR1	ASBR2	ASBR1	ASBR2
1ª ETAPA	AVT (mgHAC.l <sup>-1</sup> )	AVT (mgHAC.l <sup>-1</sup> )	Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	Metano (mmoles.l <sup>-1</sup> )	Metano (mmoles.l <sup>-1</sup> )
0 - 25 dias	70±4	81±4	109±3	110±7	0,20±0,22	0,32±0,24
<i>Máximo:</i>	76 (7,3)	88 (7,3)	113	115	0,45	0,48
<i>Mínimo:</i>	65 (6,7)	77 (6,8)	105	98	0,0	0,0
26 - 164 dias	48±15	51±14	112±16	111±13	0,64±0,17	0,50±0,05
<i>Máximo:</i>	79 (7,2)	85 (7,6)	179	136	1,20	0,6
<i>Mínimo:</i>	18 (6,8)	20 (6,8)	76	73	0,42	0,42
165 - 227 dias	101±90	83±21	89±30	90±27	0,34±0,16	0,28±0,21
<i>Máximo:</i>	445 (7,2)	134 (7,1)	120	115	1,10	0,6
<i>Mínimo:</i>	43 (6,1)	50 (6,1)	0	0	0,0	0,0
0 - 227 dias	65±53	63±22	106±22	105±20	0,51±0,31	0,42±0,18
<i>Máximo:</i>	445 (7,3)	134 (7,6)	179	136	1,20	0,6
<i>Mínimo:</i>	18 (6,1)	20 (6,1)	0	0	0,0	0,0

( ) pH

Nas Figuras 5.1 a 5.12, são apresentadas as variações dos parâmetros de monitoramento, ao longo da 1ª etapa de operação, dos reatores ASBR1 e ASBR2. Tal etapa experimental, como citado anteriormente, foi dividida em três fases, com intuito de facilitar a análise comparativa de desempenho dos reatores.

No início de operação (fase I: 0-25 dias), como era esperado, já que os reatores ASBR1 e ASBR2 não foram inoculados, as eficiências médias de remoção de  $DQO_{Bruta}$  foram baixas, com valores de 20 % (máx: 35%) e 41% (máx: 64%), respectivamente. Na fase III (164 a 227 dias), atingiram-se os maiores valores de eficiência de remoção de matéria orgânica com 43% (máx: 80%) no ASBR1 e 51% (máx: 83%) no ASBR2. Porém, em relação à qualidade do efluente gerado, os reatores apresentaram os melhores valores médios de DQO na fase II (25 a 164 dias) com  $DQO_{Bruta}$  de  $298 \pm 99 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $95 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e  $DQO_{Filtrada}$  de  $161 \pm 48 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $57 \text{ mg.l}^{-1}$ ) no ASBR1 e  $DQO_{Bruta}$  de  $220 \pm 63 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $78 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e a  $DQO_{Filtrada}$  de  $151 \pm 44 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $49 \text{ mg.l}^{-1}$ ) no ASBR2.

Para o reator ASBR1, especificamente, a baixa eficiência de conversão de matéria orgânica está diretamente ligada à retenção de sólidos pelo sistema. Nos 227 dias de operação, a remoção média de sólidos suspensos totais e voláteis foi reduzida (49 a 59%), o que teve reflexos na qualidade do efluente, que continha quantidade apreciável de sólidos suspensos (DQO particulada). Na fase III, os sólidos suspensos no efluente chegaram a valores médios de  $99 \pm 55 \text{ mgSST.l}^{-1}$  (min:  $26 \text{ mgSST.l}^{-1}$ ) e  $85 \pm 45 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  (min:  $23 \text{ mg.l}^{-1}$ ) com eficiência média de 59% de remoção de sólidos suspensos.

Vale salientar que nas fases II e III, o ASBR1 foi operado sem agitação e, posteriormente, por meio de recirculação intermitente de líquido que, possivelmente, propiciou o aumento na remoção média de sólidos suspensos (49% na fase II para 59% na fase III), devido a maior retenção de sólidos no interior do ASBR1, conforme se visualiza na Figura 5.11. Entretanto, reduziu-se o tempo de contato entre a biomassa e o substrato a ser degradado, pela não utilização da recirculação contínua, o que influenciou negativamente no desempenho em termos de eficiência de remoção de DQO nas fases II e III.

De maneira contrária, o reator ASBR2 (agitação mecânica) demonstrou possuir maior capacidade de retenção de sólidos, pois, ao longo da 1ª etapa de operação, apresentou médias de eficiência de remoção de sólidos suspensos totais e

voláteis na faixa de 77 a 86%. Assim, na fase III, o efluente teve valores médios de  $44 \pm 19 \text{ mgSST.l}^{-1}$  (min:  $10 \text{ mgSST.l}^{-1}$ ) e  $33 \pm 14 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  (min:  $8 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e eficiência média de remoção de sólidos suspensos totais e voláteis de 85% e 86%, respectivamente.

A remoção satisfatória de sólidos suspensos não contribuiu efetivamente para melhora nos valores médios de DQO efluente e eficiência de remoção de DQO. Tal fato pode estar ligado ao curto tempo de operação de 227 dias (7 meses e meio), incluindo a fase na qual houve a entrada de cloreto férrico (fase III -2 meses). Portanto, acredita-se que não houve tempo hábil para a formação de quantidade adequada e adaptada de biomassa anaeróbia, bem como de lodo com boa sedimentabilidade (lodo granular).

A análise da tendência de linearidade de  $\text{COremovida} \times \text{COaplicada}$ , na fase II (“estabilidade operacional”), para ambos os reatores, pode ser observada a Figura 5.5. Tal comportamento pode ser compreendido como a potencialidade em suportar cargas orgânicas superiores, ou seja, tais reatores ainda não chegaram ao seu limite em relação à remoção da matéria orgânica. A comparação dos dois reatores pôde ser feita por meio de ajustes lineares. O coeficiente angular de maior valor absoluto foi obtido para os dados do ASBR2 (0,55) em relação aos dados obtidos no ASBR1 (0,38). Dessa forma, a maior remoção de matéria orgânica é, logicamente, conseguida no reator ASBR2.

O valor e a estabilidade do pH, nos reatores anaeróbios, são governados pelo sistema carbonato-gás carbônico. A alcalinidade do esgoto sanitário, juntamente com a produzida no reator garante alta capacidade de tamponamento, devido à remoção de ácidos voláteis e ao processo de amonificação. As faixas de valores de pH no efluente, nas fases I e II, estiveram entre 6,7 a 7,2 no ASBR1 e 7,6 a 6,8 no ASBR2. Estes dados de pH estão, praticamente, dentro das faixas citadas por vários autores no tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio.

A geração de alcalinidade nos reatores foi baixa durante as três fases de operação (0-227dias), com valores médios de alcalinidade a bicarbonato no afluente de  $99 \pm 15 \text{ mgCaCO}_3.\text{l}^{-1}$  e para o efluente de  $106 \pm 22 \text{ mgCaCO}_3.\text{l}^{-1}$  no ASBR1 e de

105±20 mgCaCO<sub>3</sub>.l<sup>-1</sup> no ASBR2 (Tabela 5.6). Esse comportamento de reduzida produção de alcalinidade pode explicar o pouco ou nenhum consumo de ácidos voláteis durante o mesmo período (0-227 dias). No afluente, foram obtidos valores de AVT médios de 58±19 mgHac.l<sup>-1</sup> e no efluente de 65±53 mgHac.l<sup>-1</sup> e 63±22 mgHac.l<sup>-1</sup> no ASBR1 e ASBR2, respectivamente. Por esses parâmetros, alcalinidade a bicarbonato e ácidos voláteis totais, não foi possível detectar o início do tratamento anaeróbico do esgoto sanitário, bem como definir o tempo de partida dos reatores ASBR. Portanto, a evidência de princípio da metanogênese foi dada exclusivamente pela presença de metano no biogás gerado pelos sistemas.

A instabilidade do processo de digestão anaeróbia, que ocorre quando há predominância da fase acidogênica sobre a fase metanogênica, reflete-se em variações bruscas dos parâmetros pH, alcalinidade a bicarbonato e concentração de ácidos voláteis totais. Tais desvios dos citados parâmetros podem ser observados nas Figuras 5.6, 5.7 e 5.8 na fase III.

Em consequência da carga de choque ocorrida, pela entrada de cloreto férrico, no 160º dia de operação, o valor do pH no efluente dos reatores foi de 6,1 e a concentração de ácidos voláteis totais alcançou valores de 445 mgHac.l<sup>-1</sup> no ASBR1 e 127 mgHac.l<sup>-1</sup> no ASBR2, sendo a concentração do afluente de 62 mgHac.l<sup>-1</sup>. Com isso, toda a alcalinidade a bicarbonato foi consumida, sendo repostada artificialmente por meio da adição de bicarbonato de sódio em alguns ciclos, objetivando evitar comprometimento maior dos sistemas. Aparentemente, o processo anaeróbico sofreu inibição transitória, comprovada pela ausência de metano no biogás gerado pelos reatores.

A presença de cloreto férrico (fase III) provocou alterações no comportamento dos reatores, refletindo nas características do efluente, no que diz respeito, principalmente, às médias de DQO<sub>Bruta</sub>. Tais concentrações médias foram maiores em relação à fase II com valores de 314±114 mg.l<sup>-1</sup> (min: 115 mg.l<sup>-1</sup>) no ASBR1 e 265±77 mg.l<sup>-1</sup> (min: 98 mg.l<sup>-1</sup>) no ASBR2. No efluente do ASBR1, também, a média de sólidos suspensos totais e voláteis aumentou para 121±53

mgSST. $l^{-1}$  e  $94\pm 49$  mgSSV. $l^{-1}$ , enquanto no reator ASBR2 ocorreu o inverso, tendo havido redução para  $44\pm 19$  mgSST. $l^{-1}$  e  $33\pm 14$  mgSSV. $l^{-1}$ .

Na Figura 5.12, observa-se que a concentração de lodo do reator ASBR2 aumentou demasiadamente com a entrada de cloreto férrico, já que a concentração de sólidos totais e voláteis média das fases I e II (0-164 dias) era de 2,95 gST. $l^{-1}$  (1,2 kgST) e 1,90 gSV. $l^{-1}$  (0,78 kgSV), respectivamente, atingindo a concentração de 47,6 gST. $l^{-1}$  (19,5 kgST) e 34,2 gSV. $l^{-1}$  (14,0 kgSV) e reduzindo-se ao final de 227 dias para a concentração de 14,0 gST. $l^{-1}$  (5,7 kgST) e 8,90 gSV. $l^{-1}$  (3,7 kgSV). Tal detalhe, de exagerado acúmulo de lodo, provavelmente por flocculação, pode explicar, a redução na concentração média de sólidos suspensos totais e voláteis ocorrida no ASBR2 na fase III. As massas de lodo (kg) calculadas são o produto do volume destinado para acumulação de lodo do reator (410 litros) pela concentração de sólidos totais ou voláteis.

Como se vê na Figura 5.11, ocorreu perda de biomassa no reator ASBR1, devido à presença do cloreto férrico, ocasionando elevação da concentração de sólidos suspensos totais e voláteis e, conseqüentemente, maiores valores de DQO no efluente. Após 30 dias de operação, utilizando recirculação contínua, a concentração de sólidos totais e voláteis era de 2,51 gST. $l^{-1}$  (1,0 kgST) e 1,71 gSV. $l^{-1}$  (0,70 kgSV). Para 164 dias de operação (fases I e II), as concentrações foram de 20,0 gST. $l^{-1}$  (8,2 kgST) e 15,4 gSV. $l^{-1}$  (6,3 kgSV) operando sem recirculação e recirculação intermitente de líquido, sabendo-se que ao final dos 227 dias, em virtude da perda de lodo, as concentrações caíram para 14,8 gST. $l^{-1}$  (6,1 kgST) e 10,2 gSV. $l^{-1}$  (4,2 kgSV). Esta perda está ligada ao fato deste reator ter sofrido maior instabilidade no processo de digestão anaeróbia do que o reator ASBR2 provocada pela carga de choque aplicada.

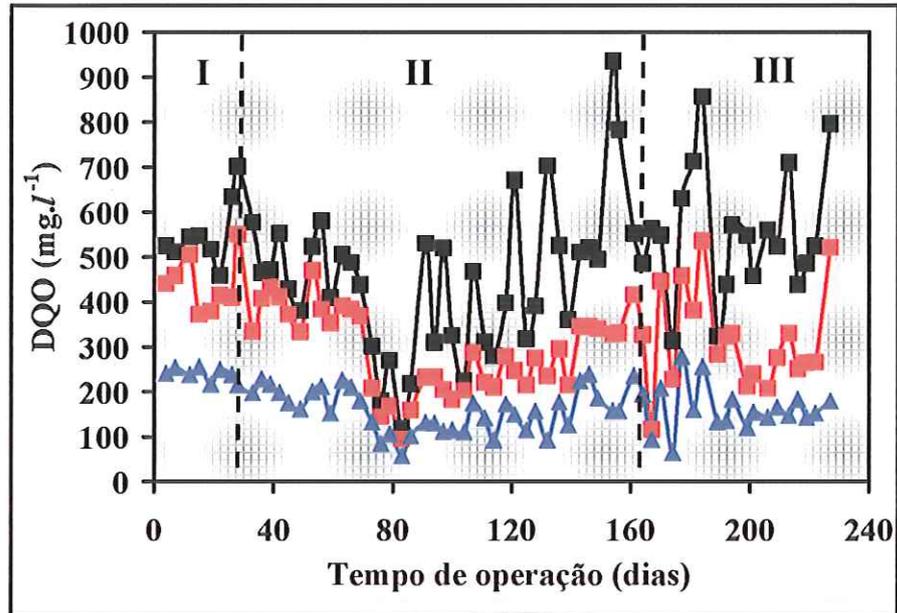


Figura 5.1: Variação temporal da concentração de DQO afluyente bruta (■) e efluente bruta (■) filtrada (▲) do ASBR1 na 1ª etapa de operação.

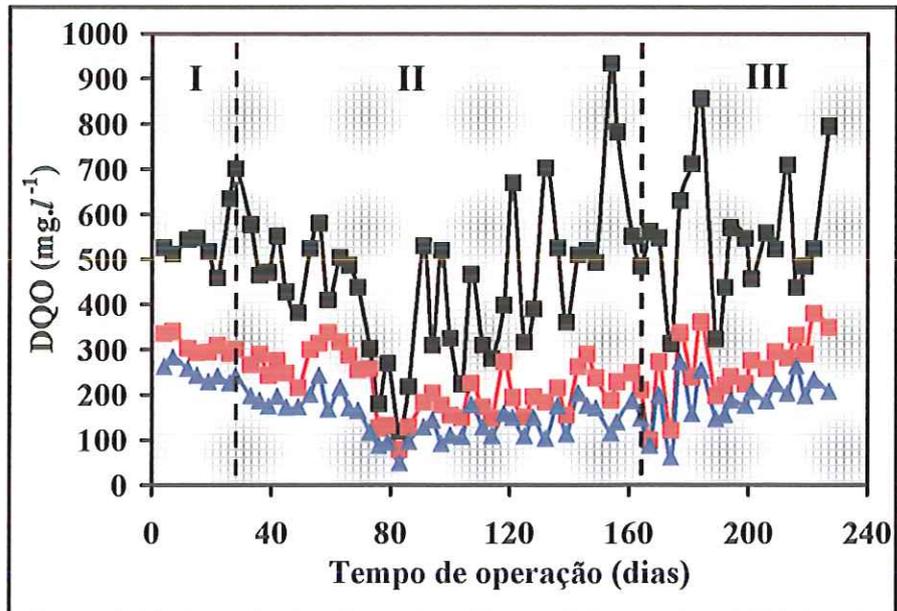


Figura 5.2: Variação temporal da concentração de DQO afluyente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR2 na 1ª etapa de operação.

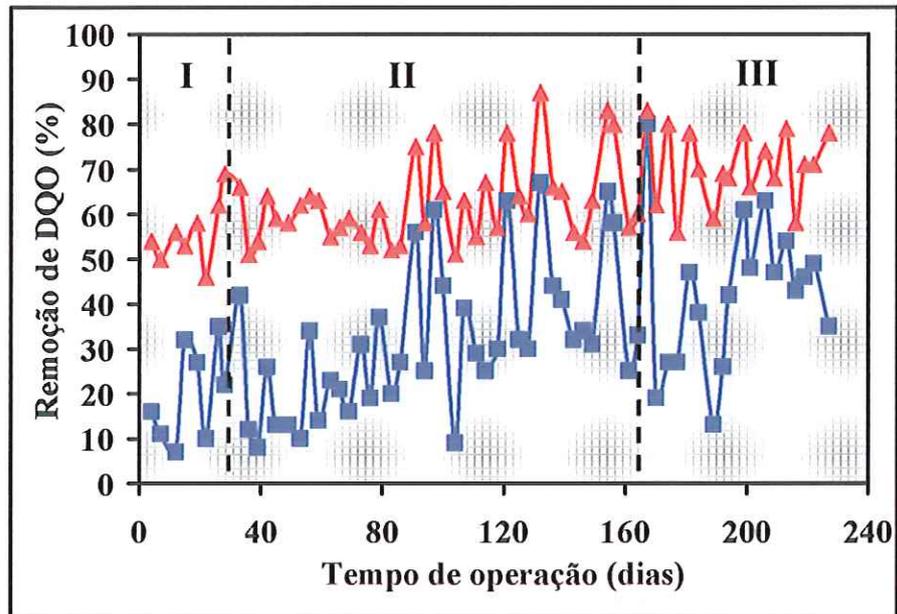


Figura 5.3: Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR1 na 1ª etapa de operação.

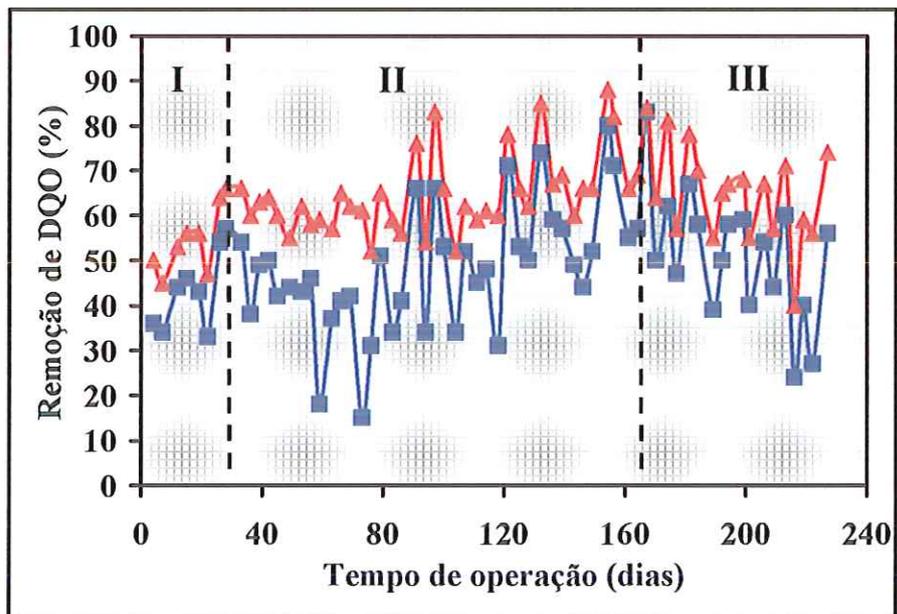


Figura 5.4: Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator ASBR2 na 1ª etapa de operação.

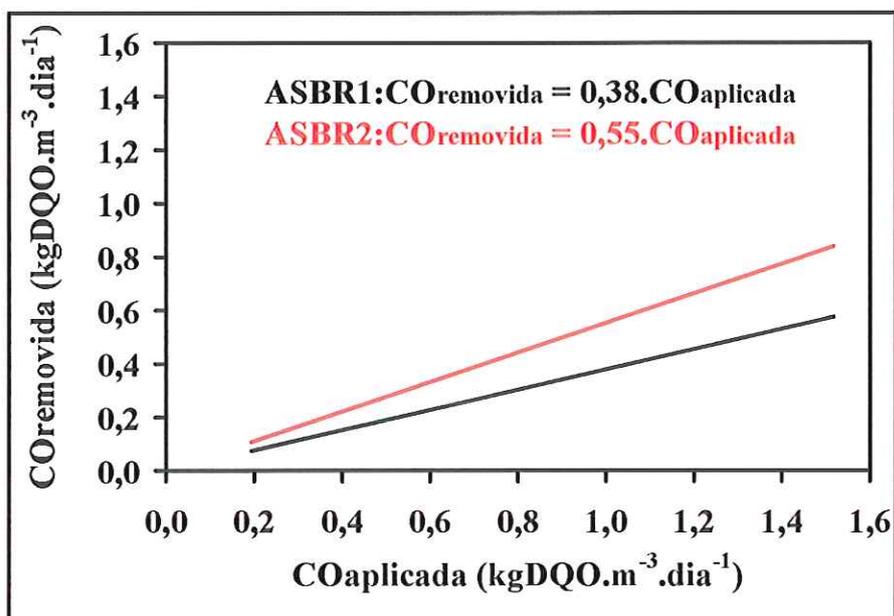


Figura 5.5: Carga orgânica removida em função da carga orgânica aplicada nos reatores ASBR1 (—) e ASBR2 (—) na II fase (26-164 dias de operação) da 1ª etapa de operação.

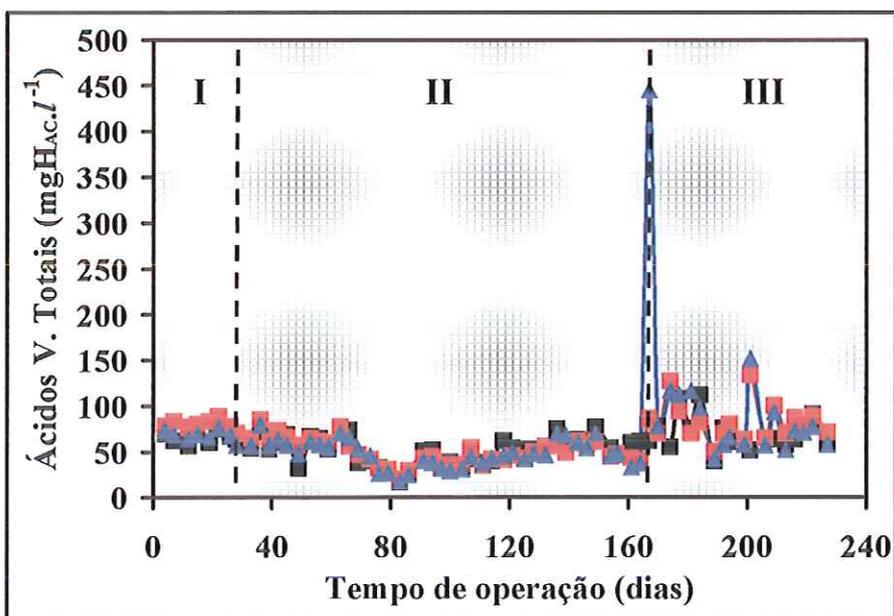


Figura 5.6: Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (▲) e ASBR2 (■) na 1ª etapa de operação.

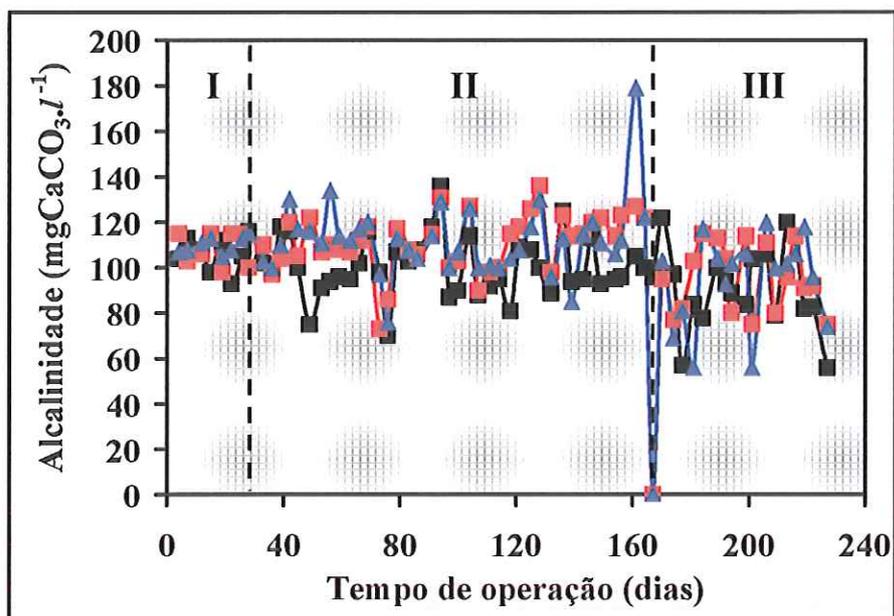


Figura 5.7: Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (▲) e ASBR2 (■) na 1<sup>a</sup> etapa de operação.

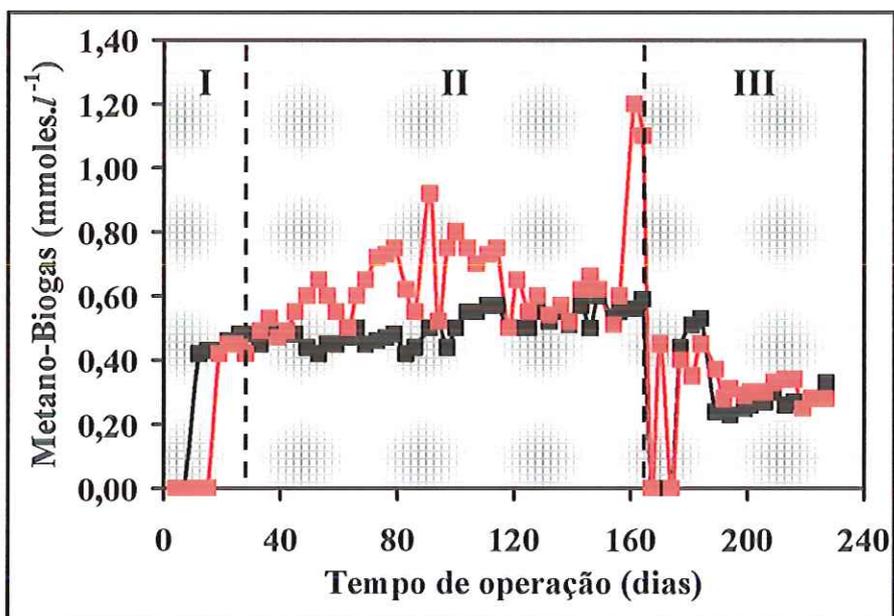


Figura 5.8: Variação temporal da concentração de metano presente no biogás dos reatores ASBR1 (■) e ASBR2 (■) na 1<sup>a</sup> etapa de operação.

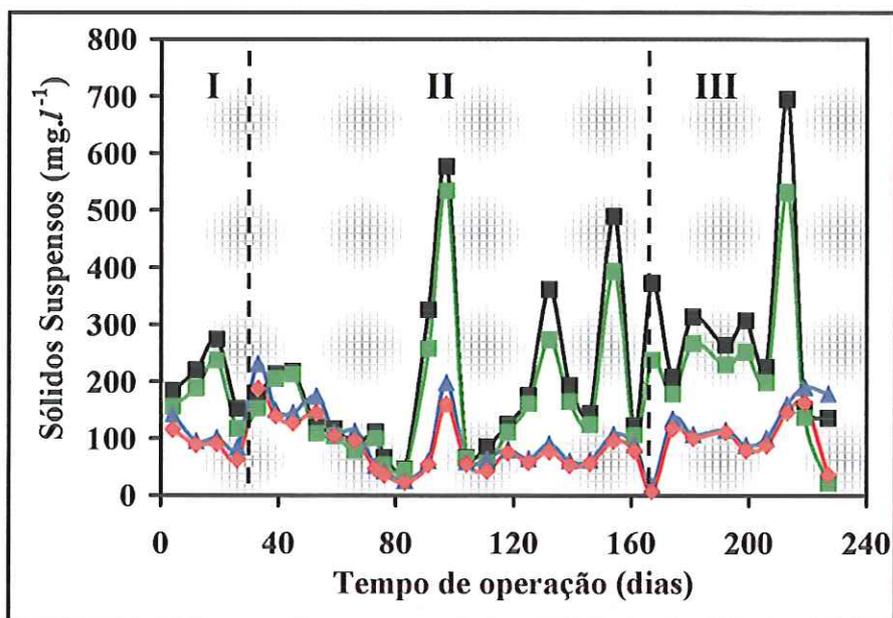


Figura 5.9: Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR1 na 1ª etapa de operação.

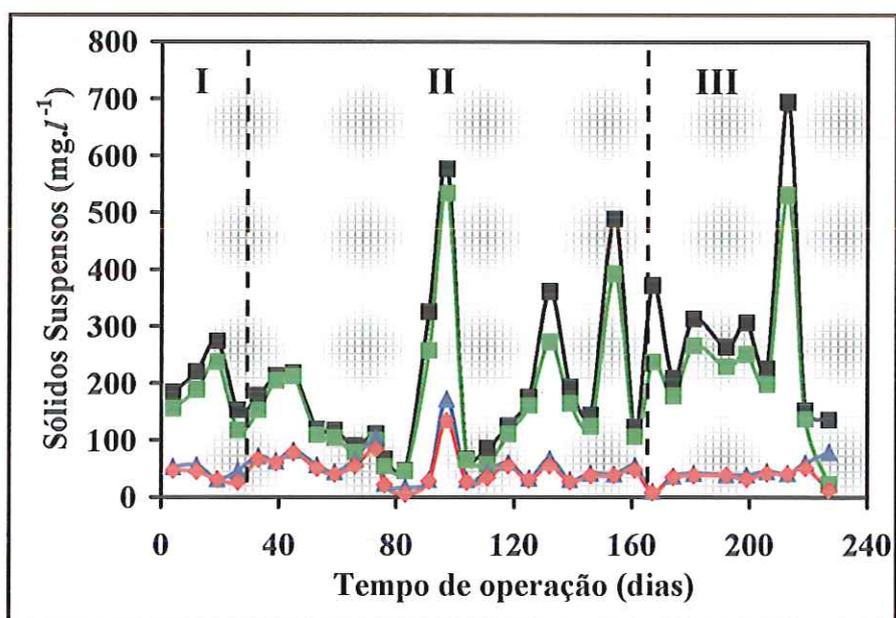


Figura 5.10: Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR2 na 1ª etapa de operação.

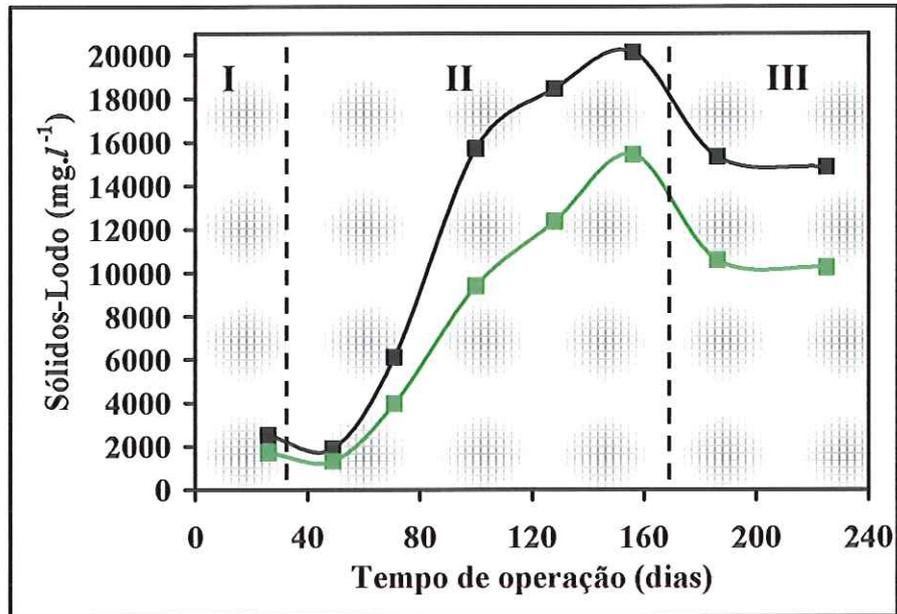


Figura 5.11: Variação temporal (mensal) da concentração de Sólidos Totais (■) e Voláteis (■) no lodo do reator ASBR1 na 1ª etapa de operação.

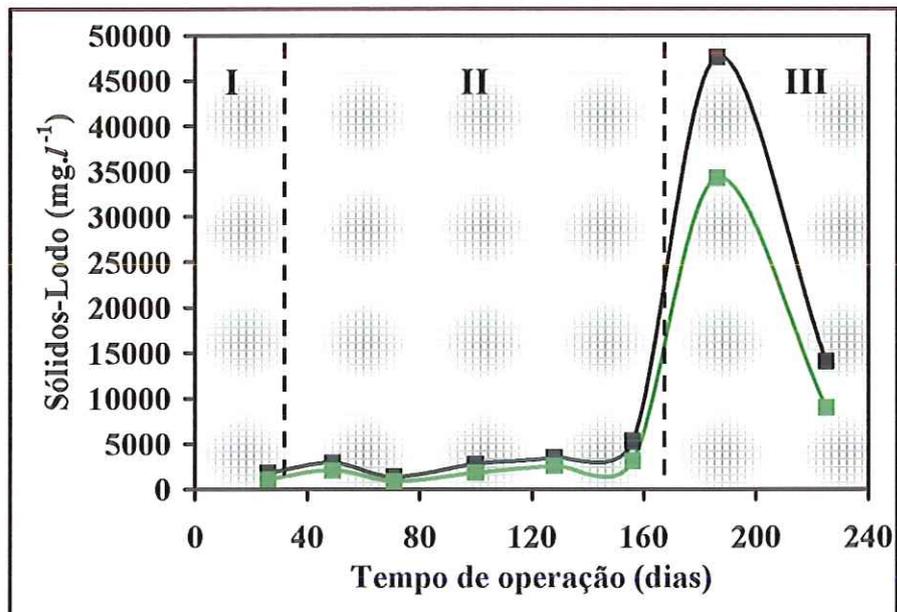


Figura 5.12: Variação temporal (mensal) da concentração de Sólidos Totais (■) e Voláteis (■) no lodo do reator ASBR2 na 1ª etapa de operação.

### 5.2.2 Análise Comparativa entre ASBR1 e ASBR3 (1ª ETAPA)

Nas Tabelas 5.7, 5.8 e 5.9, estão apresentados os resultados do monitoramento do efluente dos reatores ASBR1 e ASBR3 na 1ª etapa de operação no tratamento de esgoto sanitário. Os dados contidos nas referidas Tabelas estão descritos como valores médios das variáveis analisadas nas três fases relativas a esta etapa de operação (227 dias), bem como os valores máximos e mínimos dessas variáveis.

Tabela 5.7: Valores médios, máximos e mínimos em termos de DQO efluente e eficiência de remoção na 1ª etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR3.

REATOR	ASBR 1	ASBR 1	ASBR 3	ASBR 3	ASBR 1	ASBR 3
1ª ETAPA	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO Filtrada (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO Filtrada (mg.l <sup>-1</sup> )	Eficiência* (%)	Eficiência* (%)
0 - 25 dias	425±46	242±13	443±45	236±24	20	16
<i>Máximo:</i>	504	255	528	272	35	37
<i>Mínimo:</i>	372	217	397	201	7	3
26 - 164 dias	298±99	161±48	283±85	154±46	32	34
<i>Máximo:</i>	550	238	431	243	67	66
<i>Mínimo:</i>	95	57	101	49	8	9
165 - 227 dias	314±114	161±51	364±90	189±58	43	32
<i>Máximo:</i>	535	278	484	289	80	75
<i>Mínimo:</i>	115	64	138	69	13	8
0 -227 dias	316±105	169±52	323±99	172±55	33	32
<i>Máximo:</i>	550	278	528	289	80	75
<i>Mínimo:</i>	95	57	101	57	7	3

\*Amostras brutas

Tabela 5.8: Valores médios, máximos e mínimos em termos de Sólidos Suspensos Totais (SST) e Voláteis (SSV) efluente e eficiência de remoção na 1ª etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR3.

REATOR	ASBR1	ASBR1	ASBR3	ASBR3	ASBR1	ASBR1	ASBR3	ASBR3
1ª ETAPA	SST (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV (mg.l <sup>-1</sup> )	SST (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV (mg.l <sup>-1</sup> )	Remoção SST (%)	Remoção SSV (%)	Remoção SST (%)	Remoção SSV (%)
0 - 25 dias	106±25	90±21	187±96	154±83	49	49	10	12
<i>Máximo:</i>	142	115	319	272	-	-	-	-
<i>Mínimo:</i>	84	63	92	77	-	-	-	-
26 - 164 dias	99±55	85±45	100±47	89±41	49	48	48	46
<i>Máximo:</i>	231	187	178	164	-	-	-	-
<i>Mínimo:</i>	26	23	28	27	-	-	-	-
165 - 227 dias	121±53	94±49	116±50	88±41	59	59	61	61
<i>Máximo:</i>	190	162	195	144	-	-	-	-
<i>Mínimo:</i>	17	7	26	19	-	-	-	-
0 -227 dias	106±51	88±43	115±60	96±50	52	52	48	47
<i>Máximo:</i>	231	187	319	272	-	-	-	-
<i>Mínimo:</i>	17	7	26	19	-	-	-	-

Tabela 5.9: Valores médios, máximos e mínimos em termos de Ácidos Voláteis Totais (como ácido acético) e Alcalinidade a bicarbonato no efluente e Concentração de metano presente no biogás na 1ª etapa de operação dos reatores ASBR1 e ASBR3.

REATOR	ASBR1	ASBR3	ASBR1	ASBR3	ASBR1	ASBR3
<b>1ª ETAPA</b>	<b>AVT</b> (mgHAC.l <sup>-1</sup> )	<b>AVT</b> (mgHAC.l <sup>-1</sup> )	<b>Alcalinidade</b> (mgCaCO <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	<b>Alcalinidade</b> (mgCaCO <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	<b>Metano</b> (mmoles.l <sup>-1</sup> )	<b>Metano</b> (mmoles.l <sup>-1</sup> )
<b>0 - 25 dias</b>	<b>70±4</b>	<b>74±8</b>	<b>109±3</b>	<b>107±8</b>	<b>0,20±0,22</b>	<b>0,25±0,23</b>
<i>Máximo:</i>	76 (7,3)	88 (7,3)	113	116	0,45	0,44
<i>Mínimo:</i>	65 (6,7)	63 (6,8)	105	92	0,0	0,0
<b>26 - 164 dias</b>	<b>48±15</b>	<b>48±14</b>	<b>112±16</b>	<b>112±12</b>	<b>0,64±0,17</b>	<b>0,62±0,10</b>
<i>Máximo:</i>	79 (7,2)	77 (7,3)	179	137	1,20	1,02
<i>Mínimo:</i>	18 (6,8)	16 (6,7)	76	87	0,42	0,42
<b>165 - 227 dias</b>	<b>101±90</b>	<b>84±64</b>	<b>89±30</b>	<b>91±32</b>	<b>0,34±0,16</b>	<b>0,35±0,07</b>
<i>Máximo:</i>	445 (7,2)	335 (7,1)	120	122	1,10	0,51
<i>Mínimo:</i>	43 (6,1)	43 (6,1)	0	0	0,0	0,24
<b>0 - 227 dias</b>	<b>65±53</b>	<b>60±39</b>	<b>106±22</b>	<b>106±21</b>	<b>0,51±0,31</b>	<b>0,51±0,25</b>
<i>Máximo:</i>	445 (7,3)	335 (7,3)	179	137	1,20	1,02
<i>Mínimo:</i>	18 (6,1)	16 (6,1)	0	0	0,0	0,0

( ) pH

Nas Figuras 5.13, 5.14, 5.19 e 5.20, estão apresentadas as variações dos parâmetros avaliados no monitoramento, ao longo da 1ª etapa de operação do reator ASBR3. Nas Figuras 5.15, 5.16, 5.17 e 5.18 os resultados são apresentados em conjunto tanto para o ASBR1 como para o ASBR3. Ressalta-se que, para a visualização comparativa dos dados obtidos nos reatores ASBR1 e ASBR3, as Figuras referentes ao ASBR1 (5.1, 5.3, 5.9 e 5.11) podem ser visualizadas no item anterior (5.2.1).

O desempenho das unidades ASBR1 e ASBR3, na 1ª etapa de operação, foi semelhante e extremamente fraco, em termos de remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos, o que se refletiu na DQO do efluente. Coincidentemente, as duas configurações de reatores operados em batelada possuíam o mesmo tipo de agitação (recirculação de líquido), bem como foram igualmente aplicadas as agitações tipo recirculação contínua (fase I), sem recirculação e recirculação intermitente (fases II e III) pelo mesmo período de tempo dentro dos 227 dias de operação.

