

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**REMOÇÃO DE COR DE EFLUENTES TEXTÊIS ATRAVÉS DE UM
PROCESSO BIOLÓGICO**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina

para a obtenção do grau de

Mestre em Engenharia Química

Orientador: Ernesto Raizer Neto

Maria Antonia dos Santos

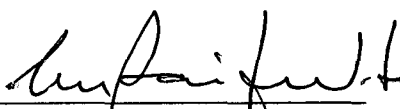
Florianópolis, Agosto, 1998.

**REMOÇÃO DE COR DE EFLUENTES TEXTÊIS ATRAVÉS DE UM
PROCESSO BIOLÓGICO**

por

Maria Antonia dos Santos

Esta dissertação foi julgada e aprovada para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Química
especialidade **Engenharia Química**
área de concentração **Desenvolvimento de Processos Químicos e Biotecnológicos**
e aprovada em sua forma final pelo Curso de Pós-Graduação.



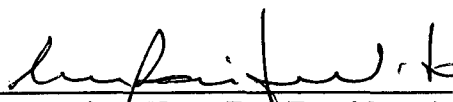
Prof. Ernesto Raizer Neto, Dr.
Orientador




Prof. Humberto Jorge José, D.Sc.

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química

Banca Examinadora



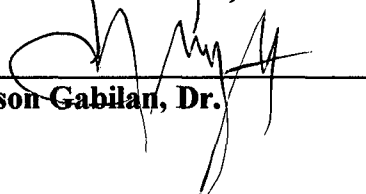
Ernesto Raizer Neto, Dr. (Presidente)



Jörg Saar, Dr.



Leonel Teixeira Pinto, D.Sc



Nelson Gabilan, Dr.

Florianópolis, 14 de Agosto de 1.998

AGRADECIMENTOS

Ao professor *Ernesto Raizer Neto* pela orientação.

Aos colegas do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos que de uma maneira ou outra colaboraram na realização desse trabalho.

Em especial ao professor e amigo *Leonel Teixeira Pinto, Adelamar Novais* e aos amigos *Edvilson, Maria da Glória B. Peruch, Rodrigo de Bortolli, Valdete, Paulo e Sergio Henrique de Souza* pelo auxílio e amizade que demonstraram ter nesta etapa da minha vida.

Ao CNPQ, pelo apoio financeiro.

À

**Deus, a minha grande família
em especial à minha mamãe**

“Maria Izabel Amaral”

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1.0	INTRODUÇÃO.....	1
-----	-----------------	---

CAPÍTULO 2

2.0	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1	Introdução.....	5
2.1.1	Indústria Têxtil de Santa Catarina.....	7
2.2	Tipos de Tratamentos.....	9
2.2.1	Processos Físicos.....	10
2.2.2	Processos Químicos.....	10
2.2.3	Processos Biológicos.....	11
2.2.3.1	Processos Anaeróbicos.....	12
2.2.3.2	Processos Aeróbicos.....	13
2.2.3.2.1	Lodo Ativado.....	13
2.3	Classificação dos Tipos de Microorganismos.....	20
2.3.1	Fontes de Carbono e Energia.....	22
2.3.2	Nutrientes Essenciais.....	23
2.3.2.1	Proporção de Nutrientes para o Tratamento de Efluentes.....	23
2.3.3	Necessidade de Oxigênio.....	24
2.3.4	Fatores Físico-Químicos que afetam o Crescimento dos Microorganismos.....	25
2.3.5	Crescimento Microbiano em Cultura Pura.....	27
2.3.6	Crescimento Microbiano em Cultura Mista.....	30
2.4	Remoção da Cor dos Efluentes Têxteis.....	32
2.4.1	Tratamento Físico-Químico.....	32
2.4.1.1	Remoção de Cor por Destruição Química.....	32
2.4.1.2	Remoção de Cor por Coagulação e Floculação.....	33
2.4.1.3	Remoção de Cor por Adsorção.....	34
2.4.1.4	Remoção de Cor usando Membranas.....	35

2.4.2	Tratamento Biológico de Efluentes Têxteis.....	36
-------	--	----

CAPÍTULO 3

3.0	MATERIAIS E METÓDOS.....	39
3.1	Materiais.....	39
3.2	Equipamentos.....	40
3.3	Métodos Analíticos.....	42
3.3.1	Demanda Química de Oxigênio.....	42
3.3.2	Análise dos Corantes.....	42
3.3.3	Concentração dos Microorganismos.....	43
3.4	Meios de Cultura.....	44
3.4.1	Meio de Nutrientes.....	44
3.4.2	Meio de Micronutrientes.....	44
3.5	Ensaio com Cepas Bacterianas Isoladas da Microbiota Presente nas Águas Residuais da Indústria Têxtil.....	45
3.5.1	Ensaio em Sistema Batelada.....	46
3.5.2	Ensaio em Sistema de Regime Contínuo.....	54

CAPÍTULO 4

4.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4.1	Ensaio com Cepas Bacterianas Isoladas da Microbiota Presente nas Águas Residuais da Indústria Têxtil.....	69
4.1.1	Ensaio em Regime Batelada.....	69
4.1.2	Ensaio em Sistema de Regime Contínuo.....	84

CAPÍTULO 5

5.0	CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	98
	ABSTRACT.....	101
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
	APÊNDICE.....	112

LISTAS DE TABELAS

1	Corantes utilizados e respectivos comprimentos de ondas, $\lambda_{\text{máx}}$	43
2	Característica dos corantes.....	45
3	Preparação do Experimento I.....	46
4	Resumo dos experimentos em sistema em Batelada.....	53
5	Resumo dos experimentos realizados em sistema de regime contínuo empregando microorganismos de cultura mista.....	68

LISTA DE FIGURAS

01	Distribuição Mundial de água	5
02	Consumo de água no mundo.....	6
03	Esquema simplificado de um tratamento com Lodo Ativado.....	14
04	Esboço de um tanque de aeração.....	17
05	Modelo de curva do crescimento microbiano.....	27
06	Estrutura molecular dos corantes Vinil sulfônico.....	40
07	Equipamento de um sistema em regime contínuo.....	41
08	Ensaio com cepas em diferentes meios de cultura.....	46
8.a	Início do ensaio em diferentes meios de cultura.....	47
8.b	Ensaio com cepas em diferentes meios de cultura após 80min.....	47
8.c	Ensaio com cepas em diferentes meios de cultura após 480min.....	47
09	Ensaio com variação da vazão de ar.....	49
9.a	Início do ensaio com variação da vazão de ar.....	50
9.b	Leitura da variação da vazão de ar.....	50
9.c	Termino do teste de vazão de ar.....	50
10	Ensaio com variação de Inóculo.....	52
11	Reator de mistura contínuo operando com corante azul.....	54
11.a	Reator de mistura contínuo com aeração e reciclo de Biomassa, com TRH de 20h.....	55
11.b	Ponto de coletas de um reator de mistura contínuo com aeração e reciclo de Biomassa com TRH de 20h.....	56
12	Reator de mistura contínuo com TRH de 20h, corante vermelho.....	58

12.a	Reator de mistura contínuo com TRH de 20h, operando com corante do grupo vinil sulfônico de cor vermelha.....	58
12.b	Ponto de coletas de um reator de mistura contínuo, operando com corante do grupo vinil sulfônico de cor vermelha.....	59
12.c	Experimento após 1,25 dias de operação.....	60
13	Reator de mistura contínuo com TRH de 20h, corante amarelo.....	61
13.a	Reator de mistura contínuo com TRH de 20h, operando com corante do grupo vinil sulfônico de cor amarela.....	62
13.b	Ponto de coletas de um reator de mistura contínuo, operando com corante do grupo vinil sulfônico de cor amarela.....	62
13.c	Experimento após 1,25 dias de operação.....	63
14	Reator de mistura contínuo com TRH de 20h, efluente complexo.....	64
14.a	Reator de mistura contínuo com TRH de 20h, operando com o efluente complexo.....	65
14.b	Experimento após 15 horas de operação.....	66
15	80% de Corante Vermelho e 20% Lodo em diferentes meios de cultura.....	69
16	66% de Corante Vermelho e 33% Lodo em diferentes meios de cultura.....	70
17	50% de Corante Vermelho e 50% Lodo em diferentes meios de cultura.....	70
18	Evolução do Oxigênio Dissolvido em diferentes meios de cultura, na proporção de 80% de Corante Vermelho e 20% de Lodo.....	71
19	80% de Corante Azul e 20% Lodo em diferentes meios de cultura.....	72
20	66% de Corante Azul e 33% Lodo em diferentes meios de cultura.....	72
21	50% de Corante Azul e 50% Lodo em diferentes meios de cultura.....	73
22	Evolução do Oxigênio Dissolvido em diferentes meios de cultura, na proporção de 80% de Corante Azul e 20% de Lodo.....	73
23	80% de Corante Amarelo e 20% Lodo em diferentes meios de cultura.....	74

24	66% de Corante Amarelo e 33% Lodo em diferentes meios de cultura.....	74
25	50% de Corante Amarelo e 50% Lodo em diferentes meios de cultura.....	75
26	Evolução do Oxigênio Dissolvido em diferentes meios de cultura, na proporção de 80% de Corante Amarelo e 20% de Lodo.....	75
27	Evolução da degradação do meio de cultura TSB , na proporção de 80% Corante e 20% de Lodo.....	76
28	Evolução da concentração de efluente vinil sulfônico de cor azul.....	77
29	Evolução da remoção da cor do efluente vinil sulfônico.....	78
30	Evolução da DQO durante a biodegradação do corante vinil sulfônico de cor azul.....	78
31	Evolução da concentração do efluente com variação de ar.....	79
32	Evolução da remoção da cor do efluente vinil sulfônico, com diferentes vazões de ar.....	80
33	Evolução da DQO durante a biodegradação do corante vinil sulfônico de cor azul, com diferentes vazões de ar.....	80
34	Evolução da concentração do efluente com variação de inóculos.....	81
35	Evolução da remoção da cor do efluente vinil sulfônico, com diferentes inóculos.....	82
36	Evolução da DQO durante a biodegradação do corante em diferentes inóculos.....	82
37	Evolução da concentração do efluente (azul) em diferentes TRH.....	83
38	Evolução da DQO durante a biodegradação do corante azul em diferentes TRH.....	84
39	Evolução da Concentração da biomassa do efluente (azul) em diferentes TRH.....	85
40	Evolução da concentração do efluente (vermelho) em diferentes TRH.....	86
41	Evolução da DQO durante biodegradação do corante vermelho em diferentes TRH.....	87
42	Evolução da Concentração da biomassa do efluente (vermelho) em diferentes TRH.....	87
43	Evolução da concentração do efluente (amarelo) em diferentes TRH.....	88
44	Evolução da DQO durante a biodegradação do corante amarelo em diferentes TRH.....	89

45	Evolução da Concentração da biomassa do efluente (amarelo) em diferentes TRH.....	90
46	Evolução da concentração dos corantes vinilsulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 20h.....	91
47	Evolução da DQO durante a biodegradabilidade dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 20h.....	91
48	Evolução da concentração dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 15h.....	92
49	Evolução da DQO durante a biodegradabilidade dos corantes vinil sulfônico, nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 15h.....	93
50	Evolução da concentração dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 10h.....	93
51	Evolução da DQO durante a biodegradabilidade dos corantes vinil sulfônico, nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 10h.....	94
52	Evolução da concentração do efluente industrial complexo em diferentes TRH.....	95
53	Evolução da DQO durante a biodegradabilidade do efluente industrial complexo, em diferentes TRH.....	96
54	Evolução da Concentração da biomassa do efluente industrial complexo, em diferentes TRH.....	96

SIMBOLOGIA

COT = Carbono Orgânico Total

DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO = Demanda Química de Oxigênio

g = grama

h = hora

Kg = Kilograma

l = litro

LD₅₀ = Concentração Letal a 50% dos organismo em teste.

Ld = Lodo

m³ = Metro cúbico

mg = miligrama

THR = Tempo de Retenção Hidráulica

TSB = Caldo de Soja Tripsecaseína

μ = micron

% = percentagem

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo estudar a degradação biológica dos corantes do grupo vinil sulfônico mais utilizados na indústria têxtil catarinense, havendo também a pretensão de se avançar no domínio de técnicas de descoloração destes efluentes. Cepas bacterianas isoladas da microbiota presente nas águas residuais da indústria têxtil foram testadas nos corantes do grupo vinil sulfônico e no próprio efluente bruto. Os ensaios foram realizados em reatores perfeitamente agitados, tanto em sistema contínuo como em batelada. O inóculo utilizado foi coletado em uma estação industrial de tratamento de efluentes têxteis e foram adicionados micronutrientes ao meio para auxiliar no processo de descoloração de soluções de corantes modelos bem como de um efluente industrial complexo. De acordo com os resultados obtidos nos ensaios com as cepas bacterianas isoladas da microbiota, estas apresentam um grande potencial de aplicação no tratamento de efluentes têxteis com vantagens sobre os convencionais. Dentre estas temos o aumento da descoloração dos efluentes, reduzindo sensivelmente a necessidade de aplicação dos vários auxiliares de floculação e decantação, reduzindo assim a geração de lodo no tratamento dos efluentes têxteis.

CAPÍTULO 1

1.0 INTRODUÇÃO

“*Meio Ambiente* é o conjunto das condições, das leis, das influências e interações de ordem física, econômica, social, química e biológica, que permite, abrigar e reger a vida em todas as suas formas” (SYLLOS, 1996).

Qualquer alteração dos estados de equilíbrio destas variáveis gera poluição, podendo ser de origem natural, (vulcões, vendavais, enchentes) ou provocadas pelo homem através da deposição dos dejetos, humano, industrial e agrícola.

Poluição é a ação contaminadora e degradante dos ambientes, oriunda de elementos estranhos aos próprios ambientes, tais como lixo, esgoto, detritos, gases, fumaças, desmatamentos, assoreamento de nascentes e tantos outros, que provocam perda da sua condição natural e, portanto, é prejudicial à qualidade de vida, à comunidade humana, à flora, à fauna e aos mananciais (SYLLOS, 1996).

O nosso mundo é repleto de substâncias tóxicas. Muitas delas ocorrem de maneira natural, completamente independentes de qualquer atividade humana, mas quando falamos de poluição, referimo-nos àquela de origem antropogênica (MELLANBY, 1983).

A crescente preocupação das autoridades constituídas e da sociedade em geral com as relações **HOMEM X MEIO AMBIENTE** fez com que os vários segmentos econômicos adotassem medidas de controle com relação aos despejos industriais, agrícolas e urbanos.

Fazendo uma análise histórica, verifica-se que a questão ambiental ganha importância na retomada industrial na Europa de pós-guerra, durante os debates do Clube de Roma. Na década de 70, a discussão das questões ambientais foi marcada pela Conferência de Estocolmo (1.972), sendo a primeira a nível mundial (SERVIÇO NACIONAL DE APOIO ÀS INDÚSTRIAS / SENAI- SP, 1996).

Nos anos 80, os conceitos de proteção do meio ambiente começam a ser amplamente difundidos, especialmente a partir da ação de Organizações Não Governamentais(ONG), e especialmente nas ocasiões em que acidentes famosos, como o ocorrido em Bhopal (Índia) contribuíram para a mudança de políticas, legislações e de conceitos sobre o gerenciamento ambiental. Surgiram em vários países os partidos e os parlamentares verdes. No Brasil, é publicada em 1.986 a Resolução 1 do Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Infelizmente, nesta década, as pessoas que lutavam pela causa ambiental eram consideradas por alguns, como radicais e, muitas vezes, denominadas “eco-chatas”. Havia um constante atrito entre os defensores, fiscalizadores e o empresariado.

A década de 90 está se destacando pela globalização dos conceitos. Destaca-se a importância da Conferência Mundial de Meio Ambiente, realizada no Rio de Janeiro em 1.992, e a edição da série ISO 14000. Não existe nenhuma dúvida de que, a partir da publicação desta norma, o mercado sofrerá profundas alterações. Empresas exportadoras poderão sofrer restrições e perda de mercado. A globalização dos conceitos e da economia, uma maior conscientização do consumidor com a crescente exigência ambiental e uma preocupação com a vida planetária resultarão em transformações mercadológicas. O Ecomarketing já é uma realidade. Ele traz uma nova vertente do Marketing convencional e uma vantagem competitiva (SENAI- SP, 1996).

Nos últimos anos, em decorrência do deslocamento de eixos econômicos, os centros urbanos receberam forte carga populacional em suas periferias. Sem infra-estrutura básica, a questão sanitária passou a constituir, nestes locais, um caso de saúde pública. Os receptores finais dos esgotos, geralmente córregos de vazão reduzida, não comportam a carga orgânica lançada atingindo níveis máximos de comprometimento.

A temática do meio ambiente, obrigatória nas indústrias com alto potencial de efluentes poluidores, tem atraído mesmo aquelas organizações que desenvolvem atividades pouco agressivas ao meio ambiente. A preocupação com a variável ambiental é irreversível e deverá crescer, exigindo-se das empresas uma postura cada vez mais responsável e ações especializadas.

A rapidez ou lentidão com que as atividades voltadas para a proteção ao meio ambiente serão incorporadas será determinada, em função de como aquelas atividades são concebidas dentro da organização: se apenas como despesas obrigatórias e constantes, ou como oportunidade para reduzir custos e desperdícios nos processo produtivo e/ ou na busca de novos produtos e mercados.

A eliminação do desperdício libera recursos para o crescimento econômico, sem exigir mais insumos; a reciclagem dos resíduos, a conservação de energia e de água e a manutenção do estoque de equipamentos e das infra-estruturas são atividades intensivas em mão-de-obra, gerando empregos auto-financiados pela economia realizada na utilização das matérias-primas.

Várias empresas já estão se preparando para adequarem-se ao novo sistema de gestão ambiental, resolvendo seus problemas. Este é um aspecto positivo no quadro das ações onde o maior beneficiário é o ambiente. A conscientização das empresas, permite a visualização de uma compatibilidade entre a atividade industrial com a boa gestão ambiental.

Entre as diversas atividades de gerenciamento ambiental encontra-se com ênfase o desenvolvimento de processos de tratamento de águas residuárias.

As águas residuais, compõem-se das águas servidas de uma comunidade. Podem ser de origem doméstica, industrial ou agrícola. Estas apresentam as mais diversas composições e sua toxicidade depende do processo industrial que lhe deu origem. Entre as várias águas residuais encontram-se aquelas originadas da atividade industrial têxtil.

O tratamento convencional para remoção de cor dos efluentes têxteis é baseado na coagulação e precipitação destes corantes, através da adição de inúmeros auxiliares químicos gerando uma quantidade excessiva de lodo físico-químico, composto essencialmente de corantes, sulfato de alumínio, sulfato ferroso, cal e polímeros.

Este trabalho tem como objetivo estudar a degradação biológica de compostos orgânicos e inorgânicos, especialmente os corantes do grupo vinil sulfônico mais utilizado na indústria têxtil catarinense e no próprio efluente industrial complexo.

Pretende-se com este estudo avançar no domínio de técnicas de descoloração destes efluentes, reduzindo sensivelmente a necessidade de aplicação dos vários auxiliares de floculação e decantação, reduzindo assim geração de lodo no tratamento dos efluentes têxteis.

Cepas bacterianas isoladas da microbiota presente nas águas residuais da indústria têxtil foram testadas nos corantes do grupo vinil sulfônico e no próprio efluente bruto. Os ensaios foram realizados em reatores perfeitamente agitados, tanto em sistema contínuo como em batelada. O inóculo utilizado foi coletado em uma estação industrial de tratamento de efluentes têxteis e foram adicionados micronutrientes ao meio para auxiliar no processo de descoloração de soluções de corantes modelos bem como de um efluente industrial complexo.

CAPÍTULO 2

2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Introdução

A Indústria Têxtil é um dos maiores setores industriais do mundo, em termos de produção e número de empregados. As facilidades de produção variam desde plantas altamente automatizadas até artesanais, mas todas elas se caracterizam como grande consumidoras de água de processo, corantes e produtos químicos utilizados ao longo de uma complexa cadeia produtiva (SANIN, 1996).

A Indústria Têxtil utiliza uma parte importante da água disponível para a indústria em geral. Na Figura 1 aparece a distribuição da água sobre a superfície terrestre; sendo que 2,6% é de água doce e dela somente está disponível 0,6% (lagos, subterrâneas, atmosfera e rios) (SANIN, 1996).

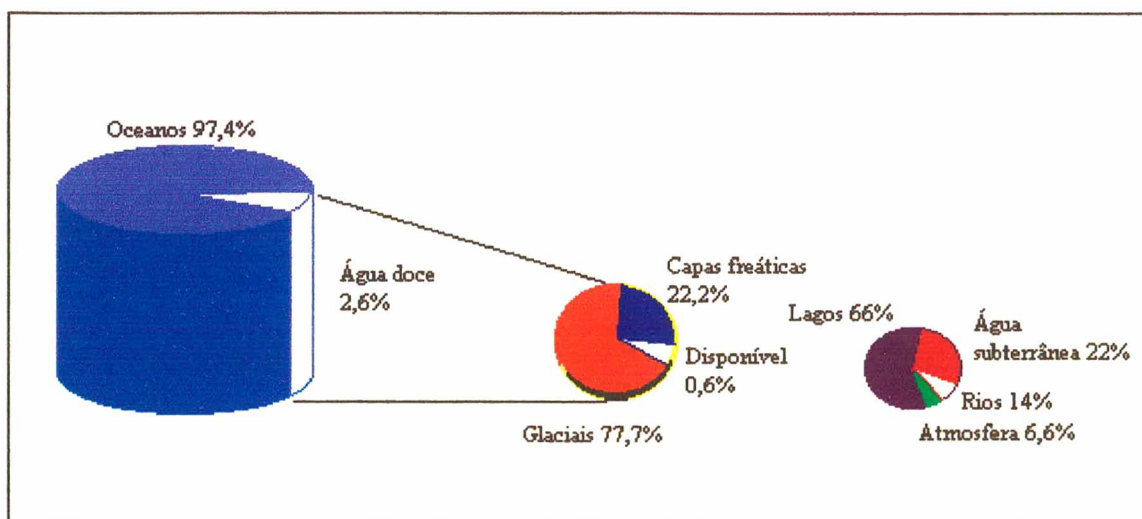


Figura- 1 Distribuição mundial de água, (SANIN, 1996).

Na Figura 2, nota-se claramente que os maiores consumos do total de água disponível são destinados à agricultura e à indústria. Dentro desta última, o setor têxtil consome 15% da água, devolvendo-a, depois dos processos, altamente contaminada.