Na fase I, em virtude dos reatores não terem sido inoculados, o ASBR1 (20%) e ASBR3 (16%) tiveram baixas eficiências médias de remoção de DQO<sub>Bruta</sub>. Em termos de DQO média obteve-se para o ASBR1 e ASBR3 a DQO<sub>Bruta</sub> de 425±46

$\text{mg.l}^{-1}$  e  $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$  de  $241 \pm 13 \text{ mg.l}^{-1}$  e  $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$  de  $443 \pm 45 \text{ mg.l}^{-1}$  e  $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$  de  $236 \pm 24 \text{ mg.l}^{-1}$ , respectivamente. A média de remoção de sólidos suspensos totais e voláteis no ASBR3, principalmente, foi de apenas 10% (SST) e 12% (SSV), enquanto, no reator ASBR1, foi de 49% (SST e SSV). No efluente, os valores médios de concentração de sólidos suspensos foram  $187 \pm 96 \text{ mgSST.l}^{-1}$  e  $154 \pm 83 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  para o ASBR3 e  $106 \pm 25 \text{ mgSST.l}^{-1}$  e  $90 \pm 21 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  para o ASBR1.

Como se nota pelos resultados da fase I que, tanto o reator ASBR1 como o ASBR3 possuem dificuldade de retenção de sólidos provocada pelo uso da recirculação contínua de líquido. Estes sólidos suspensos não retidos saem juntamente com o efluente, prejudicando sua qualidade em termos de DQO (DQO particulada).

Nas fases II e III, sem recirculação e com recirculação intermitente, houve melhora no desempenho, com a média de remoção de sólidos suspensos totais e voláteis de 59 % no ASBR1 e 61% no ASBR3. Atingiu-se, ao final da fase II, as melhores médias de  $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$  e  $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$  de  $298 \pm 99 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $95 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e de  $161 \pm 48 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $57 \text{ mg.l}^{-1}$ ) no ASBR1 e  $283 \pm 85 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $101 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e de  $236 \pm 24 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $49 \text{ mg.l}^{-1}$ ) no ASBR3. Entretanto, quando se eliminou a recirculação contínua, em contraste com a melhoria da remoção de sólidos suspensos, diminuiu-se o tempo de contato entre a biomassa e o esgoto sanitário, o que influenciou na obtenção de baixos valores médios de eficiência de remoção de DQO, em torno de 30 a 40% nas fases II e III.

A carga de choque oriunda da entrada de cloreto férrico provocou aumento da concentração média da DQO efluente nas unidades. Os valores  $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$  e  $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$  chegaram a  $314 \pm 114 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $115 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e  $161 \pm 51 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $64 \text{ mg.l}^{-1}$ ) no ASBR1 e a  $364 \pm 90 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $138 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e  $189 \pm 58 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $69 \text{ mg.l}^{-1}$ ) no ASBR3. Na Figura 5.18 observa-se, na fase III, a redução nas concentrações de metano no biogás gerado em ambos os reatores, sendo que, no ASBR1, houve inibição transitória do tratamento biológico anaeróbico na presença do tóxico, evidenciado pela não detecção de metano.

Nas Figuras 5.16 e 5.17 nota-se que, ao longo da operação dos reatores ASBR1 e ASBR2, não foi observada produção de alcalinidade suficiente para o respectivo consumo dos ácidos voláteis gerados. No total de 227 dias, foram obtidos valores médios de alcalinidade a bicarbonato no afluente de  $99 \pm 15 \text{ mgCaCO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$  e no efluente de  $106 \pm 22 \text{ mgCaCO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$  do ASBR1 e de  $106 \pm 21 \text{ mgCaCO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$  do ASBR3. A concentração de ácidos voláteis totais no afluente, para o mesmo período, alcançou valores de  $58 \pm 19 \text{ mgHac} \cdot \text{l}^{-1}$  e no efluente de  $65 \pm 53 \text{ mgHac} \cdot \text{l}^{-1}$  e  $60 \pm 39 \text{ mgHac} \cdot \text{l}^{-1}$  no ASBR1 e ASBR3, respectivamente. Nos dois reatores não foi possível detectar o início do tratamento anaeróbico do esgoto sanitário, bem como definir o tempo de partida, pela análise conjunta dos dados de alcalinidade a bicarbonato e ácidos voláteis totais, mas, a presença de metano no biogás evidencia o princípio da metanogênese no ASBR1 e ASBR3.

As faixas de valores de pH, no efluente, nas fases I e II, estiveram entre 6,7 a 7,2 no ASBR1 e 7,6 a 6,8 no ASBR2. Tais valores estão dentro dos dados fornecidos por vários autores na literatura para efluentes de reatores tratando esgoto sanitário utilizando processo anaeróbico.

Na fase III, devido a entrada de cloreto férrico, o valor do pH no efluente dos reatores caiu repentinamente para o valor de 6,1 e a concentração de ácidos voláteis totais chegou a  $445 \text{ mgHac} \cdot \text{l}^{-1}$  no ASBR1 e  $335 \text{ mgHac} \cdot \text{l}^{-1}$  no ASBR3 para a concentração afluente de  $62 \text{ mgHac} \cdot \text{l}^{-1}$ . Estas altas concentrações promoveram o consumo imediato e total de alcalinidade, que foi repostada artificialmente por meio da adição de bicarbonato de sódio em alguns ciclos.

Os fracos desempenhos das unidades podem ser visualizados na Figura 5.15 pelos baixos valores de coeficientes angulares gerados pelos ajustes lineares obtidos dos dados de carga orgânica aplicada em função da carga orgânica removida na fase II. Os coeficientes angulares resultantes foram semelhantes no ASBR1 (0,38) e ASBR3 (0,41), mas distante do valor 1, indicando reduzida eficiência em termos de remoção da carga orgânica aplicada.

Pela observação das Figuras 5.11 e 5.20, acredita-se que realmente a operação com recirculação intermitente e sem recirculação, nas fases II e III,

propiciaram a melhor eficiência de remoção de sólidos suspensos (~60%) contrastando como o aumento expressivo da concentração de lodo retida nos reatores. No ASBR3, atingiu-se a concentração de sólidos totais e voláteis de 15,5 gST. $l^{-1}$  (6,4 kgST) e 10,0 gSV. $l^{-1}$  (4,1 kgSV), após 70 dias de operação, enquanto que no ASBR1, foram necessários 100 dias de operação para chegar a semelhante concentração, com resultado de 15,2 gST. $l^{-1}$  (19,5 kgST) e 9,7 gSV. $l^{-1}$  (14,0 kgSV). Ao final da fase II, as concentrações eram de 20,1 gST. $l^{-1}$  (8,2 kgST) e 15,4 gSV. $l^{-1}$  (6,3 kgSV) no ASBR1 e 18,8 gST. $l^{-1}$  (7,7 kgST) e 12,3 gSV. $l^{-1}$  (5,1 kgSV) no ASBR3.

A presença de cloreto férrico (fase III) agiu de forma inversa nos sistemas. No ASBR1 aconteceu redução da quantidade de biomassa por meio de arraste de sólidos juntamente com o efluente, enquanto no ASBR3 houve aumento na quantidade por causa, provavelmente, do efeito floculante do cloreto férrico. Tal perda pode estar ligada ao fato de o ASBR1 ter sofrido maior distúrbio no processo de digestão anaeróbia do que o reator ASBR3. Ao completar os 227 dias, as concentrações de sólidos totais e voláteis chegaram a 14,9 gST. $l^{-1}$  (6,1 kgST) e 10,2 gSV. $l^{-1}$  (4,2 kgSV) no ASBR1 e a 56,2 gST. $l^{-1}$  (23,0 kgST) e 32,5 gSV. $l^{-1}$  (13,3 kgSV) no ASBR3.

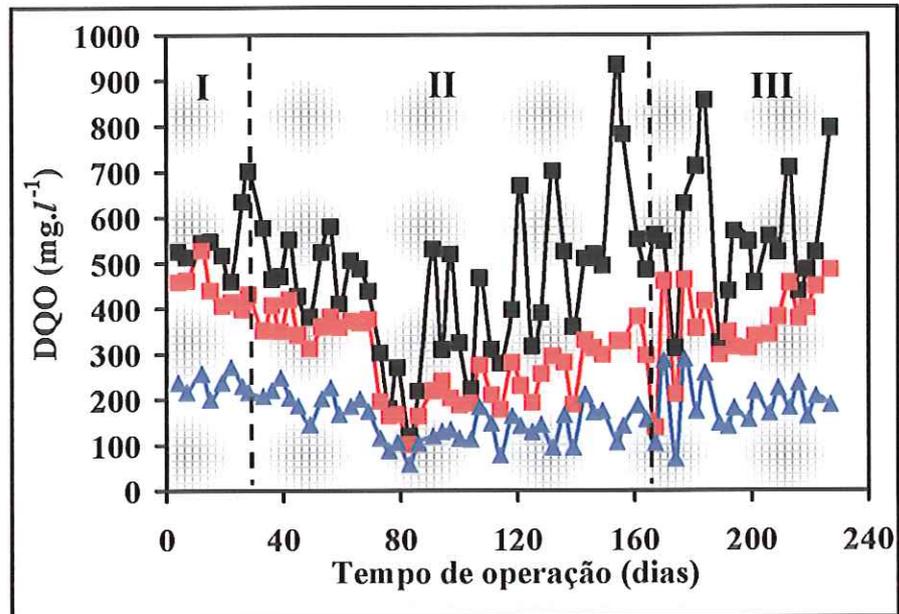


Figura 5.13: Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR3 na 1ª etapa de operação.

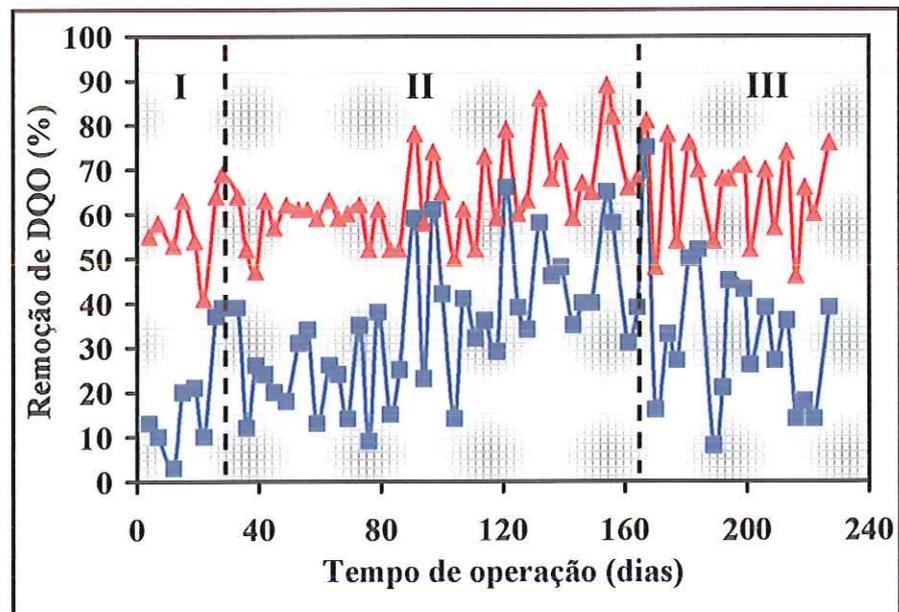


Figura 5.14: Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator ASBR3 na 1ª etapa de operação.

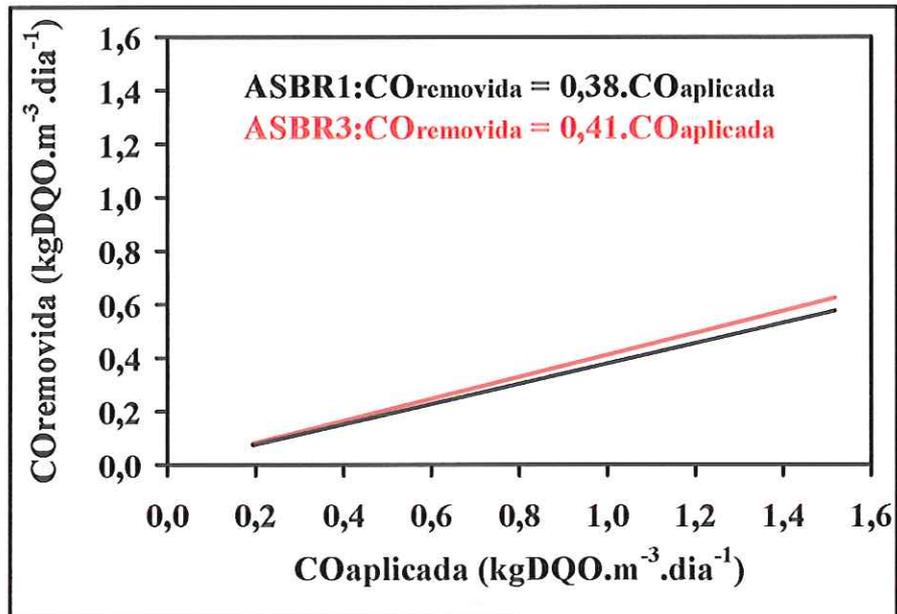


Figura 5.15: Carga orgânica removida em função da carga orgânica aplicada nos reatores ASBR1 (—) e ASBR3 (—) na fase II (26-164 dias de operação) da 1ª etapa de operação.

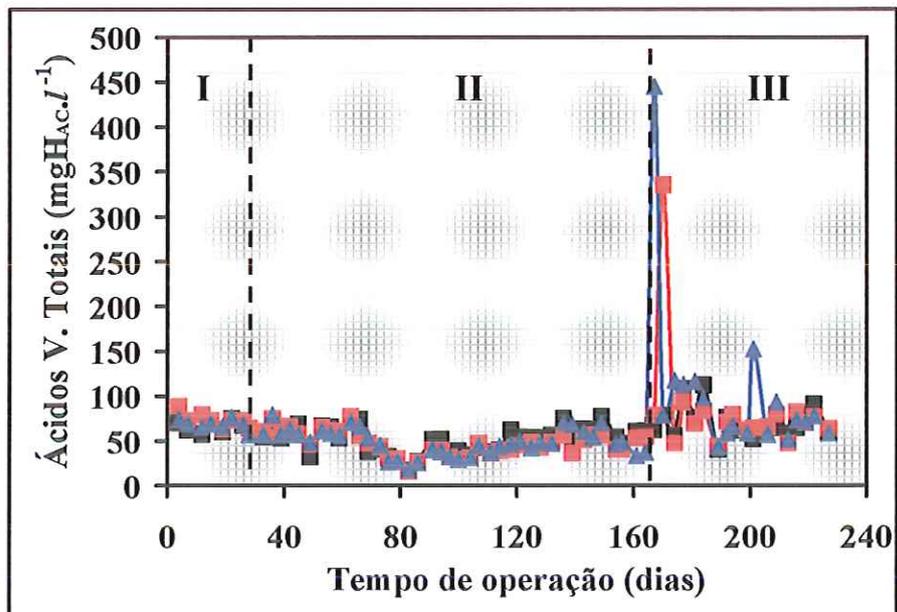


Figura 5.16: Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (▲) e ASBR3 (■) na 1ª etapa de operação.

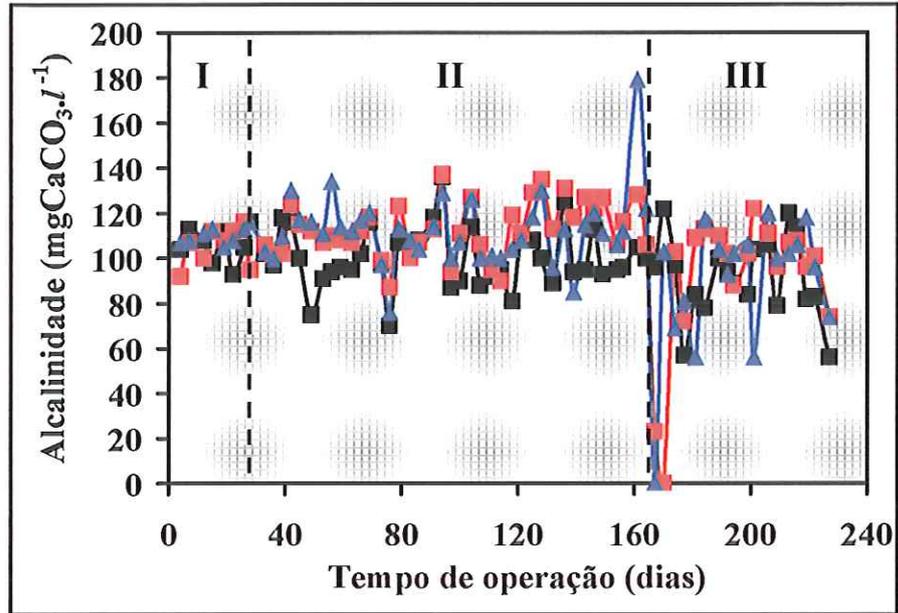


Figura 5.17: Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (▲) e ASBR3 (■) na 1ª etapa de operação.

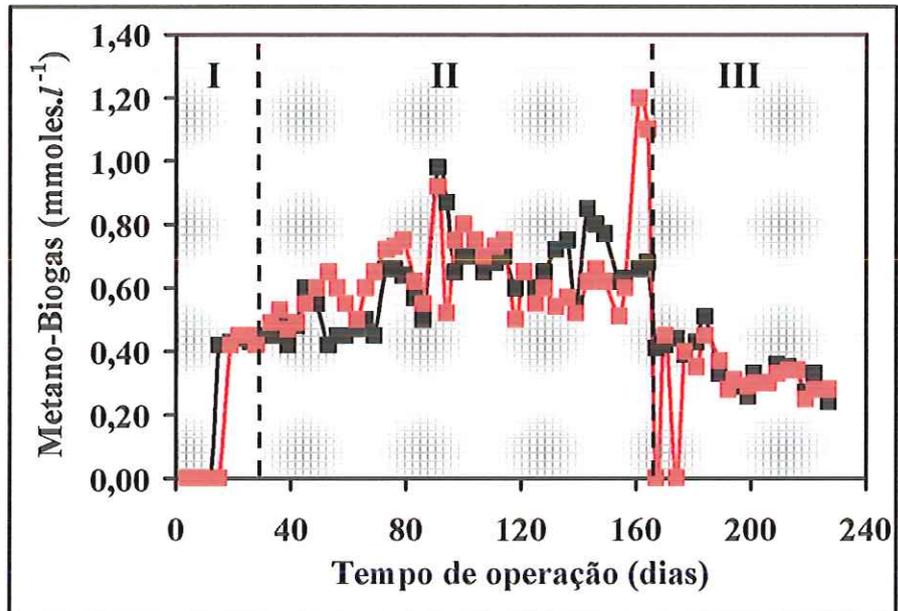


Figura 5.18: Variação temporal da concentração de metano presente no biogás dos reatores ASBR1 (■) e ASBR3 (■) na 1ª etapa de operação.

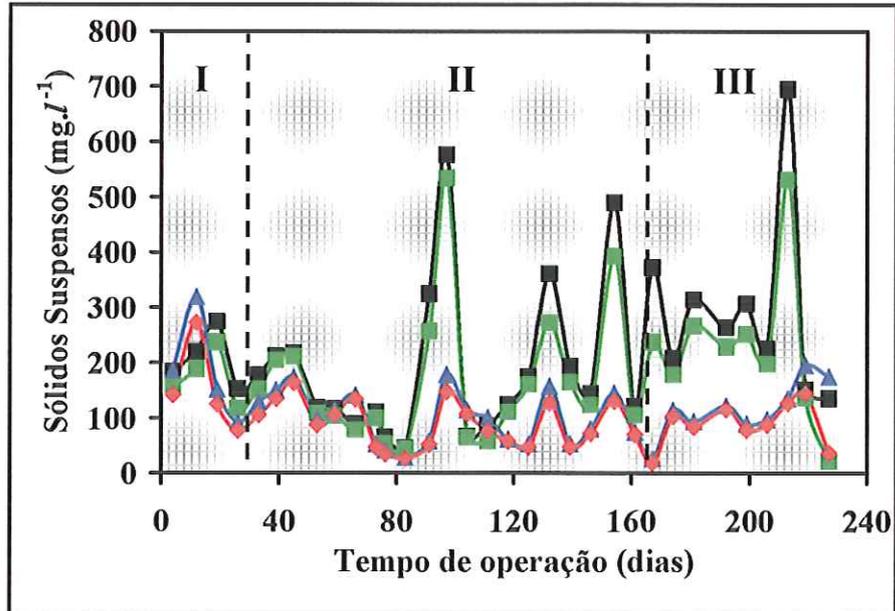


Figura 5.19: Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR3 na 1ª etapa de operação.

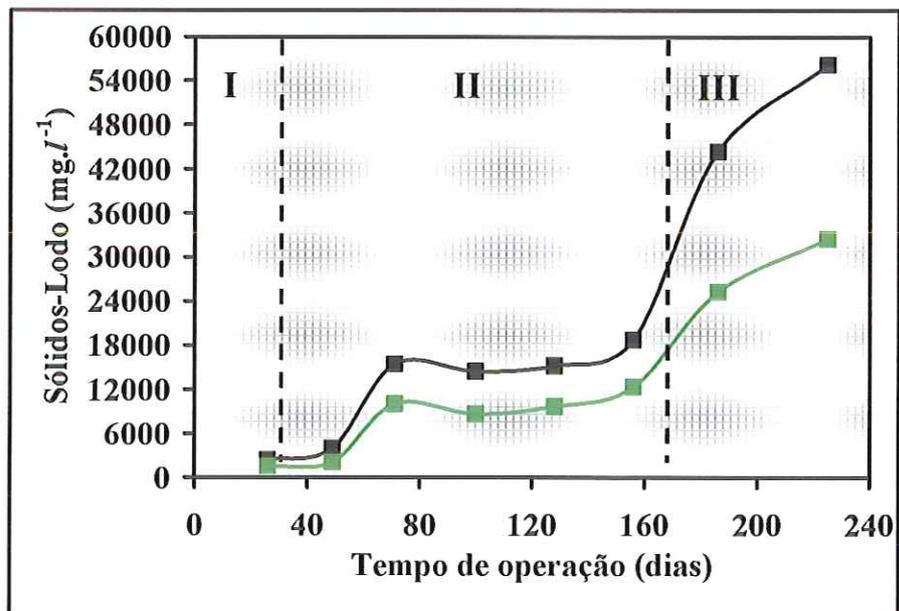


Figura 5.20: Variação temporal (mensal) da concentração de Sólidos Totais (■) e Voláteis (■) no lodo do reator ASBR3 na 1ª etapa de operação.

### 5.2.3 Resultados do ASBBR (1ª ETAPA)

Nas Tabelas 5.10, 5.11 e 5.12, estão apresentados os resultados do monitoramento do efluente do reator ASBBR (biomassa imobilizada-espuma de poliuretano), na 1ª etapa de operação, no tratamento de esgoto sanitário. Os dados contidos nas referidas Tabelas estão descritos como valores médios das variáveis analisadas nas três fases relativas a esta etapa de operação (227 dias), bem como os valores máximos e mínimos dessas variáveis.

Tabela 5.10: Valores médios, máximos e mínimos em termos de DQO efluente e eficiência de remoção na 1ª etapa de operação do reator ASBBR.

1ª ETAPA	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO Filtrada (mg.l <sup>-1</sup> )	Eficiência* (%)	Eficiência** (%)
<b>0 - 25 dias</b>	<b>254±33</b>	<b>192±21</b>	<b>52</b>	<b>64</b>
<i>Máximo:</i>	323	214	59	70
<i>Mínimo:</i>	224	166	47	58
<b>26 - 164 dias</b>	<b>151±59</b>	<b>99±41</b>	<b>65</b>	<b>77</b>
<i>Máximo:</i>	311	195	88	95
<i>Mínimo:</i>	47	28	37	58
<b>165 - 227 dias</b>	<b>268±79</b>	<b>161±51</b>	<b>51</b>	<b>70</b>
<i>Máximo:</i>	450	275	65	81
<i>Mínimo:</i>	148	77	35	51
<b>0 -227 dias</b>	<b>195±83</b>	<b>126±55</b>	<b>60</b>	<b>74</b>
<i>Máximo:</i>	450	275	88	95
<i>Mínimo:</i>	47	28	35	51

\* Amostras brutas e \*\* Amostras filtradas.

Tabela 5.11: Valores médios, máximos e mínimos em termos de Sólidos Suspensos Totais (SST) e Voláteis (SSV) efluente e eficiência de remoção na 1ª etapa de operação do reator ASBBR.

1ª ETAPA	SST (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV (mg.l <sup>-1</sup> )	Remoção SST (%)	Remoção SSV (%)
<b>0 - 25 dias</b>	<b>65±20</b>	<b>49±20</b>	<b>69</b>	<b>79</b>
<i>Máximo:</i>	92	77	-	-
<i>Mínimo:</i>	44	31	-	-
<b>26 - 164 dias</b>	<b>58±36</b>	<b>51±30</b>	<b>70</b>	<b>69</b>
<i>Máximo:</i>	142	118	-	-
<i>Mínimo:</i>	9	7	-	-
<b>165 - 227 dias</b>	<b>87±19</b>	<b>68±25</b>	<b>71</b>	<b>70</b>
<i>Máximo:</i>	115	98	-	-
<i>Mínimo:</i>	49	14	-	-
<b>0 -227 dias</b>	<b>70±31</b>	<b>57±27</b>	<b>69</b>	<b>69</b>
<i>Máximo:</i>	142	118	-	-
<i>Mínimo:</i>	9	7	-	-

Tabela 5.12: Valores médios, máximos e mínimos em termos de Ácidos Voláteis Totais (como ácido acético) e Alcalinidade a bicarbonato no efluente e concentração de metano presente no biogás na 1ª etapa de operação do reator ASBBR.

1ª ETAPA	AVT (mgHAc.l <sup>-1</sup> )	Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	Metano (mmoles.l <sup>-1</sup> )
<b>0 - 25 dias</b>	<b>62±10</b>	<b>125±16</b>	<b>0,24±0,23</b>
<i>Máximo:</i>	75 (7,3)	147	0,43
<i>Mínimo:</i>	46 (6,7)	104	0,0
<b>26 - 164 dias</b>	<b>34±13</b>	<b>137±19</b>	<b>0,75±0,21</b>
<i>Máximo:</i>	73 (7,3)	179	1,20
<i>Mínimo:</i>	11 (6,8)	92	0,43
<b>165 - 227 dias</b>	<b>98±89</b>	<b>89±30</b>	<b>0,42±0,22</b>
<i>Máximo:</i>	445 (7,2)	120	1,10
<i>Mínimo:</i>	47 (6,5)	0	0,0
<b>0 - 227 dias</b>	<b>54±55</b>	<b>126±28</b>	<b>0,62±0,28</b>
<i>Máximo:</i>	445 (7,3)	179	1,20
<i>Mínimo:</i>	11 (6,5)	0	0,0

( ) pH

Nas Figuras 5.21 a 5.28 visualizam-se os resultados obtidos dos parâmetros de monitoramento do reator ASBBR ao longo da 1ª etapa de operação, composta por três fases distintas, com duração de 227 dias. Como esse sistema diferencia-se dos demais na forma de retenção de biomassa, pelo uso de suporte inerte, optou-se na análise individual do reator, mesmo ele tendo relação L/D=1,5, igual aos ASBR1 e ASBR2 e agitação mecânica semelhante ao ASBR2.

O ASBBR apresentou, nos primeiros 25 dias (fase I), eficiência de remoção de DQO<sub>Bruta</sub> e DQO<sub>Filtrada</sub> média de 52% (máx.: 59%) e 64 % (máx.: 70%), respectivamente. Tais valores foram proporcionados, provavelmente, pela remoção física de sólidos presentes no esgoto sanitário pela espuma de poliuretano. No efluente do reator, as médias de DQO<sub>Bruta</sub> e DQO<sub>Filtrada</sub> foram de 254±33 mg.l<sup>-1</sup> (min: 224 mg.l<sup>-1</sup>) e de 192±21 mg.l<sup>-1</sup> (min: 166 mg.l<sup>-1</sup>), enquanto que a remoção de sólidos suspensos e voláteis foi de 69% e 72%. Nesse período, a concentração média de sólidos suspensos totais e voláteis chegou a 65±20 mgSST.l<sup>-1</sup> (min: 44 mgSST.l<sup>-1</sup>) e de 49±20 mgSSV.l<sup>-1</sup> (min: 31 mgSSV.l<sup>-1</sup>).

A concentração de metano, presente no biogás, conforme Figura 5.26, aumentou consideravelmente, indicando o início do tratamento biológico

metanogênico. Especificamente nesse reator, pode-se observar que a partir do vigésimo dia de operação, a concentração de ácidos voláteis totais no afluente foi superior ao efluente, indicando, também, o início do tratamento pelo processo anaeróbio. Na fase I, a concentração média de ácidos voláteis totais no efluente foi de  $62 \pm 10 \text{ mgHac.l}^{-1}$  (min:  $46 \text{ mgHac.l}^{-1}$ ).

Na fase II, as médias, tanto DQO efluente como as eficiências de remoção de matéria orgânica foram melhores, atingindo  $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$  de  $151 \pm 59 \text{ mg.l}^{-1}$  e  $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$  de  $99 \pm 41 \text{ mg.l}^{-1}$ , assim como 65% (máx.:88%) e 77 % (máx.:95%) nas amostras bruta e filtradas, respectivamente. Foram obtidos valores mínimos de DQO efluente de  $47 \text{ mg.l}^{-1}$  ( $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$ ) e  $28 \text{ mg.l}^{-1}$  ( $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$ ). Esta melhoria de desempenho em termos de DQO está ligada à alta remoção de sólidos suspensos pela redução da DQO particulada no efluente (Figura 5.21).

Os bons resultados obtidos no tratamento de esgoto sanitário pelo ASBBR, até ao final da fase II, ficaram prejudicados, devido à entrada de cloreto férrico. Conseqüentemente, a qualidade do efluente final, na fase III, em termos de DQO média, foi maior e com valores de  $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$  de  $268 \pm 79 \text{ mg.l}^{-1}$  e  $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$  de  $161 \pm 51 \text{ mg.l}^{-1}$ , enquanto a eficiência média de remoção de DQO foi de 51% e 70% para amostras brutas e filtradas.

As médias de remoção de sólidos suspensos totais e voláteis mantiveram-se nos mesmos valores. Houve, apenas, aumento na concentração média de sólidos suspensos no efluente na fase II de  $58 \pm 20 \text{ mgSST.l}^{-1}$  (min:  $9 \text{ mgSST.l}^{-1}$ ) e de  $51 \pm 30 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  (min:  $7 \text{ mgSSV.l}^{-1}$ ) para a fase III de  $87 \pm 19 \text{ mgSST.l}^{-1}$  (min:  $49 \text{ mgSST.l}^{-1}$ ) e de  $68 \pm 25 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  (min:  $14 \text{ mgSSV.l}^{-1}$ ). Este fato, provavelmente, ocorreu pela floculação de biomassa no interior dos cubos de espuma que, posteriormente desprende-se ao longo da fase III ou devido à perda de biomassa em consequência da carga de choque aplicada ao sistema.

No total dos 227 dias, levando-se em conta a carga de choque a que foi submetido o reator, o mesmo apresentou potencial no tratamento de esgoto sanitário, representado pela DQO presente no efluente, eficiência de remoção de

matéria orgânica, e remoção de sólidos suspensos. A DQO média no efluente foi de  $195 \pm 83 \text{ mg.l}^{-1}$  ( $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$ ) e  $126 \pm 55 \text{ mg.l}^{-1}$  ( $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$ ), enquanto que a média de eficiência remoção de DQO foi de 60% (máx.:88%) e 74% (máx.:95%) no mesmo período. As concentrações de sólidos suspensos atingiram médias de  $70 \pm 31 \text{ mgSST.l}^{-1}$  e  $57 \pm 27 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  e eficiência média de remoção foi de 69%.

A análise da tendência de linearidade de COremovida  $\times$  COaplicada, na fase II, foi realizada por meio de ajuste linear, determinando-se o valor do coeficiente angular de 0,68, conforme apresentado na Figura 5.23. Este valor obtido pelo ASBBR foi superior aos observados nos reatores ASBR1, ASBR2 e ASBR3, demonstrando sua habilidade de maior remoção de matéria orgânica.

A presença de cloreto férrico no reator provocou o desbalanceamento entre as fases acidogênica e metanogênica, permitindo o aumento repentino da concentração de ácidos voláteis totais (máx:  $445 \text{ mgHac.l}^{-1}$ ) e consumo total da alcalinidade a bicarbonato presente (Figuras 5.24 e 5.25). Ressalta-se que não se detectou a presença de metano no biogás gerado pelo ASBBR no período de carga de choque (Figura 5.26).

No período compreendido entre 165 dias a 227 dias de operação (fase III), houve defasagem entre produção e consumo de ácidos voláteis, conforme se observa na concentração média obtida no efluente de  $98 \pm 89 \text{ mgHac.l}^{-1}$ , superior a média do afluente. Como observação, também, houve a necessidade de repor alcalinidade artificialmente pela adição de bicarbonato de sódio.

Os valores médios de alcalinidade a bicarbonato, ao longo das três fases de operação (227 dias), apresentaram, no afluente, média inferior ao efluente de  $99 \pm 15 \text{ mgCaCO}_3.\text{l}^{-1}$  e  $126 \pm 28 \text{ mgCaCO}_3.\text{l}^{-1}$ , respectivamente. Esse fato comprova a remoção de ácidos voláteis que atingiu valor médio de  $54 \pm 55 \text{ mgHac.l}^{-1}$ , no mesmo período. O pH efluente variou de 6,5 a 7,3, valores esses que apresentam-se dentro das faixas de dados citados por vários autores na literatura para efluentes de reatores anaeróbios.

Na Figura 5.28, mostra-se a quantidade de biomassa aderida ao meio suporte de cubos de espuma de poliuretano em termos de sólidos totais (ST) e voláteis (SV). Em termos de massa total (kg) presente no reator ASBBR, o cálculo aproximado é o produto da concentração ( $\text{kgST.kgsuporte}^{-1}$  ou  $\text{kgSV.kgsuporte}^{-1}$ ) pela densidade aparente da espuma ( $23 \text{ kg.m}^{-3}$ ) e o volume total de espuma de poliuretano adicionada ao reator ( $0,39 \text{ m}^3$ ).

Desde o início de operação, notou-se o crescimento da biomassa aderida devido à colonização microbiana protagonizada pelo esgoto sanitário. Os dados iniciais foram de  $0,37 \text{ kgST.kgsuporte}^{-1}$  ( $3,3 \text{ kgST}$ ) e  $0,28 \text{ kgSV.kgsuporte}^{-1}$  ( $2,5 \text{ kgSV}$ ), sendo que, na fase II, atingiu-se a concentração de  $0,85 \text{ kgST.kgsuporte}^{-1}$  ( $7,6 \text{ kgST}$ ) e  $0,60 \text{ kgSV.kgsuporte}^{-1}$  ( $5,4 \text{ kgSV}$ ). Esses dados indicam que houve rápida retenção de sólidos ao suporte inerte, bem como a colonização da espuma de poliuretano pelo substrato alimentado ao ASBBR.

A partir da entrada de cloreto férrico no sistema, houve perda de biomassa aderida, que resultou na diminuição das concentrações de sólidos para  $0,55 \text{ kgST.kgsuporte}^{-1}$  ( $4,9 \text{ kgST}$ ) e  $0,46 \text{ kgSV.kgsuporte}^{-1}$  ( $4,1 \text{ kgSV}$ ). No final da fase III, houve novo acréscimo nos valores das concentrações de sólidos para  $1,13 \text{ kgSTotais.kgsuporte}^{-1}$  ( $10,1 \text{ kgST}$ ) e  $0,72 \text{ kgSV.kgsuporte}^{-1}$  ( $6,5 \text{ kgSV}$ ). Possivelmente, esse aumento não se deu como biomassa anaeróbia efetiva para tratamento do esgoto sanitário, em razão da eficiência de remoção de DQO e da qualidade do efluente gerado, na fase III, não ter atingido os mesmos níveis da fase anterior (fase II -sem cloreto férrico). Acredita-se que tenha ocorrido a floculação de sólidos no interior dos cubos de espuma de poliuretano. Este fato é corroborado pelos dados de remoção de sólidos suspensos conforme citado anteriormente.

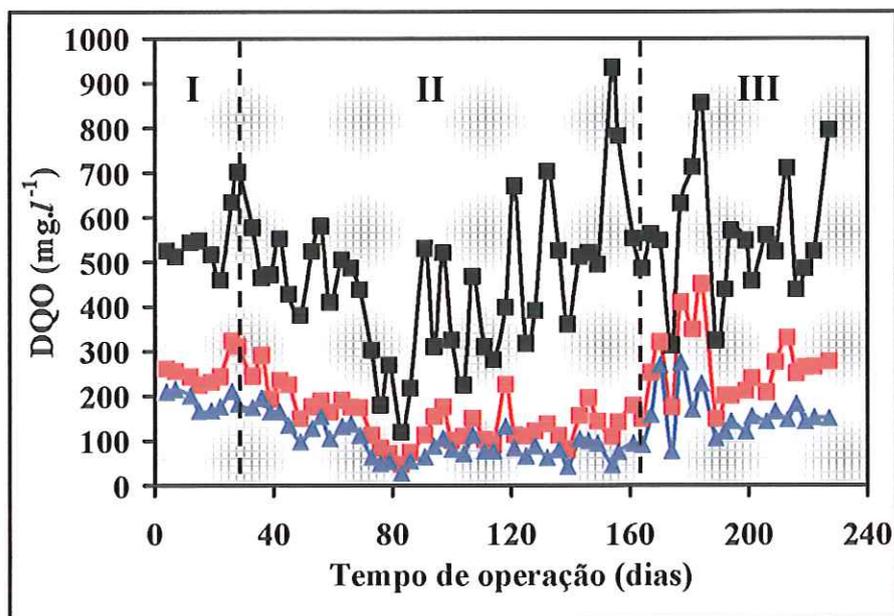


Figura 5.21: Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBBR na 1ª etapa de operação.

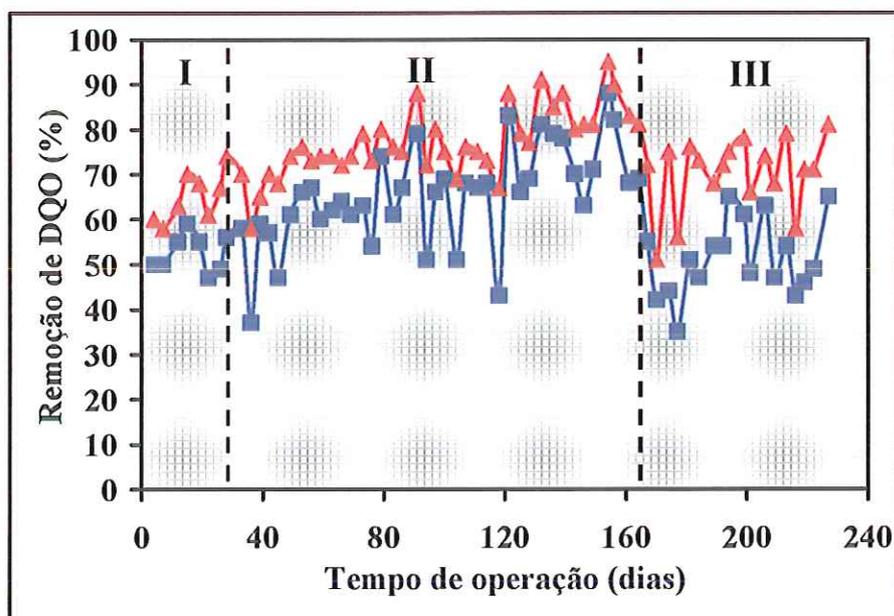


Figura 5.22: Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator do ASBBR na 1ª etapa de operação.

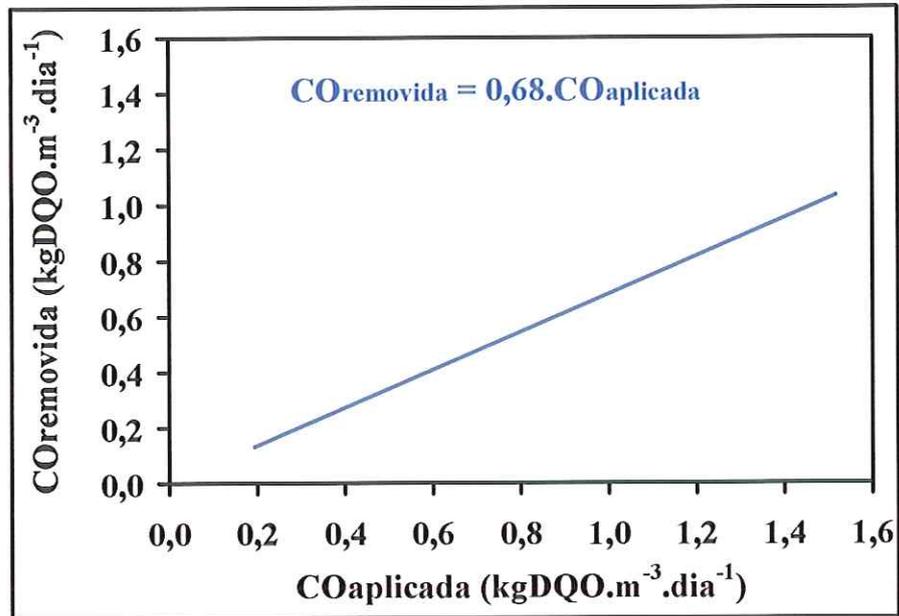


Figura 5.23: Carga orgânica removida em função da carga orgânica aplicada no reator ASBBR (—) na fase II (26-164 dias de operação) da 1ª etapa de operação.

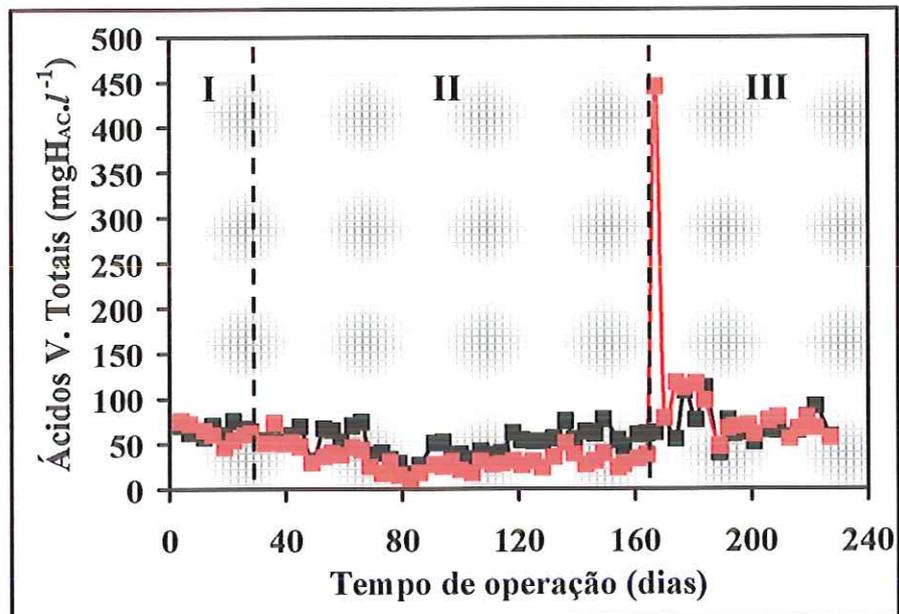


Figura 5.24: Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente no reator ASBBR (■) na 1ª etapa de operação.

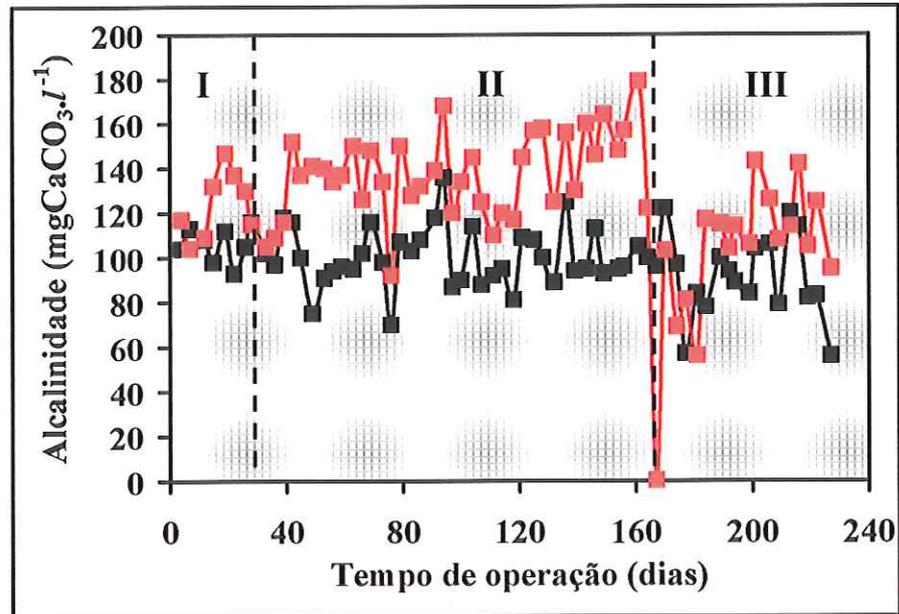


Figura 5.25: Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente no reator ASBBR (■) na 1ª etapa de operação.

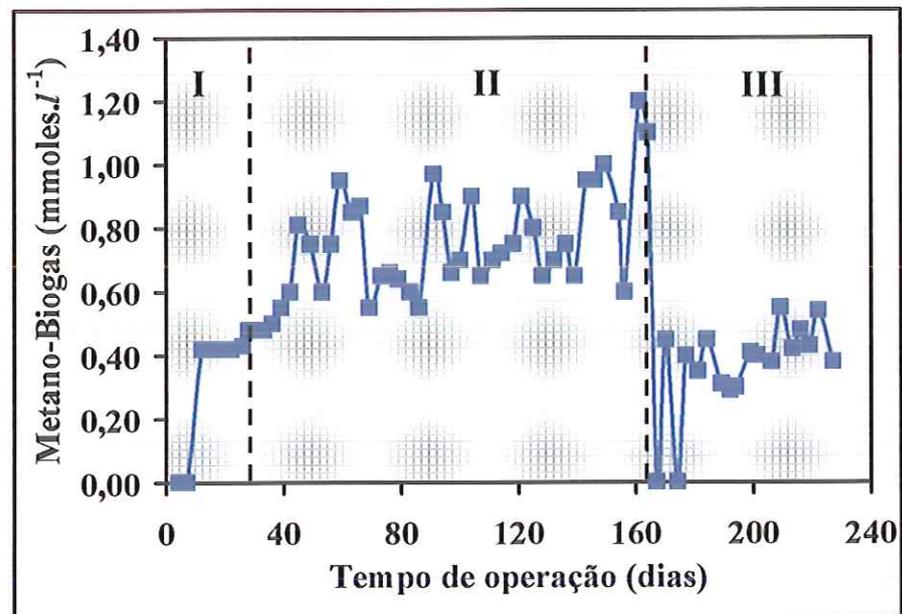


Figura 5.26: Variação temporal da concentração de metano presente no biogás do reator ASBBR (■) na 1ª etapa de operação.

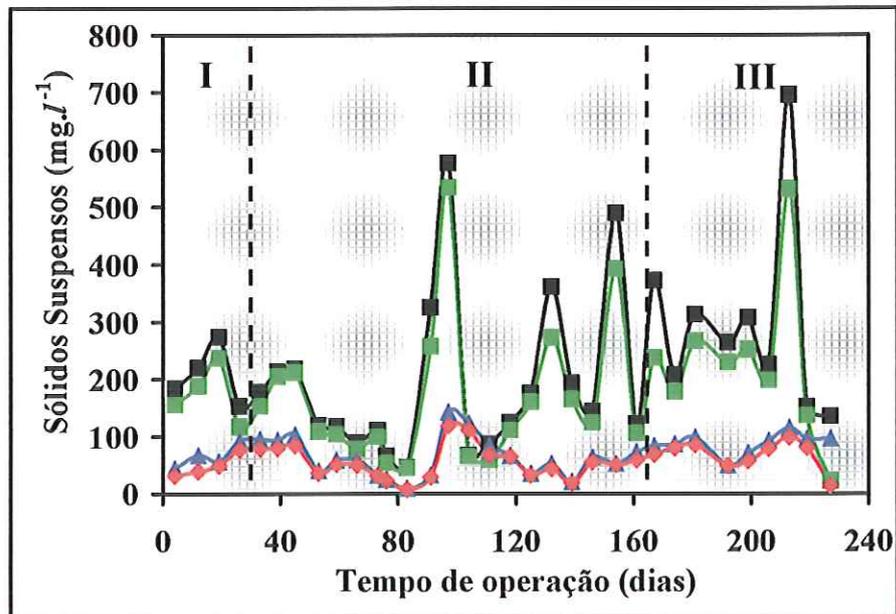


Figura 5.27: Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBBR na 1ª etapa de operação.

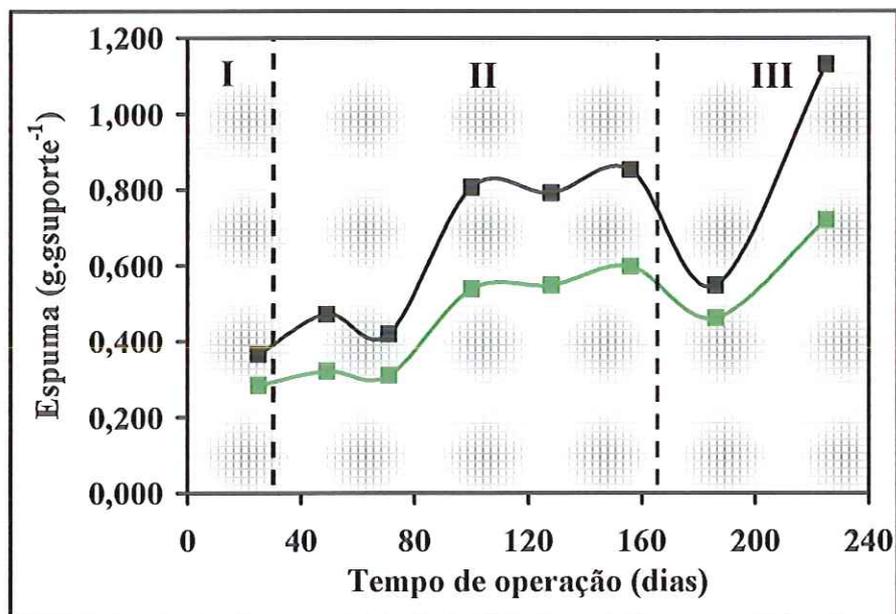


Figura 5.28: Variação temporal (mensal) da concentração de Sólidos Totais (■) e Voláteis (■) no lodo do reator ASBBR na 1ª etapa de operação.

#### 5.2.4 Análise dos Reatores Anaeróbios Operados em Batelada (2ª ETAPA)

Nas Tabelas 5.13, 5.14 e 5.15, estão apresentados os resultados do monitoramento do efluente dos reatores ASBR1, ASBR2, ASBR3 e ASBBR na 2ª

etapa de operação (reatores inoculados), no tratamento de esgoto sanitário, conforme descrito no item 4.4. Os dados contidos nas referidas Tabelas estão descritos como valores médios das variáveis analisadas nessa etapa de operação (66 dias-198 bateladas), bem como os valores máximos e mínimos dessas variáveis.

Tabela 5.13: Valores médios, máximos e mínimos em termos de DQO efluente e eficiência de remoção na 2ª etapa de operação dos reatores ASBR1, ASBR2, ASBR3 e ASBBR.

2ª ETAPA	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO Filtrada (mg.l <sup>-1</sup> )	Eficiência* (%)	Eficiência** (%)
<b>ASBR1</b>	<b>334±69</b>	<b>160±35</b>	<b>39</b>	<b>71</b>
<i>Máximo</i>	452	225	59	83
<i>Mínimo</i>	205	92	11	45
<b>ASBR2</b>	<b>215±50</b>	<b>120±23</b>	<b>60</b>	<b>78</b>
<i>Máximo</i>	374	154	75	89
<i>Mínimo</i>	134	68	32	70
<b>ASBR3</b>	<b>314±70</b>	<b>159±31</b>	<b>43</b>	<b>71</b>
<i>Máximo</i>	517	200	63	85
<i>Mínimo</i>	214	93	16	60
<b>ASBBR</b>	<b>215±50</b>	<b>127±28</b>	<b>61</b>	<b>77</b>
<i>Máximo</i>	356	188	72	87
<i>Mínimo</i>	148	82	46	66

\* Amostras brutas e \*\* Amostras filtradas

Tabela 5.14: Valores médios, máximos e mínimos em termos de Sólidos Suspensos Totais (SST) e Voláteis (SSV) efluente e eficiência de remoção na 2ª etapa de operação dos reatores ASBR1, ASBR2, ASBR3 e ASBBR.

2ª ETAPA	SST (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV (mg.l <sup>-1</sup> )	Remoção SST (%)	Remoção SSV (%)
<b>ASBR1</b>	<b>91±30</b>	<b>81±26</b>	<b>64</b>	<b>60</b>
<i>Máximo</i>	124	115	-	-
<i>Mínimo</i>	63	52	-	-
<b>ASBR2</b>	<b>53±12</b>	<b>44±09</b>	<b>79</b>	<b>79</b>
<i>Máximo</i>	74	63	-	-
<i>Mínimo</i>	32	29	-	-
<b>ASBR3</b>	<b>83±51</b>	<b>75±20</b>	<b>67</b>	<b>63</b>
<i>Máximo</i>	107	100	-	-
<i>Mínimo</i>	37	33	-	-
<b>ASBBR</b>	<b>62±29</b>	<b>54±24</b>	<b>75</b>	<b>73</b>
<i>Máximo</i>	136	116	-	-
<i>Mínimo</i>	36	33	-	-

Tabela 5.15: Valores médios, máximos e mínimos em termos de pH, Ácidos Voláteis Totais (como ácido acético) e Alcalinidade a bicarbonato no efluente e concentração de metano presente no biogás na 2ª etapa de operação dos reatores ASBR1, ASBR2, ASBR3 e ASBBR.

2ª ETAPA	pH	Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> .l <sup>-1</sup> )	Ácidos V.Totais (mgHAC.l <sup>-1</sup> )	Metano (mmoles.l <sup>-1</sup> )
<b>ASBR1</b>	-	<b>106±21</b>	<b>58±13</b>	<b>0,92±0,44</b>
<i>Máximo</i>	7,3	163	79	1,90
<i>Mínimo</i>	6,8	73	28	0,50
<b>ASBR2</b>	-	<b>133±24</b>	<b>40±11</b>	<b>1,36±0,41</b>
<i>Máximo</i>	7,3	215	58	2,30
<i>Mínimo</i>	6,8	101	19	0,86
<b>ASBR3</b>	-	<b>111±16</b>	<b>55±11</b>	<b>0,95±0,33</b>
<i>Máximo</i>	7,3	155	73	1,70
<i>Mínimo</i>	6,7	86	28	0,53
<b>ASBBR</b>	-	<b>118±20</b>	<b>49±12</b>	<b>0,58±0,32</b>
<i>Máximo</i>	7,3	157	67	1,20
<i>Mínimo</i>	6,8	88	27	0,0

#### 5.2.4.1 Análise Comparativa entre ASBR1 e ASBR2 (2ª ETAPA)

Nas Figuras 5.29 a 5.37, são apresentadas as variações dos parâmetros de monitoramento, ao longo da 2ª etapa de operação, dos reatores ASBR1 e ASBR2. Nessa etapa, como citado anteriormente, não foram alteradas as condições de operação (tempo de ciclo e agitação). Para o ASBR1 manteve-se a recirculação intermitente de líquido de 1500 l.h<sup>-1</sup> (10 min/h-fase de reação) e no ASBR2 a agitação mecânica de 30 rpm.

A concentração de metano (Figura 5.35), presente no biogás produzido via processo anaeróbio, foi o indicativo do início do tratamento do esgoto sanitário em ambos os sistemas. Esse fato ocorrido, no 1º dia de operação está ligado, logicamente, à presença de lodo biológico granular anaeróbio.

A princípio, houve rápida adaptação do inóculo ao substrato (esgoto sanitário), mas, durante o ensaio experimental, houve grande perda de lodo biológico no ASBR1, causando prejuízo à sua estabilidade de operação (equilíbrio dinâmico aparente) e ao desempenho. Ao contrário do ASBR1, observou-se no ASBR2, que a fase de partida e a estabilidade (equilíbrio dinâmico aparente)

puderam ser alcançadas em poucos dias de operação, mesmo ocorrendo perda de lodo. Tal diminuição da massa de lodo no ASBR2 está relacionada com a seleção do lodo com melhor característica de sedimentação, enquanto na ASBR1 houve implicações com o tipo de agitação empregada (fragmentação da biomassa).

Os dados de concentração de lodo e quantidade de biomassa no interior dos reatores, expressos como sólidos totais (ST) e voláteis (SV) confirmam a perda de lodo. Inicialmente, o lodo de inóculo, aplicado igualmente nos reatores, tinha as concentrações de  $64,1 \text{ gST.l}^{-1}$  ( $25,6 \text{ KgST}$ ) e  $52,8 \text{ gSV.l}^{-1}$  ( $21,1 \text{ KgSV}$ ), sendo que ao término de 66 dias, estes valores decresceram para  $8,0 \text{ gST.l}^{-1}$  ( $3,3 \text{ kgST}$ ) e  $6,90 \text{ gSV.l}^{-1}$  ( $2,8 \text{ kgSV}$ ) no ASBR1, enquanto no ASBR2 para  $18,1 \text{ gST.l}^{-1}$  ( $7,4 \text{ kgST}$ ) e  $15,3 \text{ gSV.l}^{-1}$  ( $6,3 \text{ kgSV}$ ).

Nessa 2ª etapa, como citado, o ASBR2 demonstrou desempenho superior em relação ao ASBR1, bem como melhor qualidade de efluente. Os valores médios de efluente em termos de  $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$  e  $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$  no ASBR2 foram de  $215 \pm 50 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $134 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e  $120 \pm 23 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $68 \text{ mg.l}^{-1}$ ), e de  $334 \pm 69 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $205 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e  $160 \pm 35 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $92 \text{ mg.l}^{-1}$ ) no ASBR1. Conseqüentemente, pelas eficiências médias de remoção de DQO nas amostras brutas e filtradas, observaram-se valores superiores no ASBR2. Estes valores atingiram 60% (máx: 75%) e 78% (máx: 89%) no ASBR2 e 39% (máx: 59%) e 71% (máx: 89%) para o ASBR1.

A diferença de comportamento no desempenho das unidades está atrelado ao fato de a DQO particulada influenciar na qualidade do líquido descartado. O problema consiste na menor retenção de biomassa no ASBR1 em relação ao ASBR2. Portanto, a eficiência média de remoção de sólidos suspensos totais (SST) e voláteis (SSV) no ASBR2 superou o ASBR1, tanto que se atingiu valores médios de 79% (SST e SSV) e de 64% (SST) e 60% (SSV), respectivamente. No efluente, as concentrações médias eram de  $91 \pm 30 \text{ mgSST.l}^{-1}$  (máx:  $124 \text{ mgSST.l}^{-1}$ ) e  $81 \pm 26 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  (máx:  $115 \text{ mgSSV.l}^{-1}$ ) no ASBR1 de  $53 \pm 12 \text{ mgSST.l}^{-1}$  (máx:  $74 \text{ mgSST.l}^{-1}$ ) e  $44 \pm 89 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  (máx:  $63 \text{ mgSST.l}^{-1}$ ) no ASBR2.

Como não há aparato para separação de sólidos no interior do ASBR1, o uso de recirculação de líquido por bomba centrífuga promoveu a fragmentação do lodo biológico granular (passagem pelo rotor), reduzindo sua característica de sedimentação, propiciando, dessa forma, a perda de sólidos biológicos pela menor capacidade de retenção de sólidos, o que reflete em maiores concentrações de DQO no efluente. Aliado a este fato, a recirculação intermitente não permite o contato efetivo da biomassa com o substrato ao longo da fase de reação, o que contribui para baixa eficiência de remoção de matéria orgânica.

Nas Figuras 5.33 e 5.34, acompanha-se o comportamento das concentrações de ácidos voláteis totais (AVT) e alcalinidade a bicarbonato. Após 66 dias de operação, obtiveram-se concentrações médias de AVT no afluente de  $68 \pm 13$  mgHac. $l^{-1}$  (máx: 91 mgHac. $l^{-1}$ ) e no efluente do ASBR1 de  $58 \pm 13$  mgHac. $l^{-1}$  (máx: 79 mgHac. $l^{-1}$ ) e do ASBR2 de  $40 \pm 11$  mgHac. $l^{-1}$  (máx: 58 mgHac. $l^{-1}$ ). As médias de alcalinidade a bicarbonato, gerada no tratamento biológico anaeróbico, apresentaram no efluente valor de  $106 \pm 21$  mgCaCO<sub>3</sub>. $l^{-1}$  e  $133 \pm 24$  mgCaCO<sub>3</sub>. $l^{-1}$  no ASBR1 e ASBR2, respectivamente. Ressalta-se que o pH efluente dos reatores esteve na faixa de 6,8 a 7,3.

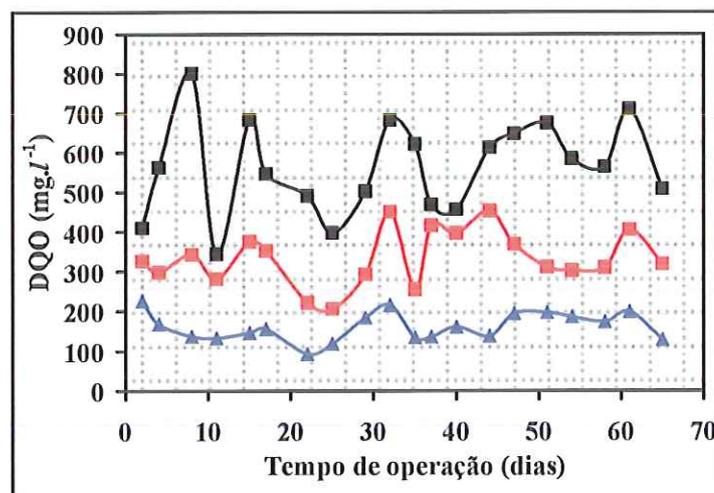


Figura 5.29: Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR1 na 2ª etapa de operação.

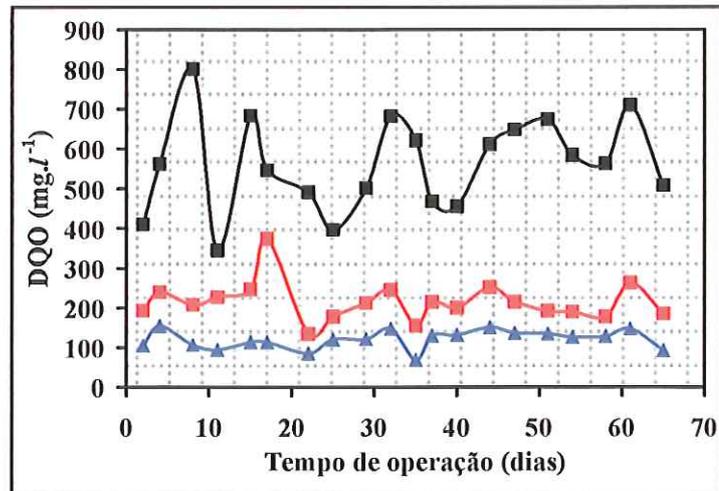


Figura 5.30: Variação temporal da concentração de DQO afluyente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR2 na 2ª etapa de operação.

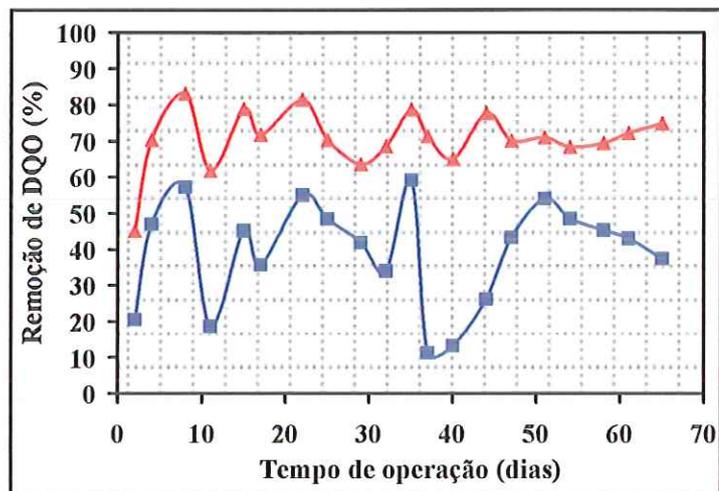


Figura 5.31: Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator do ASBR1 na 2ª etapa de operação.

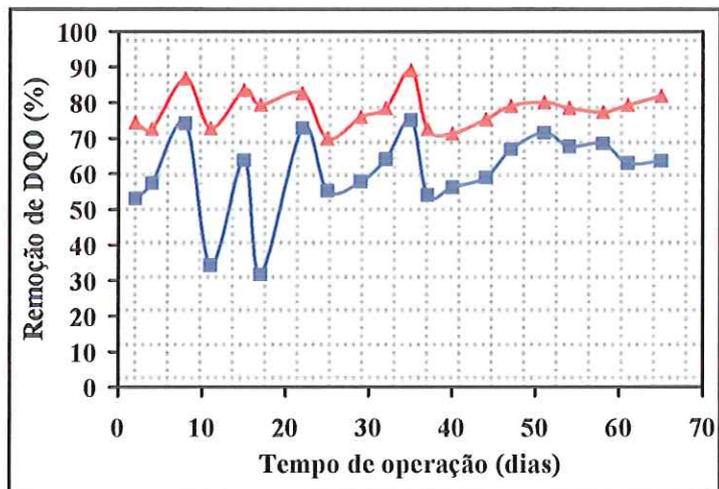


Figura 5.32: Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator do ASBR2 na 2ª etapa de operação.

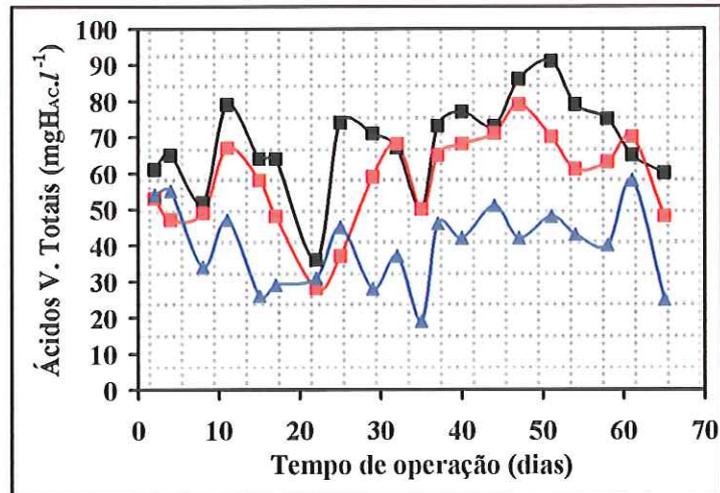


Figura 5.33: Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (■) e ASBR2 (▲) na 2<sup>a</sup> etapa de operação.

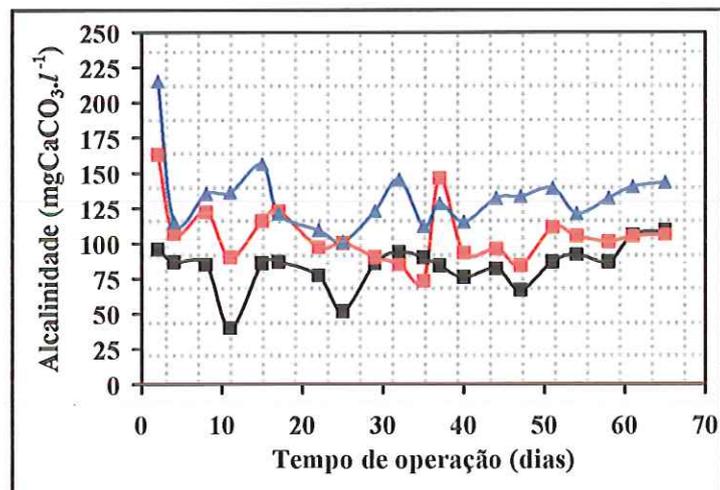


Figura 5.34: Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (■) e ASBR2 (▲) na 2<sup>a</sup> etapa de operação.

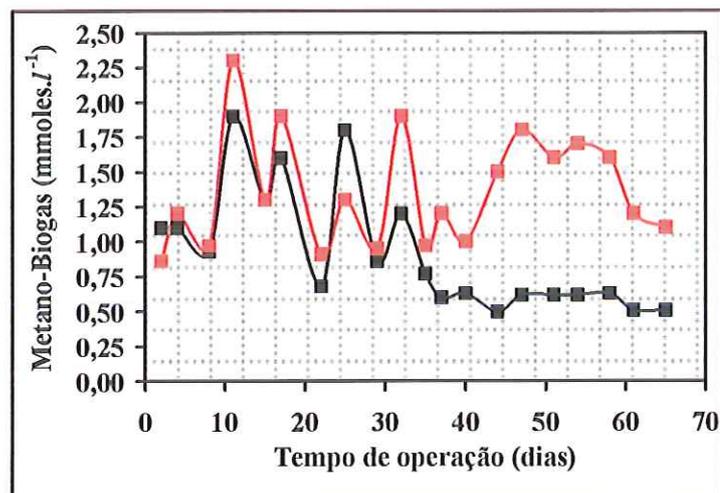


Figura 5.35: Variação temporal da concentração de metano presente no biogás dos reatores ASBR1 (■) e ASBR2 (■) na 2<sup>a</sup> etapa de operação.

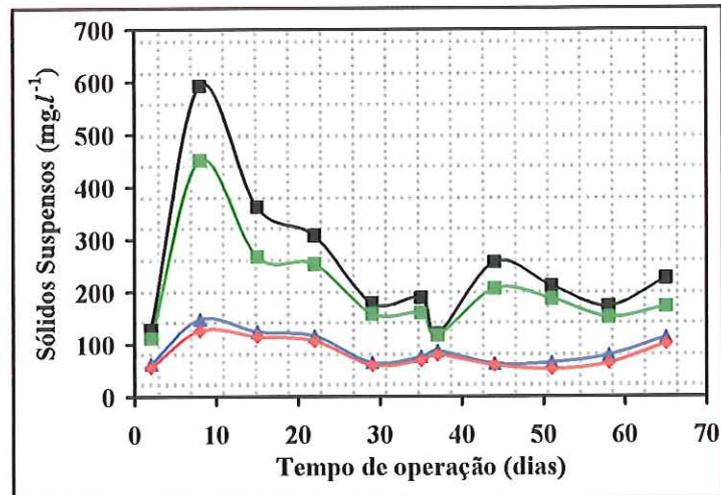


Figura 5.36: Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR1 na 2ª etapa.

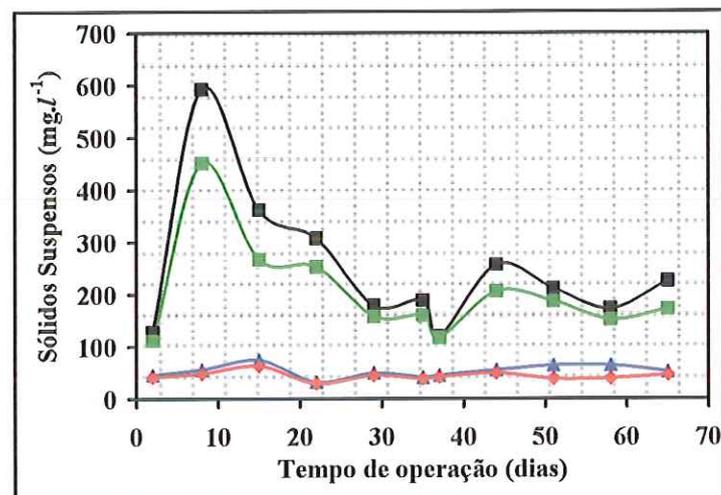


Figura 5.37: Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR2 na 2ª etapa.

#### 5.2.4.2 Análise Comparativa entre ASBR1 e ASBR3 (2ª ETAPA)

O comportamento das variações dos parâmetros de monitoramento do reator ASBR3 ao longo da 2ª etapa de operação está apresentado nas Figuras 5.38, 5.39 e 5.43. Nas Figuras 5.40, 5.41 e 5.42 os resultados são apresentados em conjunto tanto para o ASBR1 como para o ASBR3. Ressalta-se que, para a visualização comparativa dos dados obtidos nos reatores ASBR1 e ASBR3, as Figuras referentes ao ASBR1 (5.29, 5.31 e 5.36) podem ser visualizadas no item anterior (5.2.4.1).

As condições de operação (tempo de ciclo e agitação) continuaram sendo as mesmas utilizadas na 1ª etapa. Nos reatores ASBR1 e ASBR3, com igual tipo de

agitação, manteve-se a recirculação intermitente de líquido de  $1500 \text{ l.h}^{-1}$  (10 min/h-fase de reação).

Nos 66 dias de operação, as duas configurações apresentaram desempenho semelhante e determinado pela instabilidade de operação e baixa média de eficiência de remoção de  $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$ . O ASBR1 e ASBR3 atingiram médias, para amostras brutas, de 39% (máx: 59%) e 43% (máx: 63%), enquanto para amostras filtradas, de 71% (máx: 83%) e 71% (máx: 85%), respectivamente. Os reduzidos valores médios de eficiência são reflexos da alta concentração de DQO particulada decorrente da existência de sólidos no efluente. Esse aspecto é notado pela diferença entre a  $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$  e de  $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$  analisadas na saída das unidades.

Nesse período, as concentrações médias de  $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$  e de  $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$  no efluente do ASBR1 foram de  $334 \pm 69 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $205 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e  $160 \pm 35 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $92 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e para o ASBR3 de  $314 \pm 70 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $214 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e  $159 \pm 31 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $93 \text{ mg.l}^{-1}$ ).

Devido à presença de sólidos no descarte, a concentração de sólidos suspensos totais (SST) e voláteis (SSV) atingiu valores médios de  $91 \pm 30 \text{ mgSST.l}^{-1}$  (min:  $63 \text{ mgSST.l}^{-1}$ ) e  $81 \pm 26 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  (min:  $52 \text{ mgSSV.l}^{-1}$ ) no ASBR1 e a  $83 \pm 51 \text{ mgSST.l}^{-1}$  (min:  $37 \text{ mgSST.l}^{-1}$ ) e  $79 \pm 25 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  (min:  $33 \text{ mgSST.l}^{-1}$ ) no ASBR3. A eficiência média de remoção de sólidos suspensos totais (SST) e voláteis (SSV), ao final do ensaio no ASBR1 e ASBR3, eram de 64% (SST) e 60% (SSV) e 67% (SST) e 63% (SSV), respectivamente.

O fraco desempenho das unidades está diretamente ligada ao processo retenção de biomassa, pois permaneceu mesmo após a inoculação de lodo auto-imobilizado. Este fator restringe o desempenho dos sistemas, no caso de tratamento de esgoto sanitário, derivando-se para baixos valores de eficiência de conversão matéria orgânica e altos valores de DQO efluente. Grande parte do problema é derivada do tipo de agitação empregada nos reatores, que promoveu o trituramento do lodo granular.

Pelas análises mensais realizadas das concentrações de sólidos totais (ST) e voláteis (SV) do lodo anaeróbio ao longo da 2ª etapa, pode-se avaliar a rápida perda de lodo biológico, comprovando a deficiente retenção de sólidos dessas configurações com recirculação de líquido por bomba centrífuga. Inicialmente o lodo de inóculo aplicado aos reatores apresentava concentrações de  $64,1 \text{ gST.l}^{-1}$  (25,6 kgST) e  $52,8 \text{ gSV.l}^{-1}$  (21,1 kgSV) e, ao final dos 66 dias de operação, os valores reduziram-se para  $8,0 \text{ gST.l}^{-1}$  (3,3 kgST) e  $6,9 \text{ gSV.l}^{-1}$  (2,8 kgSV) no ASBR1 e para  $8,9 \text{ gST.l}^{-1}$  (3,7 kgST) e  $7,3 \text{ gSV.l}^{-1}$  (3,0 kgSV) no ASBR3.

O início do tratamento biológico foi constatado, já no 1º dia de operação, pela presença de metano no biogás dos reatores. A remoção de ácidos voláteis totais foi reduzida para ambos os reatores durante a 2ª etapa, tanto que a alcalinidade a bicarbonato no efluente não apresentou valores médios muito superiores ao afluente ( $84 \pm 16 \text{ mgCaCO}_3.\text{l}^{-1}$ ), com valores no ASBR1 e ASBR3 de  $106 \pm 21 \text{ mgCaCO}_3.\text{l}^{-1}$  e  $111 \pm 16 \text{ mgCaCO}_3.\text{l}^{-1}$ , respectivamente. As concentrações médias de ácidos voláteis totais no afluente eram de  $68 \pm 13 \text{ mgHac.l}^{-1}$  (máx:  $91 \text{ mgHac.l}^{-1}$ ) e no efluente do ASBR1 de  $58 \pm 13 \text{ mgHac.l}^{-1}$  (máx:  $79 \text{ mgHac.l}^{-1}$ ) e do ASBR3 de  $55 \pm 11 \text{ mgHac.l}^{-1}$  (máx:  $73 \text{ mgHac.l}^{-1}$ ). Os valores de pH no efluente dos reatores permaneceram na faixa de 6,7 a 7,3.

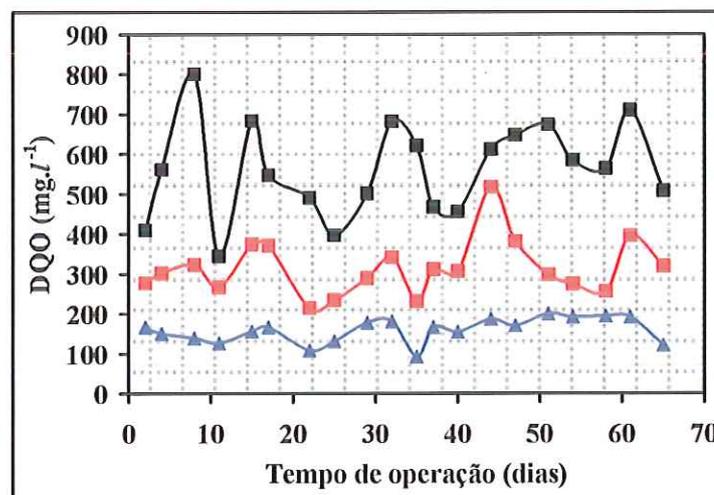


Figura 5.38: Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBR3 na 2ª etapa de operação.

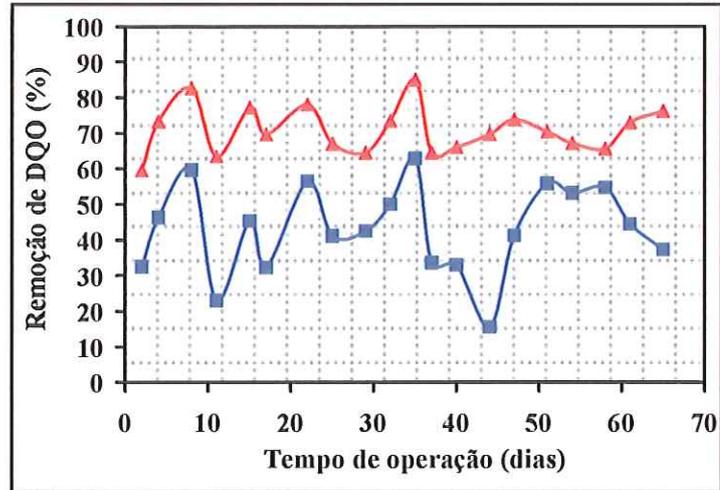


Figura 5.39: Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator do ASBR3 na 2ª etapa de operação.

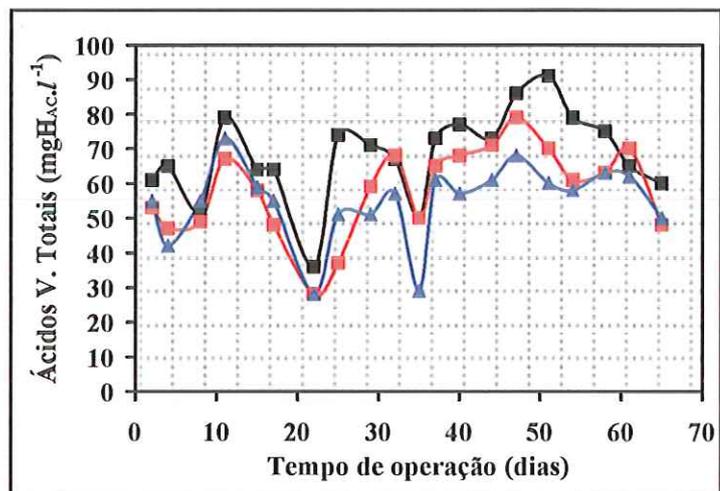


Figura 5.40: Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (■) e ASBR3 (▲) na 2ª etapa de operação.

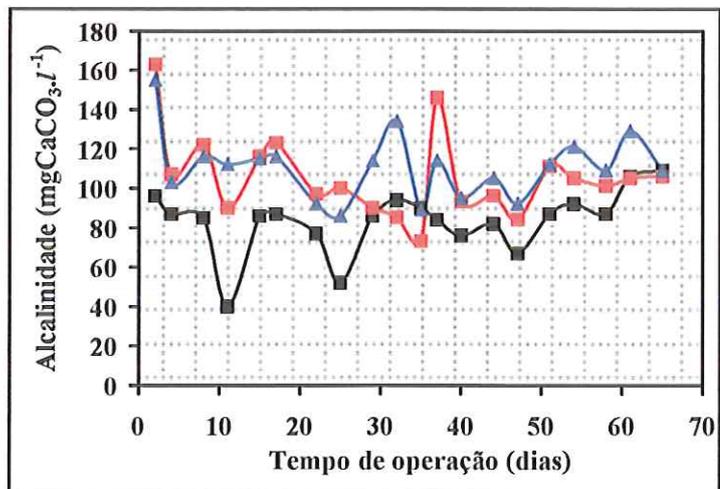


Figura 5.41: Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente nos reatores ASBR1 (■) e ASBR3 (▲) na 2ª etapa de operação.