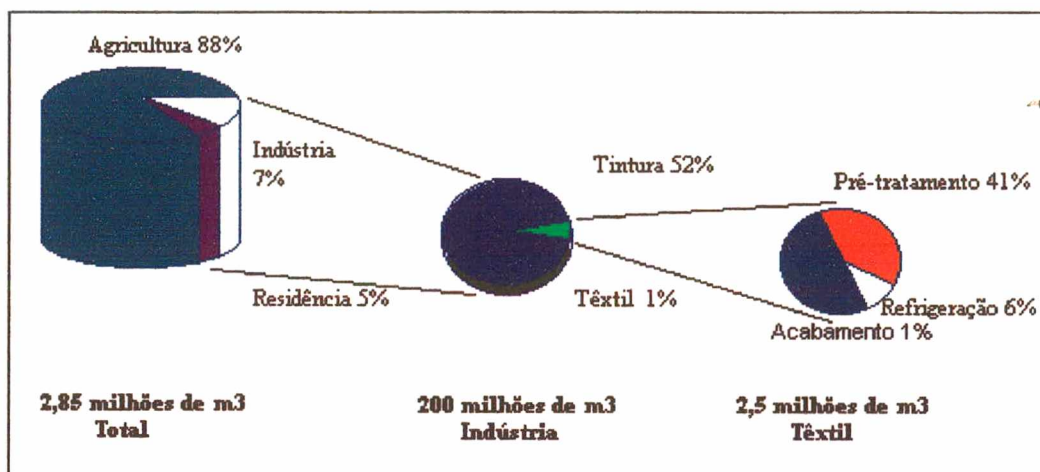


Figura - 2 Consumo de água no mundo, (SANIN, 1996).

A maior parte da carga contaminante está constituída pôr impurezas inerentes à matéria-prima têxtil, produtos adicionados para facilitar os processos de fiação e tecelagem, auxiliares e corantes eliminados durante as diferentes etapas do acabamento.

KOUBA & PING (1994) investigaram que as operações de limpeza, tingimento e acabamento na indústria têxtil dão origem a uma grande quantidade de despejos. A recirculação destes despejos e recuperação de produtos químicos e subprodutos, constituem os maiores desafios enfrentados pela indústria têxtil, com o fim de reduzir os custos com o tratamento de seus despejos.

2.1.1 Indústria Têxtil de Santa Catarina

O Estado de Santa Catarina possui um complexo têxtil concentrado principalmente no vale de Itajaí. As Indústrias Têxteis e do Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos, respondem pôr 25% do valor da transformação industrial Catarinense.

Deve-se aos imigrantes alemães, o estabelecimento das primeiras unidades produtivas deste segmento, ocupando a terceira posição no contexto nacional, empregando 97 mil trabalhadores 30% da mão de obra na indústria de transformação catarinense. Em 1995, a indústria têxtil foi responsável pôr 13,6% da exportação catarinense, totalizando 360 milhões de dólares.

Algumas das principais indústrias: Companhia Têxtil Karsten; Cremer S/A; Hering Têxtil S/A; Majú Indústria Têxtil Ltda; Indústrias Têxteis Renaux S/A; Sul Fabril S/A; Malwee Malhas Ltda; Marisol S/A Indústria do Vestuário; Artex S/A; Buettner S/A Indústria e Comércio; Teka Tecelagem Kuehnrich S/A (SECEX, 1996).

Na distribuição realizada do número de indústrias por gênero industrial e porte em 1991, para o Estado de Santa Catarina, a indústria têxtil totalizou 1333 empresas, entre micro (1151), pequena (109), média (49) e grande (24). Considera-se microempresa aquela que possui até 10 empregados, a pequena de 11 a 100 empregados, a média de 101 a 500 empregados e a grande acima de 500 (RAIS, 1991).

Análises realizadas em várias estações de tratamento de efluentes têxteis, indicaram que a geração de lodo nas indústrias de Santa Catarina fica em torno 5,0 Kg lodo/m³ de efluentes tratados os que representam mais de 30000 toneladas de lodo gerados mensalmente só neste setor industrial.

Os corantes são caracterizados pela sua habilidade em absorver a luz visível (400 a 700 nm). Corantes orgânicos e inorgânicos têm sido usados desde a pré-história. Existem mais de 10.000 corantes produzidos em escala industrial. Os mesmos são classificados como: ácidos, diretos, básicos, disperso, sulfuroso, cuba, cuba solubilizado, azóico, reativo e pigmentados com resina. Esta classificação é feita de acordo com os seguintes aspectos : massa e estrutura molecular, número de grupos funcionais e número de grupos polares ou iônicos (BITTERCOURT, 1992).

As operações de tingimento têxtil geram efluentes freqüentemente coloridos, esteticamente de aspecto desagradável e podendo conter alta concentração de metais pesados, dependendo da natureza do corante aplicado (KOUBA & PING, 1994).

ANLIKER (1979) investigou a toxicidade oral dos corantes. Mais de 80% dos corantes tem concentração de LD₅₀ maiores que 5000 mg/kg. Para menos que 1% (cerca de 15 substâncias), a concentração de LD₅₀ está em menos de 250 mg/kg . Uma boa parte de corantes são irritantes de pele e/ou olhos. Os dados obtidos na intensidade toxicológica dos corantes propiciaram sugestões para um manuseio seguro. (prevenção de ingestão, inalação e contato da pele ou olhos).

ANLIKER et al. (1988) verificou que os pigmentos de baixa solubilidade em água e solventes orgânicos, apresentam baixa toxicidade.

JUNG et al. (1992) demonstraram as evidências conclusivas da cancerigenosidade animal de dois corantes representativos, CI Vermelho Ácido 114 (baseado em θ -tolidina) e CI Azul Direto 15 (baseado em θ -dianisidina) o que motivou várias companhias terem deixado voluntariamente de fabricar estas classes de corantes azo.

BROWN (1993) estudou o maior grupo químico de corantes, os corantes azo, com especial atenção aos efeitos cancerígenos e seu metabolismo.

Corantes solúveis, como os diretos, básicos, muitos ácidos e pré-metalizados, são adsorvidos pelo lodo ativado criando na prática problemas posteriores na deposição (SANIN, 1996).

As águas residuais têxteis além do aspecto coloração apresentam vários outros produtos em sua composição, tornando impossível a determinação de cada um individualmente, sendo então freqüentemente utilizados parâmetros globais de análise. Os parâmetros globais mais importantes para as substâncias orgânicas são o COT (Carbono Orgânico Dissolvido), o DBO(Demanda Bioquímica de Oxigênio) e o DQO (Demanda Química de Oxigênio), (SANIN, 1996).

2.2 TIPOS DE TRATAMENTOS

Existem vários tipos de tratamento de efluentes e para cada situação devem ser avaliados quais devem ser aplicados, para obter-se a melhor relação custo x benefício além de atender a legislação vigente (BRAILE, 1979).

Os processos de tratamento mais comumente utilizados podem ser classificados em:

- Processos Físicos;
 - Processos Químicos;
 - Processos Biológicos
-

2.2.1 Processos Físicos

O *processo físico* tem como finalidade a remoção de sólidos, de sólidos em suspensão, areias, óleos e gorduras. Para essa finalidade são utilizado os seguintes equipamentos:

- *grades*
- *peneira;*
- *caixas de areia*
- *decantadores*

2.2.2 Processos Químicos

Em tratamentos de despejos, os *processos químicos* podem ser utilizados para remover material coloidal, cor, turbidez , odor, óleos e metais pesados. Além disso, os processos químicos são utilizados para neutralizar ácidos ou álcalis (BRAILE, 1979).

Os processos químicos mais empregados são:

- Floculação;
 - Precipitação;
 - Cloração;
 - Correção do pH;
 - Condicionamento químico do lodo.
-

2.2.3 Processos Biológicos

Considera-se como *processo biológico* de tratamento de efluentes aquele que depende da ação de microorganismo para sua depuração.

A depuração biológica se dá através dos processo de respiração ou fermentação, transformando componentes complexos em compostos simples, tais como sais minerais, gás carbônico e outros (SILVA, 1979).

Os processos biológicos de tratamento de efluentes, dependem de inúmeros fatores genericamente representados pela boa escolha ou adaptação dos microrganismos que irão compor a cultura mista, do substrato (efluente) e o estabelecimento das condições ótimas de operação.

Vários são os problemas encontrados na aplicação de processos biológicos para o tratamento de efluentes. Entre eles podemos citar os seguintes (METCALF & EDDY, 1985):

- ♦ Instabilidade do sistema (causada principalmente pela variação de concentração e composição do efluente dos diversos processos industriais) ;
 - ♦ Excessiva produção de biomassa (lodo), a degradação por via biológica pressupõe a formação de novas células de microrganismos e por conseqüência tem-se a necessidade de tratá-los, o que na realidade gera um outro tipo de poluição;
 - Grandes volumes de reatores biológicos (para grandes vazões de efluentes, dada a baixa atividade dos microrganismos envolvidos tem-se a necessidade de elevado tempo de retenção, acarretando grandes volumes de reatores, preços elevados de construção e ou manutenção.
-

Os rios possuem capacidade autodepuradora, que se realiza através da estabilização biológica (biodegradação) da matéria orgânica proveniente dos despejos neles lançados. Em condições aeróbias, o mecanismo envolvido na biodegradação, é realizada especialmente por bactérias, através do processo de respiração celular, promovendo a oxidação completa dos compostos orgânicos presentes. O oxigênio é o principal acceptor dos elétrons gerados a partir da degradação desses compostos (LEHNINGER, 1987).

No caso de lançamento contínuo de despejos “in natura” num corpo receptor (rios, lagos etc.), pode ocorrer o esgotamento do oxigênio disponível em solução no meio. Com isso, ocorre o desaparecimento dos microrganismos aquáticos originais e a morte dos peixes e dos vegetais, deixando o corpo receptor inviável para o uso como fonte de abastecimento de água potável e para recreação. Portanto, existe grande interesse, tanto de ordem econômica quanto sanitária e social, em que os despejos sejam submetidos a tratamento adequado antes de seu lançamento nos corpos d’ água (HAWKES, 1963).

O tratamento biológico dos despejos realiza-se pela reprodução artificial do mecanismo de biodegradação que naturalmente ocorre no corpo receptor. Um dos processos mais utilizados de tratamento biológico é o de lodos ativados. Trata-se de um processo aeróbio contínuo com reciclo de biomassa, proporcionando o desenvolvimento de uma microbiota permanente aclimatada (BRANCO, 1978).

Os processos biológicos dividem-se em aneróbicos e aeróbicos.

2.2.3.1 Processos Anaeróbicos

Nos *processos anaeróbicos* de tratamento de despejos, a decomposição da matéria orgânica e/ou inorgânica é conseguida na ausência de oxigênio dissolvido no meio. Vários são

os microrganismos envolvidos e várias etapas são verificadas durante o processo de decomposição da matéria orgânica (BRAILE, 1979).

2.2.3.2 Processos Aeróbicos

Nos *processos aeróbicos* de tratamento de despejos, a decomposição da matéria orgânica é conseguida na presença de oxigênio dissolvido no meio. O oxigênio necessário pode ser fornecido via a dissolução de ar atmosférico, oxigênio puro ou através de uma fonte bioquímica (a fotossíntese) (AQUARONE et al., 1975).

Os processos aeróbicos mais aplicados são :

- Lodo Ativado;
- Filtros Biológicos;
- Lagoa de estabilização aeróbia.

2.2.3.2.1 Lodo Ativado

O *processo do Lodo Ativado* originou-se na Inglaterra em 1913. Durante cerca de 30 anos permaneceu inalterado, só surgindo modificações com o avanço tecnológico especialmente na área da biotecnologia (JORDÃO & PESSOA, 1975).

É o processo biológico mais empregado, atualmente, para estabilizar a matéria biodegradável dos despejos industriais e dos esgotos sanitários. O processo dos lodos ativados

consiste basicamente na agitação das águas servidas em presença de microrganismos e de oxigênio atmosférico, durante o tempo necessário para metabolizar e flocular uma grande parte da matéria orgânica. O lodo ativado é o floco produzido num efluente bruto ou decantado pelo crescimento de bactérias associados a outros microrganismos, na presença de oxigênio dissolvido, e acumulado em concentração suficiente graças ao retorno de outros flocos previamente formados. Neste processo o afluente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados, em unidades chamadas tanques de aeração, em seguida separa o lodo ativado do esgoto tratado por sedimentação em decantadores. Parte do lodo ativado é separado e reciclado para o tanque de aeração e uma parte é retirada para tratamento específico ou destino final, enquanto o afluente tratado biologicamente é enviado para outros processos para efetuar o polimento final (AQUARONE et al., 1975).

O processo de lodo ativado tem a seguinte configuração, mostrado na Figura 3. abaixo (BRAILE, 1979).

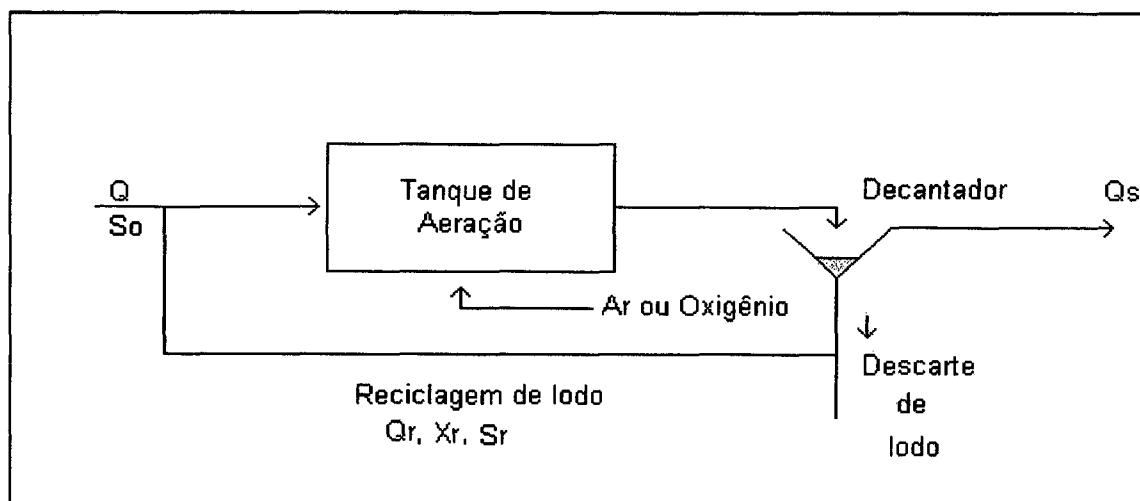


Figura - 3 Esquema simplificado de um Tratamento com Lodo Ativado.

Onde:

$Q \rightarrow$ Vazão a tratar (volume/tempo)

$Q_r \rightarrow$ Vazão de reciclo (volume/tempo)

$S_o \rightarrow$ Substrato inicial(massa/volume)

$S_r \rightarrow$ Substrato de reciclagem (massa/volume)

$X \rightarrow$ Concentração de células (massa/volume)

$X_r \rightarrow$ Concentração de células na reciclagem (massa/volume)

Volume (litros)

Os componentes principais de um processo de Lodos Ativados são:

O *Tanque de aeração*, onde ocorre a reação bioquímica de degradação do substrato por isso também denominado de Reator Biológico.

Apesar as bactérias serem os principais microrganismos presentes neste sistema de tratamento, a atividade metabólica de outros microrganismos são indispensáveis para o bom funcionamento do processo de lodos ativados. Como exemplo tem-se os protozoários e rotíferos que atuam no polimento do efluente, os primeiros consumindo bactérias dispersas que não flocularam, enquanto que os rotíferos consomem pequenos flocos biológicos de partículas que não sedimentaram.

A aeração aplicada no processo de Lodos Ativados tem duas finalidades:

- ♦ garantir a homogeneização entre a fase líquida e a fase sólida no tanque de aeração;
 - ♦ prover a fase líquida de oxigênio dissolvido, necessário para a oxidação dos diferentes substratos.
-

O Ar ou Oxigênio são fornecidos ao sistema de várias maneiras possíveis, baseados em dois princípios de transferência: difusão e convecção.

Decantador, tem a finalidade de concentrar o lodo para reciclá-lo ao tanque de aeração, a fim de garantir o controle entre a carga de alimentação e microrganismos necessários para sua degradação.

Recirculação do lodo, destina-se a manter no tanque de aeração uma população de microrganismos mínima para consumir a quantidade desejada de substâncias poluentes biodegradáveis. A taxa de recirculação é de extrema importância para o controle do processo, pois através dela controla-se a idade média da microbiota bem como eliminam-se efeitos de inibição por excesso ou falta de substratos.

Equações de Projeto

Dependendo da concepção de reator utilizado tem-se um equacionamento a realizar que depende principalmente da hidrodinâmica do reator.

O balanço de massa deve ser aplicado num volume de controle definido, por exemplo, tanque de aeração, decantador ou globalmente envolvendo os dois como é mostrado na Fig. 4 abaixo . A equação para um reator perfeitamente agitado pode ser assim escrita:

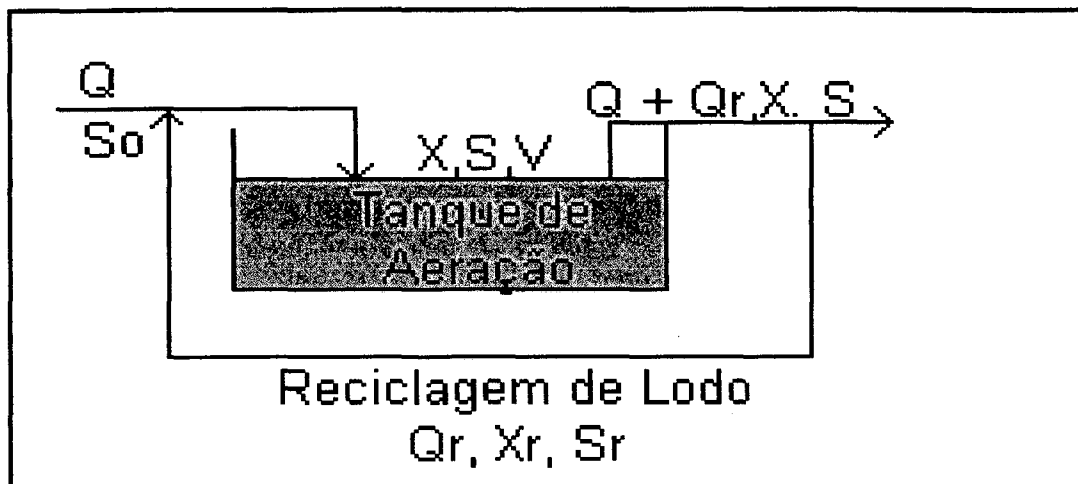


Figura - 4 Esboço de um tanque de aeração

Para os *microorganismos*:

$$\text{Entra} = Q_r X_r \quad (\text{grama de microorganismo/hora})$$

$$\text{Sai} = (Q + Q_r) X \quad (\text{grama de microorganismo/hora})$$

$$\text{Reage} = r_x V \quad (r_x - \text{taxa de produção de microorganismo})$$

Então: $\text{entra} - \text{sai} + \text{Reage} = 0$

$$Q_r X_r - QX - Q_r X + r_x V = 0 \quad (1)$$

onde:

Q - vazão a tratar

X - concentração de células

Q_r - vazão de reciclo

X_r - concentração de células na reciclagem

r_x = velocidade de crescimento (massa/volume x tempo)

Para o *substrato*: entra - sai + Reage = 0

$$\text{Entra} = QS_0 + Q_r S_r$$

$$\text{Sai} = (Q + Q_r) S$$

$$\text{Reage} = -r_s V$$

Como no decantador não existe praticamente conversão alguma do substrato conclui-se $S_R \approx S$, então:

$$QS_0 + Q_r S - QS - Q_r S - r_s V = 0 \quad (2)$$

onde:

Q - vazão a tratar

r_s = velocidade de consumo de substrato (massa/volume x tempo)

S = concentração de substrato (massa/volume)

Eliminando-se os termos comuns da eq. (2) obtemos :

$$Q(S_0 - S) + r_s V = 0 \quad (3)$$

A eq.(1) e a (3) , ambas apresentam como incógnitas:

X , S , r_x e r_s

ficando impossível a solução deste sistema pois tem-se 2 equações e 4 incógnitas.

Usando-se no entanto as relações que definem o rendimento celular, tem-se :

$$r_x = \mu X \quad (4)$$

Onde: r_x = velocidade de crescimento (massa/volume x tempo)

μ = velocidade específica de crescimento (tempo⁻¹)

X = concentração de microorganismo (massa/volume)

$$r_s = - \frac{1}{Y_{X/S}} r_x \quad (5) \quad \text{ou} \quad r_s = - \frac{1}{Y_{X/S}} \mu X \quad (6)$$

Onde : r_s = velocidade de consumo de substrato (massa/volume x tempo)

$Y_{X/S}$ = fator de conversão (representa a massa de microorganismo produzida por unidade de massa de substrato consumida).

Então substituindo as eq. (4) na (1) e a eq. (5) na (3) , podem ser assim escritas:

Para os *microorganismos*:

$$Q_r X_r - QX - Q_r X + \mu XV = 0 \quad (7)$$

Para o *substrato*:

$$Q(S_0 - S) - \frac{1}{Y_{X/S}} \mu XV = 0 \quad (8)$$

Neste caso as únicas incógnitas são S e X desde que se tenha determinado os parâmetros do crescimento (μ) e do rendimento $Y_{X/S}$.

Observa-se que a dificuldade maior são os parâmetros cinéticos de crescimento dos microorganismos, face ao substrato considerando as condições de operação propostas.

É essencial, portanto, a realização de bioensaios antes de se aventurar a construir um sistema de lodo ativado, caso contrário não se terá controle sobre o processo nem se saberá como é o seu funcionamento.

2.3 Classificação dos Tipos de Microorganismos

A seguir apresentam-se algumas características dos microorganismos, componentes do reino protista (SILVA, 1979).

As **bactérias**, segundo a classificação proposta inicialmente por Hanckel, são organismos protistas procarióticos, caracterizados pelo pequeno tamanho (0,5 a 2 μm de espessura por 1 a 8 μm de comprimento), sendo em geral unicelulares. Seu modo de reprodução mais comum é por fissão binária. De acordo com a espécie, as células individuais são esféricas, em bastão ou esperiladas. Certas espécies de células bacterianas se dispõem em grupamentos, os mais comuns dos quais são os pares, em grumos, cadeias e filamentos.

As bactérias são organismos mais importantes existentes nos sistemas de estabilização. O crescimento de determinadas espécies dependerá de sua capacidade competitiva, as espécies que possuem maior velocidade de crescimento e capacidade para utilizar o máximo de matéria orgânica predominarão no sistema. Elas segretam enzimas no meio, as quais decompõem as moléculas orgânicas complexas em outras mais simples, que são, então absorvidas através da parede celular e metabolizadas. As características bioquímicas das bactérias apresentam tal diversidade que possibilitam metabolizar a maior parte (senão todos os compostos orgânicos) encontrados nas águas residuárias.

Além das características metabólicas, algumas bactérias possuem a capacidade de flocular, quando entram na fase de declínio do crescimento, importante para o sistema de lodo ativado, especialmente na operação de recirculação. A maioria consegue energia para o seu crescimento pela oxidação de compostos orgânicos, porém existem algumas capazes de utilizar compostos inorgânicos para este propósito.

Os compostos orgânicos também servem para a maioria das bactérias como fonte de carbono, o qual é utilizado na sintetização de novas células, durante a fase de crescimento.