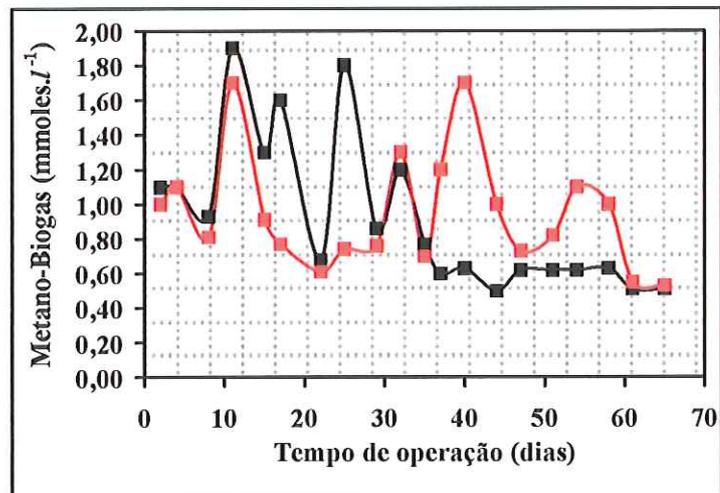


Figura 5.42: Variação temporal da concentração de metano presente no biogás dos reatores ASBR1 (■) e ASBR3 (■) na 2ª etapa de operação.

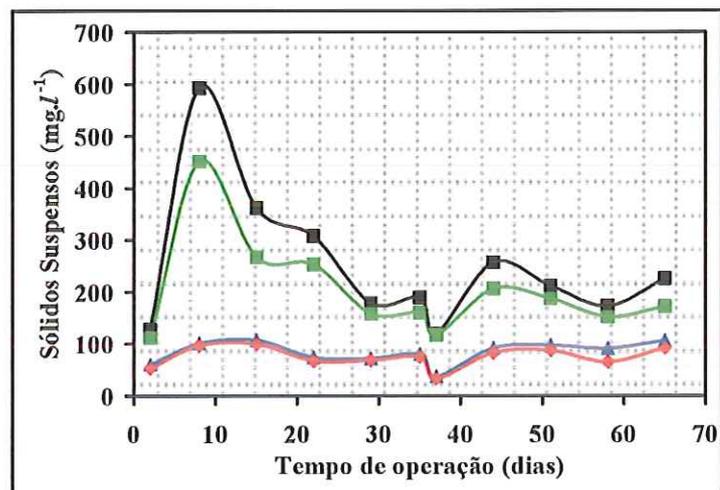


Figura 5.43: Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBR3 na 2ª etapa.

#### 5.2.4.3 Resultados do ASBBR (2ª ETAPA)

Nas Figuras 5.44 a 5.49, apresenta-se o comportamento dos parâmetros de monitoramento do reator ASBBR ao longo da 2ª etapa de operação. Como citado anteriormente, nessa etapa não foram alteradas as condições de operação (tempo de ciclo e agitação), que permaneceram idênticas às da etapa anterior. Para o ASBBR manteve-se a agitação mecânica de 40 rpm.

O ASBBR atingiu, em 10 dias de operação, as eficiências médias de remoção de  $DQO_{Bruta}$  e  $DQO_{Filtrada}$  de 70% e 79 %, respectivamente. As concentrações de

DQO no efluente, no mesmo período, foram de  $220 \text{ mg.l}^{-1}$  ( $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$ ) e  $170 \text{ mg.l}^{-1}$  ( $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$ ). Esta característica de alta eficiência no início de operação do ASBBR foi proporcionada, provavelmente, pela remoção física de sólidos, já que o processo de inoculação utilizado não surtiu o efeito esperado como forma efetiva de colonização microbiológica do material suporte (Figura 5.49). Um maior volume de lodo adicionado ao reator (acima de 60 litros) poderia ser a chave para melhor eficácia do processo de inoculação, para possivelmente, iniciar o tratamento anaeróbio já no 1º dia de operação.

A quantidade de biomassa (kg) aderida ao suporte de poliuretano em termos de concentração de sólidos totais e voláteis foi crescente durante o ensaio experimental. Os dados eram de  $0,28 \text{ kgST.kgsuporte}^{-1}$  (2,5 kgST) e  $0,21 \text{ kgSV.kgsuporte}^{-1}$  (1,9 kgSV) no 1º, sendo que, ao final de 66º dia de operação, alcançou-se os valores de concentração de  $0,62 \text{ kgST.kgsuporte}^{-1}$  (5,6 kgST) e  $0,45 \text{ kgSV.kgsuporte}^{-1}$  (4,0 kgSV). Esses valores estão próximos aos alcançados, para o mesmo tempo de operação, no caso, quando o ASBBR não foi inoculado (1ª etapa).

Nesta configuração de reator detectou-se que, mesmo com inoculação ou não, na presença do esgoto sanitário, ocorre rápida retenção e adaptação da biomassa aos cubos de espuma (suporte). A partir do 10º dia de operação, a presença de metano (Figura 5.48) foi evidenciada no biogás, indicando o início do tratamento biológico anaeróbio. Tal fato permite afirmar que a fase de partida e a estabilidade de operação (equilíbrio dinâmico aparente) no ASBBR podem ser alcançadas em curtos espaços de tempo (dias).

Ao final da 2ª Etapa (66 dias), a concentração média de DQO e de sólidos suspensos totais (SST) e voláteis (SSV) apresentaram valores de  $\text{DQO}_{\text{Bruta}}$  de  $215 \pm 50 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $148 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e  $\text{DQO}_{\text{Filtrada}}$  de  $127 \pm 28 \text{ mg.l}^{-1}$  (min:  $82 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e a  $62 \pm 29 \text{ mgSST.l}^{-1}$  (min:  $36 \text{ mgSST.l}^{-1}$ ) e de  $54 \pm 24 \text{ mgSSV.l}^{-1}$  (min:  $33 \text{ mgSSV.l}^{-1}$ ). As eficiências médias de remoção de sólidos suspensos totais e voláteis chegaram a 75% e 73 %, respectivamente.

No efluente do reator ASBBR, o pH manteve-se na faixa de 6,8 a 7,3, enquanto a concentração média de ácidos voláteis totais no afluente foi de  $68 \pm 13$

mgHac. $l^{-1}$  (máx.: 91 mgHac. $l^{-1}$ ) e de  $49 \pm 12$  mgHac. $l^{-1}$  (máx.: 67 mgHac. $l^{-1}$ ) no efluente. A Alcalinidade a bicarbonato no efluente, depois de 66 dias de operação, apresentou concentração média superior ao afluente de  $84 \pm 16$  mgCaCO<sub>3</sub>. $l^{-1}$  e  $118 \pm 20$  mgCaCO<sub>3</sub>. $l^{-1}$ , respectivamente. O fato da maior concentração de alcalinidade a bicarbonato no efluente comprova a remoção dos ácidos voláteis totais ocorrida.

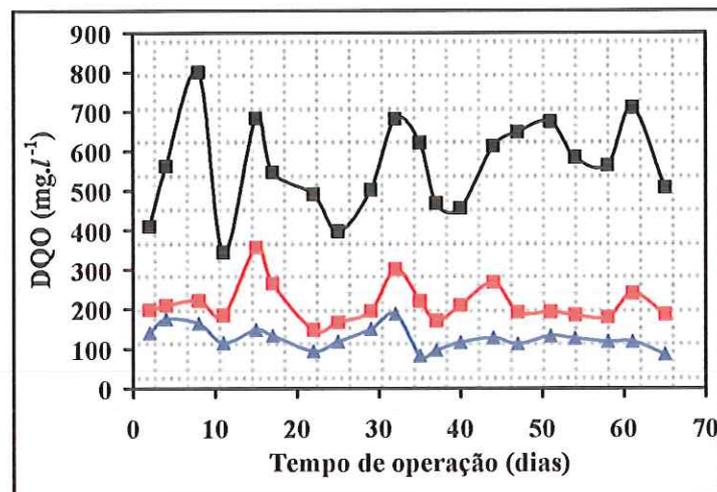


Figura 5.44: Variação temporal da concentração de DQO afluente bruta (■) e efluente bruta (■) e filtrada (▲) do ASBBR na 2ª etapa de operação.

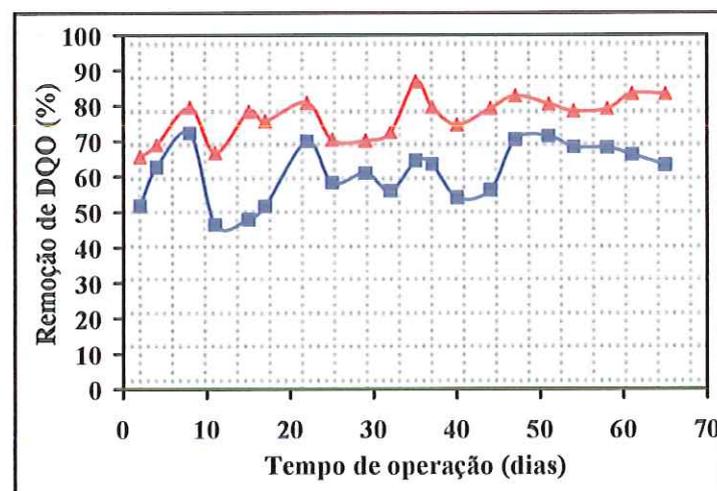


Figura 5.45: Variação da Eficiência de remoção da DQO bruta (■) e filtrada (▲) no reator do ASBBR na 2ª etapa de operação.

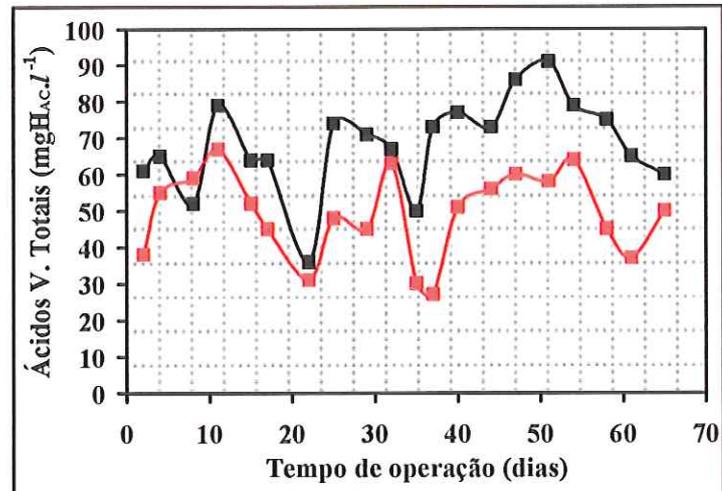


Figura 5.46: Variação temporal da concentração de Ácidos Voláteis Totais afluente (■) e efluente no reator ASBBR (■) na 2ª etapa de operação.

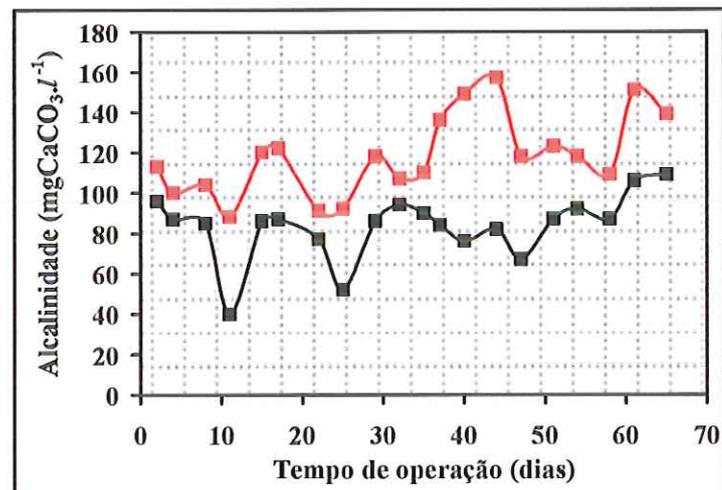


Figura 5.47: Variação temporal da Alcalinidade a bicarbonato afluente (■) e efluente no reator ASBBR (■) na 2ª etapa de operação.

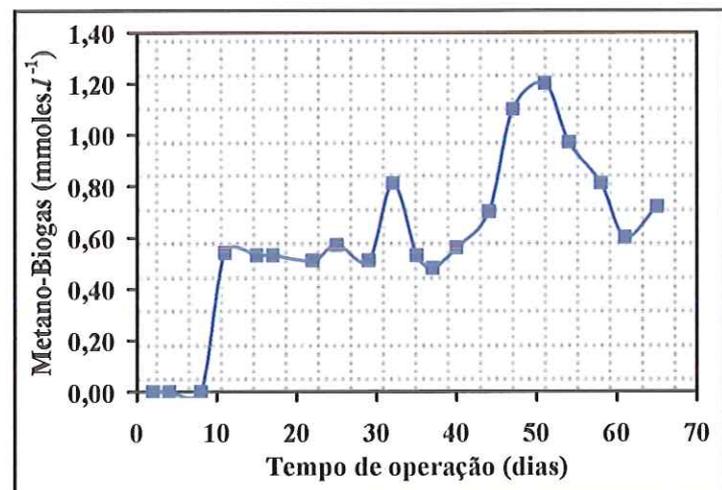


Figura 5.48: Variação temporal da concentração de metano presente no biogás do reator ASBBR (■) na 2ª etapa de operação.

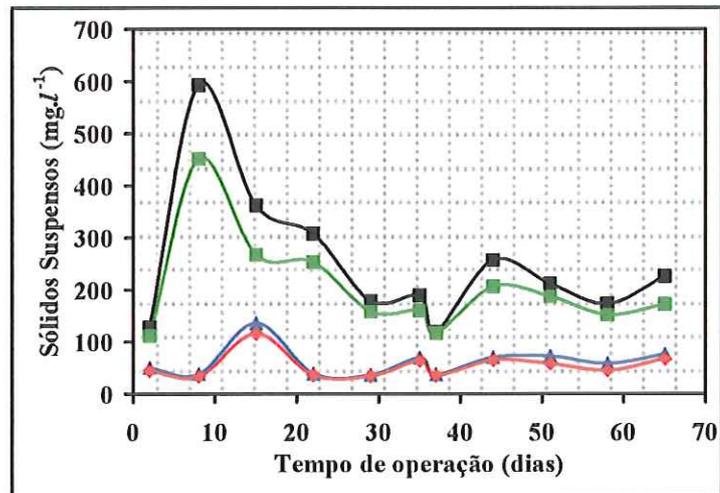


Figura 5.49: Variação temporal de Sólidos Suspensos Totais (■) e Voláteis (■) no afluente e Sólidos Suspensos Totais (▲) e Voláteis (◆) no efluente do reator ASBBR na 2ª etapa.

### 5.3 - Comentários Gerais da 1ª e 2ª Etapas

Chernicharo (1997) considera a partida de reatores anaeróbios como o período transiente inicial, marcado por instabilidades operacionais. De acordo com Van Haandel & Lettinga (1994), a duração do período de partida é definida pelo tempo necessário para se obter uma qualidade de efluente essencialmente constante e uma massa de lodo que não varia nem qualitativa nem quantitativamente com o tempo. Se não houver inoculação de lodo no início de operação, este se desenvolverá durante tal período, devido à acumulação de sólidos sedimentáveis não convertidos e microrganismos responsáveis pela conversão de matéria orgânica em metano. Já, segundo Tyagi & Vembu (1990), é o tempo necessário para que se atinja a máxima remoção de matéria orgânica prevista no projeto, sem que se ocorra a inibição das bactérias metanogênicas.

As interpretações com relação ao tempo de partida são, por si só, uma reiteração da importância do citado período, bem como da necessidade do estabelecimento de parâmetros representativos da consolidação da metanogênese no reator, que consiste na fase de busca da estabilidade operacional (equilíbrio dinâmico aparente).

Nos caso específico dos reatores ASBR, a presença de biomassa na forma de grânulos é essencial no desempenho e na estabilidade da operação no tratamento

anaeróbico de águas residuárias, devido às suas excelentes características de sedimentação. Gouranga et al. (1997) e Ong et al. (2002) afirmam que a formação de biomassa granular, nos ASBR, é muito lenta e pode durar vários meses até anos. Por esse motivo, considerando-se a partida dos reatores estabelecida após o desenvolvimento do processo de granulação e conseqüentemente pela estabilidade do processo de tratamento anaeróbico, pode-se dizer, que tais sistemas apresentam longos períodos de partida.

No trabalho de Sung & Dague (1995) foi observado a formação completa de grânulos após 300 dias de operação no tratamento de substrato sintético por meio de reatores tipo ASBR. Esse tempo de partida, conforme os trabalhos de Wirtz & Dague (1996) e Ong et al. (2002), pode ser reduzido pela aplicação de polímeros catiônicos como precursores na formação de grânulos.

Na 1ª etapa de operação dos reatores ASBR1, ASBR2 e ASBR3, como não foi utilizado inóculo, nem polímeros, esperava-se o lento processo de conversão e formação de lodo na forma granular e em quantidade apreciável para o tratamento do esgoto sanitário. O fenômeno de granulação que, por definição, consiste na aderência tanto entre microrganismos, como destes as partículas suporte inorgânicas e/ou orgânicas, ocorre, no ASBR, pela gradual conversão da biomassa flocculenta em biomassa granular pela “seleção” cíclica da biomassa com melhores características de sedimentabilidade (Sung & Dague, 1995).

Não foi observada, no período de 227 dias, a presença de lodo granular em nenhuma das configurações de ASBR1, ASBR2 e ASBR3 utilizadas, já que o tempo real de operação (sem interrupções) foi realmente curto para ocorrência de granulação. Nesse caso, não foi possível definir, efetivamente, tanto o período de partida, como o de estabilidade operacional. Por isso, para o estudo comparativo entre as configurações de ASBR propostas necessitou-se definir três fases específicas na 1ª etapa de operação, bem como viabilizar a operação com o uso de inóculo granular na 2ª etapa para efeito comparativo entre ASBR1/ASBR2 e ASBR1/ASBR3.

Na comparação de ambas etapas, entre os reatores ASBR1/ASBR2 (diferente tipo de agitação e mesma relação L/D) e o ASBR1/ASBR3 (igual tipo de agitação e diferente relação L/D) notou-se desempenho semelhante das unidades com recirculação de líquido. A baixa retenção de sólidos foi o principal problema enfrentado, responsável pelo fraco desempenho apresentado, mesmo tendo essas unidades sido inoculadas. Em virtude de não existir aparato de separação de fases, há passagem de lodo biológico pelo rotor da bomba, ocasionando fragmentação ou cominuição, impedindo a formação e retenção de biomassa adequada, bem como reduzindo sua característica de sedimentação. Hollopeter & Dague (1994) e Ndon & Dague (1997) indicam que a presença de biomassa com boas características de sedimentação (lodo granular) é essencial para a operação do ASBR permitindo alta eficiência de remoção de matéria orgânica e maior tempo de retenção celular.

De acordo com Sung & Dague (1995), reatores ASBR com diferentes características geométricas impõem diferentes níveis de “seleção” da biomassa durante cada ciclo total. Os autores constataram que a utilização da relação de L/D entre 1,8 a 5,6 é preferível e mais favorável para a estabilidade do processo de tratamento, em vez da relação entre 0,6 a 0,9, em razão da formação de biomassa com melhor característica de sedimentação. Nos reatores ASBR1 e ASBR3 não se pôde comprovar a implicação da característica geométrica no desempenho, mesmo quando se utilizou inóculo granular. Houve perda de massa de lodo pela sua fragmentação na bomba de recirculação de líquido.

No trabalho de Brito et al. (1997), utilizando lodo granular e recirculação de líquido, o reator atingiu eficiências de remoção entre 60 a 70% com DQO média no efluente de  $350 \text{ mg.l}^{-1}$  no tratamento de substrato sintético à base de glicose ( $1000 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Ao ASBR, em escala de bancada, foi acoplada bomba de diafragma para recirculação. Estes dados não podem ser comparados com os obtidos no ASBR1 e 3, já que, o diferencial de escala e o tipo de bomba usada inviabilizam tal análise.

Cuevas Rodrigues et al. (1998), utilizando reator ASBR ( $1,0 \text{ m}^3$ ) no tratamento de esgoto sanitário com recirculação de líquido, obtiveram fraco desempenho em termos de remoção de matéria orgânica, sendo comparável aos

reatores ASBR1 e ASBR3. O reator ASBR foi utilizado para gerar efluente pré-fermentado com a finalidade proporcionar a nitrificação e a remoção de fósforo em reator SBR (reator aeróbio operado em batelada).

Para que o uso da recirculação de líquido no ASBR possa ser recomendado, estudos focados tanto nas características físicas, quanto operacionais da unidade, em termos dos parâmetros, vazão e condição de recirculação contínua ou intermitente com ajuste do tempo de duração, precisam ser melhor investigados, a fim de se atingir qualidade de efluente ideal no tratamento anaeróbio de esgoto sanitário.

A agitação mecânica mostrou ser, no momento, a mais indicada para utilização nos reatores ASBR, principalmente quando se comparou o desempenho entre o ASBR1 e o ASBR2. O ASBR2 demonstrou ser mais eficiente, mas o curto tempo de operação e a entrada de cloreto férrico inviabilizaram a operação da unidade, principalmente, na 1ª etapa. Na 2ª etapa, quando o reator foi inoculado, notou-se que seu desempenho foi comparável ao do ASBBR com meio suporte.

Essa alternativa de agitação (mecânica) foi preconizada por Timur & Özturk (1999), Ong et al. (2002) e Ruiz et al. (2002) utilizando reatores ASBR, em escala de laboratório, fazendo uso de agitadores magnéticos. Bodik et al. (2002) e Rodrigues et al. (2003) empregando sistema de agitação mecânica, formado de eixo e impelidor, contataram a viabilidade do uso do ASBR em maiores escalas.

No trabalho de Rodrigues et al. (2003), os autores usaram no ASBR (5 l) impelidor do tipo turbina com seis pás planas. A velocidade de rotação no ASBR, determinada como ideal para retenção de sólidos e manutenção da integridade dos grânulos, foi de 50 rpm no tratamento de esgoto sintético em ciclos de 8 horas. Comparativamente, no ASBR2, com mesmo tipo de impelidor e rotação de 30 rpm, também, notou-se a manutenção da integridade dos grânulos inoculados na 2ª Etapa de operação. No ASBR tratando esgoto sintético obteve-se eficiências de remoção de 80% ( $DQO_{Bruta}$ ) e 88% ( $DQO_{Filtrada}$ ), enquanto que, o ASBR2 atingiu valores de 60% ( $DQO_{Bruta}$ ) e 78% ( $DQO_{Filtrada}$ ). A faixa de 30 a 50 rpm parece ser ideal para utilização em tal configuração de reator ASBR com agitação mecânica.

Devido à presença de meio suporte no ASBBR, o efeito de remoção física de sólidos foi rapidamente sentida, tendo ocorrido nos primeiros dias de operação em ambas as etapas, refletindo nas eficiências de remoção de DQO e SST. Portanto, a imobilização em meio suporte, como a espuma de poliuretano oferece maior rapidez na retenção de sólidos em suspensão, colonização e adaptação da biomassa anaeróbia, propiciando curtos tempos de partida e operação mais estável. Esse sistema foi o que apresentou melhor eficiência no tratamento de esgoto sanitário, bem como na qualidade do efluente final na 1ª etapa. Como já citado, o comportamento foi semelhante ao ASBR2 na 2ª etapa, conforme os resultados mostrados na Tabela 5.16.

Tabela 5.16: Valores médios de DQO e Sólidos Suspensos Totais (SST) e Voláteis (SSV) (no efluente e eficiência de remoção) na 1ª e 2ª etapas de operação dos reatores.

1ª ETAPA	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	Eficiência* (%)	SST (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV (mg.l <sup>-1</sup> )	Remoção SST (%)	Remoção SSV (%)
<i>ASBR1</i>						
0 -25 dias	425±46	20	106±25	90±21	49	49
26 - 164 dias	298±99	32	99±55	85±45	49	48
165 - 227 dias	314±114	43	121±53	94±49	59	59
<i>ASBR2</i>						
0 -25 dias	309±20	41	47±11	37±10	77	79
26 - 164 dias	220±63	48	57±35	49±28	70	71
165 - 227 dias	265±70	51	44±19	33±14	85	86
<i>ASBR3</i>						
0 -25 dias	443±45	16	187±96	154±83	10	12
26 - 164 dias	283±85	34	100±47	89±41	48	46
165 - 227 dias	264±90	32	116±50	88±41	61	61
<i>ASBBR</i>						
0 -25 dias	254±33	52	65±20	49±20	69	79
26 - 164 dias	151±59	65	58±36	51±30	70	69
165 - 227 dias	268±69	51	87±19	68±25	71	70
2ª ETAPA	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	Eficiência* (%)	SST (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV (mg.l <sup>-1</sup> )	Remoção SST (%)	Remoção SSV (%)
<i>ASBR1</i>	334±69	39	91±30	81±26	64	60
<i>ASBR2</i>	215±50	60	53±12	44±09	79	79
<i>ASBR3</i>	314±70	43	83±51	75±20	67	63
<i>ASBBR</i>	215±50	61	62±29	54±24	75	73

\* Amostras brutas

Com o uso de meio suporte, a preocupação com a ocorrência do fenômeno de granulação nos reatores ASBR deixa de existir sendo possível eliminar a fase de sedimentação, já que grande parte da biomassa está imobilizada na suporte. A intensidade de agitação utilizada, mantida com a rotação de 40 rpm, não permitiu a realização de estudos sobre o efeito de transferência de massa no desempenho da unidade. Conforme os trabalhos de Ratusznei et al.(2001), Pinho et al. (2002), Cubas et al. (2002) e Cubas et al. (2003) há comprovação de que a rotação aplicada influencia positivamente o desempenho do reator tipo ASBBR, bem como, o tipo de impelidor e tamanho dos cubos de espuma de poliuretano.

Nota-se que o reator ASBBR demonstrou maior capacidade de remoção de matéria orgânica à medida que se aumenta a carga orgânica aplicada, (Figura 5.50) em relação aos outros na 1ª etapa de operação (fase II). Tal comparação entre os reatores foi feita observando-se os coeficientes angulares das retas ajustadas aos dados das correlações entre as cargas orgânicas aplicadas e removidas. O coeficiente angular de maior valor absoluto (0,68) foi obtido para os dados do ASBBR, enquanto que para o ASBR2, ASBR3 e ASBR1, obtiveram-se os valores de 0,55, 0,41 e 0,38, respectivamente.

Na Figura 5.51, nota-se que os reatores ASBBR (0,78) e ASBR2 (0,74) chegaram a valores de coeficiente angular próximos e superiores aos ASBR1 (0,53) e ASBR3 (0,55) na 2ª etapa de operação. Na 2ª Etapa, os coeficientes angulares obtidos foram maiores do que na 1ª, provavelmente em virtude de se utilizar lodo anaeróbio granular como inoculo e pelo menor tempo de operação.

Pela análise da tendência de linearidade de  $CO_{removida} \times CO_{aplicada}$ , o reator ASBBR, em ambas etapas, e o ASBR2, na 2ª etapa, foram as unidades que mais se aproximaram ao valor unitário dessa relação. Isso indica, nesse caso, maior potencial de remoção da matéria orgânica. Salienta-se nessa análise que o comportamento dos sistemas com recirculação de líquido, nas duas etapas, foram praticamente iguais e os valores obtidos para a citada relação são muito inferiores.

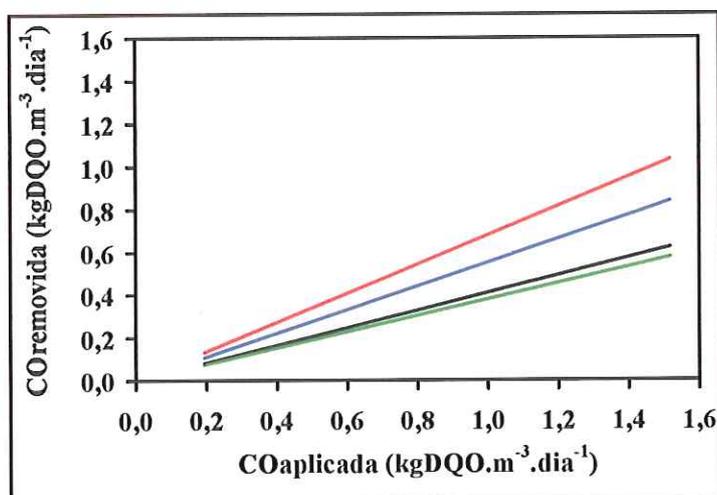


Figura 5.50: Carga orgânica removida em função da carga orgânica aplicada nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 1ª etapa de operação (26 a 164 dias).

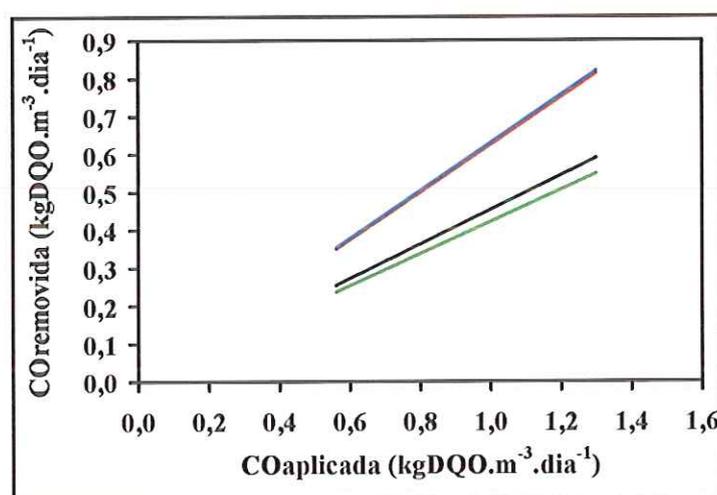


Figura 5.51: Carga orgânica removida em função da carga orgânica aplicada nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 2ª etapa de operação (66 dias)

Para análise da qualidade do efluente nos reatores nas duas etapas de operação, os dados obtidos, em termos de  $DQO_{Bruta}$  e sólidos suspensos totais (SST), são apresentados na forma de percentil nas Figuras 5.52, 5.53, 5.54 e 5.55.

Para se avaliar a qualidade de efluente gerado nos reatores utilizou-se, como referência, os valores abaixo de 80% dos dados obtidos de  $DQO_{Bruta}$  e SST, conforme Tabela 5.17. Nas duas etapas experimentais, os reatores ASBR1 e ASBR3 com recirculação de líquido apresentaram, dados de  $DQO_{Bruta}$  e SST no efluente abaixo de 80%, maiores que os obtidos nos reatores ASBR2 e ASBBR. A baixa eficiência de retenção de sólidos e, conseqüentemente, a maior presença de sólidos

no efluente influenciou nos valores de DQO obtidas. Portanto, as melhores qualidades de efluente no tratamento de esgoto sanitário foram conseguidas no reator ASBBR em ambas as Etapas e no ASBR2, na 2ª etapa de operação.

Tabela 5.17: Valores de DQO<sub>Bruta</sub> e Sólidos Suspensos Totais (SST) no efluente dos reatores na 1ª e 2ª etapas de operação abaixo de 80% dos dados obtidos.

1ª ETAPA	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	SST (mg.l <sup>-1</sup> )	2ª ETAPA	DQO Bruta (mg.l <sup>-1</sup> )	SST (mg.l <sup>-1</sup> )
ASBR1	384	141	ASBR1	396	124
ASBR2	287	67	ASBR2	245	64
ASBR3	368	145	ASBR3	371	107
ASBBR	193	93	ASBBR	240	72

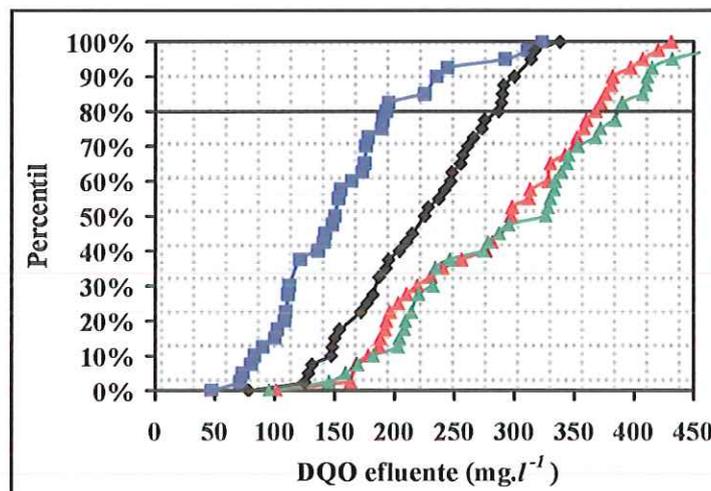


Figura 5.52: Valores de concentração de DQO bruta no efluente em função do percentil nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 1ª etapa de operação.

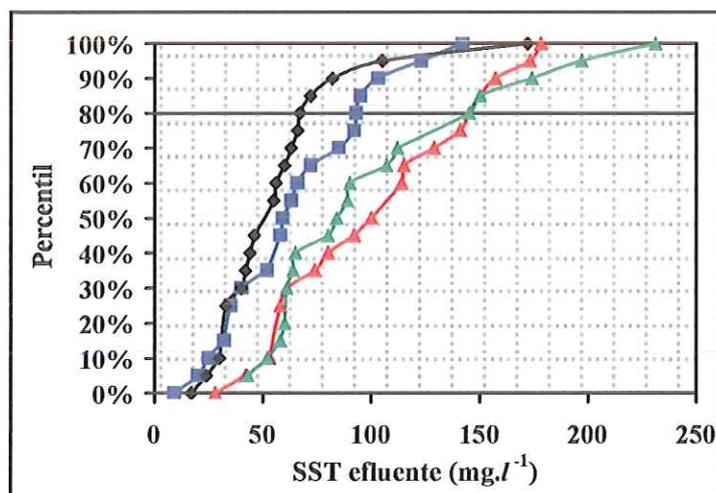


Figura 5.53: Valores de concentração de sólidos suspensos totais (SST) no efluente em função do percentil nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 1ª etapa de operação.

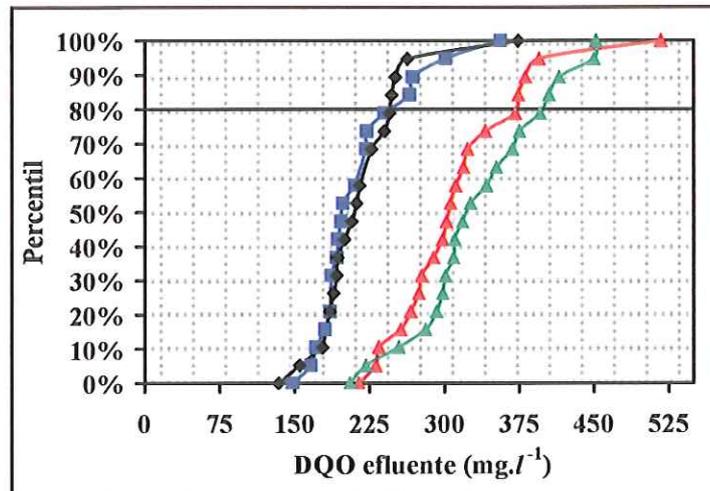


Figura 5.54: Valores de concentração de DQO bruta no efluente em função do percentil nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 2<sup>a</sup> etapa de operação.

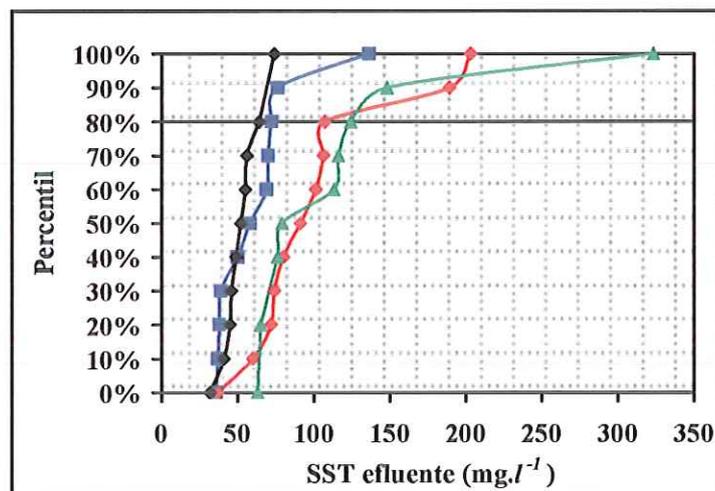


Figura 5.55: Valores de concentração de sólidos suspensos totais (SST) no efluente em função do percentil nos reatores ASBR1 (—), ASBR2 (—), ASBR3 (—) e ASBBR (—) na 2<sup>a</sup> etapa de operação.

#### 5.4 Caracterização Microbiológica da Biomassa nos Reatores ASBR e ASBBR

Os exames microbiológicos foram realizados por meio de microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura (MEV) a fim de contemplar as duas etapas de operação, conforme descrito no Capítulo 4 (4.3). Na 1<sup>a</sup> etapa de operação, na qual os reatores não foram inoculados, o acompanhamento microbiológico das amostras de lodo dos reatores ASBR1, ASBR2 e ASBR3 e de espuma de poliuretano do ASBBR, coletadas mensalmente, estendeu-se por cerca de 6 meses (180 dias- Outubro/2001 a Março/2002). O incidente ocorrido com a entrada de cloreto férrico

prejudicou a rotina de exames microbiológicos, causando sua suspensão (Abril /2002).

O objetivo dos exames mensais de lodo nos reatores era analisar o desenvolvimento da biomassa ao longo do tempo nas quatro configurações de reatores, diferenciadas conforme sua característica geométrica (L/D), tipo de agitação empregada (mecânica ou recirculação de líquido) nos ASBR e a adesão de biomassa no ASBBR pela presença de meio suporte (cubos de espuma de poliuretano).

Embora tenham sido observados diversos morfotipos microbianos associados à degradação anaeróbia da matéria orgânica, inclusive metanogênicos, o desempenho dos reatores ASBR1, ASBR2 e ASBR3 não foi satisfatório, como demonstraram os resultados de monitoramento obtidos na 1ª Etapa. Isto se deveu, possivelmente, ao curto intervalo de tempo de operação dos reatores do tipo ASBR, insuficiente para o estabelecimento efetivo de quantidade biomassa adequada e fisiologicamente adaptada às condições operacionais dos sistemas, visto que não foram previamente inoculados. Assim, não se pode realizar a análise comparativa desejada, principalmente entre as diferentes configurações do tipo ASBR.

Com a introdução nos reatores de inóculo granular proveniente de reator UASB, os exames microbiológicos foram realizados inicialmente no próprio inóculo e após 66 dias de operação, conforme descrito no Capítulo 4 (4.3). O intuito era analisar possíveis mudanças na microbiota presente no lodo, em função da alteração tanto do substrato (esgoto sanitário) como do regime de operação (contínuo para intermitente). Convém ressaltar que, na 2ª etapa, não foram feitos exames nas espumas de poliuretano do reator ASBBR, já que, tal acompanhamento foi realizado na 1ª etapa, com maior tempo de ensaio.

Foi realizada a caracterização morfológica do lodo por meio de microscopia ótica de contraste de fases e fluorescência. As frequências das principais morfologias microbianas foram estimadas para efeito comparativo entre os sistemas na 1ª Etapa de operação. Esses resultados podem ser observados na Tabela 5.18.

Constatou-se, nos primeiros 90 dias de operação, morfologias do tipo cocos, bacilos curvos e bacilos de bordas arredondadas, semelhantes a bactérias redutoras de sulfato (BRS), aparentemente em maior frequência no ASBR1 em relação ao ASBR2. Entretanto, verificou-se pequena distinção entre os sistemas em relação aos dos tipos bacilos retos, com inclusões, em cadeia e coloniais. A presença discreta de bacilos em cadeia semelhantes a *Sphaerotilus* sp, filamento semelhante a *Beggiatoa* sp, organismos zoogleiais e hifas de fungos, pode estar relacionada à condição de microaerofilia gerada pela recirculação de líquido e agitação mecânica. Essas morfologias foram identificadas por meio da comparação com as apresentadas por Vazoller et al. (1992) e Jenkins et al. (1993).

Tabela 5.18: Morfologias presentes no lodo dos reatores e respectivas frequências ao longo da 1ª etapa de operação (180 dias).

MORFOLOGIAS PREDOMINANTES	ASBR1						ASBR2						ASBR3						ASBBR					
<b>BACTÉRIAS:</b>																								
TEMPO DE OPERAÇÃO (dias)	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180
Cocos	3	3	2	1	1	1	2	1	1	0	0	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bacilos curvos	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1
Bacilos de bordas arredondadas	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	2	1
Bacilos retos	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bacilos com inclusões	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	2	1	1	2	1	1	1	0
Bacilos em cadeia	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Bacilos coloniais	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0
Fototróficas anoxigênicas	0	0	1	2	2	2	0	0	1	3	3	2	0	0	2	2	3	2	2	3	3	3	3	2
Filamentos com inclusões	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Filamentos septados	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ARQUEAS:</b>																								
TEMPO DE OPERAÇÃO (dias)	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180
Cocos fluorescentes	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Bacilos fluorescentes	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	3	2	0	1	1	1	0	1	1	1	2	1	0
<i>Methanosaeta</i> sp	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	0	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
<i>Methanosarcina</i> sp	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	0	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	1
Cistos de <i>Methanosarcina</i> sp	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>FUNGOS:</b>																								
TEMPO DE OPERAÇÃO (dias)	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180
Hifas	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0

Legenda: (0) Nenhum - (1) Rara - (2) Comum - (3) Muito Comum.