Os fungos, são organismos protistas eucarióticas, geralmente multicelulares. Exercem papel similar ao das bactérias na natureza, são tipicamente consumidores de matéria orgânica. A reprodução sexuada é comum neste grupo, entretanto todos os fungos têm algum modo de reprodução assexuada. Os fungos são subdivididos em dois grupos:

- os chamados fungos verdadeiros ou mofos, os quais produzem unidades microscópicas chamadas hifas, que coletivamente formam uma massa filamentosa denominada micélio;
- as leveduras, que se diferenciam dos fungos verdadeiros por apresentarem forma predominantemente unicelular. Sua reprodução vegetativa se faz, geralmente, por gemulação (brotamento). Como células simples, as leveduras crescem e se reproduzem mais rapidamente do que os mofos. Também são mais eficientes, numa base ponderal, na realização de alterações químicas, por causa de sua maior relação área/volume. São facilmente diferenciadas das bactérias em virtude de suas dimensões maiores e de suas propriedades morfológicas.

A natureza filamentosa de alguns dos fungos encontrados nas águas residuárias, contudo, torna-os indesejáveis no sistema, pois são incapazes de formar um floco compacto e, portanto, não decantam facilmente. Por esta razão deve-se procurar desenvolver condições ambientais, de tal forma que favoreçam a predominância das bactérias em lugar dos fungos, pois, enquanto muitas espécies de fungos se desenvolvem o bastante para se tornarem competitivas sob condições específicas de pH.

Os **protozoários**, são organismos protistas eucarióticos, móveis, que ocorrem como células isoladas ou na forma de colônias de células. Em geral são de maior porte que as bactérias, e freqüentemente se nutrem delas, o que os torna particularmente úteis para a manutenção do equilíbrio biológico nas unidades de tratamento de efluentes, consumindo bactérias e matéria orgânica particulada.

As **algas**, tratam-se de organismo protistas eucarióticos. Encontram-se nas formas unicelular e multicelular. A capacidade de realizar fotossíntese é a característica fisiológica fundamental das algas. São importantes para os processos biológicos de tratamento de efluentes devido a sua habilidade de produzir oxigênio por fotossíntese.

2.3.1 Fontes de Carbono e Energia

Quanto a nutrição os microorganismos podem ser divididos em:

- autotróficos, os que obtém energia via fotossíntese ou por oxidação de compostos inorgânicos e podem usar o dióxido de carbono como principal fonte de carbono. As algas se caracterizam por realizarem este tipo de nutrição.
 - heterotróficos, os que utilizam como fonte de carbono os compostos orgânicos. Estes compostos orgânicos, são parcialmente assimilados no material celular e parcialmente oxidados para o fornecimento de energia. As bactérias, os fungos e os protozoários se enquadram predominantemente nesta categoria (PELCZAR et al., 1986).
-

2.3.2 Nutrientes Essenciais

Os nutrientes devem estar dissolvidos, para poderem penetrar nas células bacterianas.

TRAVASSOS et al. (1988) investigaram os componentes do meio de cultura que devem suprir às exigências nutricionais necessárias ao microorganismo para a formação da massa celular, para desempenhar adequadamente suas funções metabólicas, portanto além de fonte de energia e carbono, os microorganismos necessitam de nutrientes inorgânicos para a síntese de material celular e crescimento. Os nutrientes inorgânicos principais, são N, S, PK, Mg, Ca, Fe, Na e Cl. Outros nutrientes, também chamados de micronutrientes, incluem Zn, Mn, Se, Co, Cu, Ni, V e W.

SCHLEGEL (1968) verificam que além da adição dos nutrientes inorgânicos, citados acima, alguns nutrientes orgânicos também podem ser necessários para alguns microrganismos. Embora as exigências com relação aos fatores de crescimento sejam diferentes para cada tipo de microorganismo, em geral pode-se agrupá-los em três categorias: Aminoácidos, purinas, e vitaminas.

2.3.2.1 Proporção de Nutrientes para o Tratamento de Efluentes

HAWKES (1980) estudou que geralmente é sugerida uma relação entre carbono e nitrogênio entre 20:1 e 30:1 como sendo satisfatória. Uma vez que a necessidade efetiva de nutrientes depende da biodegradabilidade da matéria orgânica, é possível ter processos estáveis fora dessa faixa.

PFEFFER (1980) investigou também como uma orientação geral, uma relação N(nitrogênio):P (fósforo) de 5:1.

Trabalhando com substratos sintéticos para o estudo de granulação do lodo anaeróbio DE ZEEUW (1984) adicionou uma quantidade maior de enxofre do que a usualmente empregada, após constatar uma dependência da atividade metanogênica em relação à presença desse elemento. A relação DQO:N:P:S usada por esse pesquisador foi 500:7:1:1 para o substrato composto de ácidos orgânicos voláteis, em concentrações acima de 2,5g/l em DQO (demanda química de oxigênio), e de 300:5:1:1 para substratos mais diluídos contendo os mesmos ácidos, ou para substratos constituídos de carboidratos.

2.3.3 Necessidade de Oxigênio

Todos os microorganismos necessitam de oxigênio, fornecido em forma combinada, por exemplo da água, dióxido de carbono e substâncias orgânicas. No entanto, muitos organismos são também dependentes do oxigênio molecular (O_2). A principal função do O_2 é atuar como um aceptor final de elétrons na respiração aeróbia.

De acordo com a necessidade ou tolerância ao oxigênio, podem ser distinguidos pelo menos três grupos de microrganismos:

- os aeróbios obrigatórios, que somente podem obter energia via respiração aeróbia e são dependentes do oxigênio molecular;
-

- os anaeróbios obrigatórios, somente podem crescer na ausência de oxigênio. Para este grupo o oxigênio é tóxico;
- anaeróbios facultativos, que podem crescer na presença ou na ausência de oxigênio.

HAWKES (1980) investigou os compostos inorgânicos oxidados, tais como nitritos e nitratos, podendo atuar como aceptores de elétrons na ausência de oxigênio molecular. Processos que fazem uso destes microorganismos são chamados anóxicos.

TRAVASSOS et al. (1988) concluem que o conhecimento das necessidades de suprimento de oxigênio para o crescimento microbiano é de importância capital para que se tenha êxito em qualquer processo de depuração.

A escolha de um processo de tratamento deve portanto prever as condições de aeração do meio de tal forma a garantir este fator de crescimento, extremamente importante.

2.3.4 Fatores Físico-Químicos que afetam o Crescimento dos Microorganismos

A multiplicação dos microorganismos é muito influenciada pelas condições físicas do ambiente, podendo tornar lenta, inibir, ou ao contrário, favorecê-la. Destes fatores, os de maior importância são a temperatura, concentração de oxigênio e pressão osmótica, pH.

Em geral o crescimento ótimo ocorre dentro de uma faixa estreita de temperatura. A temperatura ótima varia com a espécie, o que, para a maioria delas, isoladas do solo, da água e

do ar, genericamente se situa entre 25 a 30°C. De acordo com a faixa ótima de desenvolvimento, os microorganismos podem ser classificados em:

- *mesófilos*, que se desenvolvem em temperaturas médias entre 20°C e 40°C;
- *termofílicos*, que se desenvolvem em temperaturas entre 45°C e 60°C;
- *psicrófilos*, que se desenvolvem bem, em temperaturas abaixo de 20°C.

A concentração de Oxigênio é o fator determinante para o crescimento microbiano de acordo com a tolerância ou a necessidade do mesmo, conforme exposto no *item* 2.3.3.

Todos os microorganismos apresentam multiplicidade mais intensiva em determinada faixa de pH. Pode ocorrer que o próprio desenvolvimento do microorganismo ocasione mudanças do pH, em virtude da formação de produtos ácidos ou básicos do metabolismo (TRAVASSOS et al., 1988).

Os íons H⁺ e OH⁻ são os íons de maior mobilidade e pequenas alterações em suas concentrações causam efeitos significativos ao crescimento microbiano. A obtenção de um pH inicial ótimo e a manutenção deste durante o crescimento de uma cultura é de grande importância. A maioria dos microorganismos crescem melhor quando os íons H⁺ e OH⁻ estão presentes em concentrações aproximadamente iguais (pH=7). Todavia, muitas bactérias preferem valores de pH mais altos e poucos são ácido tolerantes. Já os fungos preferem faixas de pH mais baixos.

2.3.5 Crescimento Microbiano em Cultura Pura

PELCZAR et al. (1980) verificaram que a cultura pura representa uma condição artificial para o crescimento das bactérias e de outros microorganismos, imposta pelas manipulações laboratoriais.

O controle efetivo das condições ambientais no tratamento de efluentes é baseado no entendimento dos princípios básicos que governam o crescimento dos microorganismos. O crescimento microbiano de uma cultura pura num sistema fechado, registra a concentração de microorganismo em função do tempo, como é demonstrado na Figura 5.

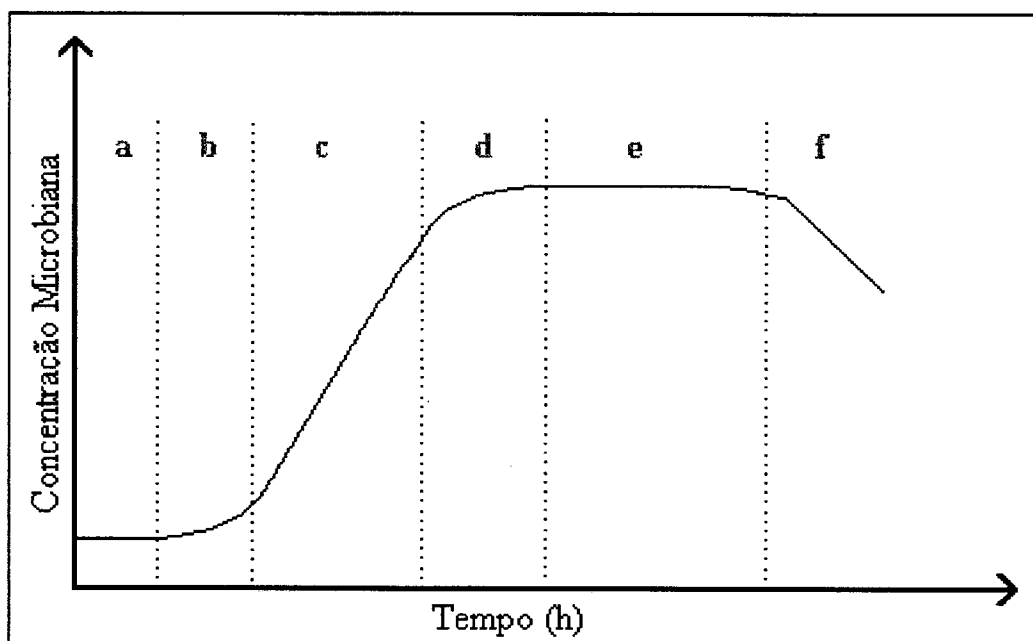


Figura – 5 Modelo de curva do crescimento microbiano, (GRAY, 1989).

O crescimento irrestrito, pode ocorrer sob condições ambientais ideais, quando são fornecidos substratos e nutrientes em excesso à uma certa quantidade de inóculo de células microbianas. De acordo a Fig. 5, foi plotado uma curva de crescimento microbiano (GRAY, 1989).

a) Fase Lag: representa a aclimação das células microbianas ao substrato, tendo a velocidade de crescimento próxima de zero. Os nutrientes são transferidos para interior das células e, então, o tamanho e a massa das células aumentam, enquanto a quantidade de enzimas e de ácidos nucléicos também aumentam. No entanto, dependendo do grau de adaptação do inóculo às condições ambientais, a fase lag pode ser muito pequena até não existir. As células somente começam a se dividir quando alcançam uma concentração de enzimas apropriada. Uma vez iniciada a divisão celular, a densidade da população microbiana aumenta rapidamente.

b) Fase de aceleração : o tempo de geração diminui e há um aumento na velocidade de crescimento, levando à fase exponencial ou fase log.

c) Fase de crescimento exponencial : nesta fase, o tempo de geração é mínimo, porém constante, com velocidade de crescimento específico máxima e constante, resultando num aumento rápido no número e massa dos microorganismos. Este é o período em que a conversão de substrato está na sua máxima velocidade. As condições de estado estacionário são indicadas pelas razões de DNA/célula, RNA/célula e proteína/célula quase constantes. As células se mantêm com densidade constante e tamanho mínimo. A velocidade de metabolismo, em particular a velocidade de crescimento, é limitada somente pela geração microbiana e pela sua habilidade de processar o substrato. A fase exponencial continua até o substrato se tornar limitante.

d) Fase de declínio : A velocidade específica de crescimento microbiano diminui, conforme a redução da concentração de substrato. No caso do sistema descontínuo, ocorre o acúmulo de metabólitos tóxicos, ou alterações nas concentrações de nutrientes, ou nas condições ambientais,

tais como a concentração de oxigênio ou pH, que também podem ser responsáveis pelo declínio da velocidade de crescimento.

e) Fase estacionária : Nesta fase a taxa de reprodução é aparentemente balanceada pela taxa de morte. O substrato e os nutrientes necessários ao crescimento são consumidos e há uma alta concentração de metabólitos tóxicos. Tem sido sugerido que a maioria das células permanecem viáveis durante esta fase, mas num estado de “animação suspensa”, sem o substrato ou sem as condições ambientais necessárias para continuar a se reproduzir.

f) Fase endógena ou de morte : A densidade microbiana rapidamente diminui, com uma alta taxa de morte dos microorganismos, resultando num declínio do metabolismo e conseqüentemente da remoção do substrato. A massa total do protoplasma microbiano diminui, enquanto as células utilizam seu próprio protoplasma como fonte de energia. Este fenômeno é de respiração endógena. Quando as células morrem e se rompem, liberam os constituintes internos da célula havendo então uma diminuição contínua da concentração dos microorganismos.

A curva de crescimento microbiano não é uma propriedade básica das células microbianas, mas é uma resposta às condições ambientais dentro de um sistema fechado. Assim, esta curva não é aplicada diretamente em sistema contínuo, mas é possível manter tais sistemas em uma fase de crescimento em particular, através do controle da razão entre substrato e biomassa microbiana.

2.3.6 Crescimento Microbiano em Cultura Mista

Os processos biológicos de tratamento de efluentes, dependem de inúmeros fatores genericamente representados pela boa escolha ou adaptação de certos microrganismos que irão compor a cultura mista capaz de degradar o substrato (efluente) e o estabelecimento das condições ótimas de operação.

Atualmente, com os avanços da biotecnologia, tem crescido o emprego de microorganismos selecionados para aumentar a eficiência dos processos convencionais e no desenvolvimento de novos processos, principalmente no caso de produtos de difícil degradação biológica, denominados de produtos recalcitrantes.

Numa cultura mista pode ser observado interações entre as diferentes espécies microbianas, tais como mutualismo, competição, comensalismo e amensalismo (SCHLEGEL, 1969).

- *mutualismo*, ocorre quando as espécies crescem mais rapidamente juntas, do que quando isoladas;
 - *competição*, ocorre quando cada espécie exerce uma influência negativa na velocidade de crescimento da outra espécie;
 - *comensalismo*, quando uma espécie se beneficia com os metabólitos da outra, ou seja, compostos produzidos por uma espécie aceleram o crescimento de outra;
 - *amensalismo*, quando ocorre o inverso do comensalismo, isto é, o crescimento de uma espécie é inibido pela presença dos metabólitos da outra. Os efeitos prejudiciais da espécie ofensiva usualmente são devidos a síntese de produtos tóxicos ou remoção de nutrientes essenciais.
-

Além dos fenômenos inerentes à ecologia microbiana, outros disfuncionamentos podem ocorrer e são muito freqüentes nos sistemas de tratamento de efluentes.

Entre eles citamos:

- **defloculação**, ocorre quando o lodo se quebra em pequenas partículas de sedimentação precária e o efluente tratado se apresenta com turbidez, e pode ocorrer devido a: anaerobiose prolongada; alteração da carga volumétrica ou mássica aplicada; falta ou excesso de nutrientes.
 - **bulking**, a condição favorável para o crescimento de microrganismos filamentosos provoca a origem de flocos de lodo baixa relação massa/volume criando macro-estruturas, interferindo com a sedimentação do lodo, chegando até o comprometimento do desempenho do sistema. As causas deste fenômeno são atribuídas a falta de oxigenação, presença de metais pesados e compostos orgânicos tóxicos.
 - **Compostos nitrogenados** como nitrogênio amoniacal, nitritos e nitratos, que freqüentemente são encontrados na saída dos sistemas de tratamento em concentrações ainda potencialmente poluidoras do meio ambiente. Neste caso, a falta de condições favoráveis ao crescimento dos microrganismos específicos responsáveis pelas diferentes etapas de degradação, faz com que estes compostos não sejam eliminados.
-

2.4 Remoção da Cor dos Efluentes Têxteis

KOUBA & PING (1994) investigaram muitas opções para a remoção de cor das águas residuárias. Os principais são descritos a seguir:

2.4.1 Tratamento Físico-Químico

Os *processos físico-químicos* podem ser usados para o tratamento de água residual como substitutos para o tratamento biológico ou como adjuntos.

Os métodos de tratamento físico para remover a cor de águas residuais incluindo a floculação, sedimentação, adsorção, oxidação química, membrana de filtração, flotação de ar dissolvido, coagulação.

2.4.1.1 Remoção de Cor por Destruição Química

Ao romper os enlaces azóicos de muitos corantes, eles se transformam em incolores. Para levar a cabo essa operação, pode-se usar um agente redutor forte, como o hidrossulfito de sódio, ou um oxidante, como o hipoclorito de sódio.

A oxidação química parece ser mais aceitável somente em circunstâncias excepcionais, pois seu custo é muito alto (KAKABADSE, 1979).

REIFE (1990) investigou que a cor derivada dos corantes ácidos, reativos e diretos, foi reduzida através de clivagem do ligamento azo com hidróxido sulfítico de sódio. Os produtos não polares formados, neste caso, apresentaram uma boa adsorção em carvão ativado.

DAVIS et al. (1994) investigaram a descolorização fotocatalítica de águas residuais contaminadas por efluentes têxteis usando um reator em batelada. Utilizaram o dióxido de titânio P25 Degussa, como elemento fotocatalítico e tem-se mostrado eficiente para a degradação da cor quando irradiado com a luz UV na presença de ar.

2.4.1.2 Remoção de Cor por Coagulação e Flocculação

É uma técnica físico-química levada a cabo em três etapas distintas:

coagulação → flocculação → separação de líquidos e sólidos.

A *coagulação* é conseguida tradicionalmente no tratamento de águas industriais mediante o uso de hidróxido de cálcio e sais metálicos polivalentes como o sulfato férrico, cloreto férrico e sal metálico de alumínio. O hidróxido reage com o sal metálico para formar um hidróxido insolúvel, volumoso, sobre o qual se adsorve a cor.

A coagulação química é uma operação pela qual substâncias químicas formadoras de flocos - coagulantes - são adicionadas ao efluente com a finalidade de se agregarem ou combinar com a matéria em suspensão decantável ou não e com a matéria coloidal; formando rapidamente agregados às partículas em suspensão. Embora solúveis, os coagulantes se precipitam depois de reagir com outras substâncias do meio (JORDÃO & PESSOA, 1975).

HEINITZ (1991) encontrou que a técnica de precipitação com floculantes polimerizados seguido por flotação tem maiores vantagens na descoloração de águas residuais têxteis.

Esses complexos inorgânicos não são totalmente efetivos na remoção da cor residual de certos tipos de corantes (ácidos e reativos). Para se obter esse resultado foram desenvolvidos coagulantes do tipo polieletrólitos altamente catiônicos e de baixo peso molecular; os quais são

usados sozinhos ou em combinação com sais metálicos. A produção de lodos é mais baixa quando se usa coagulantes orgânicos no lugar dos sais metálicos. Dessa forma, os custos de operação e despejos de lodos são reduzidos (KOUBA & PING, 1994).

Na floculação, depois dos microflocos é necessário facilitar a separação sólido/líquido. Para isso são usados polieletrólitos de alto peso molecular (aniônicos ou catiônicos). Os flocos são removidos da fase aquosa por um dos seguintes métodos: sedimentação por gravidade, flotação, centrifugação e filtração (SANIN, 1996).

2.4.1.3 Remoção de Cor por Adsorção

O processo de adsorção envolve o contato entre um sólido e um fluido, originando uma transferência de massa da fase fluída para a superfície do sólido, havendo uma tendência de acumulação de uma substância sobre a superfície da outra.

O carvão ativado é o adsorvente mais amplamente usado, porém, é relativamente ineficaz na remoção de alguns corantes dispersos, de tintas e pigmentos, sendo mais efetivo para descolorir águas que contenham corantes reativos, básicos ou ácidos.

São utilizada duas formas de carvão ativado, o granulado e em pó. Este último pode inclusive ser usado conjuntamente com processos de lodos ativados.

A principal desvantagem da adsorção com carvão ativado granular é sua forma lenta de adsorção. Algumas vezes é necessário pré-tratar antes da adsorção já que concentração de sólidos suspensos maiores que 50mg/l podem se acumular nos leitos de carvão e reduzir a eficiência da descoloração. A adsorção sobre o carvão ativado granular é aplicável em processos descontínuos e com baixas concentrações de cor (BRAILE, 1979).

2.4.1.4 Remoção de Cor usando Membranas

Nos processos envolvendo a utilização de membranas tem-se uma operação de separação líquido/líquido e são denominados segundo as dimensões moleculares das substâncias que se deseja separar do meio, através da aplicação de elevadas pressões na solução a ser permeada através da membrana. Variando as membranas, pode-se eliminar da água substâncias de distintos pesos moleculares. Os processos mais usados são: Microfiltração, Ultrafiltração, Nanofiltração, Osmose inversa.

As membranas usadas na nanofiltração ou ultrafiltração são as mais convenientes para o tratamento de efluentes têxteis. A cor proveniente dos banhos esgotados e dos banhos de lavagem podem ser concentrados até 1% de seu volume original (BRAILE, 1979).

Processos combinados:

YEH & THOMAS (1995) investigaram que existem vários tipos de tratamento para os efluentes da indústria têxtil, em geral, uma combinação de vários processos de tratamento é necessária para alcançar uma remoção adequada de todos os contaminantes. Processos combinados como coagulação mais lodo ativado, coagulação mais adsorção em carvão ativado ou lodo ativado mais carvão ativado pulverizado são necessários para remover efetivamente os contaminantes.

LIN & PENG (1996) investigaram o tratamento das águas residuais têxteis das operações de lavagem e tingimento. A combinação de processos de coagulação, lodo ativado e oxidação

eletroquímica tem apresentado ótimos resultados na redução da Demanda Química de Oxigênio (DQO) e cor (turbidez). Estes processos combinados podem apresentar eficiências diversas conforme as condições de operação, especialmente a taxa volumétrica aplicada, a condutividade, o pH, e a utilização de coadjuvantes químicos como o cloreto de poli alumínio.