A partir do 120<sup>o</sup> dia de operação, as bactérias fototróficas anoxigênicas foram mais frequentes no ASBR2 do que no reator ASBR1. Em ambas as configurações, os morfotipos celulares de cocos e bacilos mantiveram-se semelhantes aos observados no início de operação.

As arqueas metanogênicas do tipo bacilos e cocos fluorescentes estiveram presentes no ASBR2 com agitação mecânica. Este fato não foi observado no ASBR1, com recirculação de líquido, onde apareceram apenas bacilos fluorescentes. As arqueas metanogênicas semelhante a *Methanosarcina* sp e *Methanosaeta* sp estiveram presentes nas duas unidades, após 30 dias de operação, havendo maior frequência aparente de *Methanosarcina* sp no ASBR1.

Comparando-se o início de operação (90 dias) dos reatores ASBR1 e ASBR3, notou-se maior frequência aparente de bactérias do tipo cocos e bacilos curvos (BRS) no ASBR1 em relação ao ASBR3. A partir do 120<sup>o</sup> dia, os morfotipos celulares bacterianos foram praticamente os mesmos. A distinção entre os sistemas, após tal período (120 dias), foi notada pela maior frequência aparente de bactérias fototróficas anoxigênicas nas amostras do ASBR3.

A velocidade de crescimento dessas bactérias fototróficas em ambiente anaeróbio e na ausência de luz é muito reduzida. Entretanto, várias espécies possuem metabolismo fermentativo e, nesse caso, podem garantir a sobrevivência na ausência de luz e de oxigênio (Krasilnikova et al., 1983). As bactérias anoxigênicas fotolitotróficas possuem potencial mixotrófico, pois todas as espécies, além do CO<sub>2</sub>, podem fotometabolizar compostos orgânicos simples como acetato e piruvato (Trüper, 1981).

O desenvolvimento desses microrganismos foi favorecido, possivelmente, pela composição do afluente contendo produtos surfactantes (sulfato), por tratar-se de esgoto sanitário. Em ambiente anaeróbio, o sulfato é reduzido a sulfeto pelas bactérias redutoras de sulfato (BRS). Esses microrganismos fototróficos removem sulfeto e produzem enxofre em condições anóxicas, a partir do sulfeto presente na água residuária (PFenning, 1978). Conforme Varesche (1997), os microrganismos fototróficos anoxigênicos são capazes tanto de remover compostos reduzidos de enxofre, como assimilar, para seu desenvolvimento, matéria orgânica presente em várias águas residuárias, representando papel importante e interessante no tratamento de tais resíduos líquidos.

As células microbianas predominantes foram as Chromatiaceae do grupo gama-Proteobactéria, semelhantes a *Chromatium* sp e *Thiocapsa* sp (Bergey, 1994). Gram-negativas de forma bacilar e cocóide. Tais bactérias fototróficas anoxigênicas púrpuras são caracterizadas por utilizarem sulfeto de hidrogênio ou tiosulfato como doador de elétrons para redução do CO<sub>2</sub> na fotossíntese, depositando enxofre elementar intracelular e sulfato como produto final de oxidação (Brook, 2000). Tais bactérias são comuns em lagos de água doce estratificados sazonalmente (Van Gemerden et al., 1985), habitats marinhos (Trüper, 1970) e em lagoas de estabilização anaeróbias (Gloyna, 1971).

No reator ASBBR, especificamente, observou-se ampla diversidade de morfotipos celulares colonizando a espuma de poliuretano de forma crescente, ao longo do período experimental, conforme Tabela 5.18. Tal fato foi corroborado pelas análises de sólidos totais (ST) e, principalmente, pelas análises de sólidos voláteis (SV), que indicam, indiretamente, a quantidade de biomassa aderida ao meio suporte (Figura 5.28). As concentrações de ST e SV atingiram valores de 0,85 kgST.kgsuporte<sup>-1</sup> e 0,60 kgSV.kgsuporte<sup>-1</sup> até 165 dias de operação.

Em virtude de o primeiro exame microbiológico ter sido realizado no ASBBR, após 30 dias de operação, e sabendo-se da rápida retenção e colonização da espuma de poliuretano, confirmada pelos resultados de monitoramento realizados, estima-se que grande parte da microbiota anaeróbia já estava aderida aos poros. Tal fato foi confirmado pelas observações microbiológicas realizadas, já que, ao longo desse ensaio, não houve grandes alterações morfológicas na biomassa aderida na espuma de poliuretano (Tabela 5.18).

O biofilme aderido à espuma de poliuretano era constituído por diferentes populações microbianas coexistindo no mesmo ambiente, por meio de interações metabólicas e/ou competindo na utilização de substratos intermediários, liberados pela degradação anaeróbia da matéria orgânica presente no substrato.

A eficiência média de remoção da matéria orgânica do esgoto sanitário, no ASBBR, atingiu valor de 61% como DQO. Para isso, houve a participação dos diversos morfotipos microbianos, entre eles as bactérias redutoras de sulfato (BRS),

púrpuras fototróficas anoxigênicas e arqueas metanogênicas. A fase metanogênica foi confirmada pela presença das arqueas, tais como, bacilos fluorescentes e as semelhantes a *Methanosarcina* sp, que atingiram frequência “comum”, conforme Tabela 5.17. Deve-se salientar a predominância das bactérias fototróficas anoxigênicas perante a gama de morfologias observadas nessa 1ª etapa.

A temperatura e a intensidade luminosa na sala dos reatores foram maiores nos meses de verão (30-120 dias de operação), possivelmente favorecendo as bactérias fototróficas, pois a parede dos reatores é translúcida (polietileno e fibra de vidro). No ASBBR, especialmente, a disposição dos cubos de espuma permitiu o aprisionamento dos gases resultantes da degradação anaeróbia, impedindo a saída de parte do sulfeto ( $H_2S$ ) gerado, permanecendo retido nos interstícios das espumas (poros). Esse fator pode, também, ter influenciado a predominância de tais morfologias anoxigênicas no interior da unidade, já que o sulfato presente no esgoto foi convertido a  $HS^-$  ou  $H_2S$ .

Essas morfologias semelhantes a fototróficas anoxigênicas foram observadas em trabalhos distintos, em termos de substrato e meio suporte, realizados por Miqueleto (2003) e Lapa (2003) no ASBBR, em escala de bancada, com inoculação prévia. Lapa (2003) tratou esgoto sanitário utilizando como meio suporte, cubos de pedra pome, enquanto Miqueleto (2003), utilizou substrato sintético à base de glicose e cubos de espuma de poliuretano como suporte. Provavelmente, o aparecimento de tais bactérias fototróficas anoxigênicas, independentemente do substrato tratado e do meio suporte usado, deve ter ligação com o tipo de operação realizada pelos reatores na forma de ciclos (intermitente). Como foi constatada, essa morfologia estava presente, tanto nos reatores sem meio suporte (ASBR1, ASBR2 e ASBR3), como no ASBBR, que era preenchido com cubos de espuma de poliuretano.

As principais morfologias microbianas presentes nos reatores, ao longo dos 180 dias de operação, observadas em microscopia ótica de contraste de fase e fluorescência, estão apresentadas nas Figuras 5.56, 5.57, 5.58 e 5.59. Na Figura

5.60, visualiza-se as imagens de MEV dos microrganismos aderidos ao meio suporte de espuma de poliuretano no reator ASBBR.

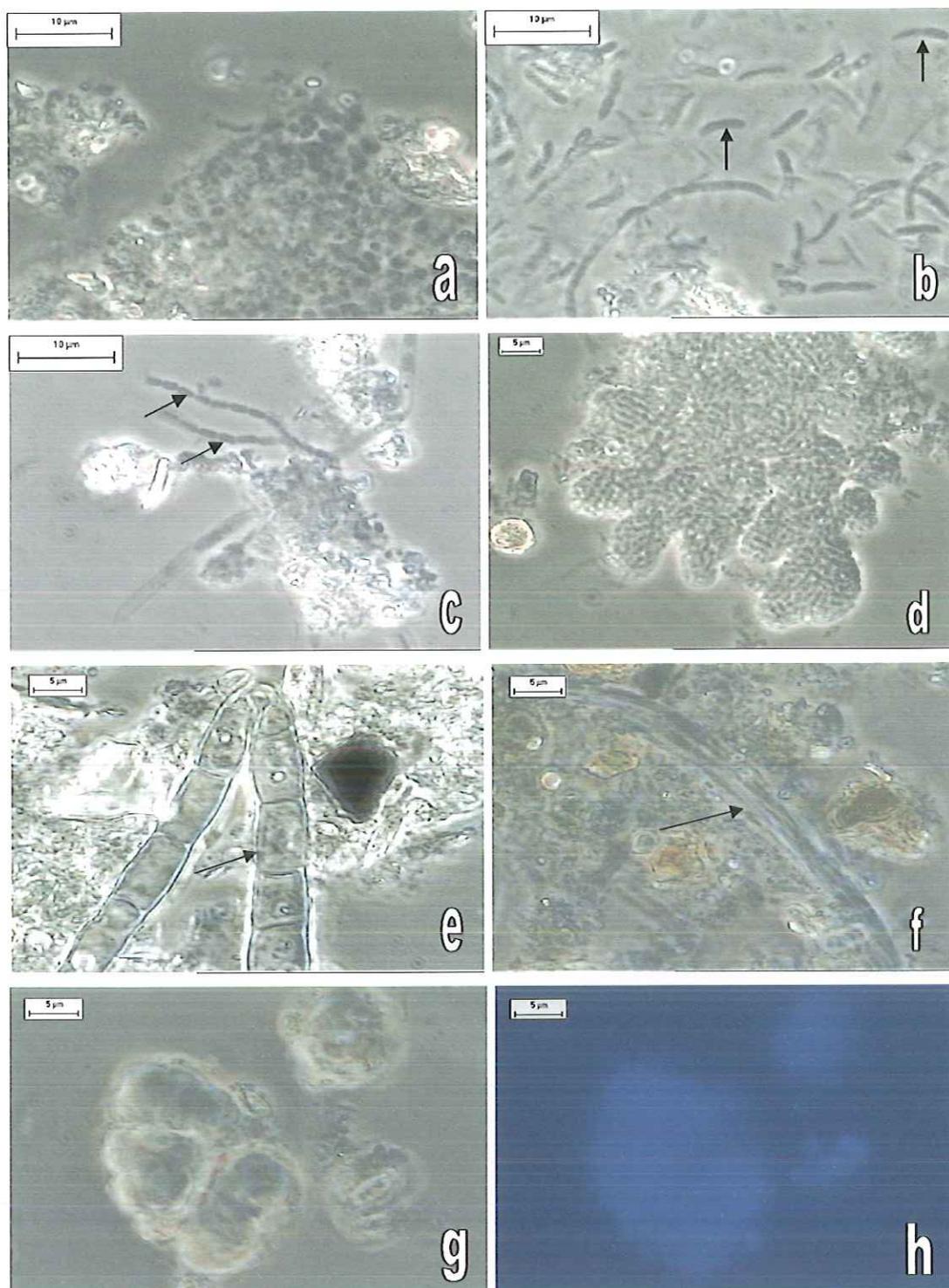


Figura 5.56: Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células provenientes do ASBRI, no tratamento de esgoto sanitário na 1ª etapa (aumento 1250X). Estruturas semelhantes a: (a) Aglomerado de cocos não fluorescentes; (b) bacilos curvos (BRS); (c) *Sphaerotilus* sp (d) bacilos coloniais-organismos zoogleais (aumento 1000X); (e) hifa de fungo; (f) arqueas filamentosas como *Methanosaeta* sp; (g, h) arqueas como *Methanosarcina* sp.

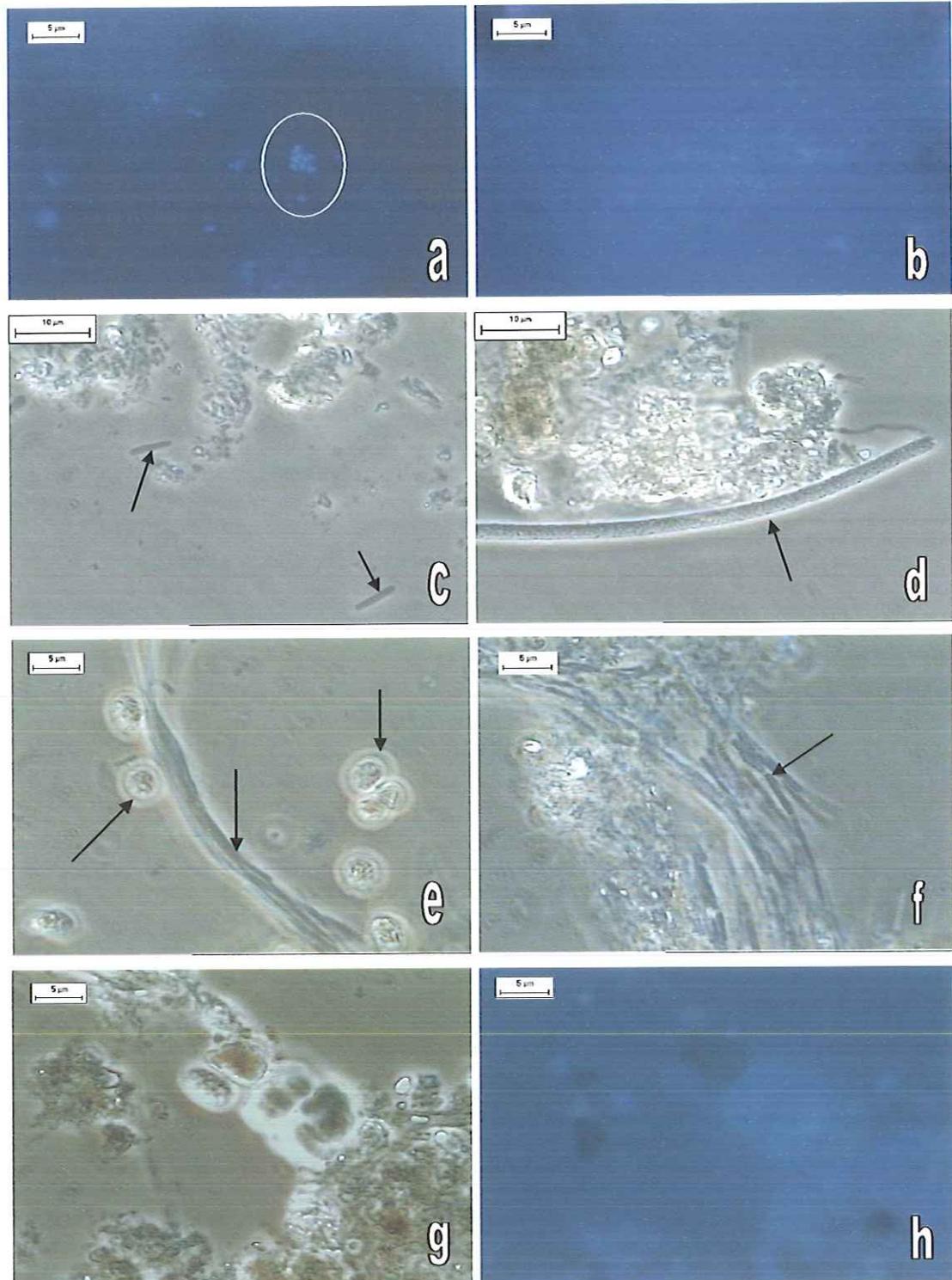


Figura 5.57: Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células provenientes do ASBR2, no tratamento de esgoto sanitário na 1ª etapa (aumento 1250X). Estruturas semelhantes a: (a) Aglomerado de cocos fluorescentes; (b) bacilos fluorescentes; (c) bacilos de bordas arredondadas (aumento 1000X); (d) *Beggiatoa* sp (aumento 1000X); (e) arqueas filamentosas como *Methanosaeta* sp e bactérias fototróficas anoxicigênicas; (f) arqueas filamentosas como *Methanosaeta* sp (g,h) arqueas como *Methanosarcina* sp.

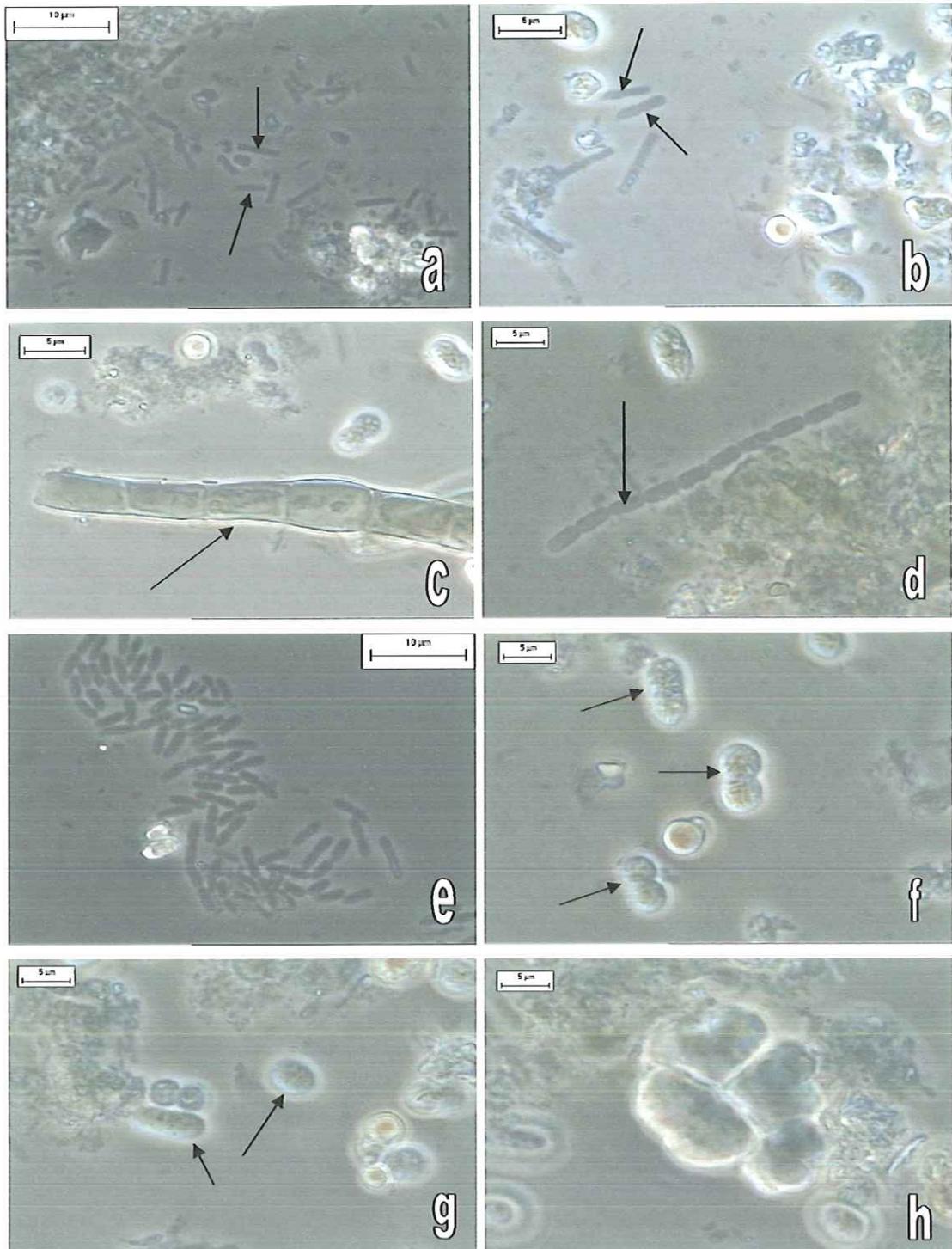


Figura 5.58: Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase das células provenientes do ASBR3, no tratamento de esgoto sanitário na 1ª etapa. Estruturas semelhantes a: (a) bacilos retos (aumento 1250X); (b) bacilos com inclusões (aumento 1250X); (c) hifa de fungo; (d) bacilos em cadeia (aumento 1600X); (e) bacilos de bordas arredondadas; (f,g) bactérias fototróficas anoxigênicas (aumento 1250X); (h) arqueas como *Methanosarcina* sp (aumento 1250X).

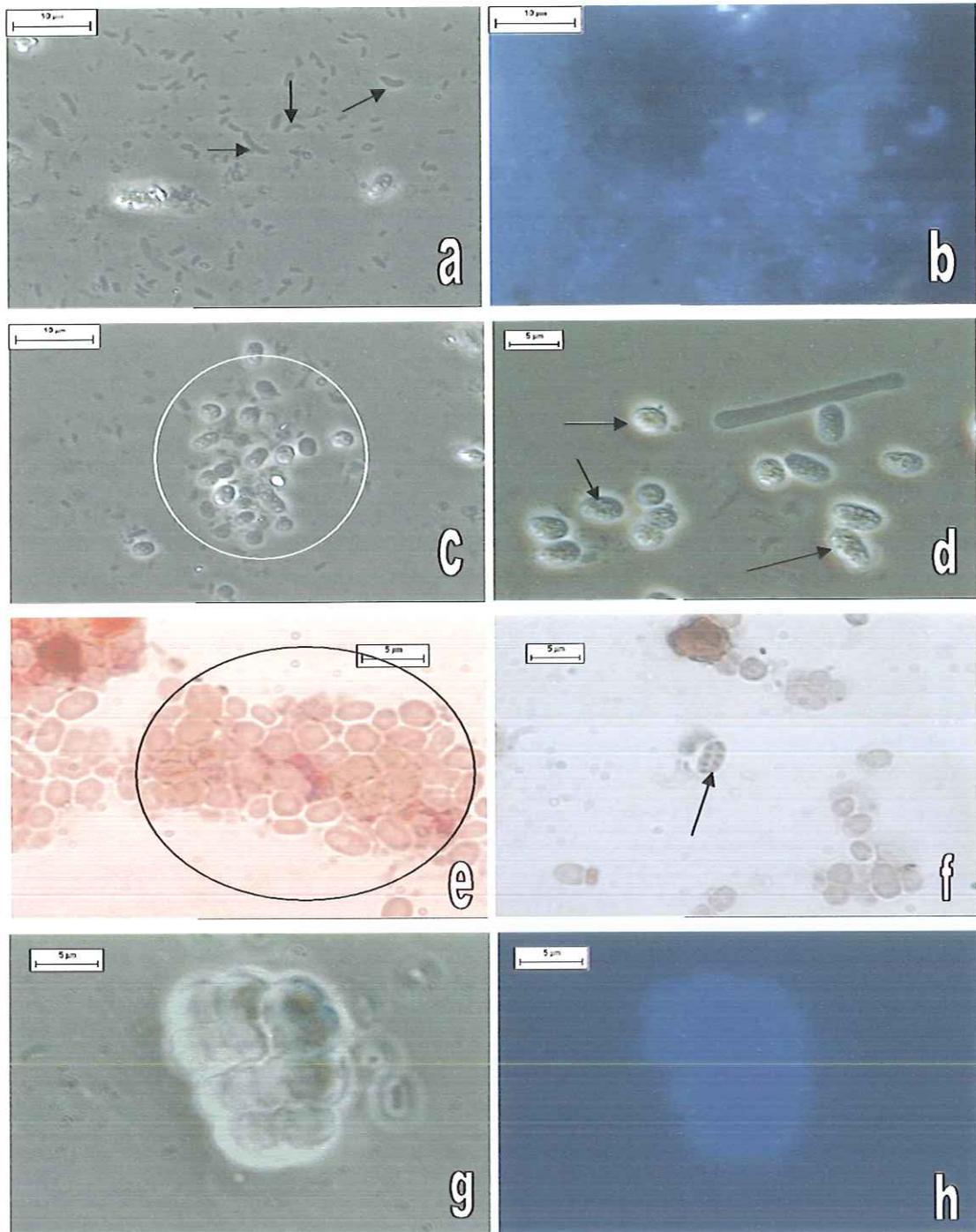


Figura 5.59: Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células provenientes do ASBBR (espuma), no tratamento de esgoto sanitário na 1ª etapa. Estruturas semelhantes a: (a) bacilos curvos (BRS) e bacilos de bordas arredondadas com inclusões (aumento 1000X); (b) bacilos fluorescentes (aumento 1000X); (c, d) bactérias fototróficas anoxigênicas (c-aumento 1000X e d-aumento 1250X); (e) fototróficas anoxigênicas (Gram negativa-aumento 1600X); (f) fototrófica anoxigênica com grânulos de PHB (aumento 1250X); (g,h) arqueas como *Methanosarcina* sp (aumento 1600X).

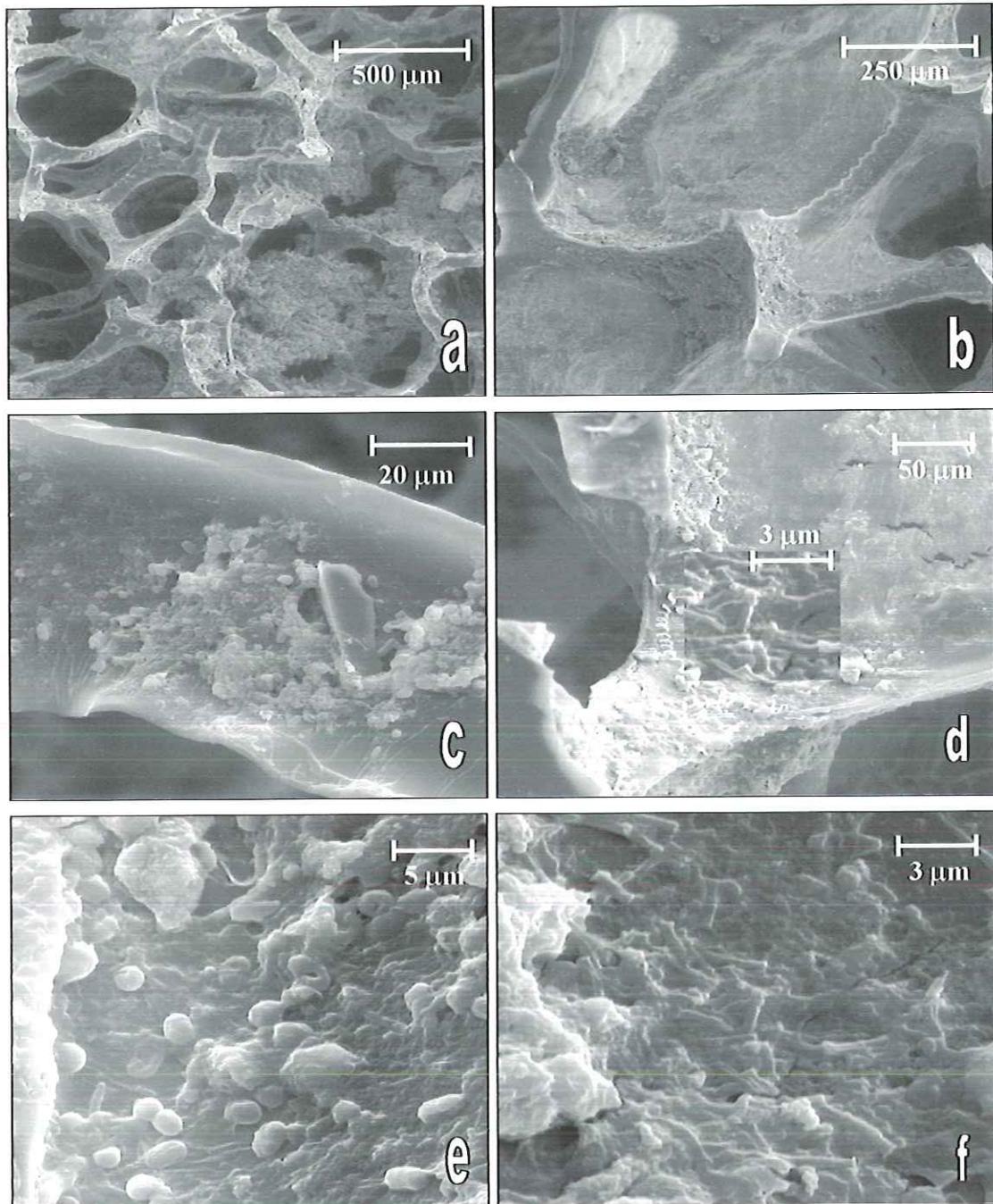


Figura 5.60: Micrografias por meio de MEV da espuma de poliuretano do ASBBR: (a) colonização dos retículos (poros) da espuma com 30 dias de operação (aumento 50X); (b) colonização dos poros da espuma após 180 dias de operação (aumento 100X); (c) cocos-1000x; (d) células semelhantes a *Methanosaeta* sp (300X/5000X); (e) células cocóides (possivelmente bactérias fototróficas anoxigênicas) e bacilos-3000X; (f) células semelhantes a *Methanosaeta* sp (aumento 5000X).

Na 2ª etapa, foi utilizado lodo anaeróbico granular proveniente de reator UASB tratando água residuária de abatedouro de aves como inoculo. A coleta de lodo granular foi realizada em agosto de 2002 e prontamente colocado nos reatores ASBR1, ASBR2 e ASBR3 (400 litros/reator), juntamente com esgoto sanitário.

A caracterização microbiológica do lodo por meio de microscopia ótica de contraste de fase e fluorescência indicou a presença de bacilos de diversas dimensões, cocos, bacilos em cadeia, bacilos fluorescentes e organismos semelhantes a *Methanosarcina* sp e *Methanosaeta* sp (Figura 5.61). De acordo com os exames realizados, o inóculo apresentou grande variabilidade morfológica de bactérias e arqueas metanogênicas, sendo adequado para o tratamento anaeróbico proposto.

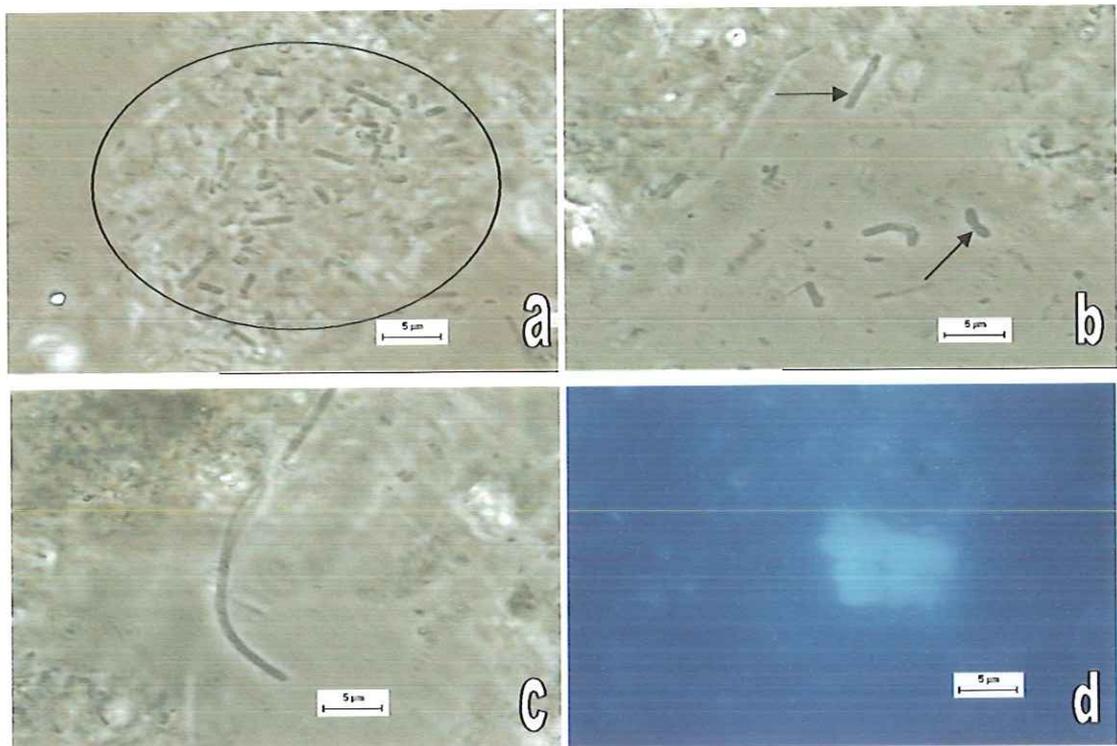


Figura 5.61: Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células do inóculo granular proveniente de reator UASB utilizado no tratamento de água residuária de abatedouro de aves (aumento 1250X). Estruturas semelhantes a: (a) bacilos coloniais; (b) bacilos retos e curvos; (c) arquea filamentososa como *Methanosaeta* sp (d) arquea como *Methanosarcina* sp.

Nos reatores ASBR1 e ASBR3, com recirculação por bomba, a fragmentação dos grânulos gerou perda de parte da biomassa arrastada com o efluente, restando apenas partículas floculentas. Nesse caso, a eficácia no tratamento de esgoto

sanitário nesse tipo de configuração, com a presença biomassa granular, não pode ser comprovada. No final de operação de tais reatores, após 66 dias, os exames microbiológicos revelaram discreta alteração dos morfotipos celulares em relação ao inóculo, incorporando as bactérias fototróficas anoxigênicas, favorecidas pelas condições de operação impostas aos reatores.

Vários autores indicam, como procedimento essencial, o uso de inóculo granular para a redução do tempo de partida, eficiência e estabilidade de operação do ASBR devido, principalmente, a sua boa característica de sedimentação e maior atividade metanogênica em comparação com a biomassa floculenta (Sung & Dague, 1995, Angenent & Dague, 1995, Wirtz & Dague, 1996 e Gouranga et al., 1997).

Notou-se, no reator ASBR2, a ocorrência de curto tempo de partida e estabilidade de operação. O uso de agitação mecânica não promoveu a diminuição dos grânulos, mas o tipo de operação em batelada contribuiu para a seleção dos grânulos com melhores características de sedimentação. Portanto, mesmo com perda de biomassa em relação ao inóculo, a unidade apresentou, em curto tempo de operação, desempenho semelhante ao reator ASBBR que continha biomassa imobilizada. O desempenho dos reatores ASBR2 e ASBBR podem ser observados na Tabela 5.16. As eficiências médias de remoção de matéria orgânica em ambas unidades alcançaram valores em torno de 60%.

As principais morfologias encontradas nos exames microbiológicos de microscopia ótica de contraste de fase e fluorescência nos reatores ASBR1, ASBR2 e ASBR3 ao final da 2ª etapa de operação estão apresentadas nas Figuras 5.62, 5.63 e 5.64. Na Figura 5.65, visualizam-se as imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) de grânulos retirados do ASBR2, estruturalmente semelhantes aos do inóculo, no final da 2ª etapa de operação.

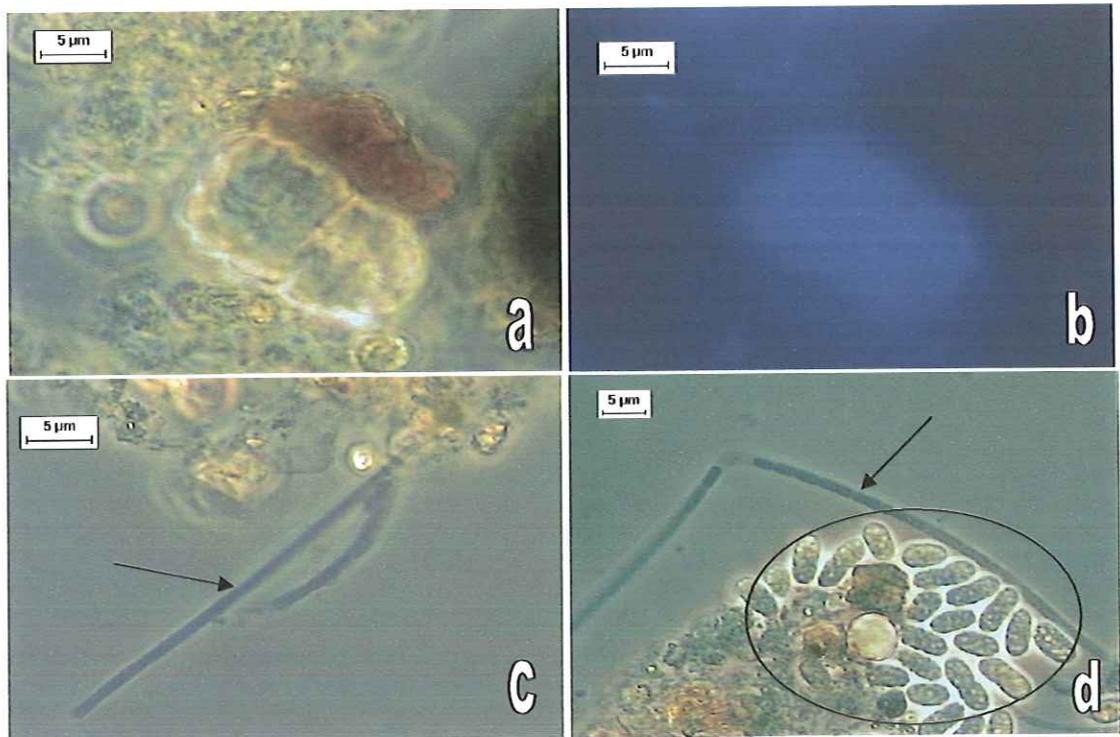


Figura 5.62: Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células provenientes do ASBR1, no tratamento de esgoto sanitário na 2ª etapa (aumento 1500X). Estruturas semelhantes a: (a,b) arqueas como *Methanosarcina* sp; (c) arquea filamentososa como *Methanosaeta* sp; (d) *Sphaerotilus* sp e aglomerado de bactérias fototróficas anóxicas (aumento de 1000X).

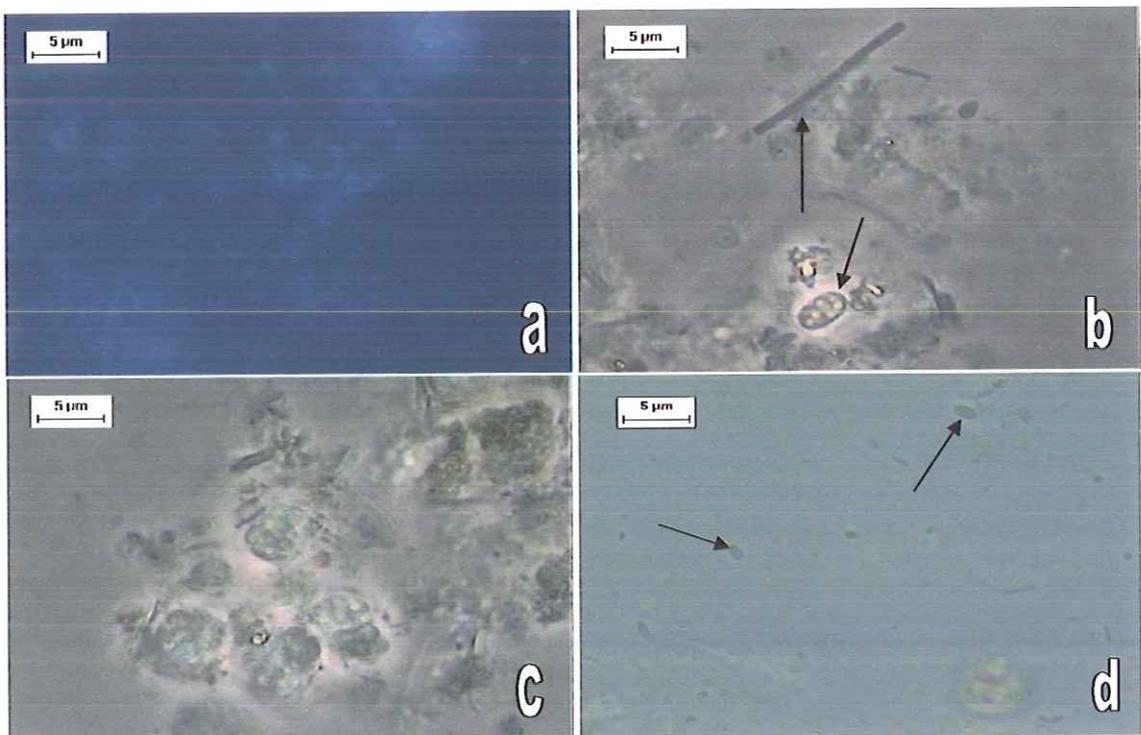


Figura 5.63: Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase e fluorescência das células provenientes do ASBR2, no tratamento de esgoto sanitário na 2ª etapa (aumento 1500X). Estruturas semelhantes a: (a) Aglomerado de bacilos fluorescentes; (b) arquea filamentososa como *Methanosaeta* sp e bactéria fototrófica anoxigênica; (c) arquea como *Methanosarcina* sp; (d) bacilos curvos (BRS).

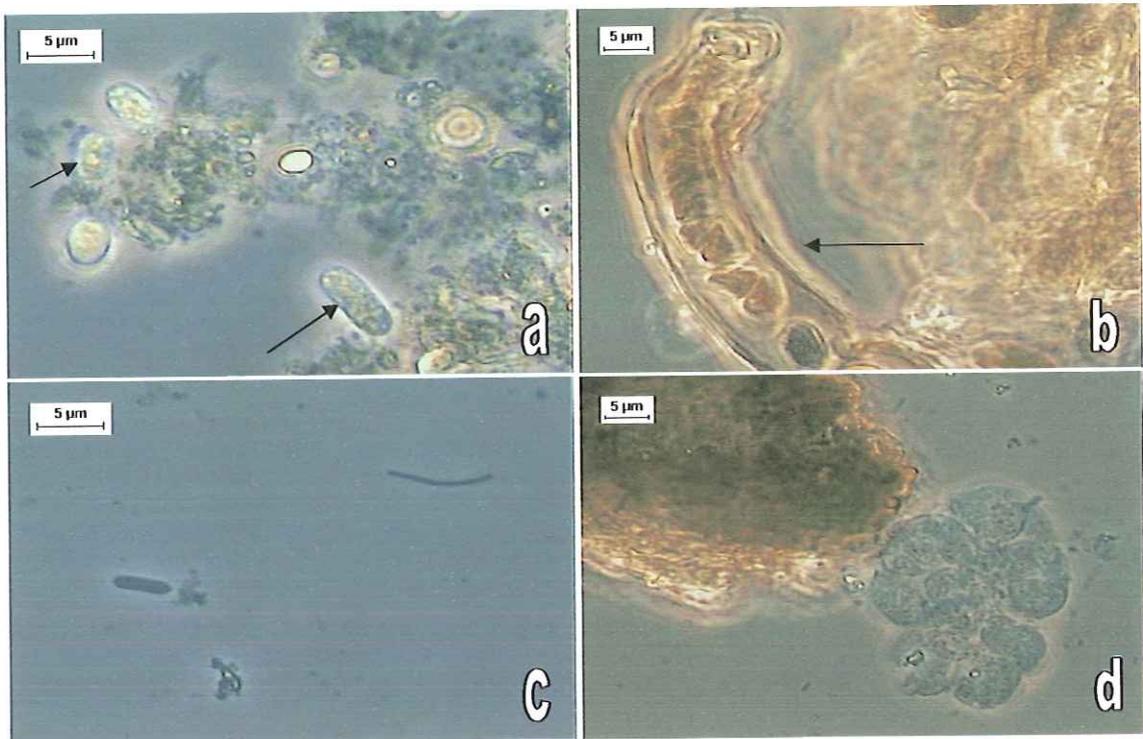


Figura 5.64: Morfologias observadas por exame microscópico em contraste de fase das células provenientes do ASBR3, no tratamento de esgoto sanitário na 2ª etapa. Estruturas semelhantes a: (a) bactérias fototróficas anoxigênicas (aumento 1500X); (b) hifa de fungo (aumento 1000X); (c) bacilo de borda arredondada e bacilo delgado (aumento 1500X); (d) arquea como *Methanosarcina* sp (aumento 1000X).

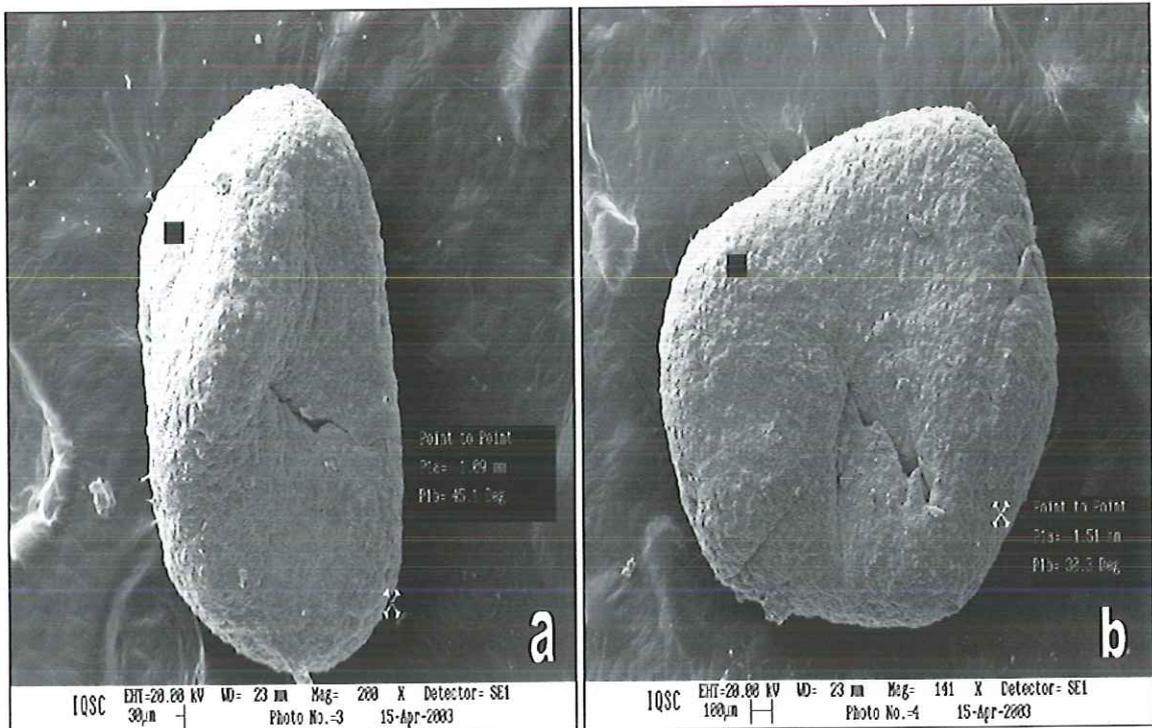


Figura 5.65: Micrografias por meio de MEV dos grânulos presentes no reator ASBR2: (a, b) grânulos intactos obtidos após 66 dias de operação (2ª etapa) no tratamento de esgoto sanitário (aumentos de 200X- $\phi$ 1,09 mm e 141X- $\phi$ 1,51mm, respectivamente).

## 6. CONCLUSÕES

Os dados obtidos no trabalho permitem concluir que:

a) No estudo comparativo dos resultados de monitoramento, nas duas etapas propostas, para operação dos reatores ASBR1/ASBR2 (diferente tipo de agitação e mesma relação L/D) e o ASBR1/ASBR3 (igual tipo de agitação e diferente relação L/D) foram observados baixos desempenhos no tratamento de esgoto sanitário nas unidades com recirculação de líquido, devido principalmente à baixa retenção de sólidos, influenciada pelo uso de bombas centrífugas. Ressalta-se que ao longo da fase experimental foram alteradas as condições de agitação dos sistemas com recirculação como tentativa de otimização de desempenho. Nessas específicas unidades (ASBR1 e ASBR3), em termos de eficiências médias de remoção de DQO e SST foram atingidas as faixas de 32 a 43% e de 48% a 61%, respectivamente.

b) A utilização de recirculação de líquido nos reatores do tipo ASBR precisa ser melhor investigada tanto na sua concepção física como operacional (condições de agitação), a fim de possibilitar atingir-se qualidade de efluente ideal no tratamento anaeróbio de esgoto sanitário.

c) Em ambas etapas, os melhores desempenhos foram apresentados pelos reatores ASBR2 e ASBBR. O ASBR2 demonstrou ser o mais eficiente entre os reatores do tipo ASBR, sendo que na 2<sup>a</sup> etapa de operação quando o reator foi inoculado (lodo granular), notou-se que seu desempenho foi comparável ao do ASBBR com meio suporte. Na referida etapa, os resultados médios de eficiências de remoção de DQO e SST foram de 60% e 79%, respectivamente. A agitação mecânica mostrou ser a mais indicada para utilização nos reatores ASBR.

d) No reator tipo ASBBR, utilizando cubos de espuma de poliuretano como meio suporte, houve rápida retenção de sólidos em suspensão, colonização e adaptação da biomassa anaeróbia, propiciando reduzidos tempos de partida e operação mais estável nas duas etapas de operação. Tal sistema foi o que apresentou melhor desempenho no tratamento de esgoto sanitário, bem como na qualidade do efluente final na 1ª etapa. Ressalta-se que seu comportamento foi semelhante ao ASBR2 ao final da 2ª etapa de operação. Na 1ª etapa, as eficiências médias de remoção de DQO e SST chegaram a 65% e 70%, respectivamente. Já na 2ª etapa, os valores foram de 61% e 75%.

e) A temperatura e a intensidade luminosa na sala dos reatores, possivelmente, favoreceu o aparecimento das bactérias fototróficas anoxigênicas, já que, o material construtivo dos reatores é translúcido (polietileno e fibra de vidro). No ASBBR, especialmente, a disposição dos cubos de espuma permitiu o aprisionamento dos gases resultantes da degradação anaeróbia, impedindo a saída de parte do sulfeto ( $H_2S$ ) gerado, permanecendo retido nos interstícios das espumas (poros). Esse fator pode, também, ter influenciado na maior predominância de tais morfologias anoxigênicas no interior dessa unidade.

## 7. SUGESTÕES

Visando a continuidade do trabalho sugere-se:

a) Aprimorar a concepção física das unidades ASBR com recirculação de líquido, a fim de melhorar a retenção de sólidos, pela introdução de separador de fases, bem como possibilidade de utilização de bomba pneumática, ao invés de centrífuga, para tentar evitar a fragmentação do lodo, o que reduz sua característica de sedimentabilidade.

b) Verificar o potencial de utilização de outros tipos de materiais suportes como alternativa aos cubos de espuma de poliuretano no reator com biomassa imobilizada (ASBBR). Nesse caso, comporta o estudo dos fenômenos de transferência de massa externa e intraparticular por meio da variação de condições operacionais e aspectos físicos dos reatores.

c) Otimização de variáveis de operação como: tempo de ciclo total nas várias fases envolvidas (enchimento, reação, sedimentação e descarte/repouso), vazão de recirculação e velocidade de agitação, a fim de maximizar o desempenho das unidades, tanto dos ASBR como do ASBBR com biomassa imobilizada.

d) Estudo do comportamento hidrodinâmico dos reatores, principalmente, pela determinação do tempo de mistura necessário para homogeneização completa, a fim de evitar a existência de zonas mortas nos sistemas.

e) Utilização dos reatores para tratamento de outros tipos de águas residuárias

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M.M.; PEREIRA, M.A.; NOVAIS, J.M.; POLANCO, F.F.; MOTA, M.(1999). A New Device to Select Micro Carriers for Biomass Immobilization. Application to an Anaerobic Consortium. *Water Environ. Research*, **71**(2), p209-217.
- ANDRADE NETO, C.O. & CAMPOS, J.R. (1999) Fundamentos do Tratamento Anaeróbio. In: CAMPOS, J.R., *coord.* **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cap. 1, p.1-28.
- ANGENENT L.T. & DAGUE R.R. (1995). A Laboratory-Scale Comparison of the UASB and ASBR Processes. In: 50<sup>th</sup> Purdue Ind. Waste Conference Proceedings, Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, p. 365-377.
- APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 16<sup>th</sup> edition, American Public Health Association, Washington, 1985.
- ARAÚJO, J.C. (1994) **Acompanhamento da Evolução do Biofilme e Caracterização Química e Biológica em Reator de Leito Fluidificado Tratando Esgoto Sanitário Sintético**. São Carlos, SP. Dissertação - Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) / Universidade de São Paulo (USP).
- BARBOSA, R.A. & SANTANNA Jr., G.L. (1989) Treatment of Raw Domestic Sewage in na UASB reactor. *Water Research*, **23**: 1483-1489.
- BERGEY'S MANUAL OF DETERMINATIVE BACTERIOLOGY (1994). Ed. John G. Holt *et al.*, 9edn, Williams & Wilkins, USA.
- BODÍK, I.; HERDOVÁ, B.; DRTEL, M. (2002) The use of Upflow Anaerobic Filter and AnSBR for Wastewater Treatment at Ambient Temperature. *Water Research*, **36**: 1084-1088.

- BOGTE, J.J.; BREURE, A.M.; VAN ANDEL, J.G. & LETTINGA, G. (1993) Application of small UASB Reactors for Treatment of Domestic Wastewater of Individual Households At Isolated Locations. In: 5<sup>th</sup> International Symposium on Anaerobic Digestion (poster), Bolonha, Itália, p. 725-729.
- BOLANÕS, R.M.L.; VARESCHE, M.B.A.; ZAIAT, M.; FORESTI, E. (2000) Phenol Degradation in Horizontal-Flow Anaerobic Immobilized Biomass (HAIB) Reactor under Mesophilic Conditions. In: Oficina e Seminário Latino-Americano de Digestão Anaeróbia, 6., Recife (PE), 2000. Anais. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. vol.1, p263-269.
- BORZANI, W.; LIMA, U.A.; AQUARONE, E. (1986). **Engenharia Bioquímica**. 1.ed.,v.3. São Paulo, Edgard Blucher.
- BRANCO, S.M. (1986) **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 2<sup>a</sup> edição. CETESB, São Paulo.
- BRITO, A.G.; RODRIGUES, A.C.; MELO, F.L (1997). Feasibility of a Pulsed Sequencing Batch Reactor with Anaerobic Aggregated Biomass for the Treatment of Low Strength Wastewaters. *Water Science and Technology*, **35**(1), 193-198.
- BROCK BIOLOGY OF MICROORGANISMS (2000) Prentice-Hall Inc., Madigan et al., Upper Saddle River, New Jersey, United state of America, 9 edn.
- CALZADA, J.F.; ARRIOLA, M.C.; CASTAÑEDA, J.E.; GODOY, J.E.; HOLZ, C. (1984). Methane from Coffee Pulp Juice: Experiments Using Polyurethane Foam Reactors. *Biotechnology Letters*, **6**, p.385-388.
- CADAVID, D.L.; ZAIAT, M.; FORESTI, E. (1997) Performance of Horizontal-Flow Anaerobic Immobilized Sludge (HAIS) Reactor Treating Synthetic Substrate Subject to Increasing COD to Sulfate Ratios. In: Proceedings of the Specialized Conference on Chemical Process Industries and Environmental Management (Cape Town, South Africa), paper 5.3.
- CHERNICHARO, C.A.L. (1997) **Reatores Anaeróbios: Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte , Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG.
- CHERNICHARO, C.A.L. & BORGES J.M. (1997) Evaluation and Start-up of a Full Scale UASB Reactor Treating Domestic Sewage. In: Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Anaerobic Digestion, Sendai, Japão, vol. 2, pp. 192-199.

- CHERNICHARO, C.A.L.; VAN HAANDEL, A.; CAVALCANTI, P.F.F. (1999) Controle Operacional de Reatores Anaeróbios. In: CAMPOS, J.R., coord. **Tratamento de Esgotos Sanitários pro Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cap. 9, p.221-247.
- COLLIVIGNARELLI, C.; URBINI, G.; FARNETTI, A.; BASSETTI, A. & BARBARESI, U. (1991). Economic Removal of Organic and Nutrient Substances form Municipal Wastewaters with Full-Scale UASB fluidized and Fixed-bed reactors. *Water Science and Technology*, **24** (7): 90-95.
- COSTERTON, J.W.; LEWANDOWSKI, Z.; CALDWELL, D.E.; KORBER, D.R.; LAPPIN-SCOTT, H.M. (1995). Microbial Biofilms. Annual Reviews in Microbiology, **49**, p.711-745.
- CUBAS, S.A.; PINHO, S.C.; FORESTI, E.; RODRIGUES, J.A.D.; RATUSZNEI, S.M.; ZAIAT, M. (2002). Effects of Solid-phase Mass Transfer on a Stirred Anaerobic Sequencing Batch Reactor Containing Immobilized Biomass. VII Taller y Simposio Latinoamericano Sobre Digestión Anaerobia, Mérida, Yucatán, México, 229-236.
- CUBAS, S.A.; FORESTI, E.; RODRIGUES, J.A.D.; RATUSZNEI, S.M.; ZAIAT, M. (2003). Influence of the Liquid-phase Mass Transfer on the Performance of a stirred anaerobic sequencing batch reactor containing immobilized biomass. *Biochemical Engineering Journal*. Aceito para publicação.
- CUEVAS-RODRIGUES. G.; GONZÁLES-BARCELÓ, O.; GONZÁLES-MARTINES; S. (1998). Wastewater Fermentation and Nutrient Removal in Sequencing Batch Reactors. *Water Science and Technology*, **38**: 255-264.
- CYBIS, L.S. & PESCADOR, F.S. (2000). Emprego de Reatores Sequenciais em Batelada Anaeróbios (RSBAn) para Tratamento de Esgotos Domésticos. In: Preprints of the "VI Latin-American Workshop and Seminar on Anaerobic Digestion". Vol.I, 90-97.
- DAGUE R.R.; HABBEN C.E.; PIDAPARTI S.R. (1992). Initial Studies on the Anaerobic Sequencing Batch Reactor. *Water Science and Technology*, **26**(9-11), 2429-2432.
- DILALLO, R. and ALBERTSON, O.E. (1961) Volatile Acids by Direct Tritation. *Journal WPCF*, **33**: 356-365.

- DRAAIJER, H.; MASS, J.A.W.; SCHAAPMAN, J.E.; KHAN, A. (1992) Performance of the 5 MLD UASB Reactor for Sewage Treatment at Kampur, India. *Water Science and Technology*, **25**: 123-133.
- DROSTE R.L. & MASSÉ D.I. (1995). Anaerobic Treatment in Sequencing Batch Reactors. *Int. Symp. on Technol. Transfer*, Salvador - BA, Brasil, p. 353-363.
- FORESTI, E (2002) Anaerobic Treatment of Domestic Sewage: Established Technologies and Perspectives. *Water Science and Technology*, **45**(10): 181-186
- FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; VAN HAANDEL, A.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P.F.F. (1999) Fundamentos do Tratamento Anaeróbio. In: CAMPOS, J.R., coord. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cap. 2, p.29-52.
- FORESTI, E.; ZAIAT, M.; CABRAL, A.K.A. AND DEL NERY, V. (1995). Horizontal-Flow Anaerobic Immobilized Sludge (HAIS) Reactor for Paper Industry Wastewater Treatment. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **12**, p. 235-239.
- FYNN, G.H.; WHITEMORE, T.N. (1984). Retention of Methanogens in Colonized Reticulated Polyurethane Foam Biomass Support Particle. *Biotechnology Letters*, **6**, p.81-86.
- GIJZEN, H.J. (1996). Anaerobic Wastewater Treatment. An Important step in Rational Reuse Strategies of Nutrients and Energy. In: IV Seminário Latino Americano de Tratamento Anaeróbio de Águas Residuárias . Bucaramanga, Colômbia. p.537-548.
- GIJZEN, H.J.; SCHOENMAKERS, T.J.M.; CAERTELING, C.G.M.; VOGELS, G.D. (1988). Anaerobic Degradation of Papermill Sludge in a Two-Phase Digester Containing Rumen Microorganisms and Colonized Polyurethane Foam. *Biotechnology Letters*, **10** (1): 61-66.
- GLOYNA, E.F. (1971) Waste Stabilization Ponds. World Health Organization Monograph Series N<sup>o</sup> 60. Geneva: World Health Organization.
- GOURANGA C.B.; TIMOTHY, G.E.; DAGUE, R.R. (1997). Structure and Methanogenic Activity and Granules from an ASBR Treating Dilute Wastewater at Low Temperatures. *Water Science and Technology*, **36**: 149-156.

- HASKONING CONSULTING ENGINEERS AND ARCHITECTS (1996) 36 MLD UASB Treatment Plant in Kampur, India. Evaluation report on Process Performance. Internal Report.
- HENZE, M.; HARREMOES, P.; ARVIN, E.; JANSEN, J. C. (1997) **Wastewater Treatment: biological and chemical processes**. New York, Springer, 383p.
- HOLLOPETER J.A & DAGUE R.R. (1994). Anaerobic Sequencing Batch Reactor Treatment of Landfill Leachate. In: 49<sup>th</sup> Purdue Ind. Waste Conference Proceedings, Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan.
- HULSHOFF POL, L.W. (1989). The Phenomenon of Granulation of Anaerobic Sludge. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen , The Netherlands.
- HULSHOFF POL, L.W.; REBAC, S.; KATO, M.; VAN LIER, J.; LETTIGA, G. (1998). Anaerobic Treatment of Low-Strength Wastewater. In: 15<sup>th</sup> Latin-American Workshop-Seminar Wastewater Treatment. Chile. Proceedings.13p.
- HUYSMAN, P.; van MEENE, P.; van ASSCHE, P.; VERSTRAETE, W. (1983). Factors Affecting the Colonization of non Porous Packing Material in Model Upflow Methane Reactors. *Biotechnology Letters*, **5**, p.643-648.
- JENKINS, D.; RICHARD, M.G.; DAIGGER, G.T. (1993) **Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming**. 2 ed, Michigan, Lewis Publishers.
- KATO, M.T.; FIELD, J.A.; LETTINGA, G. (1997). Anaerobic Tolerance to Oxygen and the Potential of Anaerobic Cocultures for Wastewater Treatment. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **14**(4), 395-407.
- KRASILNIKOVA, E.N. ; IVANOVISKII, R.N. ; KONDRATIEVA, E.N. (1983) *Growth of Purple Bacteria Utilizing Acetate in Anaerobic Conditions in Darkness*. *Mikrobiologiya* (English translation edition), **52**,189-194.
- LAPA, K.R. (2003) **Avaliação de Desempenho do Reator Anaeróbio em Batelada Seqüencial (ASBR) Contendo Biomassa Imobilizada em Pedra Pome no Tratamento de Esgoto Sanitário**. São Carlos, SP. Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) / Universidade de São Paulo (USP).
- LETTINGA, G. (1995) Anaerobic Digestion and Wastewater Treatment Systems. Antoine van Leeuwenhoek, v.67, p3-28.

- LETTINGA, G. & HULSHOFF POL, L.W. (1991). UASB-Process Design for Various Types of Wastewater. *Water Science and Technology*, **24** (8): 79-86.
- LETTINGA, G.; ROERSMA, R.; GRIN, P. (1983) Anaerobic Treatment of Raw Domestic Sewage at Ambient Temperatures Using a Granular Bed UASB reactor. *Biotechnology and Bioengineering*, **25**, 1701-1723.
- LETTINGA, G.; de MAN, A.; GRIN, P.; HULSHOFF POL, L. (1987) Anaerobic Waste Water Treatment as an Appropriate Technology for Developing Countries. *Trib. Cebedeau*, **40**(519), 21-32.
- LIMA, C.A.A.L. (2001) **Tratamento de Esgoto Sanitário em Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo (RAHLF)-Escala Piloto**. São Carlos, SP. Tese – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) / Universidade de São Paulo (USP).
- de MAN, A.W.A.; GRIN, P.C., ROERSMA, R.E.; GROELLE, K.C.F. & LETTINGA, G. (1986) Anaerobic Treatment of Municipal Wastewater at low Temperatures. Anaerobic Treatment. A grown-up Technology. Conference papers (Aquatech '86), Amsterdam, pp 451-466.
- de MAN, A.W.A.; van der LAST, A.R.M.; LETTINGA, G. (1988) The Use of EGSB and UASB Anaerobic Systems on low Strength Soluble and Complex wastewaters at Temperatures ranging from 8 to 30<sup>o</sup> C. In: Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Symposium on Anaerobic Digestion, Bolonha, Itália, pp. 197-208.
- MASSÉ, D.I.; PATNI, N.K.; DROSTE, R.L.; KENNEDY, K.J. (1996). Operation Strategies for Psychrophilic Anaerobic Digestion of Swine Manure Slurry in Sequencing Batch Reactors. *Canadian Journal of Civil Engineering*, **23**, 1285-1294.
- MASSÉ, D.I.; DROSTE, R.L.; KENNEDY, K.J.; PATNI, N.K.; MUNROE, J.A. (1997) Potential for the Psychrophilic Anaerobic Treatment of Swine Manure Using a Sequencing Batch Reactor. *Canadian Agricultural Engineering*, **39**(1), 25-33.
- MENDONÇA, S.R. (1987) **Tópicos Avançados em Sistemas de Esgotos Sanitários**. ABES, Rio de Janeiro, 259p.
- MENDONÇA, S.R. (1987) **Sistemas de Lagunas de Estabilizacion**. MacGraw-Hill Interamericana, Sta. Fé de Bogotá, Colombia, 366p.

- MERGAERT, K.; VANDERHAEGEN, B. & VERSTRAETE, W. (1992) Applicability and Trends of Anaerobic Pre-Treatment of Municipal Wastewater. *Water Research*, **85** (8): 1025-1033.
- METCALF & EDDY, INC. (1991) **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**. 3<sup>rd</sup> edition. McGraw-Hill, U.S.A.
- MIQUELETO, A.P. (2003) **Comportamento de Reator Anaeróbio Operado em Batelada Sequencial, Contendo Biomassa Imobilizada e Submetido a Aumento Progressivo da Concentração de Substrato de Fácil Degradação**. São Carlos, SP. Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) / Universidade de São Paulo (USP).
- MONROY, O; NOYOLA, A.; RAMIREZ, F. & GUYOT, J.P. (1988) Anaerobic Digestion and Water Hyacinth as a Highly Efficient Treatment Process for Developing Countries (poster). In: Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Symposium on Anaerobic Digestion, Bolonha, Itália, pp. 747-751.
- NATION, J.L. (1983) A New Method Using Hexamethyldisilazane for Preparation of Soft Tissues for Scanning Electron Microscopy. *Stain Technology*, **58**: 347-351
- NDON, U.J. & DAGUE, R.R. (1997). Ambient Temperature Treatment of Low-Strength Wastewater Using Anaerobic Sequencing Batch Reactor. *Biotechnology Letters*, **19**(4), 319-323.
- OLIVA, L.C.H.V. (1997) **Tratamento de Esgotos Sanitários com Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB) Protótipo: Desempenho e Respostas Dinâmicas às Sobrecargas Hidráulicas**. São Carlos, SP. Tese – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) / Universidade de São Paulo (USP).
- OLIVEIRA, S.V.W.B. de (2001) **Avaliação da Degradação e Toxicidade de Formaldeído em Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo**. São Carlos, SP. Tese – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) / Universidade de São Paulo (USP).
- ONG, S.L.; HU J.Y.; NG, W.J.; LU, Z.R. (2002) Granulation Enhancement in Anaerobic Sequencing Batch Reactor Operation. *Journal of Environmental Engineering*, **128**(4), 387-390.
- PASSIG, F.H.; VILLELA, L.H. and FERREIRA, O.P. (2000) Piracicamirim Sewage Treatment Plant – Conception Utilizing Anaerobic Process Followed by Aerobic Process. In: Preprints of the “Latin-American Workshop-Seminar on Anaerobic Digestion”.vol. I, 53-59.

- PFENNIG, N. (1978) General Physiology and Ecology of Photosynthetic Bacteria. In: CLAYTON, R.K.; SISTROM, W.R. *The Photosynthetic Bacteria*, Plenum, New York, p3-18.
- PINHO, S.C.; CUBAS, S.A.; RATUSZNEI, S.M.; RODRIGUES, J.A.D.; FORESTI, E.; ZAIAT, M (2002). Influence of the Agitation Rate on the Treatment of Partially Soluble Wastewater in Anaerobic Sequencing Batch Reactor Containing Immobilized Biomass. VII Taller y Simposio Latinoamericano Sobre Digestión Anaerobia, 7., Mérida, 2002, *Anais. Yucatán, México*, p.103-106
- RATUSZNEI, S.M.; RODRIGUES, J.A.D.; CAMARGO, E.F.M.; ZAIAT, M.; BORZANI, W. (2000). Feasibility of a Stirred Anaerobic Sequencing Batch Reactor Containing Immobilized Biomass for Wastewater Treatment. *Bioresource Technology*, **75**: 127-133.
- RATUSZNEI, S.M.; RODRIGUES, J.A.D.; CAMARGO, E.F.M.; ZAIAT, M.; BORZANI, W. (2001). Influence of the Agitation Rate on the Performance of a Stirred Anaerobic Sequencing Batch Reactor Containing Immobilized Biomass. *Water Science and Technology*, **85**: 305-412.
- RATUSZNEI, S.M.; RODRIGUES, J.A.D.; CAMARGO, E.F.M.; ZAIAT, M.; BORZANI, W. (2003). Effect of Feeding Strategy on a Stirred Anaerobic Sequencing Fed-Batch Reactor Containing Immobilized Biomass. *Bioresource Technology*, **90**: 199-206.
- REYES III, F.L. & DAGUE, R.R. (1995). Effects of Initial Seed Concentration on the Startup of the Anaerobic Sequencing Batch Reactor. In: 50th Purdue Ind. Waste Conference Proceedings, Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, p. 449-459.
- RIBEIRO, R. (2001) **Influência do Tipo de Substrato na Dinâmica de Formação do Biofilme em Matrizes de Poliuretano**. São Carlos, SP. Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) / Universidade de São Paulo (USP).
- RIPLEY, L.E.; BOYLE, W.C.; CONVERSE, J.C. (1986) Improved Alkalimetric Monitoring for Anaerobic Digestion of High-Strength Wastes. *Journal WPCF*, **58**: 406-411.
- RODRIGUES, J.A.D.; RATUSZNEI, S.M.; CAMARGO, E.F.M.; ZAIAT, M. (2003). Influence of the Agitation Rate on the Performance of a Anaerobic Sequencing Batch Reactor Containing Granulated Biomass Treating Low-Strength Wastewater. *Advances in Environmental Research*, **7**(2): 405-410.

- RUIZ, C.; TORRIJOS, M.; SOUSBIE, P.; LEBRATO MARTINEZ, J.; MOLETTA, R. (2001) The Anaerobic SBR Process: Basic Principles for Design and Automation. *Water Science and Technology*, **38**: 255-264.
- SCHELLINKHOUT, A. & OSÓRIO, E. (1994) Long-Term Experience with the UASB Technology for Sewage Treatment. In: Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Symposium on Anaerobic Digestion, Cidade do Cabo, Africa do Sul, pp. 251-252.
- SCHMIT C.G. & DAGUE R.R. (1993) Anaerobic Sequencing Batch Reactor Treatment of Swine Wastes at 20°C, 25°C and 35°C. In: 48th Purdue Ind. Waste Conference Proceedings, Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, pp. 541-549.
- SEGHEZZO, L.; ZEEMAN, G.; van Lier, J.B.; HAMELERS, H.V.M.; LETTINGA, G. (1998) A review: The Anaerobic Treatment of Sewage in UASB and EGSB Reactors. *Bioresource Technology*, **65**: 175-190.
- SHIZAS, I.; BAGLEY, D.M. (2002) Improving Anaerobic Sequencing Batch Reactor Performance by Modifying Operational Parameters. *Water Research*, **36**: 363-367.
- SOUSA, J.T. (1996) **Pós-Tratamento de Efluente de Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente em Reator Aeróbio Sequencial em Batelada e Coluna de Lodo Anaeróbio para Desnitrificação**. São Carlos, SP. Tese - Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) / Universidade de São Paulo (USP).
- SPEECE, R.E. (1983) Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater Treatment. *Journal of Environmental Science Technology*, **17**: 416-426.
- SPEECE, R.E. (1996) **Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater Treatment**. Archae Press, U.S.A.
- SUNG S. and DAGUE R.R. (1995). Laboratory Studies on the Anaerobic Sequencing Batch Reactor. *Water Env. Research*, **67**(3), 294-301.
- TARE, V.; AHAMMED, M. & JAWED, M. (1997) Biomethanation in Domestic and Industrial Waste Treatment-An Indian Scenario. In: Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Anaerobic Digestion, Sendai, Japão, vol. 2, pp. 255-262.
- TEBUTT, T.H.Y. (1977) **Principles of Water Quality Control**. 2<sup>nd</sup> edition. Pergamon Press, Oxford.

- TYAGI, R.D. & VEMBU, K. (1990) **Wastewater Treatment by Immobilized Cells**. Boca Raton, Flórida, CRC Press, Inc 281p.
- TIMUR, H. & ÖZTURK, I. (1999) Anaerobic Sequencing Bath Reactor Treatment of Landfill Leachate. *Water Research*, **33**(15): 3225-3230.
- TRÜPER, H.G. (1970). *Culture and Isolation of Phototrophic Sulfur Bacteria from the Marine Environment*. Helgoländer wissenschaftliche Messesanteruchungen, **20**:6-16.
- TRÜPER, H.G. (1981). *Versatility of Carbon Methabolism in the Phototrophic Bacteria*. In: Dalton, H.(ed.), Microbial on C, compounds. Heynden, London, p.116-121.
- VAN DER LAST, A.R.M. & LETTINGA, G. (1992) Anaerobic Treatment of Domestic Sewage under Moderate Climatic (Dutch) Conditions using Upflow Reactors at increased superficial velocities. *Water Science and Technology*, **25** (7): 167-178.
- VAN GEMERDEN, H.; MONTESINOS, E.; MAS, J. & GUERRERO, R. (1985) Diel Cycle of Metabolism of Phototrophic Purple Sulfur Bacteria in Lake Cisó (Spain). *Limnology and Oceanography*, **30**: 932-943.
- VAN HAANDEL, A.C. & LETTINGA, G. (1994) **Tratamento Anaeróbio de Esgotos: Um Manual para Regiões de Clima Quente**. s. n. t.
- VAN LOOSDRECHT, M.C.M.; LYKLEMA, J.; NORDE, W.; SCHRAA, G.; ZENDHER, A.J.B. (1987). The Role of Bacterial Cell Wall Hydrophobicity in Adhesion. *Applied Microbiology Biotechnology*, **53**(8): 1893-1897.
- VARESCHE, M.B.A.; ZAIAT, M., VIEIRA, L.G.T., FORESTI, E. (1997) Microbial Colonization of Polyurethane Foam Matrices in Horizontal-Flow Anaerobic Immobilized-Sludge Reactor. *Applied Microbial Biotechnolgy*, **48**: 534-538.
- VARESCHE, M.B.A. (1997) **Estudo de Bactérias Fototróficas Anoxigênicas: Enriquecimento, Isolamento, Caracterização Nutricional e Cinética de Crescimento**. São Carlos, SP. Tese – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) / Universidade de São Paulo (USP).
- VAZZOLER, R.F; GARCIA, M.A.R.; GARCIA JR., A.D.; CONCEIÇÃO NETO, J. (1992). **Microbiologia de Lodos Ativados**. São Paulo-CETESB.

- VIEIRA, S.M.M. & GARCIA Jr, A.D. (1992). Sewage Treatment by UASB reactor. Operation Results and Recommendations for Design and Utilization. *Water Science and Technology*, **25** (7): 143-157.
- VIEIRA, S.M.M.; CARVALHO, J.L.; BARIJAN, F.P.O. & RECH, C.M. (1994). Application of the UASB Technology for Sewage Treatment in Small Community at Sumaré São Paulo State. *Water Science and Technology*, **30**(12): 203-210.
- WIRTZ R.A. & DAGUE R.R. (1996). Enhancement of Granulation and Start-up in the Anaerobic Sequencing Batch Reactor. *Wat. Env. Res.*, **68**(5), 883-892.
- ZAIAT, M. (1996) **Desenvolvimento de Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo para Tratamento de Águas Residuárias**. São Carlos, SP. Tese – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) / Universidade de São Paulo (USP).
- ZAIAT, M., CABRAL, A.K.A., FORESTI, E.(1994) Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo para Tratamento de Águas Residuárias: Concepção e Avaliação Preliminar de Desempenho. *Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Engenharia Química*, **11**: 33-42.
- ZAIAT, M.; RODRIGUES, J.A.D.; RATUSZNEI, S.M.; CAMARGO, F.M.; BORZANI, W. (2001). Anaerobic Sequencing Batch Reactors for Wastewater Treatment: A Developing Technology. *Applied Microbiology Biotechnology*, **55**: 29-35.
- ZAIAT, M., VIEIRA, L.G.T., FORESTI, E. (1997) Spatial and Temporal Variations of Monitoring Performance Parameters in Horizontal-Flow Anaerobic Immobilized Sludge (HAIS) Reactor Treating Synthetic Substrate. *Journal Water Research*, **31**: 1760-1766.
- ZHANG R.; YIN Y.; SUNG S.; DAGUE R.R. (1995). Anaerobic Treatment of Swine Waste by the Anaerobic Sequencing Batch Reactor. In: 51st Purdue Ind. Waste Conference Proceedings, Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, pp. 315-320.