2.4.2 Tratamento Biológico de Efluentes Têxteis

Os processos de tratamento biológico de efluentes têxteis mais usados são: filtros biológicos e lodos ativados. Atualmente, o processo mais utilizado para o tratamento das águas residuais da indústria têxtil é o de lodos ativados de aeração prolongada (BRAILE, 1979).

KAKABADSE (1979) concluiu que em muitas ocasiões somente tratamento físico-químico é possível, em outras o biológico. Onde ambos são possíveis, a diferença geral mais importante é que o processo biológico requer mais espaço, mais tempo de retenção, exigindo volume de reatores maiores, porém o custo de manutenção e operação é bem menor, sendo por isso preferido a qualquer outro tipo de tratamento.

IDAKA & OGAEA (1978) isolaram de ambientes poluídos com efluentes têxteis a *Aeromonas hydrophilia*, bactéria com capacidade de degradar o corante azo e apresentando como principais metabólitos: p-acetamidoazobenzeno, p-aminoazobenzeno, acetanilida, anilina e p-fenilenodiamina.

MEYER (1981) estudou vários corantes Azo e uma grande classe destes não são susceptíveis de degradação por via microbiana.

ZIMMERMAN et al. (1982) mostraram que os corantes Azo não são tipicamente degradados em condições aeróbias. Entretanto, sob as condições de anaerobiose, as ligações azo podem ser reduzidas para formarem aminas aromáticas que são incolores mas apresentam características tóxicas e são carcinogênicas.

PLANTT et al. (1985) estudaram a descolorização do corante polimérico *Poly-B411*, por vários fungos. Somente o fungo com habilidade de degradar a lignina foram hábeis para descolorir os corantes.

CARLIELL et al. (1985) estudaram os corantes azo solúveis em água. Em condições de anaerobiose estes corantes podem ser utilizados como aceptores de elétrons na respiração microbiana sendo reduzidos e descoloridos com cinética de ordem zero.

TUNAY et al. (1990) investigaram o tratamento biológico com lodo ativado e o consideraram mais eficiente em termos de matéria orgânica removida do que a coagulação química para o tratamento de efluente da indústria têxtil.

CRIPPS et al. (1990) investigaram a biodegradação do Laranja II, Tropaeolin 0, Vermelho Congo e Azure B, em culturas de fungos da podridão branca *Phanerochate chrysosporium*. A incubação com ligninoperoxidase resultou na descolorização de Azure B, laranja II e o tropaeolin 0, mas nenhuma descolorização foi obtida para o Vermelho Congo.

NITTA & MORISITA (1991) verificaram que a adição de ar contendo 100ppm de ozônio reduziu o crescimento de bactérias filamentosas em um processo com lodo ativado melhorando a redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e eficiência da remoção da cor.

CAPALASH & SHARMA (1992) estudaram dezoito corantes têxteis usados comercialmente, oito foram degradados pelo fungo de podridão branca, *Phanerochate Chysosporium*, reduzindo de 40 a 73% a cor.

WEBER & STICKNEY (1993) estudaram a hidrólise do reativo Azul 19- vinil sulfônico (RB 19 -VS), numa faixa de pH entre 4-11 e de temperatura entre 25- 85°C. A melhor taxa de descolorização se deu a pH 7 e temperatura de 25°C.

KOUBA & PING (1994) verificaram que a remoção da cor pelo tratamento biológico aeróbico depende basicamente do tipo de corante usado, sendo mais apropriado para corantes metálicos, ácidos e reativos.

KIRBY et al. (1995) verificaram que o *Phanerochate chysosporium*, apresentou capacidade para descolorir vários corantes utilizados na indústria têxtil, desde que na presença de glicose.

MIRANDA & BENITO (1996) investigaram que a eliminação da cor pelo *Aspergillus niger* das águas residuárias da fermentação alcoólica. A influência da concentração de nutrientes, pH inicial e a fonte de carbono na eliminação da cor foram analisadas, obtendo tanto para um sistema batelada como contínuo uma total descolorização após 4 dias.

KUMAR et al. (1997) estudaram uma cepa anaeróbia, denominada L-2, inoculada num efluente têxtil diluído a 12,5% (v/v) e complementado com glicose (10g/l) apresentou redução de 57% da Demanda Química de Oxigênio (DQO) e 31% na descolorização após sete dias de incubação.

CAPÍTULO 3

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram realizados experimentos para o estudo da degradação biológica dos corantes do grupo vinil sulfônico mais utilizados, na indústria têxtil catarinense e também de um efluente industrial complexo.

Os ensaios foram realizados em reatores perfeitamente agitados, tanto em sistema contínuo como batelada.

O inóculo utilizado foi coletado numa estação industrial de tratamento de efluentes têxteis e foram adicionados micronutrientes ao meio para auxiliar no processo de descoloração de soluções de corantes modelos, bem como, de um efluente industrial complexo.

3.1 MATERIAIS

Os corantes utilizados, representam alguns dos mais comumente utilizados na indústria têxtil. Estes pertencem ao grupo vinil sulfônico (amarelo, vermelho e azul), e foram fornecidos pela empresa *Quimisa S.A.*, Brusque/ SC. A estrutura molecular é mostrada na Figura 6 abaixo.

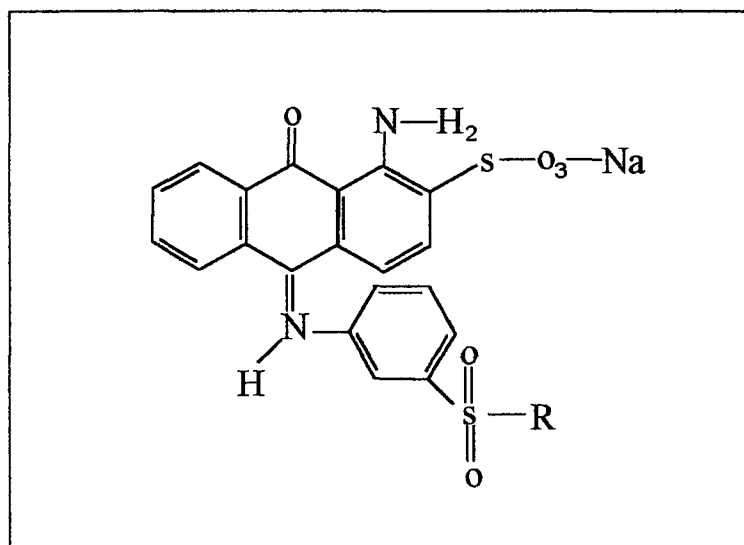


Figura 6. Estrutura molecular dos corantes Vinil sulfônico

R- Corante (dye)

Onde R - : é o radical do grupo cromóforo (corante → vermelho, azul e amarelo) , portanto para cada corante vai existir uma estrutura molecular mudando o seu grupo cromóforo, conforme observa-se na Figura 6.

O efluente industrial complexo, foi fornecido pela *Companhia Têxtil Karsten*, Blumenau / SC.

3.2 EQUIPAMENTOS

Os ensaios foram realizados em reatores perfeitamente agitados, em sistema contínuo, como pode ser visto na Figura 7 abaixo.

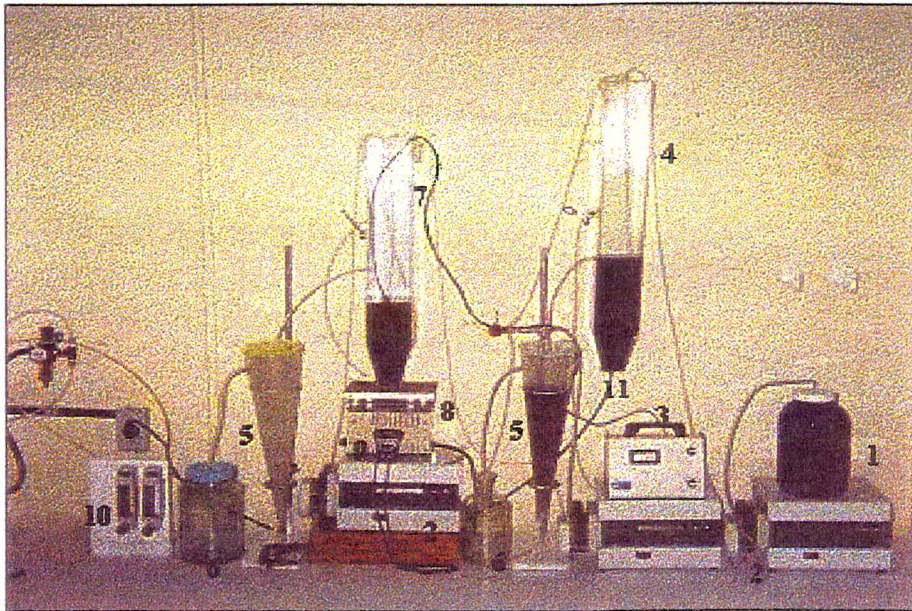


Figura 7. Equipamento de um sistema em regime contínuo

Onde:

1. Reservatório de efluente com volume de 3,0 litros ;
2. Bomba peristáltica (Marsterflex - Computeriset - Drive / Modelo 75560-62)
3. Medidor de Oxigênio Dissolvido (Cole Parmer / Modelo 5946-55)
4. Reator aeróbio, em acrílico com volume de 4 litros ,
5. Decantador em acrílico com volume de 1 litro ;
6. Reservatório de efluente, volume de 1 litro;
7. Reator anaeróbio, em acrílico com volume de 3 litros;
8. Agitador Magnético (Microquímica - Indústria e Comércio Ltda / Model MQ-AMA-301)
9. Cronômetro – Technos;
10. Rotâmetro (Omel - lb/ in²)
11. Difusor de ar ;

3.3 MÉTODOS ANALÍTICOS

3.3.1 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Durante os experimentos acompanhou-se a redução do teor de material orgânico. Para isso, coletava-se a amostra, diluía e filtrava em membrana de 0,45 microns (Milipore) para separação da biomassa. Determinou-se a DQO através do método de refluxo do dicromato de potássio, conforme descrito na norma NBR 10357. Um digestor (Quimis modelo Q-325-27) foi utilizado para a digestão da amostra.

3.3.2 Análise dos Corantes

A concentração do corante em solução, foi determinada por espectrofotometria UV-visível, em um aparelho da marca CELM-E225D. Determinou-se o comprimento de onda que apresentou a máxima absorbância para os respectivos corantes, como pode ser visto na TABELA 1 abaixo

Foram feitas curvas padrão para cada corante com o filtrado do lodo ativado, numa proporção de 1:1. As suas diluições, também foram feitas, com cuidado para que as absorbâncias não excedessem a 0,900 para o comprimento de onda escolhido. Esta curva foi utilizada para determinar a concentração do soluto removido através da absorbância.

TABELA 1- Corantes utilizados e respectivos comprimentos de ondas média, $\lambda_{\text{máx}}$.

Corante	$\lambda_{\text{máx}}$. (nm)
Vinil sulfônico (amarelo)	428
Vinil sulfônico (vermelho)	508
Vinil sulfônico (azul)	610
Efluente Complexo	590

3.3.3 Concentração dos Microorganismos

Densidade Ótica (D.O): Após filtração da amostra em membrana de 0,45 microns determinava-se a concentração utilizando a curva padrão referida no item 3.3.2.

Determinação da Massa Seca: Para acompanhar a concentração microbiana através do método da massa seca, filtrava-se a amostra em membrana de 0,45 microns (Milipore) e mantinha-se por duas horas a $104 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Esfria-se no dessecador e pesa-o , de acordo com a norma NBR 10664.

3.4 MEIOS DE CULTURA

3.4.1 Meio de Nutrientes

Para garantir os nutrientes inorgânicos essenciais à síntese celular e ao crescimento, preparou-se uma solução estoque, com relação N-P-K de 10-4-1 . Os compostos utilizados na formulação da solução estoque e suas respectivas concentrações estão listados a seguir (SCHÖBORN, 1986):

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	15,76 g/l
$(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	4,66 g/l
KH_2PO_4	1,36 g/l

3.4.2 Meio de Micronutrientes

Preparou-se um meio de sais, também utilizado para garantir as necessidades microbianas, cuja a composição resultante é a seguinte (RAIZER, 1991):

NH_4Cl	0,1564 g/l
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,1922 g/l
NaCl	0,1910 g/l
$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,4158 g/l
KH_2PO_4	0,7520 g/l

ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,2324 g/l
NaNO ₃	0,6054 g/l
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,1594 g/l

3.5 Ensaio com Cepas Bacterianas Isoladas da Microbiota Presente nas Águas Residuais da Indústria Têxtil .

Estes experimentos foram testados nos Corantes do grupo vinil sulfônico e no Efluente Industrial Complexo.

O corante tem a seguinte característica como pode ser visto na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2. Característica dos corantes

Corante	pH	D.Q.O (mg/l)
<i>Vinil sulfônico (amarelo)</i>	6,0	590,00
<i>Vinil sulfônico (vermelho)</i>	7,0	580,00
<i>Vinil sulfônico (azul)</i>	6,4	13.600,00
<i>Efluente Complexo</i>	8,0	9.500,00

As concentrações do grupo vinil sulfônico utilizadas foi em torno de 50mg/l e a do efluente industrial complexo de 500mg/l.

Para a preparação do inóculo, as cepas bacterianas isoladas da microbiota presente nas águas residuais têxteis, foram semeadas em um meio contendo água, meio de cultura (TSB) e lodo. A seguir, mantinha-se sob agitação até quase consumo total do corante, com o objetivo de obter um inóculo com microorganismo em fase exponencial de crescimento. O período necessário para atingir o objetivo desejado foi de 24 a 48 horas .

3.5.1 Ensaio em Sistema Batelada

EXPERIMENTO I

Neste ensaio os microorganismos foram testados em corante do grupo vinil sulfônico de cor vermelha, como citado no item 3.3.2, Tabela 1. em diferentes meios de culturas.

Os microorganismos foram testados no Caldo de Soja Tripticaseína (TSB) 30g/l, **Extratos*** (levedura 3g/l + malte 3g/l / glicose 10g/l / bactopectona 5g/l) e no efluente industrial complexo.

Preparou-se o corante com a concentração de 50mg/l. Foram utilizados nove Erlenmeyers de 500ml, onde foi adicionado o lodo e o corante vinil sulfônico de cor vermelha, como pode ser visto na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Preparação do Experimento I.

<i>Meio TSB</i>			<i>Meio Extra (EXTRA)</i>			<i>Efluente Comp. Industrial</i>		
Erl.1(ml)	Erl.2 (ml)	Erl.3(ml)	Erl.4 (ml)	Erl.5(ml)	Erl.6(ml)	Erl.7(ml)	Erl.8(ml)	Erl.9(ml)
<i>Ld Cor</i>	<i>Ld Cor</i>	<i>Ld Cor</i>	<i>Ld Cor</i>	<i>Ld Cor</i>	<i>Ld Cor</i>	<i>Ld Cor</i>	<i>Ld Cor</i>	<i>Ld Cor</i>
40 160	70 130	100 100	40 160	70 130	100 100	40 160	70 130	100 100

Onde Extratos* = Extra

Pode ser visto abaixo nas Figuras 8.a, b e c. As variáveis acompanhadas foram a densidade ótica e o pH.

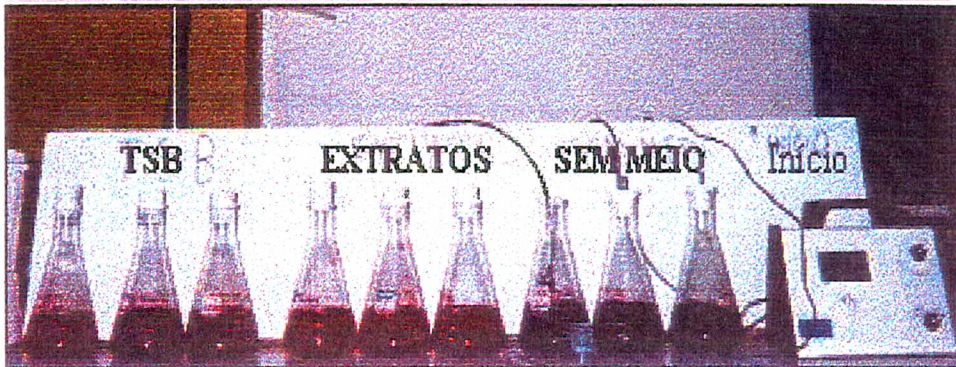


Figura -8.a Início do ensaio com cepas em diferentes meios de culturas.

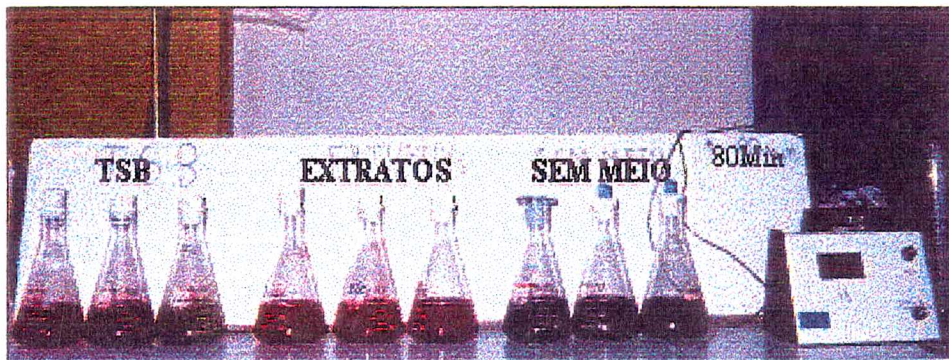


Figura - 8.b Ensaio com cepas em diferentes meios de culturas após 80min.

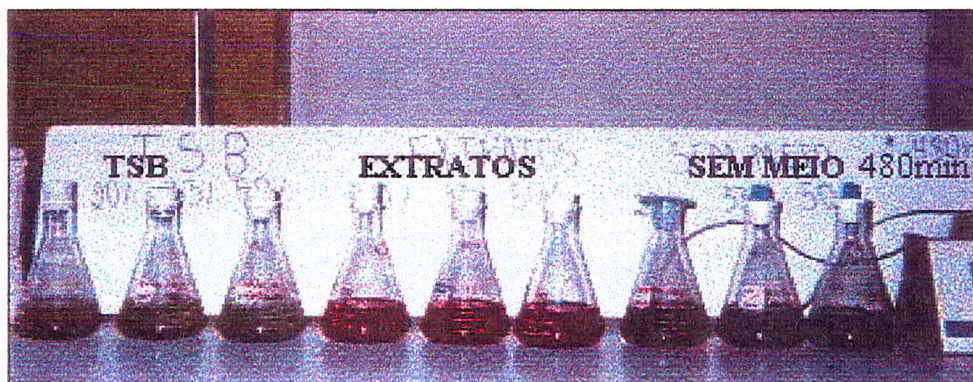


Figura - 8.c Ensaio com cepas em diferentes meios de culturas após 480min.

EXPERIMENTO II

Neste teste, repetiu-se o experimento I, porém, com o corante do grupo vinil sulfônico de cor azul.

EXPERIMENTO III

Neste teste , repetiu-se o experimento I , porém com o corante do grupo vinil sulfônico de cor amarela.

EXPERIMENTO IV

Com objetivo de estudar a quantidade de micronutriente necessário ao lodo para a formação da massa celular e desempenhar adequadamente suas funções metabólicas, onde este lodo necessita de nutrientes inorgânicos para a síntese de material celular e crescimento.

Neste ensaio os microorganismos foram testados em corante do grupo vinil sulfônico de cor azul, citado no item 3.3.2, Tabela 1.

Preparou-se o meio de cultura , Caldo de Soja Tripticaseína (TSB) 30g/l , o qual foi inoculado com lodo, 750ml do corante vinil sulfônico com concentração de 53,77mg/l. Utilizou-se 5 Erlenmeyer de 500ml, colocou-se em cada 50ml de inóculo e 150ml de corante variando a quantidade de nutriente, (0,0 , 0,2 , 0,4 e 0,6)%/l de corante. Os frascos foram equipados com tampa asséptica, e mantidos sob agitação de 50rpm numa temperatura de 20,5°C em um Shaker (Ética modelo 501). A concentração do corante, densidade ótica e DQO foram medidos. O pH foi medido no início e no final do experimento.

EXPERIMENTO V

Neste ensaio o lodo foi testado em corante do grupo vinil sulfônico (azul) citado no item 3.3.2, Tabela 1.

Preparou-se 300ml de meio de cultura , Caldo de Soja Tripticaseína (TSB) 9g/l, o qual foi inoculado com 50ml de lodo, 1050ml do efluente vinil sulfônico com concentração de 50mg/l, 4,2 ml de solução de nutrientes, 2,1 ml de solução de sais. Em sete Erlenmeyers de 500ml, foram colocados em cada um 50 ml de inóculo, mais 150ml de efluente, variando em cada erlenmeyer vazão de ar, deste a 0,1 a 1, 2 l/min à temperatura ambiente. A leitura da vazão de ar era feita através de um bolhometro (o qual mede o deslocamento do volume) , onde o ar vai sendo expulso) conforme pode ser visto na Figuras 9 abaixo. Foi coletada amostra a cada hora, por um período de 10horas. Analisou-se a concentração do corante, densidade ótica , DQO e o pH foi medido no início e no final do experimento.

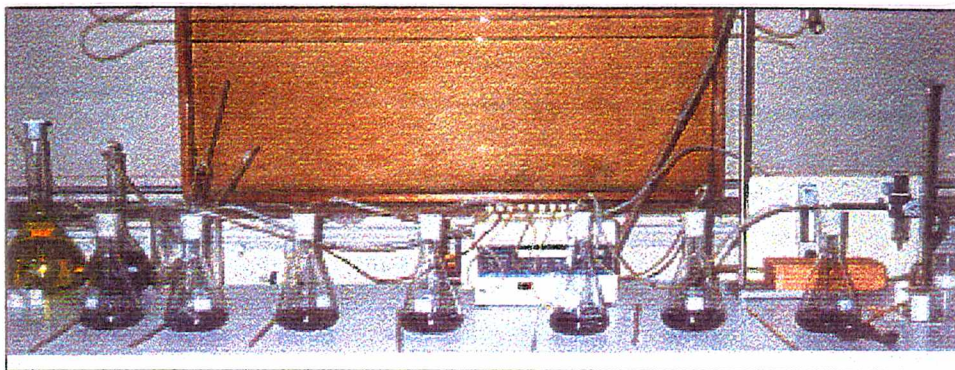


Figura - 9.a Início do ensaio com variação da vazão de ar.