## **ANEXO A**

**RESULTADOS GERAIS DO MONITORAMENTO DOS REATORES  
ASBR1, ASBR2, ASBR3 E ASBBR NA 1ª E 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO.**

**TABELA A1: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBRI NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( OUTUBRO/2001)**

	Dia		Dia de operação		T <sub>AR</sub> (°C)	T <sub>LQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>H</sub> af (mg.L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>H</sub> ef (mg.L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.L <sup>-1</sup> )	EF <sub>H</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.L <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.L <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.L <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.L <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.L <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.L <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.L <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.L <sup>-1</sup> )	
1																											
2																											
3																											
4																											
5	1	3	28/22	26	7,05	6,90																					
6	2	6																									
7	3	9																									
8	4	12	33/22	27	7,01	6,73	525	263	440	240	16	54	104	107	70	74	ND	ND	100	ND	184	156	142	115			
9	5	15	26/20	27	6,98	6,96																					
10	6	18	29/21	26	7,10	6,85																					
11	7	21	29/22	27	7,03	7,20	512	279	458	254	11	50	113	108	62	69	ND	0,40	99,60	ND							
12	8	24	28/21	26	7,01	6,92																					
13	9	27																									
14	10	30																									
15	11	33	30/21	25	7,03	7,12																					
16	12	36	30/22	26	7,18	7,25	544	315	504	238	7	56	108	111	57	65	ND	ND	100	ND	220	188	95	89			
17	13	39	30/20	25	6,98	6,99																					
18	14	42	29/19	26	6,93	6,92																					
19	15	45	28/22	25	7,00	7,28	547	381	372	255	32	53	98	113	70	69	ND	0,60	99,40	ND							
20	16	48																									
21	17	51																									
22	18	54	28/19	24	7,12	6,78																					
23	19	57	28/19	25	7,24	7,26	517	252	379	217	27	58	112	105	60	66	0,15	0,65	99,20	0,42	274	237	101	91			
24	20	60	29/19	27	6,97	6,80																					
25	21	63	30/18	26	7,05	6,91																					
26	22	66	30/19	26	7,09	7,17	459	288	414	249	10	46	93	108	75	76	0,25	0,95	98,80	0,45							
27	23	69																									
28	24	72																									
29	25	75	32/21	27	6,97	6,93																					
30	26	78	33/22	26	7,00	6,97	634	244	410	238	35	62	105	113	67	68	0,23	0,65	99,12	0,45	153	117	84	63			
31	27	81	31/19	25	6,95	6,92																					

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A2: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( OUTUBRO/2001)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/mín (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>p</sub> af (mg l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>p</sub> ef (mg l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>t</sub> af (mg l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>t</sub> ef (mg l <sup>-1</sup> )	EF <sub>p</sub> (%)	EF <sub>t</sub> (%)	AB af (mg l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg l <sup>-1</sup> )	
1																									
2																									
3																									
4																									
5	1	3	28/22	27	7,05	6,94																			
6	2	6																							
7	3	9																							
8	4	12	33/22	27	7,01	7,00	525	263	335	262	36	50	104	115	70	78	ND	0,47	99,53	ND	184	156	53	47	
9	5	15	26/20	26	6,98	6,96																			
10	6	18	29/21	27	7,10	6,82																			
11	7	21	29/22	27	7,03	7,18	512	279	340	283	34	45	113	103	62	83	ND	0,27	99,73	ND					
12	8	24	28/21	27	7,01	6,98																			
13	9	27																							
14	10	30																							
15	11	33	30/21	25	7,03	7,19																			
16	12	36	30/22	26	7,18	7,26	544	315	303	258	44	53	108	106	57	77	0,11	0,66	99,23	0,42	220	188	56	45	
17	13	39	30/20	26	6,98	6,87																			
18	14	42	29/19	25	6,93	6,93																			
19	15	45	28/22	25	7,00	7,18	547	381	293	243	46	56	98	115	70	80	0,16	0,89	98,95	0,43					
20	16	48																							
21	17	51																							
22	18	54	28/19	24	7,12	6,79																			
23	19	57	28/19	25	7,24	7,20	517	252	294	229	43	56	112	98	60	83	0,14	0,81	99,05	0,43	274	237	32	30	
24	20	60	29/19	25	6,97	6,81																			
25	21	63	30/18	26	7,05	6,85																			
26	22	66	30/19	26	7,09	7,04	459	288	309	241	33	47	93	115	75	88	0,27	1,17	98,56	0,46					
27	23	69																							
28	24	72																							
29	25	75	32/21	26	6,97	6,91																			
30	26	78	33/22	27	7,00	7,00	634	244	291	226	54	64	105	115	67	77	0,37	1,29	98,34	0,48	153	117	46	27	
31	27	81	31/19	25	6,95	7,20																			

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A3: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( OUTUBRO/2001)**

Dia	Dia de operação	Batchada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>H</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.l <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )		
1																										
2																										
3																										
4																										
5	1	3	28/22	27	7,05	6,98																				
6	2	6																								
7	3	9																								
8	4	12	33/22	27	7,01	6,97	525	263	458	237	13	55	104	92	70	88	ND	0,50	99,50	ND	184	156	186	142		
9	5	15	26/20	27	6,98	6,97																				
10	6	18	29/21	26	7,10	6,90																				
11	7	21	29/22	26	7,03	7,27	512	279	461	217	10	58	113	107	62	72	ND	ND	100,0	ND						
12	8	24	28/21	27	7,01	6,95																				
13	9	27																								
14	10	30																								
15	11	33	30/21	25	7,03	7,06																				
16	12	36	30/22	26	7,18	7,19	544	315	528	257	3	53	108	100	57	79	ND	0,27	99,73	ND	220	188	319	272		
17	13	39	30/20	24	6,98	6,94																				
18	14	42	29/19	25	6,93	6,98																				
19	15	45	28/22	25	7,00	7,25	547	381	440	201	20	63	98	112	70	72	0,09	0,81	99,10	0,42						
20	16	48																								
21	17	51																								
22	18	54	28/19	24	7,12	6,85																				
23	19	57	28/19	26	7,24	7,26	517	252	406	237	21	54	112	108	60	63	0,68	0,81	98,51	0,43	274	237	152	125		
24	20	60	29/19	25	6,97	6,80																				
25	21	63	30/18	26	7,05	6,85																				
26	22	66	30/19	25	7,09	7,08	459	288	414	272	10	41	93	112	75	73	0,18	1,25	98,57	0,44						
27	23	69																								
28	24	72																								
29	25	75	32/21	25	6,97	7,02																				
30	26	78	33/22	27	7,00	7,05	634	244	397	230	37	64	105	116	67	72	0,18	0,52	98,30	0,43	153	117	92	77		
31	27	81	31/19	26	6,95	7,09																				

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A4: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( OUTUBRO/2001)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>h</sub> af (mg/L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>h</sub> ef (mg/L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>5</sub> af (mg/L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>5</sub> ef (mg/L <sup>-1</sup> )	EF <sub>h</sub> (%)	EF <sub>5</sub> (%)	AB af (mg/L <sup>-1</sup> )	AB ef (mg/L <sup>-1</sup> )	AVT af (mg/L <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg/L <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg/L <sup>-1</sup> )	SSV af (mg/L <sup>-1</sup> )	SST ef (mg/L <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg/L <sup>-1</sup> )
1																								
2																								
3																								
4																								
5	1	3	28/22	27	7,05	6,92																		
6	2	6																						
7	3	9																						
8	4	12	33/22	27	7,01	7,00	525	263	261	209	50	60	104	117	70	75	ND	0,80	99,20	ND	184	156	44	31
9	5	15	26/20	27	6,98	6,92																		
10	6	18	29/21	27	7,10	6,76																		
11	7	21	29/22	27	7,03	7,27	512	279	255	214	50	58	113	104	62	72	ND	0,36	99,64	ND				
12	8	24	28/21	27	7,01	6,93																		
13	9	27																						
14	10	30																						
15	11	33	30/21	26	7,03	6,99																		
16	12	36	30/22	26	7,18	7,07	544	315	243	201	55	63	108	109	57	65	0,08	1,69	98,23	0,42	220	188	67	39
17	13	39	30/20	25	6,98	6,91																		
18	14	42	29/19	26	6,93	6,94																		
19	15	45	28/22	25	7,00	7,30	547	381	224	166	59	70	98	132	70	60	ND	0,80	99,20	ND				
20	16	48																						
21	17	51																						
22	18	54	28/19	25	7,12	6,84																		
23	19	57	28/19	25	7,24	7,21	517	252	231	167	55	68	112	147	60	46	0,09	2,03	97,88	0,42	274	237	56	49
24	20	60	29/19	27	6,97	6,73																		
25	21	63	30/18	26	7,05	6,81																		
26	22	66	30/19	27	7,09	7,21	459	288	243	177	47	61	93	137	75	54	0,09	1,29	98,62	0,42				
27	23	69																						
28	24	72																						
29	25	75	32/21	26	6,97	7,01																		
30	26	78	33/22	27	7,00	6,98	634	244	323	211	49	67	105	130	67	60	0,17	1,36	98,47	0,43	153	117	92	77
31	27	81	31/19	25	6,95	6,88																		

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A5: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR1 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( NOVEMBRO/2001)**

	Dia		Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LÍQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1	28	84	31/22		27	7,22	7,21	701	236	550	215	22	69	116	116	64	57	0,15	0,33	99,52	0,42						
2	29	87	32/22		28	7,09	7,08																				
3	30	90																									
4	31	93																									
5	32	96	31/21		25	6,90	6,95																				
6	33	99	32/24		26	7,03	7,08	577	203	334	198	42	66	102	103	54	57	0,45	0,93	98,62	0,49	178	153	231	187		
7	34	102	29/20		27	7,12	7,01																				
8	35	105	32/20		28	7,02	7,09																				
9	36	108	33/23		26	6,98	6,97	465	281	407	228	12	51	97	100	72	79	0,62	1,10	98,28	0,53						
10	37	111																									
11	38	114																									
12																											
13																											
14																											
15																											
16																											
17																											
18																											
19																											
20	39	117	31/20		27	7,03	6,95	471	225	432	217	8	54	118	110	53	57	0,38	0,62	99,00	0,47	212	205	150	140		
21	40	120	32/23		28	7,00	7,02																				
22	41	123	29/21		26	6,98	6,97																				
23	42	126	33/23		26	7,14	7,08	552	235	411	198	26	64	116	130	60	63	0,42	0,86	98,72	0,49						
24	43	129																									
25	44	132																									
26	45	135	32/22		27	7,00	7,00	428	236	372	175	13	59	100	117	69	57	0,76	0,98	98,26	0,55	218	212	145	127		
27	46	138	32/21		27	6,99	7,02																				
28	47	141	31/19		26	7,05	7,05																				
29	48	144	30/20		27	6,97	7,03																				
30	49	147	32/21		27	7,22	7,21	381	185	333	161	13	58	75	116	32	48	1,00	0,80	98,20	0,60						

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LÍQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A6: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( NOVEMBRO/2001)**

	Dia	Batelada	T <sub>op</sub> máx/min (°C)	T <sub>liq</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>H</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-3</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	28	84	31/22	25	7,22	7,11	701	236	300	241	57	66	116	100	64	70	0,32	0,49	99,19	0,48				
2	29	87	32/22	27	7,09	7,05																		
3	30	90																						
4	31	93																						
5	32	96	31/21	25	6,90	6,97																		
6	33	99	32/24	27	7,03	7,00	577	203	266	197	54	66	102	110	54	65	0,45	0,95	98,60	0,45	178	153	72	66
7	34	102	29/20	27	7,12	6,98																		
8	35	105	32/20	28	7,02	7,08																		
9	36	108	33/23	27	6,98	6,93	465	281	290	187	38	60	97	97	72	85	0,45	1,35	98,20	0,50				
10	37	111																						
11	38	114																						
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20	39	117	31/20	27	7,03	6,97	471	225	242	174	49	63	118	104	53	64	0,44	0,74	98,82	0,48	213	205	63	60
21	40	120	32/23	28	7,00	7,03																		
22	41	123	29/21	26	6,98	6,98																		
23	42	126	33/23	27	7,14	7,20	552	235	275	196	50	64	116	120	60	73	0,41	0,93	98,66	0,48				
24	43	129																						
25	44	132																						
26	45	135	32/22	26	7,00	7,03	428	236	247	172	42	60	100	105	69	66	0,38	1,09	98,53	0,48	218	212	82	78
27	46	138	32/21	27	6,99	7,02																		
28	47	141	31/19	26	7,05	7,09																		
29	48	144	30/20	26	6,97	6,98																		
30	49	147	32/21	28	7,22	7,11	381	185	215	173	44	55	75	122	32	57	0,21	1,19	98,60	0,44				

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A7: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO (NOVEMBRO/2001)**

	Dia	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>R</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	28	84	31/22	26	7,22	7,26	701	236	431	217	39	69	116	95	64	64	0,18	0,49	99,33	0,45				
2	29	87	32/22	26	7,09	7,21																		
3	30	90																						
4	31	93																						
5	32	96	31/21	26	6,90	7,04																		
6	33	99	32/24	27	7,03	7,00	577	203	352	208	39	64	102	106	54	60	0,35	0,65	99,00	0,45	178	153	129	106
7	34	102	29/20	26	7,12	7,09																		
8	35	105	32/20	25	7,02	7,13																		
9	36	108	33/23	28	6,98	6,96	465	281	407	221	12	52	97	101	72	75	0,63	1,17	98,20	0,50				
10	37	111																						
11	38	114																						
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20	39	117	31/20	27	7,03	7,01	471	225	350	248	26	47	118	102	53	60	0,15	0,38	99,47	0,42	213	205	150	135
21	40	120	32/23	26	7,00	7,14																		
22	41	123	29/21	26	6,98	6,95																		
23	42	126	33/23	28	7,14	7,20	552	235	420	204	24	63	116	124	60	66	0,41	0,59	99,00	0,48				
24	43	129																						
25	44	132																						
26	45	135	32/22	26	7,00	7,21	428	236	342	186	20	57	100	115	69	58	1,10	0,90	98,00	0,60	218	212	173	164
27	46	138	32/21	27	6,99	7,01																		
28	47	141	31/19	26	7,05	7,18																		
29	48	144	30/20	25	6,97	6,96																		
30	49	147	32/21	27	7,22	7,06	381	185	312	145	18	62	75	112	32	46	1,64	1,63	96,73	0,55				

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A8: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO (NOVEMBRO/2001)**

	Dia de operação		Batelada		T <sub>AR</sub> (máx/min) (°C)	T <sub>LQ</sub> (°C)	pH <sub>af</sub>	pH <sub>ef</sub>	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1	28	84	31/22	27	7,22	7,10	701	236	311	182	56	74	116	115	64	62	0,37	1,25	98,38	0,48							
2	29	87	32/22	26	7,09	7,18																					
3	30	90																									
4	31	93																									
5	32	96	31/21	27	6,90	6,98																					
6	33	99	32/24	28	7,03	7,02	577	203	244	174	58	70	102	105	54	51	0,50	1,22	98,28	0,48	178	153	95	79			
7	34	102	29/20	26	7,12	7,08																					
8	35	105	32/20	25	7,02	7,15																					
9	36	108	33/23	27	6,98	6,94	465	281	292	195	37	58	97	109	72	73	0,52	1,21	98,27	0,50							
10	37	111																									
11	38	114																									
12																											
13																											
14																											
15																											
16																											
17																											
18																											
19																											
20	39	117	31/20	27	7,03	7,09	471	225	193	165	59	65	118	116	53	50	0,80	1,00	98,20	0,55	213	205	93	80			
21	40	120	32/23	28	7,00	7,10																					
22	41	123	29/21	26	6,98	7,18																					
23	42	126	33/23	28	7,14	7,20	552	235	235	165	57	70	116	152	60	52	1,10	1,20	97,70	0,60							
24	43	129																									
25	44	132																									
26	45	135	32/22	26	7,00	6,98	428	236	225	135	47	68	100	137	69	47	1,96	2,26	95,78	0,81	218	212	103	84			
27	46	138	32/21	27	6,99	7,01																					
28	47	141	31/19	26	7,05	7,18																					
29	48	144	30/20	26	6,97	6,96																					
30	49	147	32/21	27	7,22	7,08	381	185	150	98	61	74	75	141	32	29	1,64	1,63	96,73	0,75							

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A9: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR1 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( DEZEMBRO/2001)**

	Dia	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-3</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	50	150																						
2	51	153																						
3	52	156	33/20	27	7,05	7,19																		
4	53	159	35/21	28	7,11	7,14	524	243	469	200	10	62	91	111	67	61	1,00	1,00	98,00	0,65	119	109	174	145
5	54	162	31/20	26	7,03	7,08																		
6	55	165	32/24	27	6,97	7,12																		
7	56	168	32/21	27	7,09	7,10	580	284	384	211	34	64	94	134	65	58	0,77	0,73	98,50	0,60				
8	57	171																						
9	58	174																						
10	59	177	35/22	28	7,01	7,02	410	210	353	152	14	63	96	114	53	56	0,60	0,70	98,70	0,55	117	104	112	104
11	60	180	31/19	26	6,98	7,05																		
12	61	183	31/23	27	6,91	7,12																		
13	62	186	35/23	26	7,05	7,13																		
14	63	189	34/21	27	6,97	7,07	505	237	390	225	23	55	95	112	70	70	0,50	1,30	98,20	0,50				
15	64	192																						
16	65	195																						
17	66	198	33/22	28	7,03	7,08	487	292	384	210	21	57	102	117	74	66	1,08	1,05	97,87	0,60	90	79	112	96
18	67	201	34/21	27	7,09	7,10																		
19	68	204	32/19	26	6,95	7,14																		
20	69	207	33/24	28	7,07	7,16	438	182	368	180	16	59	116	120	38	53	1,20	1,20	97,60	0,65				
21	70	210	32/23	26	7,00	7,13																		
22	71	213																						
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A10: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( DEZEMBRO/2001)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	50	150																						
2	51	153																						
3	52	156	33/20	26	7,05	7,13																		
4	53	159	35/21	27	7,11	7,16	524	243	300	200	43	62	91	107	67	65	0,13	0,87	99,00	0,42	119	109	56	50
5	54	162	31/20	28	7,03	7,08																		
6	55	165	32/24	27	6,97	7,07																		
7	56	168	32/21	26	7,09	7,11	580	284	314	243	46	58	94	110	65	62	0,21	1,02	98,77	0,45				
8	57	171																						
9	58	174																						
10	59	177	35/22	27	7,01	7,60	410	210	338	167	18	59	96	108	53	60	0,17	0,93	98,90	0,45	117	104	44	40
11	60	180	31/19	28	6,98	7,10																		
12	61	183	31/23	26	6,91	7,02																		
13	62	186	35/23	28	7,05	7,07																		
14	63	189	34/21	26	6,97	7,11	505	237	317	216	37	57	95	107	70	77	0,35	1,35	98,30	0,47				
15	64	192																						
16	65	195																						
17	66	198	33/22	27	7,03	6,98	487	292	287	170	41	65	102	112	74	56	0,58	0,97	98,45	0,50	90	79	66	55
18	67	201	34/21	28	7,09	7,01																		
19	68	204	32/19	28	6,95	7,15																		
20	69	207	33/24	28	7,07	7,21	438	182	255	165	42	62	116	118	38	47	0,96	1,04	98,00	0,45				
21	70	210	32/23	26	7,00	7,12																		
22	71	213																						
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A11: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( DEZEMBRO/2001)**

	Dia	Batida	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	50	150																						
2	51	153																						
3	52	156	33/20	26	7,05	7,20																		
4	53	159	35/21	28	7,11	7,16	524	243	360	202	31	61	91	107	67	71	0,96	1,04	98,00	0,65	119	109	100	88
5	54	162	31/20	27	7,03	7,05																		
6	55	165	32/24	27	6,97	7,13																		
7	56	168	32/21	26	7,09	7,04	580	284	381	226	34	61	94	123	65	68	0,90	1,03	98,07	0,65				
8	57	171																						
9	58	174																						
10	59	177	35/22	27	7,01	7,08	410	210	358	167	13	59	96	113	53	57	0,88	1,02	98,10	0,60	117	104	115	105
11	60	180	31/19	27	6,98	7,11																		
12	61	183	31/23	26	6,91	7,02																		
13	62	186	35/23	28	7,05	6,98																		
14	63	189	34/21	27	6,97	7,07	505	237	372	185	26	63	95	111	70	71	0,77	1,03	98,20	0,55				
15	64	192																						
16	65	195																						
17	66	198	33/22	26	7,03	7,06	487	292	368	201	24	59	102	118	74	65	0,80	1,04	98,16	0,60	90	79	141	134
18	67	201	34/21	27	7,09	7,12																		
19	68	204	32/19	26	6,95	7,03																		
20	69	207	33/24	27	7,07	7,15	438	182	376	174	14	60	116	124	38	45	1,05	1,00	97,95	0,65				
21	70	210	32/23	26	7,00	7,18																		
22	71	213																						
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A12: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( DEZEMBRO/2001)**

	Dia	Barrelada	T <sub>ig</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	50	150																						
2	51	153																						
3	52	156	33/20	25	7,05	7,15																		
4	53	159	35/21	27	7,11	7,19	524	243	176	128	66	76	91	140	67	36	0,85	0,75	98,40	0,60	119	109	40	36
5	54	162	31/20	27	7,03	7,13																		
6	55	165	32/24	28	6,97	7,05																		
7	56	168	32/21	26	7,09	7,12	580	284	189	154	67	73	94	134	65	40	1,35	1,30	97,35	0,75				
8	57	171																						
9	58	174																						
10	59	177	35/22	28	7,01	7,02	410	210	164	105	60	74	96	137	53	38	2,31	2,39	95,30	0,95	117	104	58	51
11	60	180	31/19	27	6,98	7,10																		
12	61	183	31/23	26	6,91	6,98																		
13	62	186	35/23	28	7,05	7,00																		
14	63	189	34/21	27	6,97	7,15	505	237	190	131	62	74	95	150	70	46	2,10	2,70	95,20	0,85				
15	64	192																						
16	65	195																						
17	66	198	33/22	27	7,03	7,00	487	292	175	138	64	72	102	126	74	43	2,34	2,45	95,21	0,87	90	79	59	50
18	67	201	34/21	28	7,09	6,96																		
19	68	204	32/19	26	6,95	7,12																		
20	69	207	33/24	28	7,07	7,29	438	182	173	112	61	74	116	148	38	25	0,77	0,83	98,40	0,55				
21	70	210	32/23	25	7,00	7,13																		
22	71	213																						
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A13: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR1 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( JANEIRO/2002)**

	Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.ml <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1																									
2																									
3	72	216	31/22	25	7,03	7,07																			
4	73	219	34/23	26	7,15	7,00	302	124	208	132	31	56	98	97	40	45	1,38	0,92	97,70	0,72	111	100	52	47	
5	74	222																							
6	75	225																							
7	76	228	34/23	24	7,09	6,97	180	104	145	85	19	53	70	76	33	26	1,27	1,03	97,70	0,73	66	54	43	36	
8	77	231	32/21	26	7,01	6,90																			
9	78	234	33/21	26	7,00	6,85																			
10	79	237	28/21	25	6,80	6,78	270	105	169	106	37	61	107	113	29	27	1,39	1,11	97,50	0,75					
11	80	240	30/22	26	6,95	6,96																			
12	81	243																							
13	82	246																							
14	83	249	25/22	24	7,29	7,19	119	54	95	57	20	52	103	108	17	18	0,63	0,97	98,40	0,62	46	45	26	23	
15	84	252	26/20	25	7,03	6,87																			
16	85	255	27/19	25	6,98	6,89																			
17	86	258	28/18	24	6,91	6,83	218	91	159	102	27	53	108	104	27	25	0,57	0,61	98,82	0,55					
18	87	261	31/19	26	7,13	7,07																			
19	88	264																							
20	89	267																							
21	90	270	31/19	27	7,15	7,11																			
22	91	273	33/22	26	7,35	7,08	530	122	232	131	56	75	118	114	51	40	1,42	0,88	97,70	0,92	325	257	60	54	
23	92	276	33/19	28	7,28	7,12																			
24	93	279	32/21	27	7,20	7,16																			
25	94	282	34/22	29	7,32	7,12	310	156	232	129	25	58	136	129	52	38	0,42	1,28	98,30	0,52					
26	95	285																							
27	96	288																							
28	97	291	34/24	27	7,09	7,00	520	135	204	112	61	78	87	100	33	32	1,30	0,94	97,76	0,75	576	534	197	160	
29	98	294	31/20	26	7,12	7,03																			
30	99	297	32/19	28	7,03	6,95																			
31	100	300	31/24	26	7,00	6,93	325	155	182	114	44	65	90	107	39	29	1,87	0,94	97,19	0,80					

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A14: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( JANEIRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DCO af (mg.l <sup>-1</sup> )	DCO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DCO ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DCO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1																									
2																									
3	72	216	31/22	26	7,03	7,14																			
4	73	219	34/23	26	7,15	6,90	302	124	257	117	15	61	98	73	40	42	0,25	0,65	99,10	0,46	111	100	105	84	
5	74	222																							
6	75	225																							
7	76	228	34/23	24	7,09	6,95	180	104	125	87	31	52	70	86	33	32	0,19	0,71	99,10	0,47	66	54	24	21	
8	77	231	32/21	25	7,01	6,93																			
9	78	234	33/21	26	7,00	6,98																			
10	79	237	28/21	25	6,80	6,80	270	105	131	94	51	65	107	117	29	31	0,20	1,00	98,80	0,48					
11	80	240	30/22	26	6,95	6,97																			
12	81	243																							
13	82	246																							
14	83	249	25/22	24	7,29	7,18	119	54	78	49	34	59	103	108	17	20	0,09	0,71	99,20	0,42	46	45	17	5	
15	84	252	26/20	25	7,03	6,98																			
16	85	255	27/19	24	6,98	7,01																			
17	86	258	28/18	24	6,91	6,95	218	91	128	96	41	56	108	106	27	29	0,14	0,86	99,00	0,44					
18	87	261	31/19	27	7,13	7,09																			
19	88	264																							
20	89	267																							
21	90	270	31/19	27	7,15	7,21																			
22	91	273	33/22	26	7,35	7,19	530	122	182	128	66	76	118	115	51	43	0,49	1,21	98,30	0,50	325	257	30	28	
23	92	276	33/19	25	7,28	7,10																			
24	93	279	32/21	27	7,20	7,15																			
25	94	282	34/22	28	7,32	7,08	310	156	204	143	34	54	136	131	52	45	0,42	1,28	98,30	0,52					
26	95	285																							
27	96	288																							
28	97	291	34/24	26	7,09	6,95	520	135	177	91	66	83	87	100	33	33	0,20	0,92	98,88	0,44	576	534	172	134	
29	98	294	31/20	26	7,12	7,00																			
30	99	297	32/19	26	7,03	6,97																			
31	100	300	31/24	27	7,00	7,00	325	155	154	110	53	66	90	103	39	36	0,57	1,41	98,02	0,50					

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A15: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( JANEIRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Bate-lada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>T</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )		
1																										
2																										
3	72	216	31/22	27	7,03	7,23																				
4	73	219	34/23	26	7,15	6,98	302	124	196	115	35	62	98	99	40	43	0,95	0,55	98,50	0,66	111	100	53	47		
5	74	222																								
6	75	225																								
7	76	228	34/23	25	7,09	7,00	180	104	163	87	9	52	70	87	33	30	0,96	0,74	98,30	0,66	66	54	42	35		
8	77	231	32/21	26	7,01	7,07																				
9	78	234	33/21	26	7,00	7,04																				
10	79	237	28/21	25	6,80	6,68	270	105	168	106	38	61	107	123	29	30	0,70	0,70	98,60	0,64						
11	80	240	30/22	27	6,95	6,92																				
12	81	243																								
13	82	246																								
14	83	249	25/22	24	7,29	7,16	119	54	101	57	15	52	103	100	17	16	0,75	1,05	98,20	0,57	46	45	28	27		
15	84	252	26/20	24	7,03	7,03																				
16	85	255	27/19	24	6,98	7,02																				
17	86	258	28/18	24	6,91	6,90	218	91	163	104	25	52	108	107	27	26	0,73	0,87	98,40	0,50						
18	87	261	31/19	26	7,13	7,08																				
19	88	264																								
20	89	267																								
21	90	270	31/19	27	7,15	7,13																				
22	91	273	33/22	26	7,35	7,21	530	122	219	119	59	78	118	113	51	40	1,25	1,45	97,30	0,98	325	257	58	52		
23	92	276	33/19	25	7,28	7,08																				
24	93	279	32/21	27	7,20	7,10																				
25	94	282	34/22	27	7,32	7,07	310	156	240	129	23	58	136	137	52	40	1,30	1,04	97,66	0,87						
26	95	285																								
27	96	288																								
28	97	291	34/24	28	7,09	7,00	520	135	203	133	61	74	87	94	33	32	0,71	0,71	98,58	0,65	576	534	178	147		
29	98	294	31/20	26	7,12	7,02																				
30	99	297	32/19	27	7,03	6,96																				
31	100	300	31/24	25	7,00	6,98	325	155	187	114	42	65	90	111	39	30	1,33	1,00	97,67	0,70						

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A16: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( JANEIRO/2002)**

Dia	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1																								
2																								
3	72	216	31/22	26	7,03	7,18																		
4	73	219	34/23	27	7,15	6,90	302	124	112	63	63	79	98	134	40	17	0,98	1,42	97,60	0,65	111	100	32	31
5	74	222																						
6	75	225																						
7	76	228	34/23	25	7,09	7,10	180	104	83	49	54	73	70	92	33	30	0,88	1,72	97,40	0,66	66	54	25	23
8	77	231	32/21	26	7,01	7,08																		
9	78	234	33/21	27	7,00	7,13																		
10	79	237	28/21	25	6,80	6,70	270	105	71	53	74	80	107	150	29	15	0,90	2,00	97,10	0,64				
11	80	240	30/22	26	6,95	7,11																		
12	81	243																						
13	82	246																						
14	83	249	25/22	24	7,29	7,25	119	54	47	28	61	76	103	128	17	11	0,40	1,65	97,95	0,60	46	45	9	7
15	84	252	26/20	25	7,03	7,08																		
16	85	255	27/19	24	6,98	7,01																		
17	86	258	28/18	24	6,91	6,93	218	91	73	54	67	75	108	132	27	18	0,32	0,98	98,70	0,55				
18	87	261	31/19	26	7,13	7,00																		
19	88	264																						
20	89	267																						
21	90	270	31/19	26	7,15	7,22																		
22	91	273	33/22	26	7,35	7,23	530	122	112	64	79	88	118	139	51	27	2,20	2,60	95,20	0,97	325	257	32	29
23	92	276	33/19	26	7,28	7,01																		
24	93	279	32/21	27	7,20	7,04																		
25	94	282	34/22	27	7,32	6,95	310	156	153	87	51	72	136	168	52	25	1,53	2,07	96,40	0,85				
26	95	285																						
27	96	288																						
28	97	291	34/24	27	7,09	6,97	520	135	175	105	66	80	87	120	33	31	0,97	1,57	97,46	0,66	576	534	142	118
29	98	294	31/20	26	7,12	6,98																		
30	99	297	32/19	27	7,03	6,96																		
31	100	300	31/24	26	7,00	7,01	325	155	100	80	69	75	90	134	39	21	1,38	2,03	96,58	0,70				

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A17: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBRI NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( FEVEREIRO/2002)**

	Dia	Batelada	T <sub>ar</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg/L)	DQO <sub>F</sub> af (mg/L)	DQO <sub>B</sub> ef (mg/L)	DQO <sub>F</sub> ef (mg/L)	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg/L)	AB ef (mg/L)	AVT af (mg/L)	AVT ef (mg/L)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol/L)	SSV af (mg/L)	SSV ef (mg/L)	SSV af (mg/L)	SSV ef (mg/L)		
1	101	303	32/21	27	7,01	7,10																				
2	102	306																								
3	103	309																								
4	104	312	33/19	26	7,17	7,16	224	112	203	110	9	51	114	126	34	31	1,19	0,87	97,94	0,75	67	65	58	55		
5	105	315	32/20	25	7,01	7,08																				
6	106	318	30/19	25	6,95	7,06																				
7	107	321	33/22	25	7,00	7,02	467	182	287	174	39	63	88	100	42	44	1,39	1,31	97,30	0,70						
8	108	324	32/21	24	7,01	7,12																				
9	109	327																								
10	110	330																								
11	111	333	30/22	26	6,95	7,13	310	124	220	141	29	55	92	101	38	37	1,38	1,45	97,17	0,73	86	58	65	43		
12	112	336	29/19	24	6,93	7,03																				
13	113	339	30/22	24	7,14	7,08																				
14	114	342	33/22	26	7,29	7,15	280	120	209	92	25	67	95	100	40	43	1,25	1,56	97,19	0,75						
15	115	345	28/19	25	7,09	7,06																				
16	116	348																								
17	117	351																								
18	118	354	29/21	26	7,27	7,14	398	166	278	172	30	57	81	104	62	46	0,45	0,95	98,60	0,50	124	111	80	75		
19	119	357	30/19	26	7,17	7,02																				
20	120	360	31/20	27	7,08	7,21																				
21	121	363	26/20	25	7,06	7,14	670	160	246	149	63	78	109	108	54	50	0,75	0,91	98,34	0,65						
22	122	366	33/22	25	7,23	7,12																				
23	123	369																								
24	124	372																								
25	125	375	30/20	24	7,21	7,05	317	153	214	114	32	64	108	118	53	42	0,60	0,72	98,68	0,55	175	161	64	58		
26	126	378	29/21	26	7,20	7,14																				
27	127	381	30/22	27	7,15	7,10																				
28	128	384	30/23	25	6,98	7,25	390	162	274	156	30	60	100	130	53	48	0,70	0,76	98,54	0,60						

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A18: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( FEVEREIRO/2002)**

	Dia	Batchada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIO</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO af (mg/L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg/L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>H</sub> af (mg/L <sup>-1</sup> )	DQO ef (mg/L <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg/L <sup>-1</sup> )	AB ef (mg/L <sup>-1</sup> )	AVT af (mg/L <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg/L <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg/L <sup>-1</sup> )	SSV af (mg/L <sup>-1</sup> )	SST ef (mg/L <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg/L <sup>-1</sup> )
1	101	303	32/21	26	7,01	7,21																		
2	102	306																						
3	103	309																						
4	104	312	33/19	27	7,17	7,05	224	112	148	107	34	52	114	127	34	36	0,48	0,90	98,62	0,55	67	65	30	26
5	105	315	32/20	26	7,01	7,11																		
6	106	318	30/19	24	6,95	7,10																		
7	107	321	33/22	25	7,00	7,00	467	182	225	178	52	62	88	90	42	54	0,67	1,46	98,87	0,55				
8	108	324	32/21	25	7,01	7,04																		
9	109	327																						
10	110	330																						
11	111	333	30/22	24	6,95	7,11	310	124	172	128	45	59	92	98	38	35	0,58	1,52	97,90	0,57	86	58	46	34
12	112	336	29/19	25	6,93	6,98																		
13	113	339	30/22	24	7,14	7,13																		
14	114	342	33/22	25	7,29	7,25	280	120	147	109	48	61	95	100	40	42	0,72	1,35	97,93	0,57				
15	115	345	28/19	25	7,09	7,01																		
16	116	348																						
17	117	351																						
18	118	354	29/21	26	7,27	7,16	398	166	273	158	31	60	81	115	62	41	0,40	0,90	98,70	0,50	124	111	60	55
19	119	357	30/19	27	7,17	7,20																		
20	120	360	31/20	27	7,08	7,13																		
21	121	363	26/20	24	7,06	7,06	670	160	193	149	71	78	109	118	54	46	0,41	1,01	98,58	0,50				
22	122	366	33/22	25	7,23	7,13																		
23	123	369																						
24	124	372																						
25	125	375	30/20	25	7,21	7,05	317	153	150	109	53	66	108	126	53	43	0,40	1,22	98,38	0,50	175	161	33	30
26	126	378	29/21	26	7,20	7,18																		
27	127	381	30/22	25	7,15	7,09																		
28	128	384	30/23	25	6,98	7,22	390	162	195	149	50	62	100	136	53	50	0,52	1,33	98,15	0,55				

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIO</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A19: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( FEVEREIRO/2002)**

	Dia de operação		Batelada	T <sub>AM</sub> máx./mín (°C)	T <sub>LIO</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1	101	303	32/21	26	7,01	7,21																				
2	102	306																								
3	103	309																								
4	104	312	33/19	26	7,17	6,98	224	112	192	112	14	50	114	127	34	31	0,84	0,72	98,44	0,70	67	65	114	107		
5	105	315	32/20	27	7,01	7,06																				
6	106	318	30/19	25	6,95	7,08																				
7	107	321	33/22	25	7,00	7,02	467	182	276	183	41	61	88	106	42	47	1,05	1,05	97,90	0,65						
8	108	324	32/21	26	7,01	7,02																				
9	109	327																								
10	110	330																								
11	111	333	30/22	25	6,95	7,06	310	124	210	148	32	52	92	95	38	36	1,50	1,15	97,35	0,68	86	58	100	76		
12	112	336	29/19	26	6,93	7,03																				
13	113	339	30/22	25	7,14	7,02																				
14	114	342	33/22	24	7,29	7,12	280	120	178	77	36	73	95	90	40	39	1,27	1,28	97,45	0,70						
15	115	345	28/19	24	7,09	7,05																				
16	116	348																								
17	117	351																								
18	118	354	29/21	26	7,27	7,15	398	166	281	164	29	59	81	119	62	40	0,70	1,27	98,30	0,60	124	111	61	58		
19	119	357	30/19	24	7,17	7,09																				
20	120	360	31/20	26	7,08	7,17																				
21	121	363	26/20	24	7,06	7,09	670	160	230	142	66	79	109	111	54	45	0,87	1,02	98,11	0,65						
22	122	366	33/22	26	7,23	7,17																				
23	123	369																								
24	124	372																								
25	125	375	30/20	25	7,21	7,16	317	153	193	128	39	60	108	129	53	48	0,95	1,23	97,82	0,60	175	161	53	47		
26	126	378	29/21	24	7,20	7,18																				
27	127	381	30/22	25	7,15	7,16																				
28	128	384	30/23	24	6,95	7,17	390	162	256	144	34	63	100	135	53	42	1,03	0,76	98,21	0,65						

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-effluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente  
SST- sólidos suspensos totais

T<sub>LIO</sub>-temperatura líquido  
SSV- sólidos suspensos voláteis

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)



**TABELA A21: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR1 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( MARÇO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	129	387	30/19	27	7,03	7,13																		
2	130	390																						
3	131	393																						
4	132	396	31/22	26	7,15	7,01	702	136	234	92	67	87	89	96	56	47	0,55	0,60	98,85	0,54	361	272	90	77
5	133	399	30/18	25	7,04	7,08																		
6	134	402	29/19	26	7,03	7,13																		
7	135	405	29/21	25	7,11	7,02																		
8	136	408	34/22	28	7,03	7,03	525	180	295	176	44	66	125	113	75	70	0,71	0,84	98,45	0,57				
9	137	411																						
10	138	414																						
11	139	417	33/23	26	7,09	7,08	360	331	214	125	41	65	94	85	55	68	0,59	0,60	98,81	0,52	193	165	60	53
12	140	420	30/19	25	7,05	7,02																		
13	141	423	31/24	26	7,10	7,00																		
14	142	426	32/21	25	7,09	7,05																		
15	143	429	31/22	25	6,97	6,97	510	245	345	223	32	56	95	115	63	60	1,07	1,38	97,55	0,62				
16	144	432																						
17	145	435																						
18	146	438	31/24	27	7,24	7,15	520	191	344	238	34	54	113	120	61	54	1,23	1,56	97,21	0,66	144	124	61	56
19	147	441	30/20	26	7,21	7,08																		
20	148	444	32/20	26	6,97	7,12																		
21	149	447	34/22	28	7,00	7,08	494	206	339	185	31	63	93	111	77	70	1,06	1,19	97,75	0,62				
22	150	450	33/19	26	7,15	7,17																		
23	151	453																						
24	152	456																						
25	153	459	29/19	25	7,16	7,04																		
26	154	462	30/21	26	7,06	7,08	934	195	328	157	65	83	95	106	54	46	0,42	0,78	98,80	0,51	489	392	107	95
27	155	465	31/19	27	7,03	7,02																		
28	156	468	30/21	26	6,98	7,03	782	173	330	156	58	80	96	112	47	49	0,78	0,72	98,50	0,60				
29	157	471																						
30	158	474																						
31	159	477																						

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A22: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( MARÇO/2002)**

	Dia	Dia de operação	Batalhada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1	129	387	30/19	26	7,03	7,00																				
2	130	390																								
3	131	393																								
4	132	396	31/22	25	7,15	6,97	702	136	182	103	74	85	89	98	56	56	0,43	1,02	98,55	0,52	361	272	67	55		
5	133	399	30/18	26	7,04	7,05																				
6	134	402	29/19	25	7,03	7,10																				
7	135	405	29/21	26	7,11	6,95																				
8	136	408	34/22	29	7,03	7,17	525	180	215	175	59	67	125	123	75	56	0,51	1,07	98,42	0,55						
9	137	411																								
10	138	414																								
11	139	417	33/23	26	7,09	7,08	360	331	154	113	57	69	94	114	55	49	0,47	1,34	98,19	0,51	193	165	30	27		
12	140	420	30/19	26	7,05	7,00																				
13	141	423	31/24	26	7,10	7,05																				
14	142	426	32/21	24	7,09	7,03																				
15	143	429	31/22	25	6,97	7,01	510	245	261	204	49	60	95	115	63	62	0,66	1,51	97,83	0,57						
16	144	432																								
17	145	435																								
18	146	438	31/24	26	7,24	7,20	520	191	289	176	44	66	113	120	61	58	0,47	1,51	98,02	0,50	144	124	42	38		
19	147	441	30/20	26	7,21	7,04																				
20	148	444	32/20	26	6,97	7,13																				
21	149	447	34/22	29	7,00	7,02	494	206	237	170	52	66	93	122	77	61	0,70	1,25	98,05	0,60						
22	150	450	33/19	26	7,15	7,03																				
23	151	453																								
24	152	456																								
25	153	459	29/19	25	7,16	7,07																				
26	154	462	30/21	25	7,06	6,94	934	195	187	115	80	88	95	114	54	45	0,39	1,01	98,60	0,53	489	392	40	38		
27	155	465	31/19	27	7,03	7,10																				
28	156	468	30/21	25	6,98	6,97	782	173	228	140	71	82	96	123	47	48	0,75	1,64	97,61	0,55						
29	157	159																								
30	158	474																								
31	159	477																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A23: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( MARÇO/2002)**

	Dia	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSY af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	129	387	30/19	27	7,03	7,13																		
2	130	390																						
3	131	393																						
4	132	396	31/22	26	7,15	6,98	702	136	295	95	58	86	89	113	56	48	1,24	0,85	97,91	0,72	361	272	157	127
5	133	399	30/18	25	7,04	7,08																		
6	134	402	29/19	26	7,03	6,97																		
7	135	405	29/21	25	7,11	7,14																		
8	136	408	34/22	28	7,03	7,16	525	180	281	166	46	68	125	131	75	56	1,18	0,98	97,84	0,75				
9	137	411																						
10	138	414																						
11	139	417	33/23	27	7,09	7,07	360	331	188	95	48	74	94	118	55	36	0,86	0,76	98,38	0,55	193	165	53	47
12	140	420	30/19	26	7,05	7,03																		
13	141	423	31/24	25	7,10	7,17																		
14	142	426	32/21	25	7,09	6,95																		
15	143	429	31/22	25	6,97	7,02	510	245	330	211	35	59	95	127	63	51	1,91	1,20	96,89	0,85				
16	144	432																						
17	145	435																						
18	146	438	31/24	26	7,24	7,18	520	191	313	171	40	67	113	122	61	57	2,07	1,57	96,36	0,80	144	124	80	72
19	147	441	30/20	25	7,21	7,08																		
20	148	444	32/20	26	6,97	6,97																		
21	149	447	34/22	27	7,00	6,95	494	206	298	174	40	65	93	127	77	56	1,78	1,19	97,03	0,77				
22	150	450	33/19	27	7,15	7,06																		
23	151	453																						
24	152	456																						
25	153	459	29/19	23	7,16	7,00																		
26	154	462	30/21	25	7,06	7,04	934	195	328	106	65	89	95	106	54	40	0,74	0,85	98,41	0,62	489	392	145	130
27	155	465	31/19	26	7,03	7,12																		
28	156	468	30/21	25	6,98	6,90	782	173	328	142	58	82	96	116	47	40	0,80	0,90	98,30	0,63				
29	157	471																						
30	158	474																						
31	159	477																						

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A24: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( MARÇO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	129	387	30/19	26	7,03	7,12																		
2	130	390																						
3	131	393																						
4	132	396	31/22	27	7,15	6,90	702	136	136	62	81	91	89	125	56	35	1,16	1,37	97,47	0,70	361	272	52	43
5	133	399	30/18	25	7,04	6,95																		
6	134	402	29/19	25	7,03	7,08																		
7	135	405	29/21	25	7,11	7,13																		
8	136	408	34/22	27	7,03	7,15	525	180	111	79	79	85	125	156	75	51	1,22	1,18	97,60	0,75				
9	137	411																						
10	138	414																						
11	139	417	33/23	28	7,09	7,00	360	331	80	42	78	88	94	130	55	39	1,28	1,71	97,01	0,65	193	165	20	18
12	140	420	30/19	26	7,05	6,91																		
13	141	423	31/24	25	7,10	7,04																		
14	142	426	32/21	26	7,09	6,97																		
15	143	429	31/22	25	6,97	7,02	510	245	155	103	70	80	95	160	63	27	2,26	1,62	96,12	0,95				
16	144	432																						
17	145	435																						
18	146	438	31/24	27	7,24	6,98	520	191	195	99	63	81	113	146	61	30	2,79	2,39	94,82	0,95	144	124	63	55
19	147	441	30/20	25	7,21	7,12																		
20	148	444	32/20	26	6,97	7,09																		
21	149	447	34/22	28	7,00	6,96	494	206	142	93	71	81	93	164	77	39	3,19	2,04	94,77	0,10				
22	150	450	33/19	27	7,15	7,10																		
23	151	453																						
24	152	456																						
25	153	459	29/19	24	7,16	7,04																		
26	154	462	30/21	25	7,06	7,02	934	195	108	45	88	95	95	148	54	23	1,94	1,79	96,27	0,85	489	392	52	50
27	155	465	31/19	26	7,03	7,18																		
28	156	468	30/21	26	6,98	7,01	782	173	141	75	82	90	96	157	47	27	0,75	0,59	98,66	0,60				
29	157	471																						
30	158	474																						
31	159	477																						