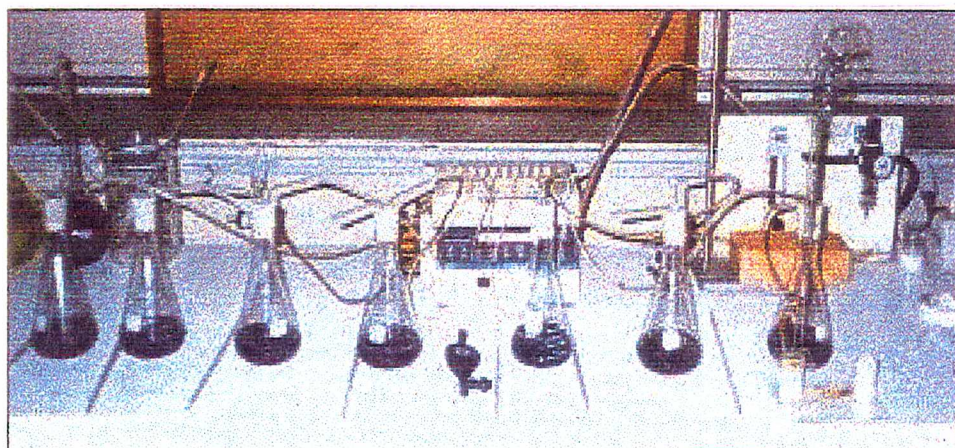


Figura - 9.b Leitura da variação da vazão de ar.

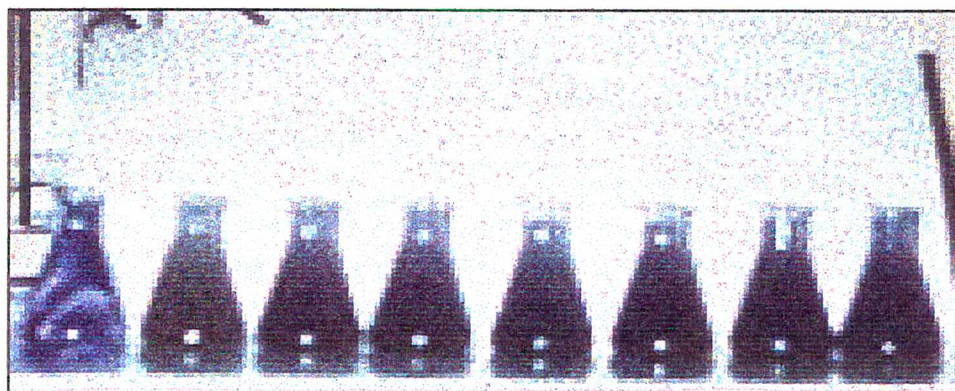


Figura - 9.c Término do teste de vazão de ar.

EXPERIMENTO VI

Neste ensaio, o lodo foi testado em corante do grupo vinil sulfônico de cor azul, citado no item 3.3.2, Tabela 1.

Preparou-se meio de cultura de Caldo de Soja Tripticaseína (TSB) 30g/l, o qual foi inoculado com lodo, 450ml do corante vinil sulfônico com concentração de 50mg/l, 1,8ml de solução de nutrientes, 0,9 ml de solução de sais. Neste ensaio, verificou-se, a variação de inóculo, sendo utilizado 3 Erlenmeyers de 500ml. No primeiro foi colocado 25ml de inóculo mais 175ml de corante, no segundo 50ml de inóculo e 150ml de corante, no terceiro 75ml de inóculo e 125ml de corante. Os frascos foram equipados com tampa asséptica e mantidos sob agitação de 150 rpm à temperatura de 20,5°C num Shaker (Ética modelo 501), conforme visto na Figura 10 abaixo. Foi coletada amostra a cada hora, por um período de 10 horas. Analisando as concentrações do corante, densidade ótica, DQO e o pH foi medido no início e no final do experimento.

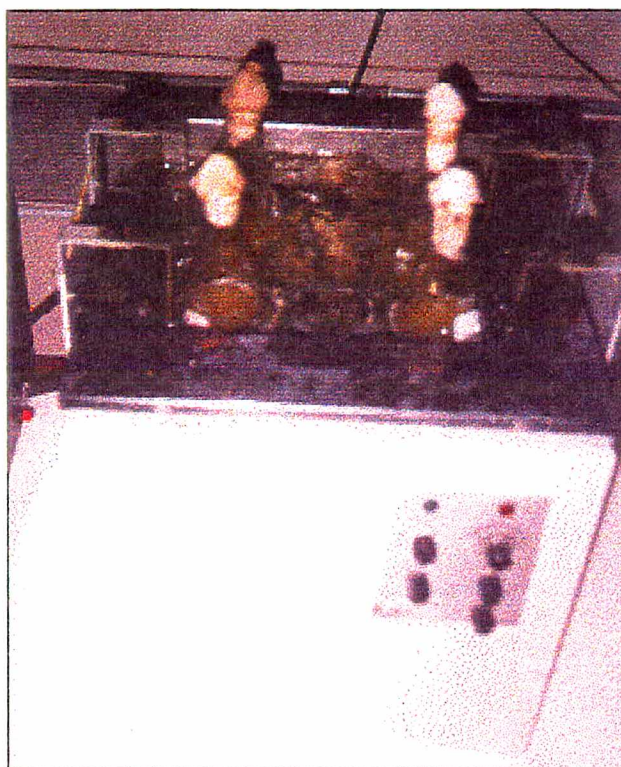


Figura – 10 Ensaio com variação de Inóculo.

Um resumo dos experimentos realizados com microorganismos de cultura mista, em sistema de batelada, estão apresentados na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4- Resumo dos experimentos em *Sistema em Batelada*

Experimento	Alimentação Efluente (mg/l)	Variação	Absorbância Ótica (nm)		Nutrientes	Vazão de ar (mg/l)	Condições pH
			Inicial	Final			
I Meio de Cultura	<i>Vinil sulfônico</i> <i>Vermelho</i> - 50mg/l	TSB Extra S/Meio	0,565	0,068	Sem	.....	8
			0,592	0,368	Sem	.....	7
			0,747	0,584	Sem	.....	8
II Meio de Cultura	<i>Vinil sulfônico</i> <i>Azul</i> - 50mg/l	TSB Extra S/Meio	0,407	0,054	Sem	.....	8
			0,472	0,247	Sem	.....	7
			0,529	0,369	Sem	.....	8
III Meio de Cultura	<i>Vinil sulfônico</i> <i>Amarelo</i> - 50mg/l	TSB Extra S/Meio	0,460	0,052	Sem	.....	8
			0,517	0,341	Sem	.....	7
			0,698	0,559	Sem	.....	8
IV Nutrientes (%)	<i>Vinil sulfônico</i> <i>Azul</i> - Meio TSB - 50mg/l	Sem 0,2 0,4 0,6	0,550	0,215	Sem	.....	8
			0,550	0,182	Meio Nut.	.....	8
			0,550	0,136	Meio Nut.	.....	8
			0,550	0,111	Meio Nut.	.....	8
V Vazão de ar (ml/min)	<i>Vinil sulfônico</i> <i>Azul</i> - Meio TSB - 50mg/l	0,1 0,2 0,4 0,8 1,2	0,509	0,131	Meio Nut.	0,1	8
			0,509	0,157	Meio Nut.	0,2	8
			0,509	0,190	Meio Nut.	0,4	8
			0,509	0,214	Meio Nut.	0,8	8
			0,509	0,229	Meio Nut.	1,2	8
VI Inóculo (%)	<i>Vinil sulfônico</i> <i>Azul</i> - Meio TSB 47,72mg/l	16,66 33,33 66,66	0,477	0,352	Meio Nut.	0,1	8
			0,477	0,298	Meio Nut.	0,2	8
			0,477	0,276	Meio Nut.	0,4	8

3.5.2 Ensaio em Sistema de Regime Contínuo

Inicia-se o processo dos experimentos abaixo, adicionando no reator aeróbio 170ml de inóculo e completando para 500 ml de meio de cultura (TSB 30 g/l) com água destilada. No início de cada experimento, até completar 2 litros, o regime de operação foi de batelada alimentada, e a seguir contínuo.

EXPERIMENTO VII - Corante vinil sulfônico (azul) – TRH 20h

Para a realização deste experimento em sistema de regime contínuo foram empregados reatores em acrílico de 4,0 litros e 3 litros, sendo o primeiro com injeção de ar, e o segundo com agitação usando um agitador magnético, decantadores de 1 litro para o reciclo do lodo, tendo como objetivo aumentar a concentração de biomassa no reator, bombas peristálticas para a alimentação da solução de corante do grupo vinil sulfônico de cor azul, e para o reciclo do lodo, conforme pode ser visto na Figura 11.a. A razão do reciclo era mantida em 2 vezes a vazão de alimentação. Usando um tempo de retenção hidráulica (TRH) de 20h. A vazão de ar utilizada no reator aeróbio foi de 0,1ml/min.

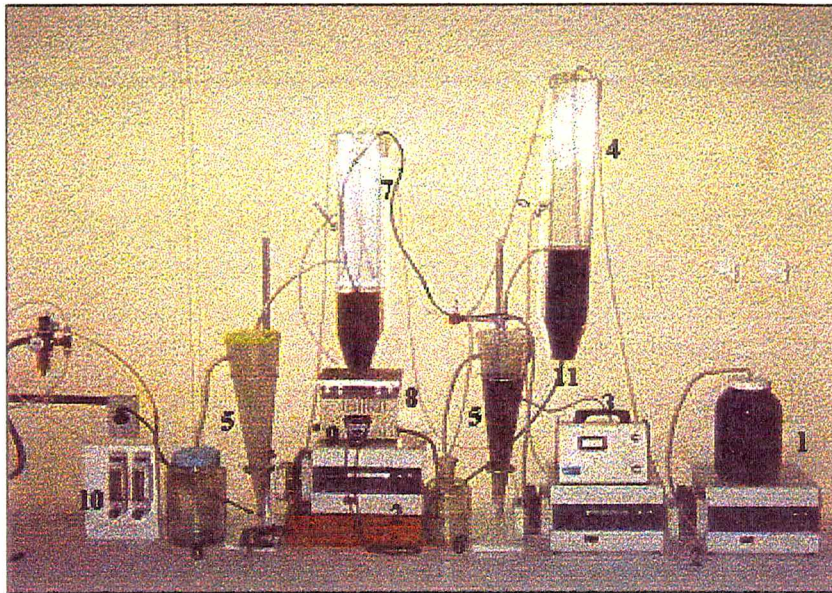


Figura- 11.a - Reator de mistura contínuo com aeração e reciclo de Biomassa, com TRH de 20h.

Onde:

1. Reservatório de efluente com volume de 3,0 litros;
2. Bomba peristáltica (Marsterflex - Computeriset - Drive / Modelo 75560-62)
3. Medidor de Oxigênio Dissolvido (Cole Parmer / Modelo 5946-55)
4. Reator aeróbico, em acrílico com volume de 4 litros;
5. Decantador em acrílico com volume de 1 litro;
6. Reservatório de efluente, volume de 1 litro;
7. Reator anaeróbico, em acrílico com volume de 3 litros;
8. Agitador Magnético (Microquímica -Indústria e Comércio Ltda / Model MQ-AMA-301)
9. Cronômetro – Technos;
10. Rotâmetro (Omel - lb/ in²);
11. Difusor de ar;

A solução de alimentação, continha o corante vinil sulfônico azul; como uma única fonte de carbono, nutrientes na relação citada anteriormente (item 3.4.1) e meio de sais (item 3.4.2) . A concentração do corante vinil sulfônico de cor azul era inicialmente de 54,26 mg/l e no final do experimento foi reduzido para 1,56 mg/l, obtendo uma redução de cor de 97 % e de DQO de 99,6%.

A vazão de alimentação do reator 4 e 7 como mostrado acima na Figura 11.a , é de 100ml/h , a do reciclo do lodo é de 200 ml/h. No início do ensaio, ate completar 2 litros , o regime de operação foi batelada alimentada, e a seguir contínuo.

Analizou-se as concentrações do corante, do lodo , densidade ótica (610nm), DQO, pH, oxigênio dissolvido. O sistema operou durante 9 dias , sendo coletadas amostras nas primeiras 20h de 2 em 2 horas. Os pontos de coletas são mostrados na Figura 11.b abaixo.

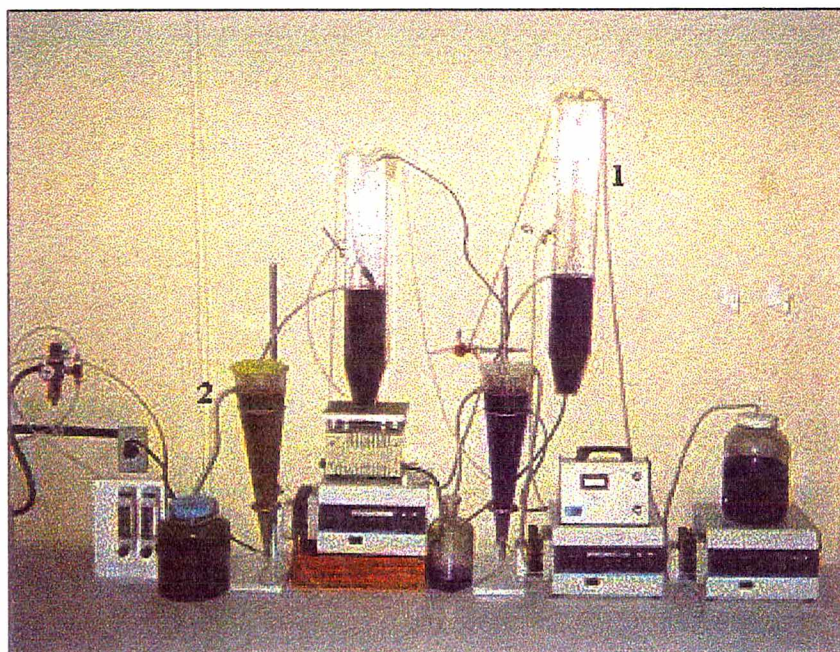


Figura-11.b - Ponto de coletas de um reator de mistura contínuo com aeração e reciclo de Biomassa, com TRH de 20h.

Onde:

1. Entrada p/ o reator aeróbio
2. Saída do decantador

EXPERIMENTO VIII - Corante vinil sulfônico (azul) – TRH 15h

Neste teste, repetiu-se o experimento VII, porém com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 15h. A concentração do corante era inicialmente de 54,26 mg/l e no final do experimento foi de 2,18 mg/l, obtendo uma redução de cor de 95,97% e de 99,6% de DQO. A vazão de alimentação foi de 133 ml/h e a do reciclo do lodo de 266 ml/h.

As concentrações do corante, lodo, densidade ótica ($610\eta\text{m}$), DQO, pH, oxigênio dissolvido foram analisadas. O sistema operou durante 9 dias, sendo coletadas amostras nas primeiras 20 h de 2 em 2 horas.

EXPERIMENTO IX - Corante vinil sulfônico (azul) – TRH 10h

Repetiu-se o experimento VII, usando um tempo de retenção hidráulica (TRH) de 10h. A concentração inicial de alimentação de 54,26 mg/l e no final do experimento foi reduzido para 2,89mg/l, obtendo uma redução de cor de 94,66%, e 99,6% de DQO. A vazão de alimentação de 200 ml/h e a do reciclo do lodo de 400 ml/h.

EXPERIMENTO X - *Corante vinil sulfônico (vermelho) – TRH 20h*

Trata-se do sistema em regime contínuo, semelhante ao experimento VII, porém operando como outro corante do grupo vinil sulfônico de cor vermelha, como citado no item 3.3.2, Tabela 1. O tempo de retenção hidráulica (TRH) de 20h.

A vazão de alimentação do reator 4 e 7 como mostrado na Figura 12.a abaixo, é de 100mg/l, a do reciclo do lodo é de 200 ml/h, a vazão de ar utilizada no reator aeróbico foi de 0,1min/min. No início do ensaio, até completar 2 litros, o regime de operação é batelada alimentada, e a seguir, contínuo.

A concentração do corante vinil sulfônico de cor vermelha era inicialmente de 52,48mg/l e no final do experimento foi reduzido para 1,47 mg/l.

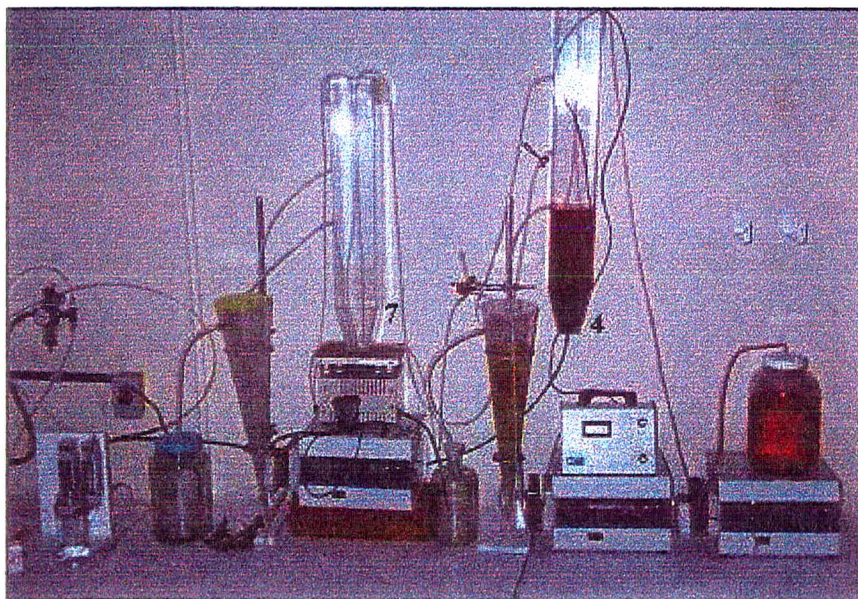


Figura-12.a- Reator de mistura contínuo com TRH de 20h, operando com corante do grupo vinil sulfônico de cor vermelha.

Analisou-se as concentrações do corante, lodo, densidade ótica (508nm), DQO, pH, oxigênio dissolvido. Ficou operando durante 9 dias, sendo coletadas amostras nas primeiras 20h de 2 em 2 horas. Os pontos de coletas são mostrados na Figura 12.b abaixo.

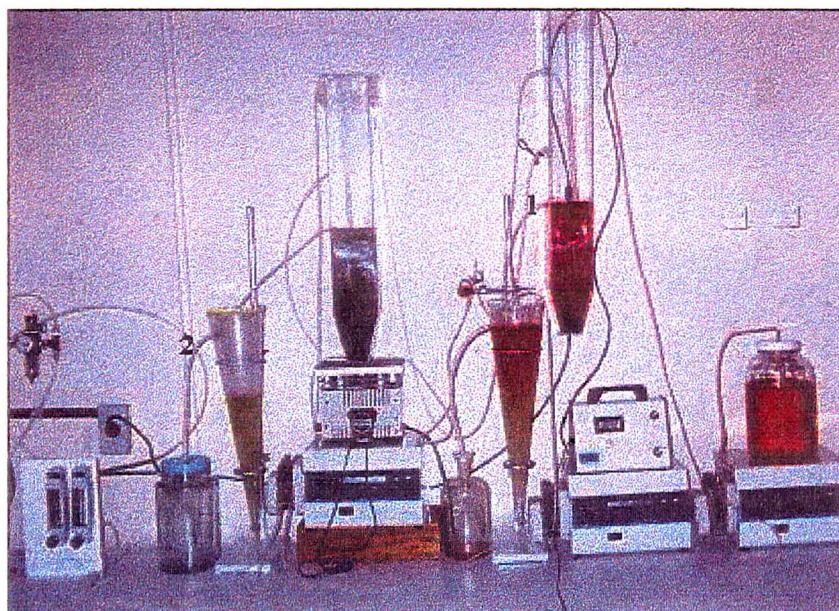


Figura -12.b - Ponto de coletas de um reator de mistura contínuo, operando com corante do grupo vinil sulfônico de cor vermelha.

Onde:

1. Entrada p/ o reator aeróbico
2. Saída do decantador

A Figura 12.c abaixo mostra o experimento 1,25 dias de operação o qual obteve uma redução na cor de 97,4 % e 96,59 % na DQO.

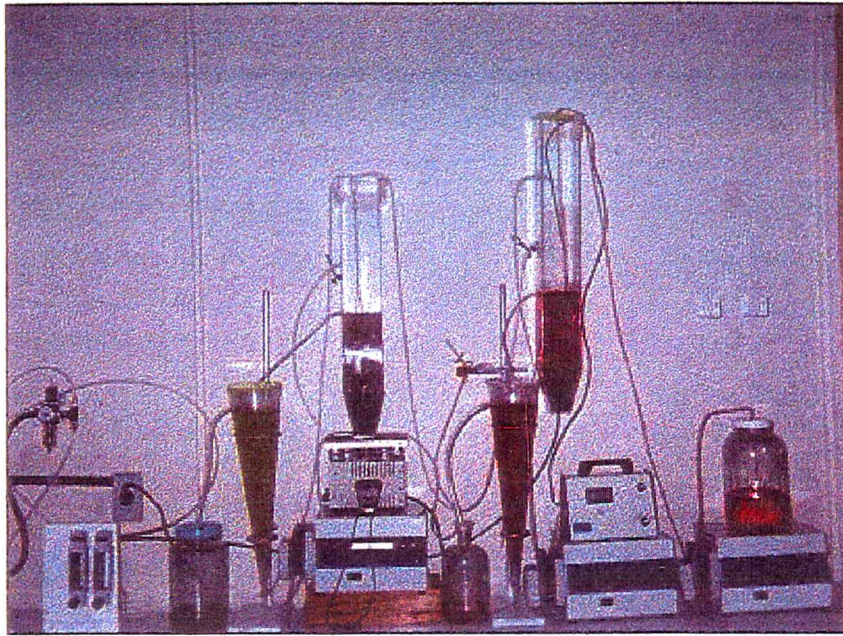


Figura -12.c- Experimento após 1,25 dias de operação.

EXPERIMENTO XI - *Corante vinil sulfônico (vermelho) – TRH 15h*

Neste teste, repetiu-se o experimento X, porém, com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 15h. A concentração do corante vinil sulfônico de cor vermelha inicialmente de 52,48 mg/l e no final do experimento foi reduzido para 2,49 mg/l, obtendo uma redução de cor de 95,25% e 96,59% de DQO . A vazão de alimentação foi de 133 ml/h e a do reciclo do lodo de 266 ml/h.

Sendo analisadas as concentrações do corante, lodo , densidade ótica ($508\eta\text{m}$), DQO, pH, oxigênio dissolvido. Ficou operando durante 9 dias, sendo coletadas amostras nas primeiras 20 h de 2 em 2 horas .

EXPERIMENTO XII - Corante vinil sulfônico (vermelho) – TRH 10h

Trata-se de um experimento semelhante ao experimento X, usando um tempo de retenção hidráulica (TRH) de 10h. O sistema operou durante 9 dias .

A concentração inicial de alimentação de 52,48 mg/l e no final do experimento foi reduzido para 2,94 mg/l, obtendo uma redução de cor de 94,59 % e 96,59 % de DQO. A vazão de alimentação de 200 ml/h e a do reciclo do lodo de 400 ml/h.

EXPERIMENTO XIII - Corante vinil sulfônico (amarelo) – TRH 20h

Este experimento seguiu o mesmo princípio de funcionamento que o experimento VII, porém operando como outro corante do grupo vinil sulfônico de cor amarela , como citado no item 3.3.2 da Tabela 1. O tempo de retenção hidráulica (TRH) de 20h.

A concentração inicial do corante vinil sulfônico de cor amarela de 51,19 mg/l e no final do experimento foi reduzido para 1,47 mg/l.

A vazão de alimentação do reator 4 e 7 como mostrado acima na Figura13.a abaixo, é de 100ml/h , a do reciclo do lodo é de 200 ml/h respectivamente. A vazão de ar utilizada no reator aeróbico foi de 0,1ml/min (11). No início do ensaio, até completar 2 litros , o regime de operação foi batelada alimentada, e a seguir, contínuo.

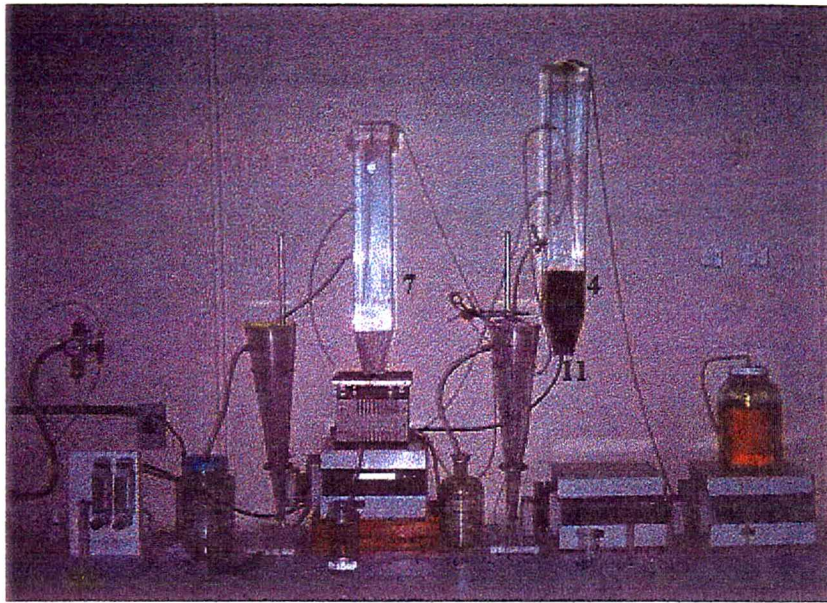


Figura -13.a- Reator de mistura contínuo com TRH de 20h, operando com corante do grupo vinil sulfônico de cor amarela.

As concentrações do corante, lodo , densidade ótica (428nm), DQO, pH, oxigênio dissolvido foram analisadas. Ficou operando durante 9 dias , sendo coletadas amostra nas primeiras 20h de 2 em 2 horas. Os pontos de coletas são mostrado na Figura 13. b abaixo.

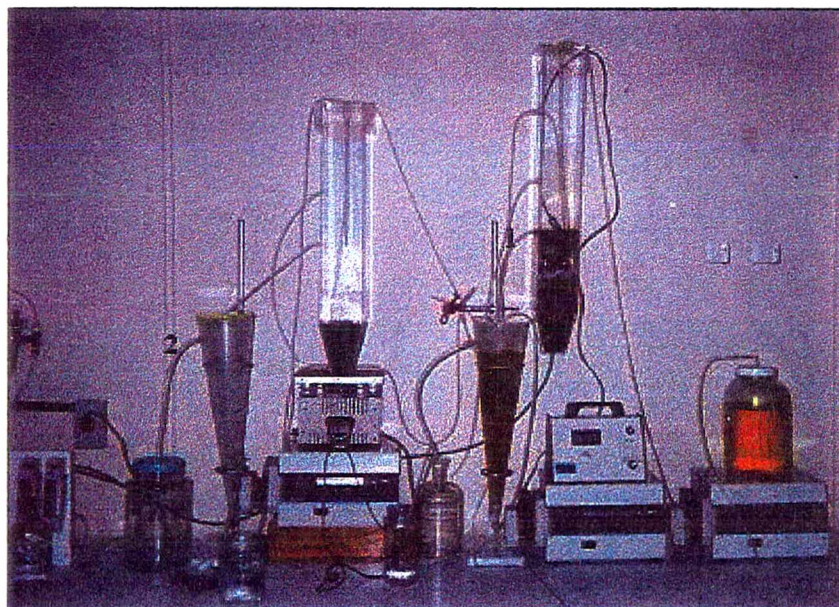


Figura -13.b- Ponto de coletas de um reator de mistura contínuo , operando com corante do grupo vinil sulfônico de cor amarela.

Onde:

1. Entrada p/ o reator aeróbico
2. Saída do decantador

A Figura 13.c abaixo mostra o experimento após 1,25 dias de operação o qual obteve uma redução na cor de 97,12% e 96,65 % de DQO.



Figura -13.c- Experimento após 1,25 dias de operação .

EXPERIMENTO XIV - *Corante vinil sulfônico (amarelo) – TRH 15h*

Este experimento é semelhante ao experimento XIII , porém, com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 15h. A concentração do corante vinil sulfônico de cor amarela inicialmente de 51,19 mg/l e no final do experimento foi reduzido para 2,01 mg/l, obtendo uma redução de

cor de 96% e 96,65 % de DQO. A vazão de alimentação foi de 133 ml/h e a do reciclo do lodo de 266 ml/h.

Analisou-se as concentrações do corante, lodo , densidade ótica (428nm), DQO, pH, oxigênio dissolvido. Ficou operando durante 9 dias , sendo coletadas amostras nas primeiras 20 h de 2 em 2 horas .

EXPERIMENTO XV - Corante vinil sulfônico (amarelo) – TRH 10h

Repetiu-se o experimento XIII, usando um tempo de retenção hidráulica (TRH) de 10h. A concentração inicial de alimentação de 51,19 mg/l e no final do experimento reduziu a 2,78mg/l obtendo uma redução de cor de 94,71 % e 96,65 % de DQO. A vazão de alimentação de 200mg/l e a do reciclo do lodo de 400 ml/h e o sistema operou durante 9 dias.

EXPERIMENTO XVI - Efluente Industrial Complexo TRH 20h.

Este experimento seguiu o mesmo princípio de funcionamento que os experimentos anteriores de sistema contínuo, porém operando com o próprio efluente industrial complexo da indústria têxtil , o qual a apresenta uma coloração escura , sendo adicionado ao mesmo nutrientes na relação citada anteriormente (item 3.4.1) e meio de sais (item 3.4.2). O tempo de retenção hidráulica (TRH) de 20h.

A vazão de alimentação dos reatores são de 100 ml/h , reciclo do lodo de 200 ml/h, e a vazão de ar de 0,1 ml/min. A concentração inicial do efluente industrial complexo é de 500mg/l e no final do experimento reduziu para 24,77 mg/l, obtendo uma redução de cor de 97,15% e 99,7 % de DQO.

As concentrações do efluente industrial complexo, lodo , densidade ótica (590nm), DQO, pH, oxigênio dissolvido foram analisadas. Ficou operando durante 9 dias, sendo coletadas amostras nas primeiras 20h de 2 em 2 horas . Os pontos de coletas são mostrados na Figura 14 abaixo.



Figura- 14.a- Reator de mistura contínuo com TRH de 20h, operando com o efluente industrial complexo

Onde:

1. Entrada p/ o reator aeróbico
2. Saída do decantador

A Figura 14.b, mostra o experimento após 15 horas de operação.

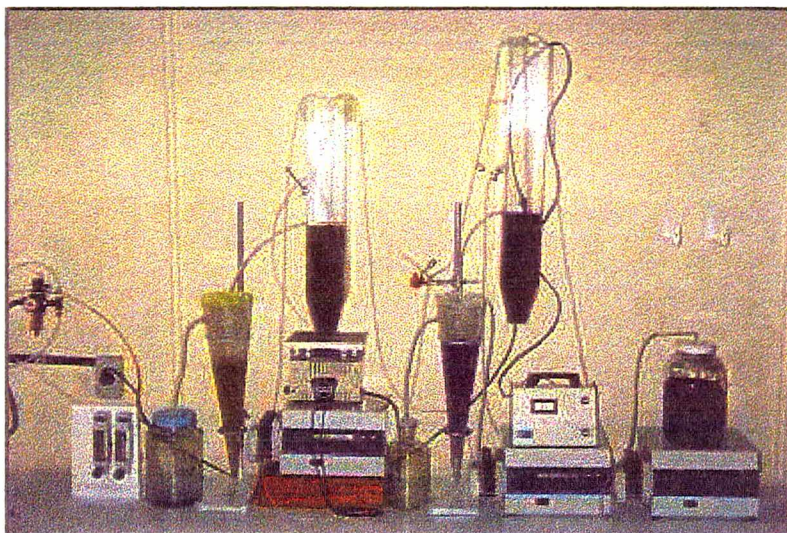


Figura -14.b- Experimento após 15 horas de operação .

EXPERIMENTO XVII - *Efluente Industrial Complexo TRH 15.*

Neste teste, repetiu-se o experimento XVI, porém, com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 15h. A concentração do corante era inicialmente de 500 mg/l e no final do experimento reduziu para 26,22 mg/l, obtendo uma redução de cor de 94,75 % e de 99,7% de DQO. A vazão de alimentação foi de 133 ml/h e a do reciclo do lodo de 266 ml/h.

Foram acompanhadas a concentração do efluente industrial complexo, do lodo, densidade ótica (590nm), DQO, pH, oxigênio dissolvido. Ficou operando durante 9 dias, sendo coletadas amostras nas primeiras 20 h de 2 em 2 horas.

EXPERIMENTO XVIII - *Efluente Industrial Complexo TRH 10h.*

Repetiu-se o experimento XVI, usando um tempo de retenção hidráulica (TRH) de 10h. A concentração inicial de alimentação de 500 mg/l e no final do experimento foi reduzida para 28,22 mg/l, obtendo uma redução de cor de 94,35 % e de 99,7 % de DQO. A vazão de alimentação de 200 ml/h e a do reciclo do lodo de 400 ml/h e o sistema operou durante 9 dias.

Um resumo dos experimentos realizados com microorganismos de cultura mista em sistema de regime contínuo estão apresentados na Tabela 6 abaixo.

Tabela 5- Resumo dos experimentos realizados em sistema de regime contínuo empregando microorganismos de cultura mista

Experimento	Cepa	Meio de Cultura	TRH (h)	pH	Sólidos Susp. Início (mg/l)	Redução Cor (%)	Redução DQO (%)
VII	Cultura mista e nutrientes	Vinil sulfônico <i>Azul</i> 54,26mg/l	20	8	1100	97,29	99,60
VIII	Cultura mista e nutrientes	Vinil sulfônico <i>Azul</i> 54,26mg/l	15	8	1080	95,97	99,60
IX	Cultura mista e nutrientes	Vinil sulfônico <i>Azul</i> 54,26mg/l	10	8	1050	94,66	99,60
X	Cultura mista e nutrientes	Vinil sulfônico <i>Vermelho</i> 52,48mg/l	20	8	921	97,40	96,59
XI	Cultura mista e nutrientes	Vinil sulfônico <i>Vermelho</i> 52,48mg/l	15	8	980	95,25	96,59
XII	Cultura mista e nutrientes	Vinil sulfônico <i>Vermelho</i> 52,48mg/l	10	8	950	94,38	96,59
XIII	Cultura mista e nutrientes	Vinil sulfônico <i>Amarelo</i> 51,19mg/l	20	8	1380	97,12	96,65
XIV	Cultura mista e nutrientes	Vinil sulfônico <i>Amarelo</i> 51,19mg/l	15	8	1350	96,00	96,65
XV	Cultura mista e nutrientes	Vinil sulfônico <i>Amarelo</i> 51,19mg/l	10	8	1280	94,56	96,65
XVI	Cultura mista e nutrientes	Efluente <i>Complexo</i> 500mg/l	20	7,5	1100	97,15	99,70
XVII	Cultura mista e nutrientes	Efluente <i>Complexo</i> 500mg/l	15	7,5	980	94,75	99,70
XVIII	Cultura mista e nutrientes	Efluente <i>Complexo</i> 500 mg/l	10	7,5	970	94,35	99,70

CAPÍTULO 4

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio Com Cepas Bacterianas Isoladas da Microbiota Presente Nas Águas Residuais Da Indústria Têxtil

4.1.1 Ensaio em Regime Batelada

No experimento I, nas condições em que foi realizado, durante 480min, pode-se observar uma redução acentuada das medidas de densidade ótica do corante do grupo vinil sulfônico de cor vermelha no meio de cultura de TSB, tanto nas proporções de 80%, 66% e 50% respectivamente de corante vinil sulfônico conforme pode ser verificado nas Figuras 15, 16 e 17 respectivamente.

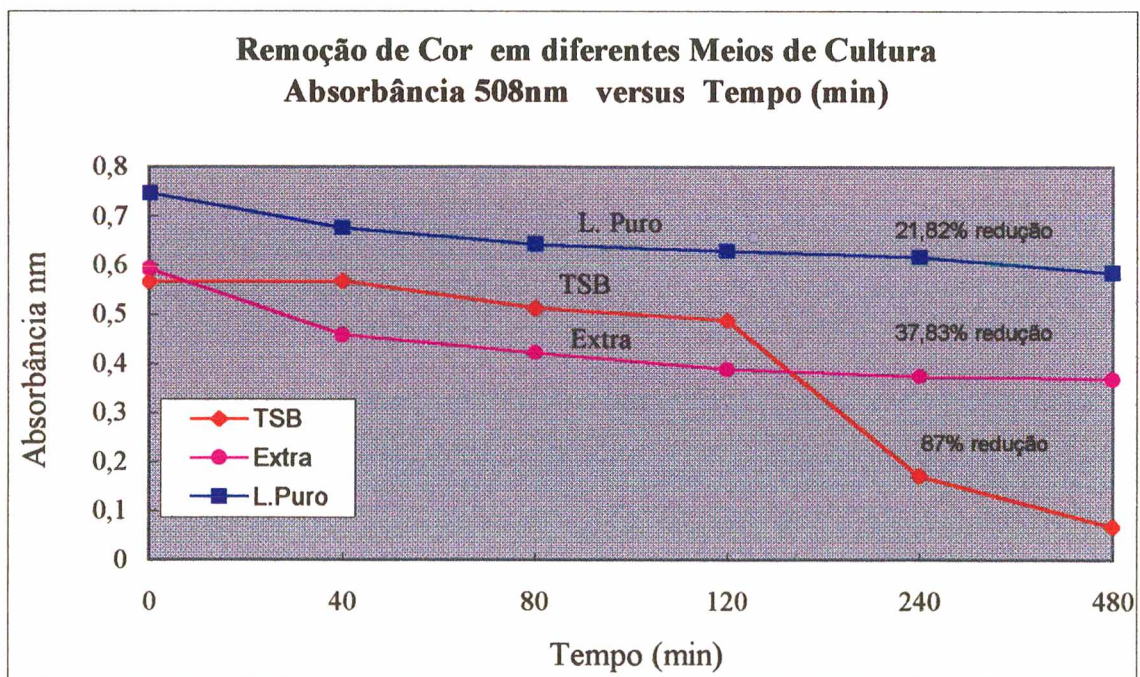


Figura 15 - 80% de Corante Vermelho e 20% Lodo em diferentes meios de cultura.

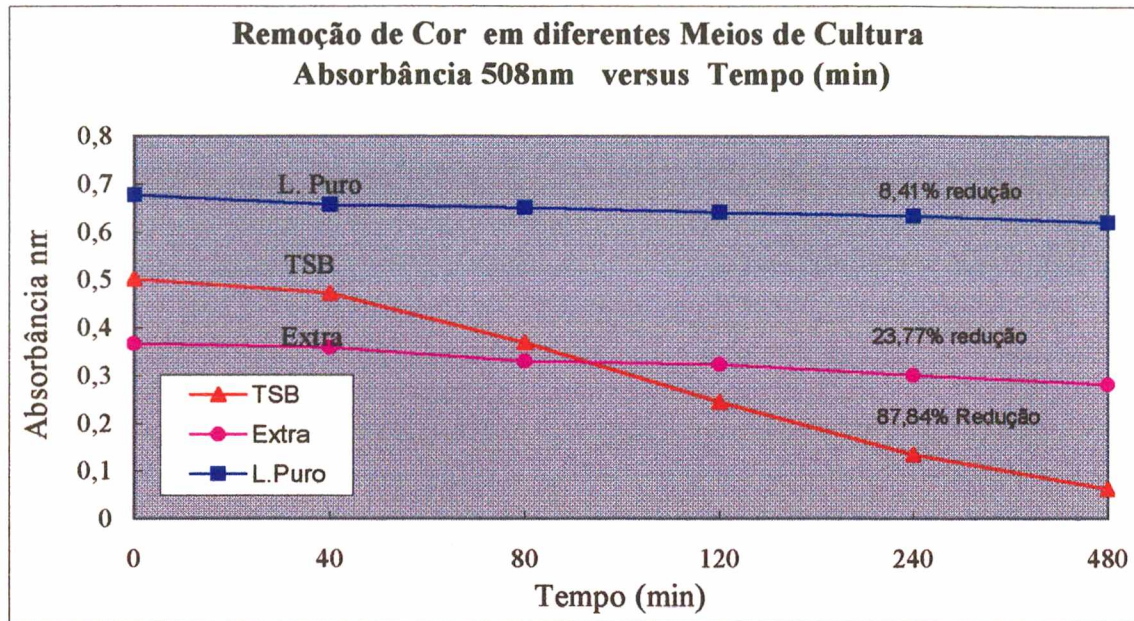


Figura 16 - 66% de Corante Vermelho e 33% Lodo em diferentes meios de cultura.

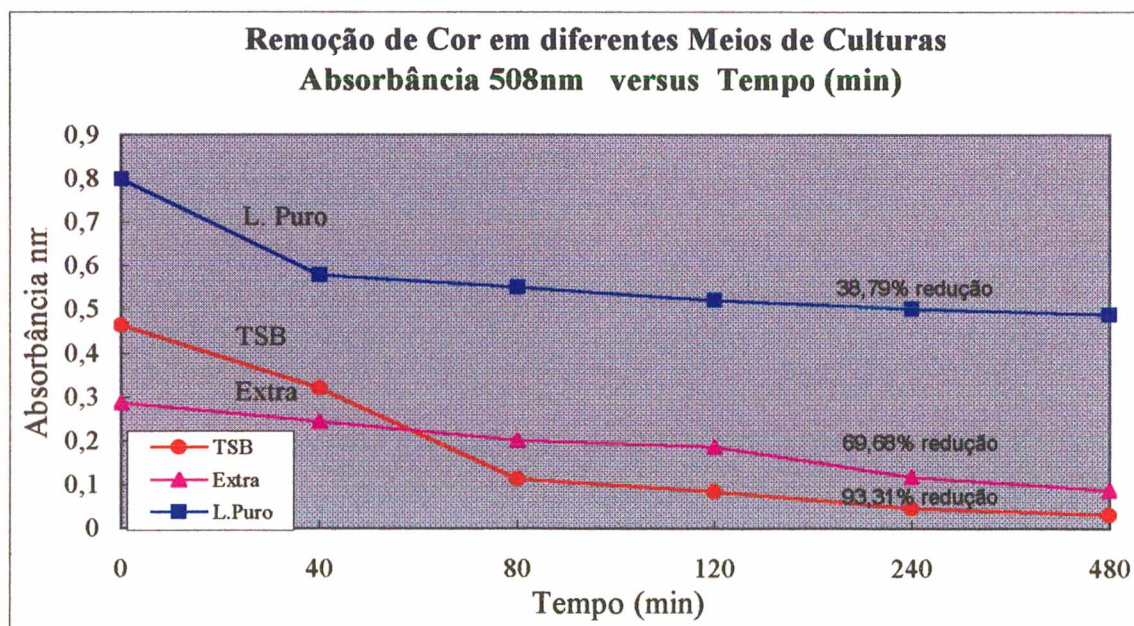


Figura 17 - 50% de Corante Vermelho e 50% Lodo em diferentes meios de cultura.

Neste experimento também observou-se que o pH manteve-se em torno de 8, quando se utilizou o meio de cultura TSB e com o Lodo Puro, enquanto que com o meio de cultura Extra (EXTRA) ficou em torno de 7. O oxigênio dissolvido apresenta-se pequenas variações, tanto para os meios de TSB como o EXTRA, já com o lodo puro foi mais acentuado, conforme pode ser observado na Figura 18, indicando que a taxa respirométrica dos microorganismos da microbiota existente nas estações de tratamento de efluentes têxteis é maior que aquela apresentadas nos meios de TSB e EXTRA.

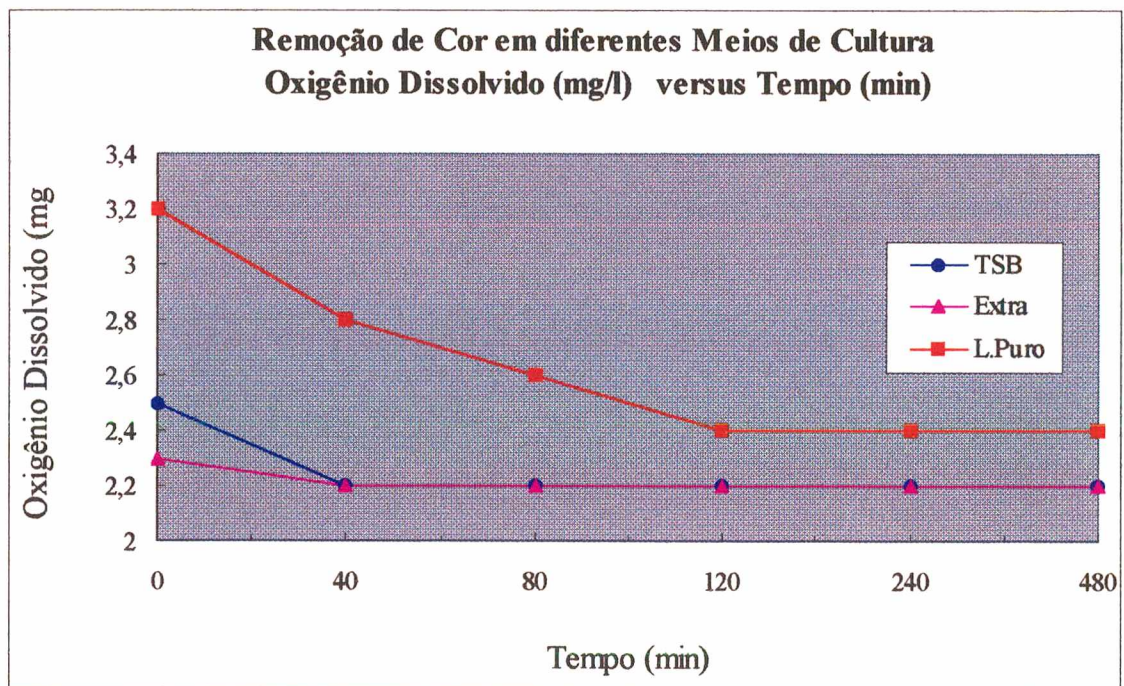


Figura 18 – Evolução do Oxigênio Dissolvido em diferentes meios de cultura, na proporção de 80% de Corante Vermelho e 20% de Lodo.