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A25: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBRI NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( ABRIL/2002)**

Dia	Dia de operação	Barelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-3</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	160	480	31/19	28	7,12	7,08																		
2	161	483	32/22	26	7,18	7,17	552	179	415	235	25	57	105	120	60	55	0,58	0,82	98,60	0,55	122	106	89	78
3	162	486	31/21	26	7,04	7,10																		
4	163	489																						
5	164	492	31/22	26	7,10	7,12	485	181	326	194	33	60	100	115	61	48	0,75	0,85	98,40	0,57				
6	165	495					C	L	O	R	E	T	O	F	E	R	R	I	C	O				
7	166	498																						
8	167	501	30/20	26	6,95	6,09	562	165	115	93	80	83	96	ND	62	89	0,12	1,00	98,88	0,42	372	237	17	7
9	168	504	29/19	25	7,05	6,25																		
10	169	507	31/20	27	7,09	6,87																		
11	170	510	30/22	25	7,07	7,21	548	294	445	208	19	62	122	100	78	68	0,23	1,02	98,75	0,48				
12	171	513	31/21	26	7,08	7,16																		
13	172	516																						
14	173	519																						
15	174	522	30/20	27	7,25	7,02	313	88	227	64	27	80	97	104	55	54	0,13	0,90	98,97	0,41	208	178	134	117
16	175	525	29/19	26	7,08	7,00																		
17	176	528	31/18	25	6,95	7,05																		
18	177	531	30/20	26	6,80	6,89	630	281	457	278	27	56	57	89	108	78	0,33	1,37	98,30	0,51				
19	178	534	32/19	25	7,00	7,04																		
20	179	537																						
21	180	540																						
22	181	543	30/20	25	7,23	7,02	712	200	380	160	47	78	84	89	76	67	0,31	1,14	98,55	0,49	313	266	107	100
23	182	546	32/21	27	6,97	7,03																		
24	183	549	30/19	27	7,29	7,07																		
25	184	552	29/20	26	6,85	6,95	356	257	535	255	38	70	78	106	112	86	0,51	1,49	98,00	0,00				
26	185	555	29/21	27	6,89	6,97																		
27	186	558																						
28	187	561																						
29																								
30																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A26: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( ABRIL/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/mín (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DOO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-3</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	160	480	31/19	27	7,12	7,00																		
2	161	483	32/22	27	7,18	7,01	552	179	248	187	55	66	105	127	60	43	0,70	0,96	98,34	0,56	122	106	55	48
3	162	486	31/21	26	7,04	7,03																		
4	163	489																						
5	164	492	31/22	27	7,10	7,04	485	181	210	148	57	69	100	122	61	40	0,85	0,97	98,18	0,59				
6	165	495					C	L	O	R	E	T	O	F	E	R	R	I	C	O				
7	166	498																						
8	167	501	30/20	25	6,95	6,08	562	165	98	88	83	84	96	ND	62	86	ND	2,20	97,80	ND	372	237	10	8
9	168	504	29/19	26	7,05	6,91																		
10	169	507	31/20	27	7,09	6,94																		
11	170	510	30/22	26	7,07	7,13	548	294	273	200	50	64	122	95	78	70	ND	1,24	98,76	ND				
12	171	513	31/21	27	7,08	7,00																		
13	172	516																						
14	173	519																						
15	174	522	30/20	27	7,25	6,84	313	88	120	61	62	81	97	77	55	127	ND	1,18	98,82	ND	208	178	37	35
16	175	525	29/19	25	7,08	6,95																		
17	176	528	31/18	25	6,95	7,03																		
18	177	531	30/20	25	6,80	7,05	630	281	337	273	47	57	57	82	108	94	0,20	1,57	98,23	0,44				
19	178	534	32/19	26	7,00	7,02																		
20	179	537																						
21	180	540																						
22	181	543	30/20	26	7,23	6,87	712	200	238	157	67	78	84	103	76	70	0,42	1,58	98,00	0,51	313	266	42	38
23	182	546	32/21	27	6,97	7,01																		
24	183	549	30/19	26	7,29	6,96																		
25	184	552	29/20	25	6,85	6,98	856	257	361	254	58	70	78	115	112	82	0,48	1,46	98,06	0,53				
26	185	555	29/21	27	6,89	6,97																		
27	186	558																						
28	187	561																						
29																								
30																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A27: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( ABRIL/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1	160	480	31/19	26	7,12	7,02																					
2	161	483	32/22	27	7,18	7,15	552	179	382	187	31	66	105	128	60	53	0,86	0,81	98,33	0,66	122	106	74	70			
3	162	486	31/21	26	7,04	7,02																					
4	163	489																									
5	164	492	31/22	26	7,10	7,01	485	181	297	156	39	68	100	106	61	54	0,96	0,90	98,14	0,68							
6	165	495					C	L	O	R	E	T	O		F	E	R	R		C	O						
7	166	498																									
8	167	501	30/20	26	6,95	6,23	562	165	138	104	75	81	96	23	62	78	0,08	0,78	99,14	0,41	372	237	26	19			
9	168	504	29/19	25	7,05	6,93																					
10	169	507	31/20	26	7,09	6,97																					
11	170	510	30/22	26	7,07	7,05	548	294	460	286	16	48	122	ND	78	335	0,26	0,70	99,04	0,42							
12	171	513	31/21	27	7,08	7,02																					
13	172	516																									
14	173	519																									
15	174	522	30/20	26	7,25	6,97	313	88	211	69	33	78	97	103	55	47	0,24	0,78	98,98	0,44	208	178	113	103			
16	175	525	29/19	25	7,08	7,02																					
17	176	528	31/18	26	6,95	6,83																					
18	177	531	30/20	25	6,80	6,85	630	281	463	289	27	54	57	72	108	93	0,17	0,86	98,97	0,39							
19	178	534	32/19	28	7,00	7,00																					
20	179	537																									
21	180	540																									
22	181	543	30/20	25	7,23	6,90	712	200	356	174	50	76	84	109	76	69	0,23	0,91	98,86	0,43	313	266	93	84			
23	182	546	32/21	27	6,97	7,00																					
24	183	549	30/19	25	7,29	7,01																					
25	184	552	29/20	25	6,85	6,97	856	257	415	258	52	70	78	113	112	83	0,42	1,08	98,50	0,51							
26	185	555	29/21	25	6,89	6,95																					
27	186	558																									
28	187	561																									
29																											
30																											

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A28: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( ABRIL/2002)**

Dia	Dia de operação		Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg/L)	DQO <sub>F</sub> af (mg/L)	DQO <sub>B</sub> ef (mg/L)	DQO <sub>F</sub> ef (mg/L)	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg/L)	AB ef (mg/L)	AVT af (mg/L)	AVT ef (mg/L)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-3</sup> )	SST af (mg/L)	SSV af (mg/L)	SST ef (mg/L)	SSV ef (mg/L)	
1	160	480	31/19	25	7,12	7,05																				
2	161	483	32/22	27	7,18	7,01	552	179	178	93	68	83	105	179	60	33	3,08	1,89	95,03	1,20	122	106	72	59		
3	162	486	31/21	27	7,04	7,11																				
4	163	489																								
5	164	492	31/22	26	7,10	7,01	485	181	148	91	69	81	100	122	61	37	2,95	1,54	95,51	1,10						
6	165	495					C	L	C	R	E	T	O	F	E	R	R	I	C	O						
7	166	498																								
8	167	501	30/20	27	6,95	6,45	562	165	251	157	55	72	96	ND	62	445	ND	1,24	98,76	ND	372	237	83	68		
9	168	504	29/19	25	7,05	6,87																				
10	169	507	31/20	26	7,09	6,98																				
11	170	510	30/22	27	7,07	7,09	548	294	320	268	42	51	122	103	78	78	0,25	1,56	98,75	0,45						
12	171	513	31/21	26	7,08	7,05																				
13	172	516																								
14	173	519																								
15	174	522	30/20	26	7,25	6,97	313	88	174	77	44	75	97	69	55	117	ND	0,78	99,22	ND	208	178	86	80		
16	175	525	29/19	25	7,08	7,00																				
17	176	528	31/18	24	6,95	6,96																				
18	177	531	30/20	26	6,80	6,90	630	281	409	275	35	56	57	81	108	112	0,13	1,43	98,44	0,40						
19	178	534	32/19	27	7,00	7,03																				
20	179	537																								
21	180	540																								
22	181	543	30/20	26	7,23	6,80	712	200	348	168	51	76	84	56	76	116	0,11	1,14	98,75	0,35	313	266	98	85		
23	182	546	32/21	27	6,97	6,93																				
24	183	549	30/19	26	7,29	6,96																				
25	184	552	29/20	25	6,85	6,81	856	257	450	227	47	73	78	117	112	98	0,22	1,58	98,20	0,45						
26	185	555	29/21	26	6,89	6,92																				
27	186	558																								
28	187	561																								
29																										
30																										

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis



**TABELA A30: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( MAIO/2002)**

Dia	Dia de operação	Barelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23	188	564	25/15	22	6,95	6,97																			
24	189	567	24/16	21	6,98	7,15	324	155	197	147	39	55	100	113	40	50	0,15	0,68	99,17	0,24					
25	190	570																							
26	191	573																							
27	192	576	24/15	21	7,32	6,94	438	178	220	155	50	65	94	104	76	70	0,13	0,64	99,23	0,24	264	229	39	38	
28	193	579	25/18	23	7,22	7,05																			
29	194	582	22/15	21	6,98	6,97	570	185	240	188	58	67	89	80	61	80	0,15	0,67	99,18	0,23					
30	195	585	21/17	20	7,00	6,98																			
31	195	585	27/18	25	7,03	7,04																			

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A31: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( MAIO/2002)**

Dia	Dia de operação	Barrelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23	188	564	25/15	21	6,95	6,95																			
24	189	567	24/16	23	6,98	7,06	324	155	298	148	8	54	100	110	40	43	0,48	0,52	99,00	0,33					
25	190	570																							
26	191	573																							
27	192	576	24/15	21	7,32	7,09	438	178	348	141	21	68	94	102	76	71	0,25	0,46	99,29	0,28	264	229	122	115	
28	193	579	25/18	22	7,22	7,01																			
29	194	582	22/15	21	6,98	6,92	570	185	315	181	45	68	89	88	61	79	0,26	0,54	99,20	0,29					
30	195	585	21/17	20	7,00	7,03																			
31	195	585	27/18	24	7,03	7,10																			

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A32: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( MAIO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>5</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>5</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>5</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>5</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23	188	564	25/15	22	6,95	6,91																			
24	189	567	24/16	22	6,98	6,94	324	155	148	105	54	68	100	115	40	47	0,26	0,57	99,17	0,31					
25	190	570																							
26	191	573																							
27	192	576	24/15	21	7,32	6,85	438	178	200	121	54	72	94	104	76	67	0,19	0,71	99,10	0,29	264	229	49	48	
28	193	579	25/18	23	7,22	6,95																			
29	194	582	22/15	21	6,98	6,85	570	185	200	143	65	75	89	114	61	69	0,22	0,67	99,11	0,30					
30	195	585	21/17	19	7,00	6,97																			
31	195	585	27/18	23	7,03	7,00																			

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A33: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR1 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( JUNHO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )		
1	196	588																								
2	197	591																								
3	198	594	23/16	20	7,08	7,03																				
4	199	597	22/15	20	7,15	7,02	547	150	316	181	42	67	84	106	62	58	0,37	0,87	98,76	0,29	307	251	88	79		
5	200	600	23/17	21	7,08	6,97																				
6	201	603	22/15	20	7,05	7,10	457	185	357	215	22	53	104	56	52	152	0,37	0,70	98,93	0,30						
7	202	606	23/18	20	7,12	7,05																				
8	203	609																								
9	204	612																								
10	205	615	23/18	20	7,18	7,11																				
11	206	618	22/18	20	7,28	7,14	559	222	339	176	39	69	106	120	65	57	0,42	0,90	98,68	0,30	226	198	100	88		
12	207	621	21/16	19	7,08	6,98																				
13	208	624	25/18	22	7,03	6,93																				
14	209	627	27/17	25	6,70	6,75	523	243	415	248	21	53	79	100	64	93	0,43	1,04	98,53	0,33						
15	210	630																								
16	211	633																								
17	212	636	26/19	24	7,15	7,06																				
18	213	639	25/17	21	7,25	7,13	709	245	465	168	34	76	120	102	58	52	0,48	1,08	98,44	0,34	695	531	159	146		
19	214	642	23/19	20	7,02	7,00																				
20	215	645	24/18	22	6,97	6,96																				
21	216	648	24/17	22	7,08	6,75	438	240	389	252	11	42	114	106	64	73	0,47	1,13	98,40	0,34						
22	217	651																								
23	218	654																								
24	219	657	24/16	22	7,05	7,19	485	240	368	138	24	72	82	118	80	71	0,14	0,46	99,40	0,25	152	137	190	162		
25	220	660	23/18	20	7,04	6,95																				
26	221	663	24/16	22	6,95	7,03																				
27	222	666	25/16	23	6,67	6,81	524	220	455	213	13	59	83	96	91	77	0,30	0,87	98,83	0,28						
28	223	669	25/18	21	6,89	6,87																				
29	224	672																								
30	225	675																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A34: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( JUNHO/2002)**

	Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.nf.l <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	196	588																							
2	197	591																							
3	198	594	23/16	21	7,08	6,98																			
4	199	597	22/15	19	7,15	7,02	547	150	224	176	59	68	84	114	62	63	0,13	1,01	98,86	0,25	307	251	39	32	
5	200	600	23/17	21	7,08	7,03																			
6	201	603	22/15	20	7,05	7,18	457	185	275	207	40	55	104	75	52	134	0,15	1,15	98,70	0,26					
7	202	606	23/18	21	7,12	7,07																			
8	203	609																							
9	204	612																							
10	205	615	23/18	21	7,18	7,12																			
11	206	618	22/18	20	7,28	6,98	559	222	257	186	54	67	106	111	65	65	0,18	1,13	98,69	0,27	226	198	45	42	
12	207	621	21/16	19	7,08	6,95																			
13	208	624	25/18	23	7,03	7,02																			
14	209	627	27/17	24	6,70	6,80	523	243	295	225	44	57	79	80	64	100	0,14	1,34	98,52	0,30					
15	210	630																							
16	211	633																							
17	212	636	26/19	23	7,15	7,09																			
18	213	639	25/17	21	7,25	6,80	709	245	281	204	60	71	120	96	58	70	0,15	1,16	98,69	0,26	695	531	42	40	
19	214	642	23/19	20	7,02	6,95																			
20	215	645	24/18	22	6,97	7,02																			
21	216	648	24/17	21	7,08	6,72	438	240	332	263	24	40	114	114	64	87	0,21	1,44	98,35	0,27					
22	217	651																							
23	218	654																							
24	219	657	24/16	22	7,05	6,80	485	240	290	197	40	59	82	91	80	80	0,13	1,02	98,85	0,25	152	137	60	51	
25	220	660	23/18	21	7,04	6,87																			
26	221	663	24/16	22	6,95	6,90																			
27	222	666	25/16	22	6,67	6,73	524	220	380	233	27	56	83	92	91	89	0,27	1,44	98,29	0,28					
28	223	669	25/18	23	6,89	6,98																			
29	224	672																							
30	225	675																							

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A35: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( JUNHO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>amb</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.nf <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	196	588																						
2	197	591																						
3	198	594	23/16	22	7,08	7,00																		
4	199	597	22/18	20	7,15	7,05	547	150	312	156	43	71	84	102	62	62	0,43	0,75	98,82	0,26	307	251	89	78
5	200	600	23/17	21	7,08	7,09																		
6	201	603	22/15	19	7,05	7,03	457	185	339	218	26	52	104	122	52	64	0,51	0,73	98,76	0,33				
7	202	606	23/18	21	7,12	7,12																		
8	203	609																						
9	204	612																						
10	205	615	23/18	21	7,18	7,04																		
11	206	618	22/18	19	7,28	7,10	559	222	343	170	39	70	106	111	65	65	0,39	0,86	98,75	0,30	226	198	97	88
12	207	621	21/16	19	7,08	7,09																		
13	208	624	25/18	22	7,03	7,03																		
14	209	627	27/17	25	6,70	6,82	523	243	381	225	27	57	79	96	64	79	0,54	1,06	98,40	0,36				
15	210	630																						
16	211	633																						
17	212	636	26/19	23	7,15	7,22																		
18	213	639	25/17	22	7,25	6,90	709	245	456	182	36	74	120	107	58	47	0,55	1,33	98,12	0,35	695	531	135	127
19	214	642	23/19	20	7,02	7,00																		
20	215	645	24/18	21	6,97	6,98																		
21	216	648	24/17	21	7,08	6,74	438	240	378	236	14	46	114	108	64	82	0,50	0,78	98,72	0,34				
22	217	651																						
23	218	654																						
24	219	657	24/16	22	7,05	6,95	485	240	400	163	18	66	82	96	80	70	0,23	0,50	99,27	0,27	152	137	195	144
25	220	660	23/18	20	7,04	6,93																		
26	221	663	24/16	21	6,95	6,89																		
27	222	666	25/16	23	6,67	6,86	524	220	449	208	14	60	83	101	91	77	0,48	1,02	98,50	0,33				
28	223	669	25/18	23	6,89	7,00																		
29	224	672																						
30	225	675																						

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A36: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 1ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( JUNHO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AM</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DOO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	196	588																						
2	197	591																						
3	198	594	23/16	21	7,08	7,03																		
4	199	597	22/15	20	7,15	7,04	547	150	211	120	61	78	84	106	62	70	0,90	1,10	98,00	0,41	307	251	71	57
5	200	600	23/17	21	7,08	7,02																		
6	201	603	22/15	20	7,05	7,20	457	185	239	154	48	66	104	143	52	60	0,86	1,38	97,76	0,40				
7	202	606	23/18	20	7,12	7,05																		
8	203	609																						
9	204	612																						
10	205	615	23/18	21	7,18	7,08																		
11	206	618	22/18	20	7,28	7,05	559	222	207	143	63	74	106	126	65	75	0,57	1,07	98,36	0,38	226	198	92	78
12	207	621	21/16	19	7,08	7,05																		
13	208	624	25/18	23	7,03	7,00																		
14	209	627	27/17	24	6,70	6,78	523	243	275	165	47	68	79	108	64	79	1,22	1,57	97,21	0,55				
15	210	630																						
16	211	633																						
17	212	636	26/19	23	7,15	7,18																		
18	213	639	25/17	23	7,25	6,70	709	245	329	147	54	79	120	114	58	55	0,82	1,58	97,60	0,42	695	531	115	98
19	214	642	23/19	20	7,02	6,95																		
20	215	645	24/18	22	6,97	6,89																		
21	216	648	24/17	21	7,08	6,77	438	240	250	182	43	58	114	142	64	66	1,11	1,52	97,37	0,48				
22	217	651																						
23	218	654																						
24	219	657	24/16	21	7,05	6,83	485	240	264	143	46	71	82	105	80	79	0,99	1,47	97,54	0,43	152	137	96	80
25	220	660	23/18	20	7,04	6,81																		
26	221	663	24/16	22	6,95	6,95																		
27	222	666	25/16	23	6,67	6,97	524	220	265	152	49	71	83	125	91	67	1,43	1,18	97,39	0,54				
28	223	669	25/18	21	6,89	7,02																		
29	224	672																						
30	225	675																						

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A37: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBRI NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( AGOSTO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.mg <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13	1	3	23/19	21	6,95	7,01																			
14	2	6	22/18	21	6,92	6,98	410	189	326	225	20	45	96	163	61	53	1,65	1,00	97,35	1,10	128	112	63	56	
15	3	9	21/18	20	6,97	6,97																			
16	4	12	23/20	22	7,05	6,96	562	182	298	167	47	70	87	107	65	47	1,68	0,78	97,54	1,10					
17	5	15																							
18	6	18																							
19	7	21																							
20	8	24	26/20	24	7,10	6,92	800	186	342	136	57	83	85	122	52	49	1,19	0,55	98,26	0,93	593	451	148	126	
21	9	27	23/18	21	7,01	7,00																			
22	10	30	25/20	21	6,98	6,94																			
23	11	33	28/19	25	6,58	6,80	345	131	281	132	19	62	40	90	79	67	3,00	1,35	95,65	1,90					
24	12	36																							
25	13	39																							
26	14	42																							
27	15	45	26/18	22	7,06	7,00	683	208	375	145	45	79	86	116	64	58	1,71	0,95	97,34	1,30	362	267	124	115	
28	16	48	24/21	21	7,02	7,02																			
29	17	51	23/18	22	7,15	6,85	547	193	352	155	36	72	87	123	64	48	2,04	0,63	97,33	1,60					
30	18	54	24/19	21	7,00	6,90																			
31	19	57																							

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A38: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( AGOSTO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.mol <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13	1	3	23/19	21	6,95	6,87																			
14	2	6	22/18	20	6,92	6,92	410	189	193	105	53	74	96	215	61	54	1,10	0,87	98,03	0,86	128	112	46	42	
15	3	9	21/18	20	6,97	6,89																			
16	4	12	23/20	21	7,05	6,85	562	182	240	154	57	73	87	115	65	55	1,96	1,15	96,89	1,20					
17	5	15																							
18	6	18																							
19	7	21																							
20	8	24	26/20	24	7,10	6,90	800	186	207	106	74	87	85	135	52	34	1,96	1,11	96,93	0,97	593	451	56	48	
21	9	27	23/18	21	7,01	6,87																			
22	10	30	25/20	23	6,98	6,85																			
23	11	33	28/19	23	6,58	6,98	345	131	227	94	34	73	40	136	79	47	3,83	1,93	94,24	2,30					
24	12	36																							
25	13	39																							
26	14	42																							
27	15	45	26/18	23	7,06	6,95	683	208	247	113	64	83	86	156	64	26	1,70	1,02	97,28	1,30	362	267	74	63	
28	16	48	24/21	21	7,02	6,93																			
29	17	51	23/18	20	7,15	6,90	547	193	374	113	32	79	87	121	64	29	2,56	1,42	96,02	1,90					
30	18	54	24/19	22	7,00	6,97																			
31	19	57																							

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A39: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( AGOSTO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.nf <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13	1	3	23/19	21	6,95	6,93																			
14	2	6	22/18	21	6,92	6,98	410	189	277	166	32	60	96	155	61	55	1,42	0,90	97,68	1,00	128	112	60	53	
15	3	9	21/18	20	6,97	6,89																			
16	4	12	23/20	22	7,05	6,90	562	182	302	150	46	73	87	103	65	42	1,65	0,63	97,72	1,10					
17	5	15																							
18	6	18																							
19	7	21																							
20	8	24	26/20	24	7,10	6,95	800	186	323	139	60	83	85	116	52	55	1,27	0,66	98,1	0,81	593	451	101	97	
21	9	27	23/18	21	7,01	6,93																			
22	10	30	25/20	21	6,98	6,90																			
23	11	33	28/19	25	6,58	6,93	345	131	266	126	23	63	40	112	79	73	2,62	1,22	96,16	1,70					
24	12	36																							
25	13	39																							
26	14	42																							
27	15	45	26/18	22	7,06	6,92	683	208	374	156	45	77	86	115	64	59	0,98	0,62	98,40	0,91	362	267	107	100	
28	16	48	24/21	21	7,02	7,00																			
29	17	51	23/18	22	7,15	6,87	547	193	371	166	32	70	87	116	64	55	0,55	0,54	98,91	0,77					
30	18	54	24/19	21	7,00	6,88																			
31	19	57																							

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A40: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( AGOSTO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13	1	3	23/19	22	6,95	6,90																			
14	2	6	22/18	20	6,92	6,78	410	189	198	141	52	66	96	113	61	38	ND	1,75	98,25	ND	128	112	50	45	
15	3	9	21/18	21	6,97	6,98																			
16	4	12	23/20	22	7,05	6,92	562	182	210	175	63	69	87	100	65	55	ND	ND	100,0	ND					
17	5	15																							
18	6	18																							
19	7	21																							
20	8	24	26/20	23	7,10	6,89	800	186	222	164	72	80	85	104	52	59	ND	ND	100,0	ND	593	451	38	33	
21	9	27	23/18	22	7,01	6,91																			
22	10	30	25/20	22	6,98	6,92																			
23	11	33	28/19	24	6,58	6,94	345	131	185	115	46	67	40	88	79	67	0,20	2,16	97,64	0,54					
24	12	36																							
25	13	39																							
26	14	42																							
27	15	45	26/18	23	7,06	7,21	683	208	356	148	48	78	86	120	64	52	0,18	1,04	98,78	0,53	362	267	136	116	
28	16	48	24/21	22	7,02	7,12																			
29	17	51	23/18	21	7,15	6,82	547	193	265	133	52	76	87	122	64	45	0,14	0,76	99,10	0,53					
30	18	54	24/19	22	7,00	6,83																			
31	19	57																							

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A41: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR1 NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( SETEMBRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DOO <sub>5</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>5</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>5</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>5</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>5</sub> (%)	EF <sub>T</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.mf.l <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	20	60	24/18	22	7,01	6,90																		
2	21	63	27/14	24	6,89	6,87																		
3	22	66	22/16	19	6,96	7,00	491	120	221	92	55	81	77	97	36	28	0,97	0,75	98,28	0,68	308	253	116	106
4	23	69	27/14	23	6,90	6,94																		
5	24	72	25/13	22	7,03	6,93																		
6	25	75	29/17	24	7,03	7,04	397	130	205	118	48	70	52	100	74	37	3,11	1,09	95,80	1,80				
7	26	78																						
8	27	81																						
9	28	84	28/17	24	7,03	7,02																		
10	29	87	28/15	24	7,03	6,92	502	168	292	183	42	64	86	90	71	59	0,82	0,51	98,67	0,86	179	158	65	60
11	30	90	25/18	22	6,99	6,91																		
12	31	93	27/13	23	7,04	7,03																		
13	32	96	28/20	25	6,90	7,02	682	235	450	215	34	68	94	85	67	68	1,45	1,43	97,12	1,20				
14	33	99																						
15	34	102																						
16	35	105	27/19	23	6,85	6,79	621	138	254	133	59	79	90	73	50	50	0,64	0,69	98,67	0,77	189	160	76	69
17	36	108																						
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A42: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( SETEMBRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Balada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DOO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.ml <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	20	60	24/18	21	7,01	6,87																		
2	21	63	27/14	24	6,89	6,84																		
3	22	66	22/16	18	6,96	6,80	491	120	134	85	73	83	77	109	36	31	0,89	0,73	98,38	0,91	308	253	32	29
4	23	69	27/14	23	6,90	6,91																		
5	24	72	25/13	21	7,03	6,92																		
6	25	75	29/17	25	7,03	6,98	397	130	178	120	55	70	52	101	74	45	2,00	1,21	96,79	1,30				
7	26	78																						
8	27	81																						
9	28	84	28/17	24	7,03	7,00																		
10	29	87	28/15	23	7,03	6,88	502	168	212	121	58	76	86	123	71	28	1,00	0,70	98,30	0,95	179	158	49	45
11	30	90	25/18	21	6,99	6,89																		
12	31	93	27/13	23	7,04	7,00																		
13	32	96	28/20	25	6,90	7,05	682	235	245	147	64	78	94	145	67	37	3,12	1,41	95,47	1,90				
14	33	99																						
15	34	102																						
16	35	105	27/19	22	6,85	6,82	621	138	155	68	75	89	90	112	50	19	1,05	0,89	98,06	0,97	189	160	41	38
17	36	108																						
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A43: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( SETEMBRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.mv <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	20	60	24/18	22	7,01	6,93																		
2	21	63	27/14	23	6,89	6,82																		
3	22	66	22/16	19	6,96	6,90	491	120	214	108	56	78	77	92	36	28	0,32	0,55	99,13	0,61	308	253	74	67
4	23	69	27/14	22	6,90	6,88																		
5	24	72	25/13	22	7,03	6,95																		
6	25	75	29/17	26	7,03	6,98	397	130	234	131	41	67	52	86	74	51	0,65	0,62	98,73	0,74				
7	26	78																						
8	27	81																						
9	28	84	28/17	24	7,03	7,09																		
10	29	87	28/15	24	7,03	6,90	502	168	289	178	42	65	86	114	71	51	0,62	0,78	98,60	0,76	179	158	72	68
11	30	90	25/18	21	6,99	6,87																		
12	31	93	27/13	24	7,04	6,91																		
13	32	96	28/20	25	6,90	6,93	682	235	341	181	50	73	94	134	67	57	1,72	0,92	97,36	1,30				
14	33	99																						
15	34	102																						
16	35	105	27/19	23	6,85	6,72	621	138	231	93	63	85	90	89	50	29	0,49	0,51	99,37	0,70	189	160	80	75
17	36	108																						
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Acético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A44: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( SETEMBRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Balçada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg/L)	DQO <sub>F</sub> af (mg/L)	DQO <sub>B</sub> ef (mg/L)	DQO <sub>F</sub> ef (mg/L)	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg/L)	AB ef (mg/L)	AVT af (mg/L)	AVT ef (mg/L)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-3</sup> )	SST af (mg/L)	SSV af (mg/L)	SST ef (mg/L)	SSV ef (mg/L)
1	20	60	24/18	21	7,01	6,91																		
2	21	63	27/14	23	6,89	6,85																		
3	22	66	22/16	18	6,96	6,81	491	120	148	94	70	81	77	91	36	31	0,12	0,78	99,10	0,51	308	253	39	36
4	23	69	27/14	23	6,90	6,91																		
5	24	72	25/13	22	7,03	6,96																		
6	25	75	29/17	25	7,03	6,98	397	130	166	118	58	70	52	92	74	48	0,27	1,35	98,38	0,57				
7	26	78																						
8	27	81																						
9	28	84	28/17	24	7,03	7,10																		
10	29	87	28/15	25	7,03	6,92	502	168	196	150	61	70	86	118	71	45	0,11	0,77	98,78	0,51	179	158	36	34
11	30	90	25/18	22	6,99	6,91																		
12	31	93	27/13	23	7,04	6,92																		
13	32	96	28/20	25	6,90	6,89	682	235	301	188	56	72	94	107	67	63	0,74	1,01	98,25	0,81				
14	33	99																						
15	34	102																						
16	35	105	27/19	24	6,85	6,78	621	138	221	82	64	87	90	110	50	30	0,17	0,46	99,37	0,53	189	160	69	64
17	36	108																						
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A45: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR1 NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( OUTUBRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH <sub>af</sub>	pH <sub>ef</sub>	DQO <sub>B</sub> af (mg/L)	DQO <sub>F</sub> af (mg/L)	DQO <sub>B</sub> ef (mg/L)	DQO <sub>F</sub> ef (mg/L)	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg/L)	AB ef (mg/L)	AVT af (mg/L)	AVT ef (mg/L)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>3</sup> l <sup>-1</sup> )	SST af (mg/L)	SSV af (mg/L)	SST ef (mg/L)	SSV ef (mg/L)	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8	37	111	34/25	27	6,92	6,87	468	210	415	135	11	71	84	146	73	65	0,47	0,47	99,06	0,60	120	117	81	75	
9	38	114	30/23	24	7,02	6,79																			
10	39	117	31/22	23	7,00	6,84																			
11	40	120	30/19	26	6,72	6,75	456	223	396	160	13	65	76	93	77	68	0,64	0,57	98,79	0,63					
12	41	123																							
13	42	126																							
14	43	129	34/25	24	7,05	6,81																			
15	44	132	36/24	26	7,08	6,78	612	211	452	137	26	78	82	96	73	71	0,14	0,23	99,63	0,50	257	206	63	60	
16	45	135	35/23	25	6,93	6,97																			
17	46	138	32/21	25	6,88	6,92																			
18	47	141	33/21	24	6,86	6,85	648	217	368	194	43	70	67	84	86	79	0,47	0,54	98,99	0,62					
19	48	144																							
20	49	147																							
21	50	150	33/22	26	6,93	6,85																			
22	51	153	36/24	24	6,98	6,83	674	244	310	196	54	71	87	111	91	70	0,55	0,48	98,97	0,62	212	187	65	52	
23	52	156	34/21	27	7,00	7,06																			
24	53	159	33/19	23	7,02	6,83																			
25	54	162	35/25	25	7,08	6,92	584	198	301	185	48	68	92	105	79	61	0,48	0,37	99,15	0,62					
26	55	165																							
27	56	168																							
28	57	171	31/21	20	6,93	6,82																			
29	58	174	33/23	21	7,02	6,79	564	224	309	173	45	69	87	101	75	63	0,58	0,52	98,90	0,63	173	152	79	64	
30	59	177	34/24	23	6,88	6,81																			
31	60	180	35/23	26	6,91	7,03																			

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A46: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( OUTUBRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8	37	111	34/25	26	6,92	6,80	468	210	215	129	54	72	84	128	73	46	1,44	1,30	97,26	1,20	120	117	45	42
9	38	114	30/23	25	7,02	6,85																		
10	39	117	31/22	23	7,00	6,88																		
11	40	120	30/19	24	6,72	6,79	456	223	200	131	56	71	76	115	77	42	0,98	0,72	98,30	1,00				
12	41	123																						
13	42	126																						
14	43	129	34/25	24	7,05	6,89																		
15	44	132	36/24	23	7,08	6,80	612	211	251	151	59	75	82	132	73	51	1,73	0,95	97,32	1,50	257	206	55	49
16	45	135	35/23	24	6,93	6,98																		
17	46	138	32/21	25	6,88	6,89																		
18	47	141	33/21	24	6,86	6,78	648	217	215	136	67	79	67	133	86	42	2,40	1,48	97,40	1,80				
19	48	144																						
20	49	147																						
21	50	150	33/22	23	6,93	6,81																		
22	51	153	36/24	26	6,98	6,82	674	244	192	134	72	80	87	139	91	48	1,55	1,25	97,20	1,60	212	187	64	38
23	52	156	34/21	24	7,00	7,00																		
24	53	159	33/19	24	7,02	6,82																		
25	54	162	35/25	23	7,08	6,81	584	198	189	126	68	78	92	121	79	43	1,87	1,34	96,79	1,70				
26	55	165																						
27	56	168																						
28	57	171	31/21	21	6,93	6,83																		
29	58	174	33/23	23	7,02	6,84	564	224	178	128	68	77	87	132	75	40	1,75	1,30	96,95	1,60	173	152	64	39
30	59	177	34/24	22	6,88	6,80																		
31	60	180	35/23	25	6,91	7,03																		

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A47: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( OUTUBRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>Liq</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.mg <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8	37	111	34/25	26	6,92	6,81	468	210	311	166	34	65	84	114	73	61	0,90	1,51	97,59	1,20	120	117	37	33	
9	38	114	30/23	24	7,02	6,90																			
10	39	117	31/22	25	7,00	6,87																			
11	40	120	30/19	26	6,72	6,82	456	223	306	155	33	66	76	95	77	57	1,58	0,90	97,52	1,70					
12	41	123																							
13	42	126																							
14	43	129	34/25	26	7,05	6,92																			
15	44	132	36/24	25	7,08	6,83	612	211	517	186	16	70	82	105	73	61	0,81	0,70	98,49	1,00	257	206	123	97	
16	45	135	35/23	23	6,93	7,00																			
17	46	138	32/21	25	6,88	6,89																			
18	47	141	33/21	24	6,86	6,78	648	217	381	170	41	74	67	92	86	68	0,54	0,71	98,75	0,73					
19	48	144																							
20	49	147																							
21	50	150	33/22	25	6,93	6,79																			
22	51	153	36/24	25	6,98	6,97	674	244	298	200	56	70	87	112	91	60	0,75	0,87	98,38	0,82	212	187	100	87	
23	52	156	34/21	26	7,00	6,87																			
24	53	159	33/19	25	7,02	6,91																			
25	54	162	35/25	24	7,08	6,82	584	198	274	192	53	67	92	121	79	58	1,00	0,92	98,08	1,10					
26	55	165																							
27	56	168																							
28	57	171	31/21	23	6,93	6,87																			
29	58	174	33/23	22	7,02	6,89	564	224	256	194	55	66	87	109	75	63	0,97	0,98	98,10	1,00	173	152	91	65	
30	59	177	34/24	24	6,88	6,79																			
31	60	180	35/23	25	6,91	7,02																			

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A48: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( OUTUBRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>3</sup> .l <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8	37	111	34/25	27	6,92	6,75	468	210	171	96	63	79	84	136	73	27	0,08	0,68	99,24	0,48	120	117	37	35	
9	38	114	30/23	25	7,02	6,82																			
10	39	117	31/22	24	7,00	6,85																			
11	40	120	30/19	26	6,72	6,78	456	223	210	116	54	75	76	149	77	51	0,27	0,64	99,09	0,56					
12	41	123																							
13	42	126																							
14	43	129	34/25	25	7,05	6,90																			
15	44	132	36/24	26	7,08	6,75	612	211	268	127	56	79	82	157	73	56	0,57	0,84	98,59	0,70	257	206	70	65	
16	45	135	35/23	24	6,93	7,01																			
17	46	138	32/21	25	6,88	6,93																			
18	47	141	33/21	23	6,86	6,80	648	217	192	112	70	83	67	118	86	60	1,06	1,54	97,40	1,10					
19	48	144																							
20	49	147																							
21	50	150	33/22	25	6,93	6,90																			
22	51	153	36/24	26	6,98	6,94	674	244	193	132	71	80	87	123	91	58	1,09	1,33	97,58	1,20	212	187	72	58	
23	52	156	34/21	27	7,00	7,01																			
24	53	159	33/19	24	7,02	6,88																			
25	54	162	35/25	25	7,08	6,95	584	198	185	126	68	78	92	118	79	64	1,02	1,20	97,78	0,97					
26	55	165																							
27	56	168																							
28	57	171	31/21	22	6,93	6,90																			
29	58	174	33/23	22	7,02	6,83	564	224	180	118	68	79	87	109	75	45	0,94	0,98	98,08	0,81	173	152	58	45	
30	59	177	34/24	23	6,88	6,79																			
31	60	180	35/23	25	6,91	7,00																			

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A49: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR1 NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO (NOVEMBRO/2002)**

	Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DOO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DOO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1	61	183	32/23	23	6,86	7,01	710	224	405	198	43	72	106	105	65	70	0,17	0,92	98,91	0,51						
2	62	186																								
3	63	189																								
4	64	192	31/24	22	6,82	7,03																				
5	65	195	30/22	23	7,03	7,28	508	165	318	128	37	75	109	106	60	48	0,16	1,07	98,77	0,51	226	172	113	101		
6	66	198																								
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										
21																										
22																										
23																										
24																										
25																										
26																										
27																										
28																										
29																										
30																										

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A50: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR2 NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO (NOVEMBRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1	61	183	32/23	23	6,86	6,98	710	224	263	147	63	79	106	140	65	58	1,47	1,33	97,20	1,20					
2	62	186																							
3	63	189																							
4	64	192	31/24	21	6,82	7,09																			
5	65	195	30/22	22	7,03	7,25	508	165	185	92	64	82	109	143	60	25	1,10	1,07	97,83	1,10	226	172	52	46	
6	66	198																							
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado  
 T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente      T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido      AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)      AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)  
 SST- sólidos suspensos totais      SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A51: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBR3 NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO (NOVEMBRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>aq</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )
1	61	183	32/23	23	6,86	7,00	710	224	395	192	44	73	106	129	65	62	0,44	0,83	98,73	0,55				
2	62	186																						
3	63	189																						
4	64	192	31/24	22	6,82	7,03																		
5	65	195	30/22	23	7,03	7,30	508	165	319	121	37	76	109	109	60	50	0,31	0,98	98,71	0,53	226	172	106	92
6	66	198																						
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-efluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura liquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis

**TABELA A52: MONITORAMENTO REFERENTE AO REATOR ASBBR NA 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO ( NOVEMBRO/2002)**

Dia	Dia de operação	Batelada	T <sub>AR</sub> máx/min (°C)	T <sub>LIQ</sub> (°C)	pH af	pH ef	DQO <sub>B</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> af (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>B</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	DQO <sub>F</sub> ef (mg.l <sup>-1</sup> )	EF <sub>B</sub> (%)	EF <sub>F</sub> (%)	AB af (mg.l <sup>-1</sup> )	AB ef (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT af (mg.l <sup>-1</sup> )	AVT ef (mg.l <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Ar-N <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-1</sup> )	SST af (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV af (mg.l <sup>-1</sup> )	SST ef (mg.l <sup>-1</sup> )	SSV ef (mg.l <sup>-1</sup> )	
1	61	183	32/23	24	6,86	7,08	710	224	240	118	66	83	106	151	65	37	0,62	1,34	98,04	0,60					
2	62	186																							
3	63	189																							
4	64	192	31/24	21	6,82	7,20																			
5	65	195	30/22	23	7,03	7,25	508	165	187	85	63	83	109	139	60	50	0,88	1,10	98,02	0,72	226	172	76	67	
6	66	198																							
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									

Legenda: B-amostra bruta, F-amostra filtrada, af-afluente, ef-effluente e ND-não detectado

T<sub>AR</sub>-temperatura ambiente

T<sub>LIQ</sub>-temperatura líquido

AVT-Ácidos Voláteis Totais (Hacético)

AB-Alcalinidade a bicarbonato (CaCO<sub>3</sub>)

SST- sólidos suspensos totais

SSV- sólidos suspensos voláteis