No experimento II, foi testado o corante do grupo vinil sulfônico de cor *azul* (610nm), nas mesmas condições de operação do experimento I, observa-se que à medida da Densidade Óptica, apresenta um melhor resultado com o meio de cultura TSB, tanto nas proporções de 80%,

66% e 50% de corante vinil sulfônico conforme pode ser verificado nas Figuras 19, 20 e 21 respectivamente.

Neste experimento, fazendo-se o acompanhamento do pH, observa-se que com o meio de cultura TSB e com o Lodo Puro manteve-se em 8, enquanto que o meio de cultura EXTRA foi de 7.

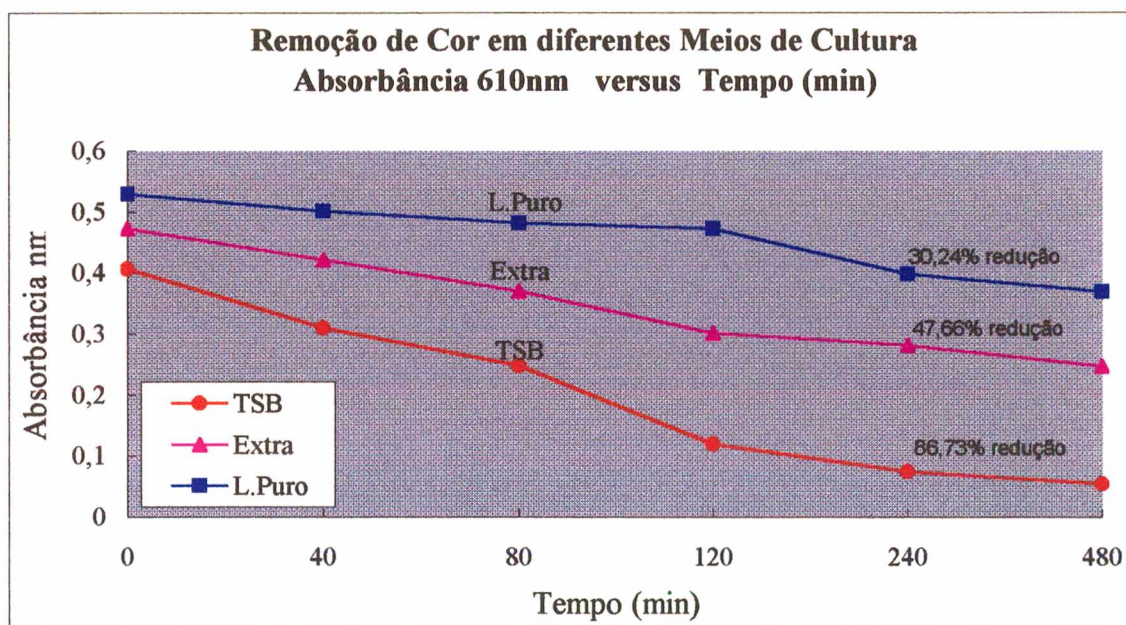


Figura 19 - 80% de Corante Azul e 20% Lodo em diferentes meios de cultura.

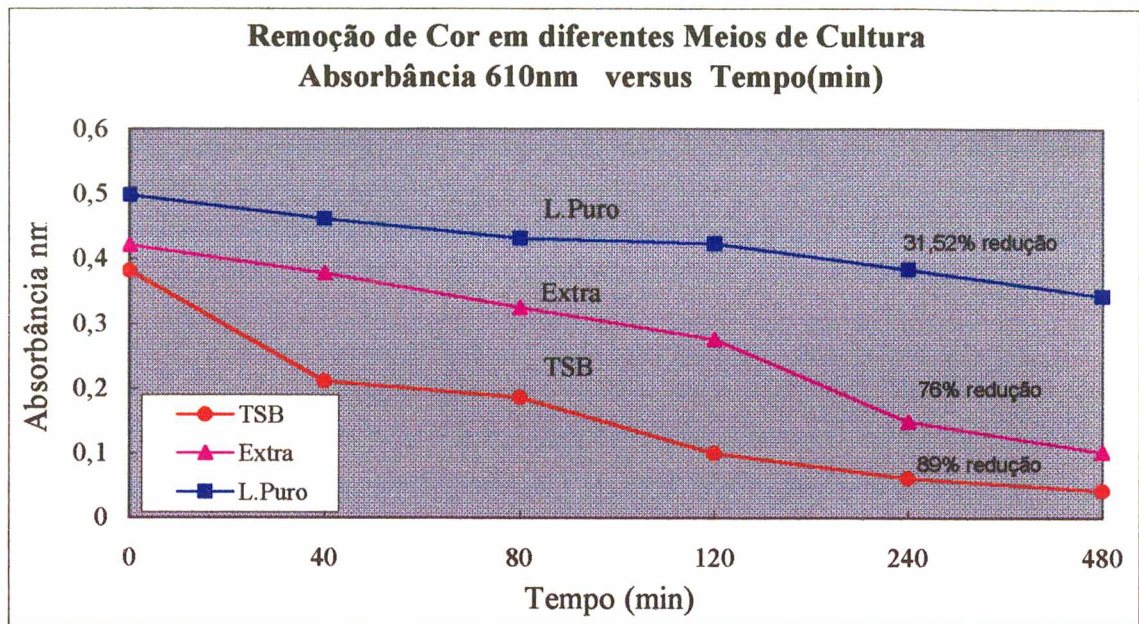


Figura 20 - 66% de Corante Azul e 33% Lodo em diferentes meios de cultura.

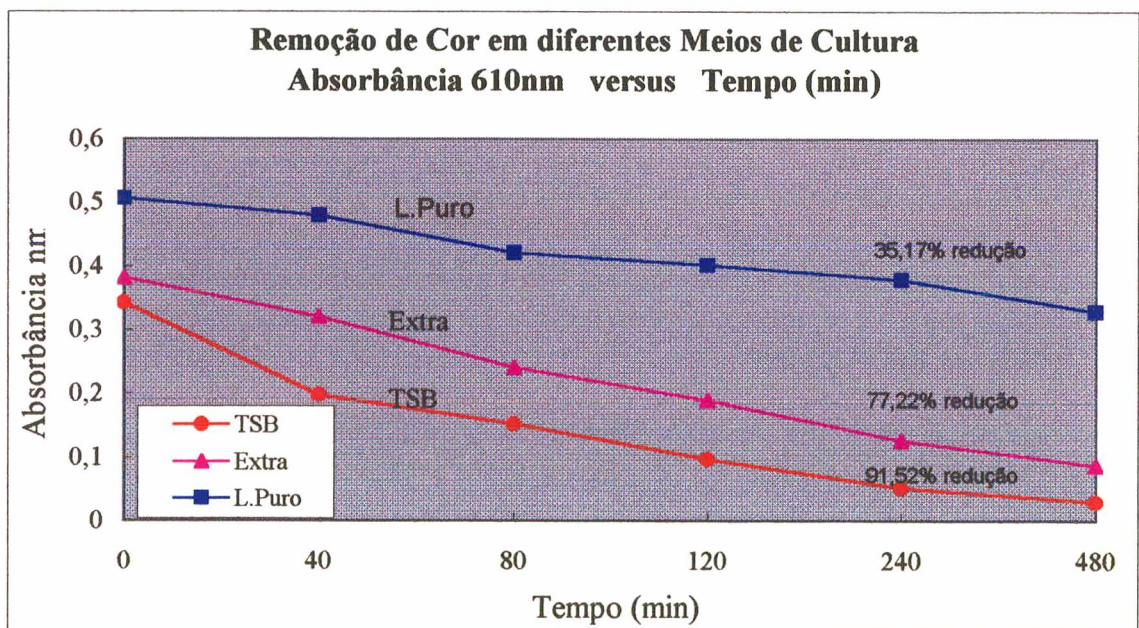


Figura 21 - 50% de Corante Azul e 50% Lodo em diferentes meios de cultura.

Com relação à medida do Oxigênio Dissolvido os meios de TSB , EXTRA não se teve grandes variações, enquanto que o lodo puro foi mais acentuado, conforme pode ser observado na Figura 22.

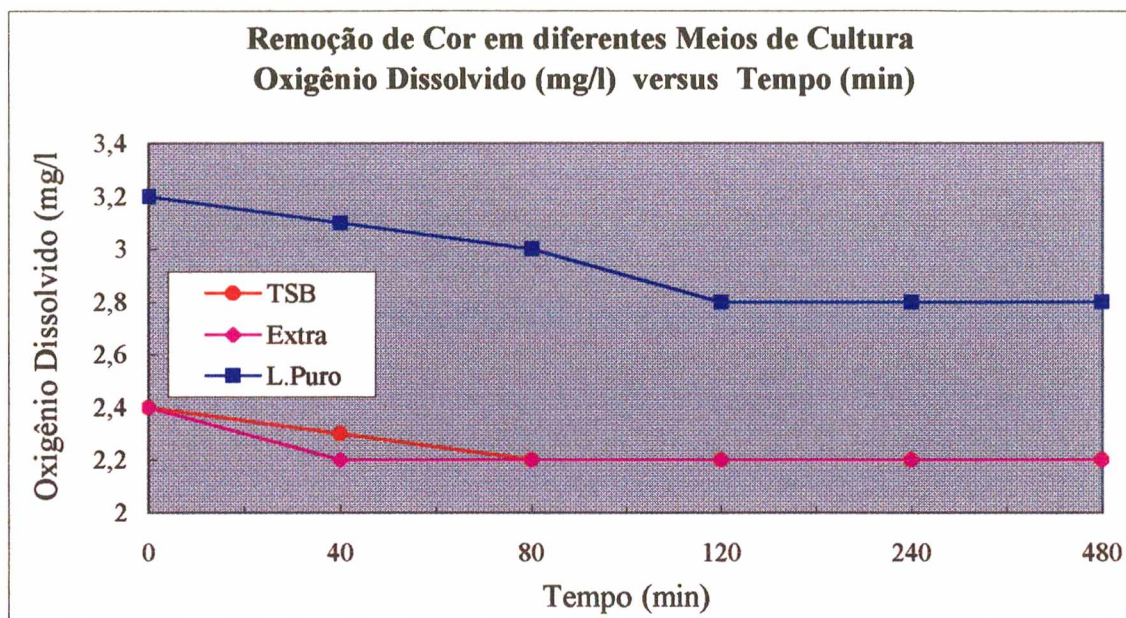


Figura 22 – Evolução do Oxigênio Dissolvido em diferentes meios de cultura, na proporção de 80% de Corante Azul e 20% de Lodo.

Os resultados do experimento III, com o corante do grupo vinil sulfônico de cor *amarela* , referentes à medida da Densidade Ótica , para os ensaios com meios de cultura TSB, EXTRA e no lodo puro , tanto nas proporções de 80%, 66% e 50% de corante , estão apresentados nas Figuras 23, 24 e 25 respectivamente.

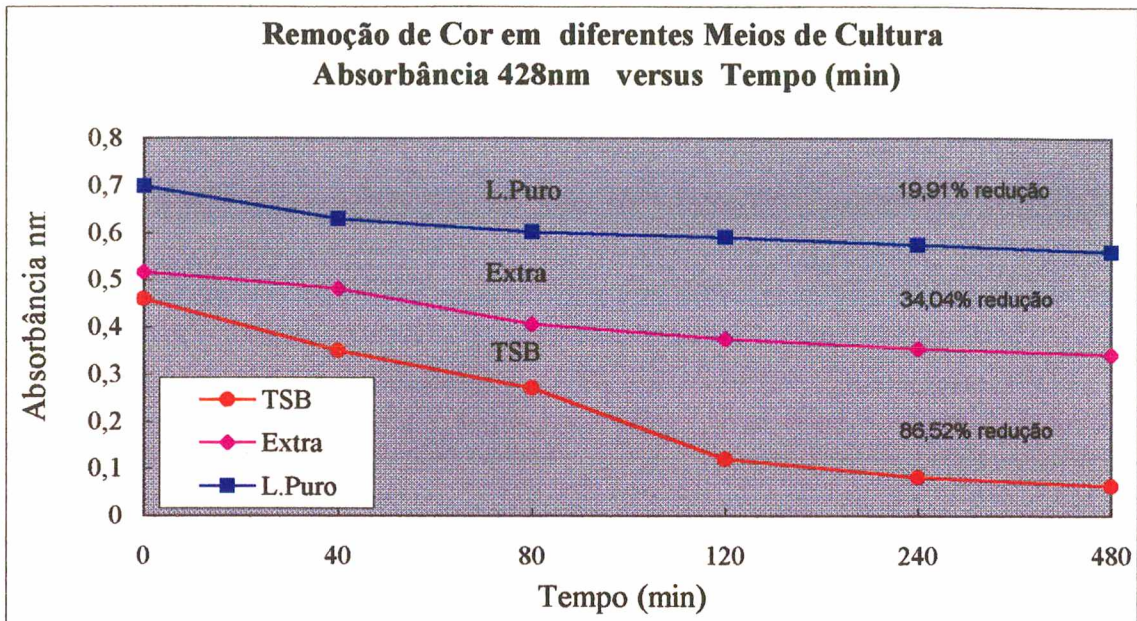


Figura 23 - 80% de Corante Amarelo e 20% Lodo em diferentes meios de cultura.

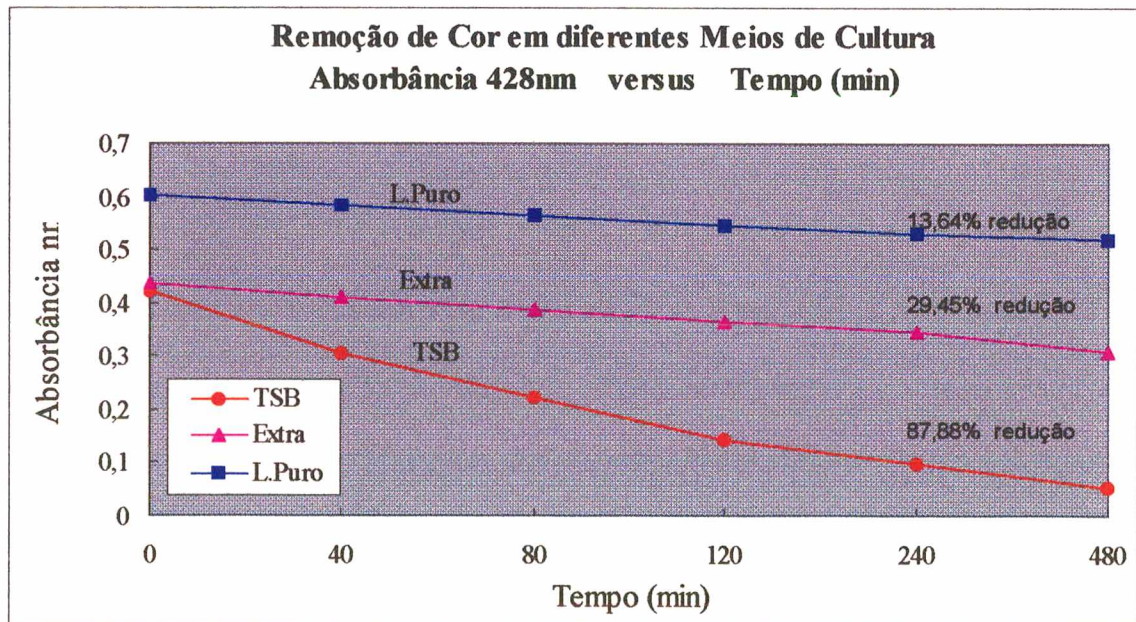


Figura 24 - 66% de Corante Amarelo e 33% Lodo em diferentes meios de cultura.

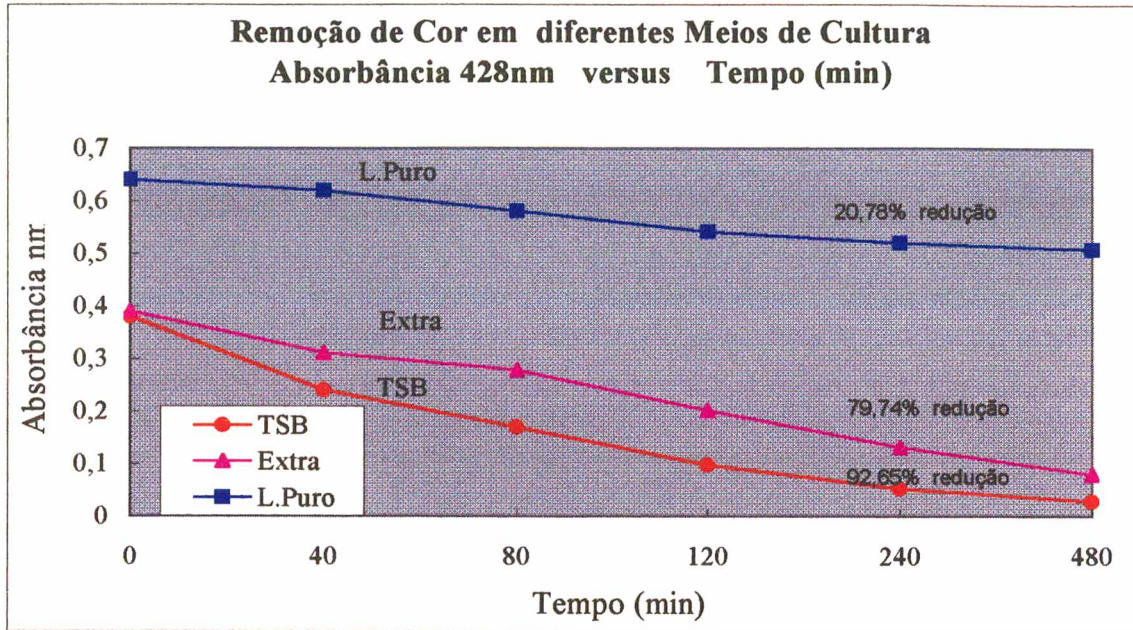


Figura 25 - 50% de Corante Amarelo e 50% Lodo em diferentes meios de cultura.

A Figura 26, representa a evolução da Concentração de Oxigênio Dissolvido durante 480 minutos, fica constante a partir de 40 minutos para os meios de TSB e EXTRA, e como o lodo puro a partir de 120 min. Com relação ao pH, mantêm-se em 8 nos meios TSB, EXTRA e 7 no lodo puro.

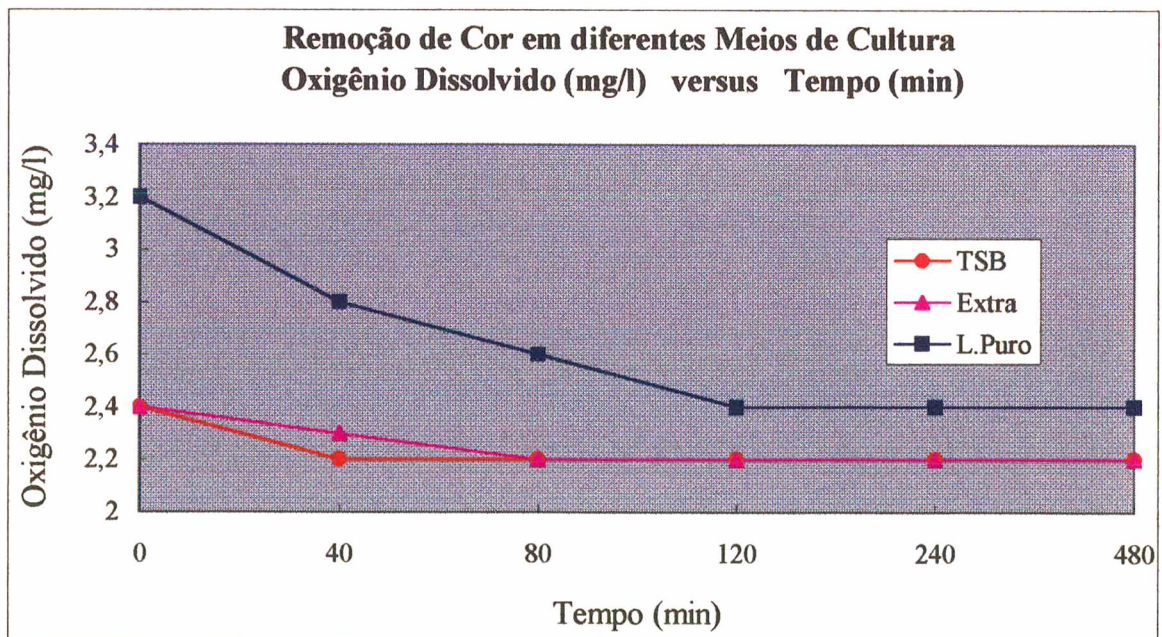


Figura 26 - Evolução do Oxigênio Dissolvido em diferentes meios de cultura, na proporção de 80% de Corante Amarelo e 20% de Lodo.

O meio de cultura TSB foi o que apresenta melhores resultados nos corantes do grupo vinil sulfônico. Os microorganismos têm preferência em degradar mais rapidamente o grupo cromóforo dos corantes vermelho, amarelo e azul respectivamente como pode ser observado na Figura 27 .

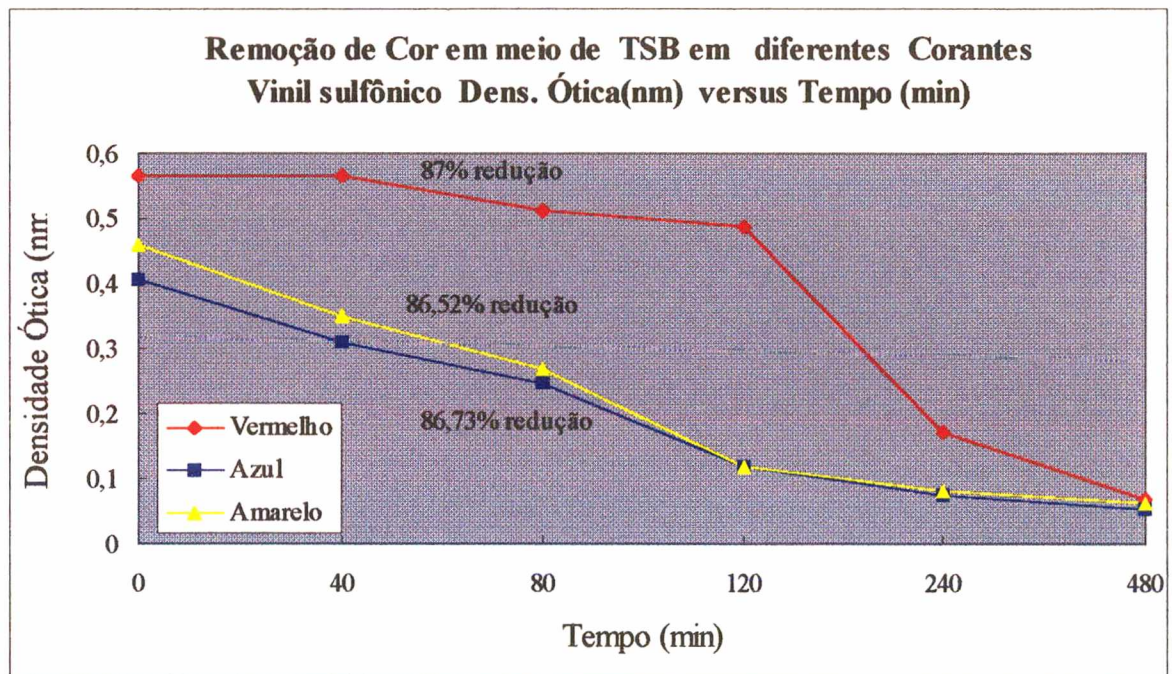


Figura 27 - Evolução da degradação do meio de cultura TSB , na proporção de 80% de Corante e 20% de Lodo.

Nas Figuras 28, 29 e 30 respectivamente, estão representados os resultados do experimento IV, onde as cepas bacterianas isoladas da microbiota presente nas águas residuais da indústria têxtil, foram testadas variando a quantidade de micronutriente (descrita no item 3.4.2) adicionado ao efluente e apresentando um comportamento linear, tendo praticamente um coeficiente angular com o mesmo grau de inclinação, como pode ser verificado nas figuras abaixo.

Observa-se que, quanto maior a quantidade de micronutrientes adicionado ao efluente, mais rápido e maior a eliminação do mesmo. Esta adição é importante para que os microorganismos desempenhem adequadamente suas funções metabólicas

A eliminação do corante vinil sulfônico é mais eficiente com a adição de 0,6% de micronutrientes.

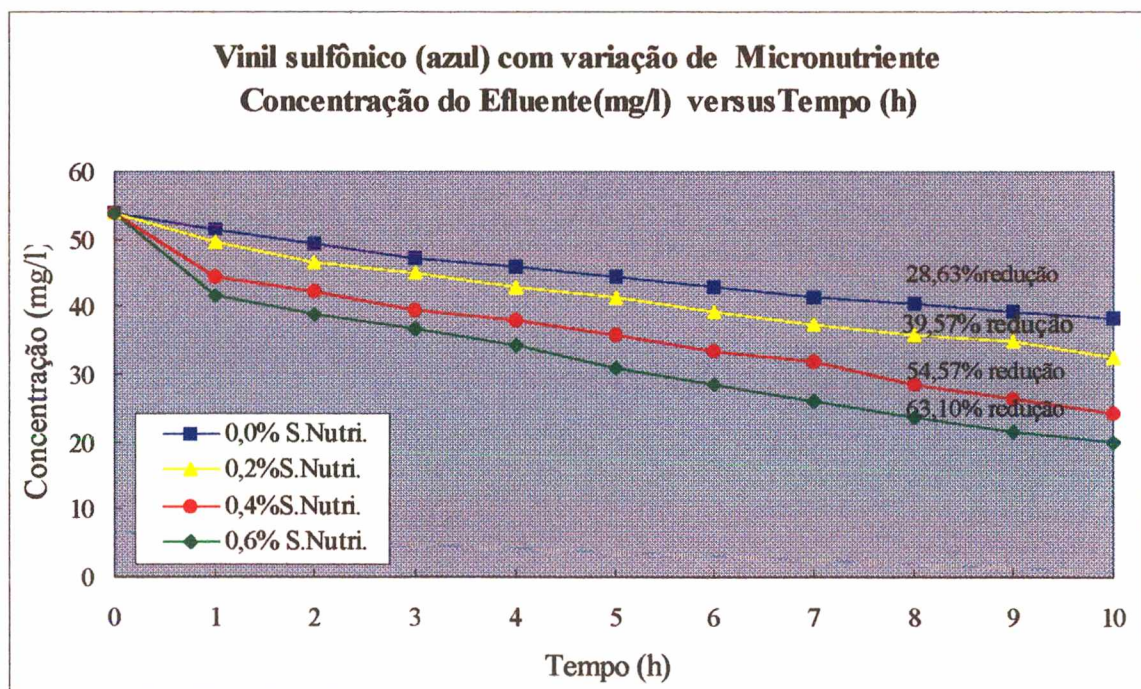


Figura 28 - Evolução da concentração de efluente vinil sulfônico de cor azul.

Observa-se que, quanto maior a quantidade de micronutrientes adicionado ao efluente, mais rápido e maior a eliminação do mesmo. Esta adição é importante para que os microorganismos desempenhem adequadamente suas funções metabólicas

A eliminação do corante vinil sulfônico é mais eficiente com a adição de 0,6% de micronutrientes.

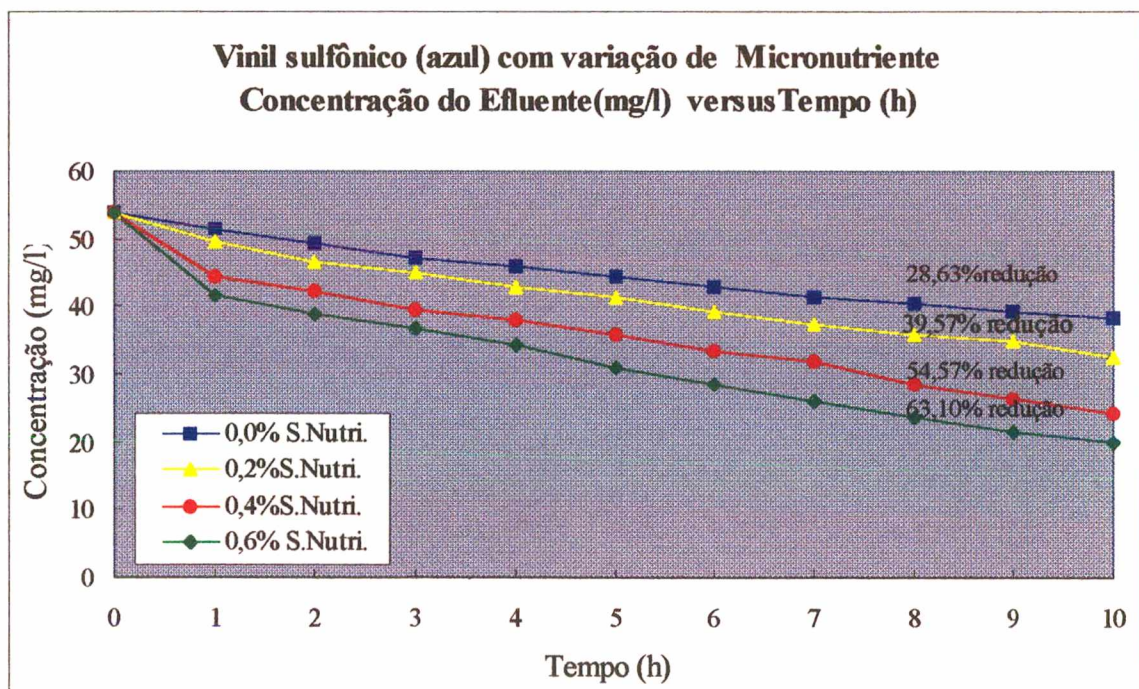


Figura 28 - Evolução da concentração de efluente vinil sulfônico de cor azul.

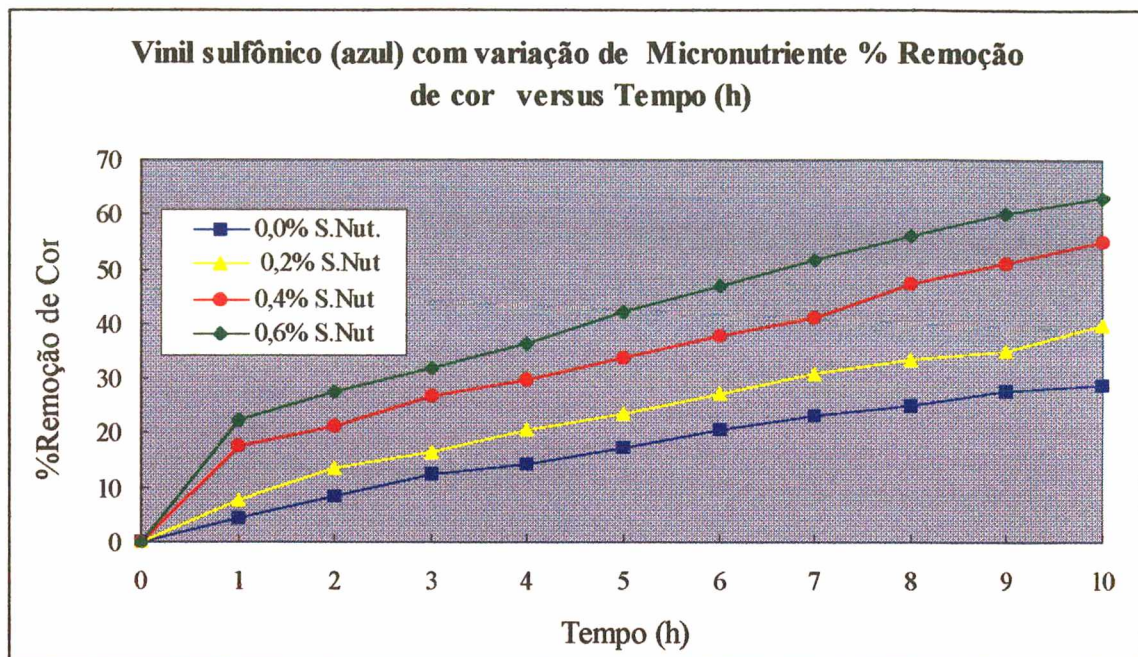


Figura 29- Evolução da remoção da cor do efluente vinil sulfônico .

A adição destes nutrientes , aumenta o rendimento, embora a velocidade de degradação não é afetada.

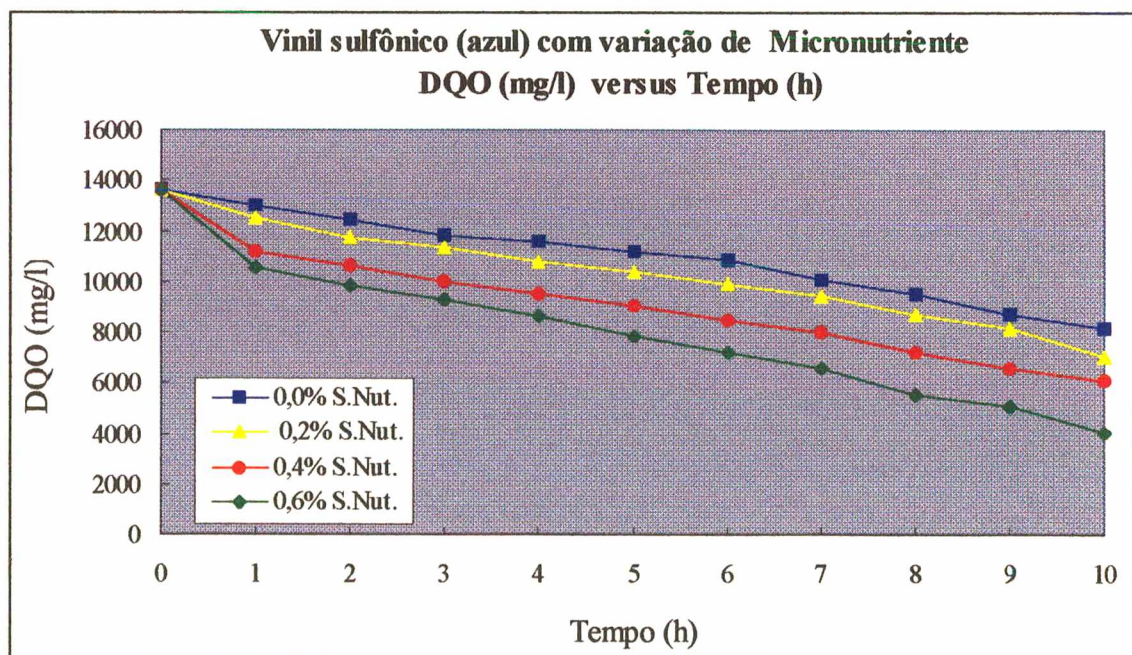


Figura 30 - Evolução da DQO durante a biodegradação do corante vinil sulfônico de cor azul.

Nas Figuras 31, 32 e 33 respectivamente observa-se que a vazão de 0,1ml/min, apresenta maior rendimento na degradação do corante. Estes resultados são de grande interesse para o tratamento de efluentes, pois se trabalhando com pequenas vazões obtém-se um melhor rendimento, pois evitam a produção excessiva de lodo, dispensando ou diminuindo a necessidade de tratamento posteriores.

A Figura 31, demonstra que existe uma forte influência da carga aplicada, isto é, que a quantidade de microorganismos tem uma inibição não só da concentração inicial, mas principalmente da carga aplicada, e esta foi eliminada quando adicionada os micronutrientes, cujo o efeito foi reduzido pela adição dos micronutrientes, como pode ser visto nos gráfico anteriores.

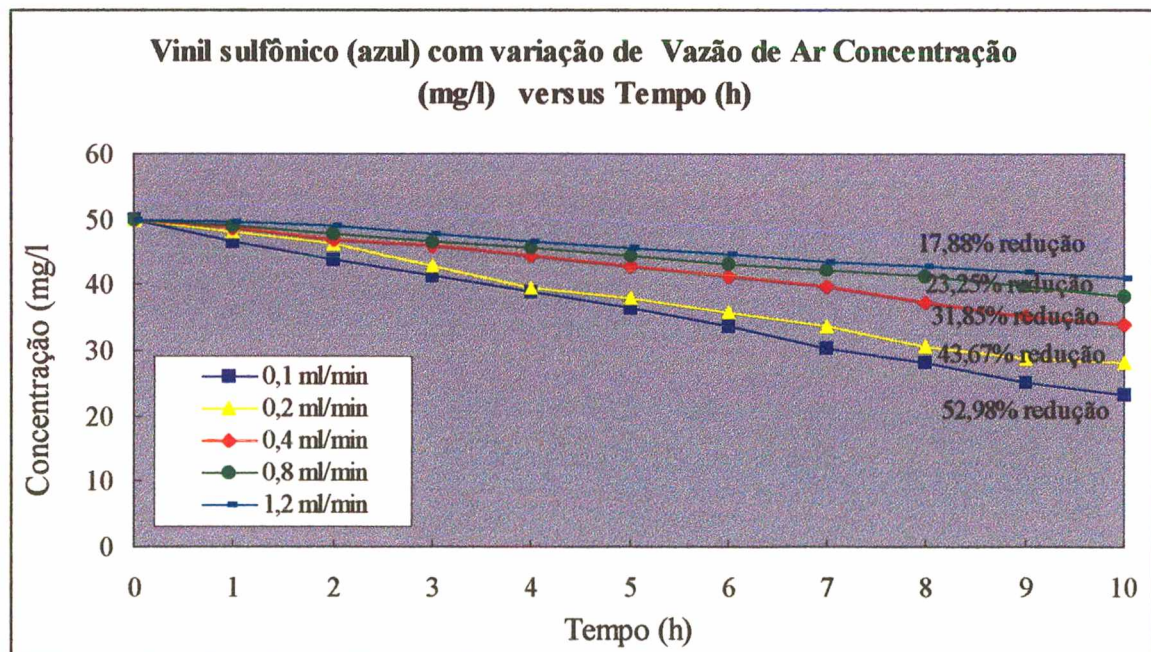


Figura 31 - Evolução da concentração do efluente com variação de ar.

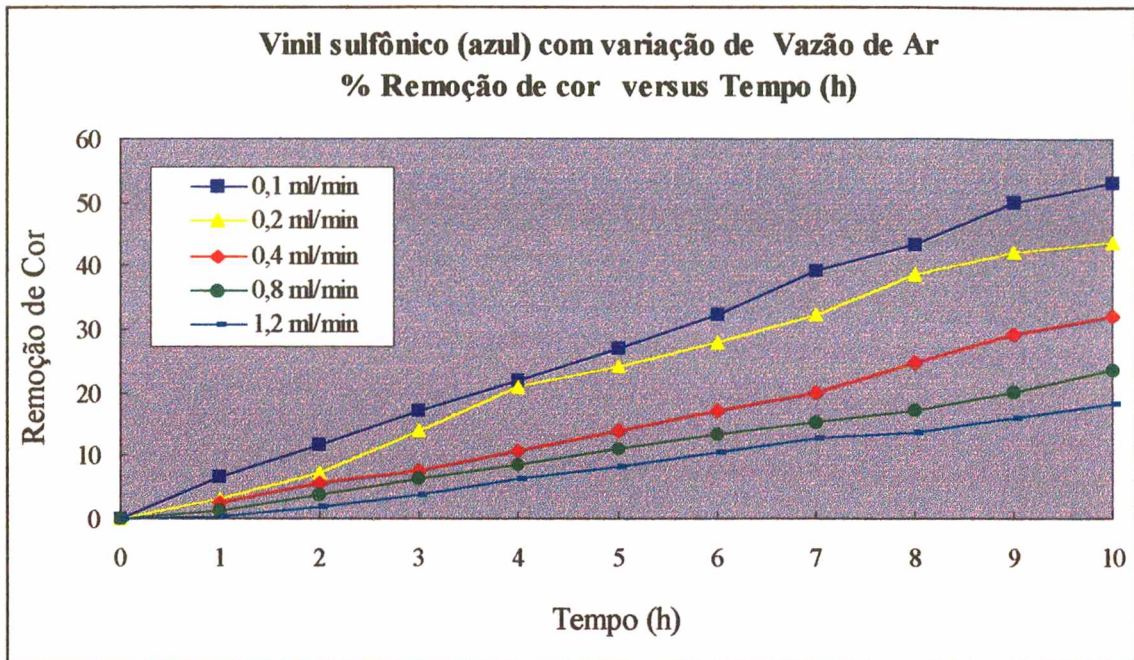


Figura 32 - Evolução da remoção da cor do efluente vinil sulfônico, com diferentes vazões de ar.

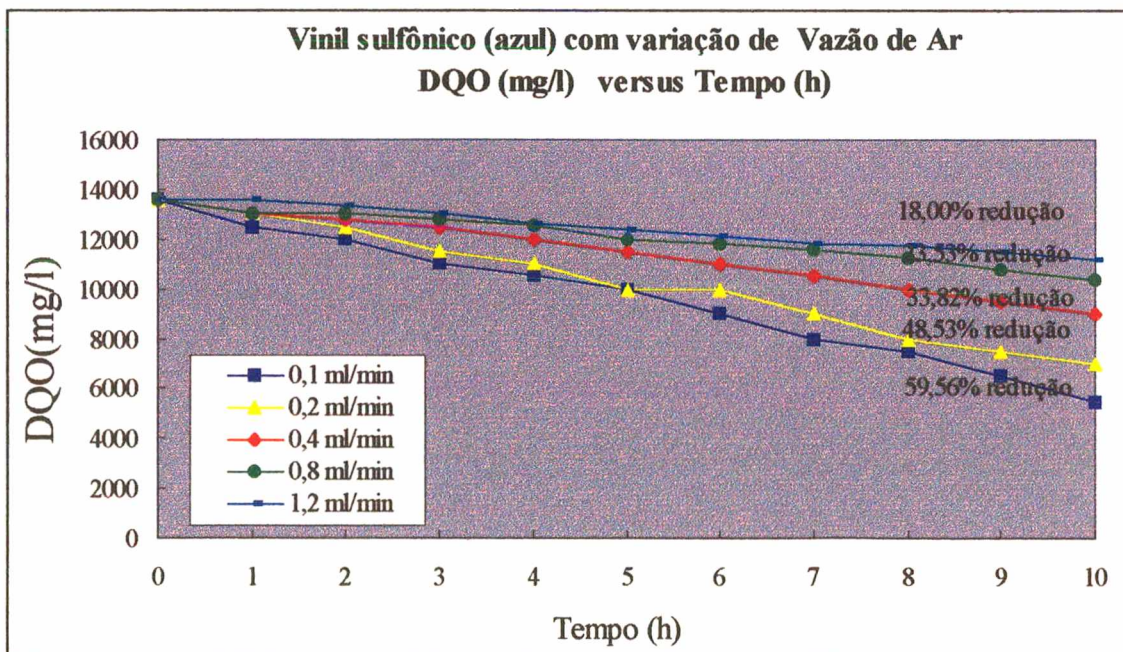


Figura 33 - Evolução da DQO durante a biodegradação do corante vinil sulfônico de cor azul, com diferentes vazões de ar.

Conforme os resultados do experimento VI, apresentados nas Figuras 34, 35 e 36 respectivamente, observa-se que, quanto maior a quantidade de inóculo adicionado ao efluente mais rápido e maior será a eliminação dos mesmos.

Observa-se que à medida que aumenta a quantidade de microorganismos, aumenta o seu rendimento e que a carga específica aplicada (FM) a cada microorganismos, é um valor importante, e que deve ser monitorado para aumentar a eficiência do tratamento do sistema.

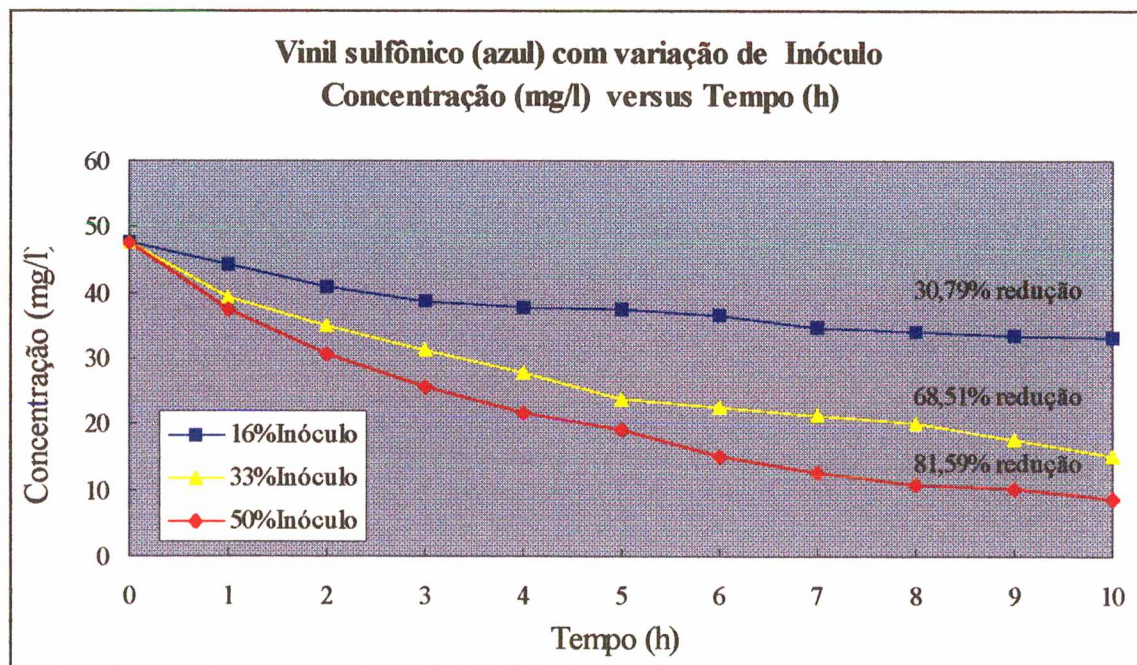


Figura 34 - Evolução da concentração do efluente com variação de inóculos.

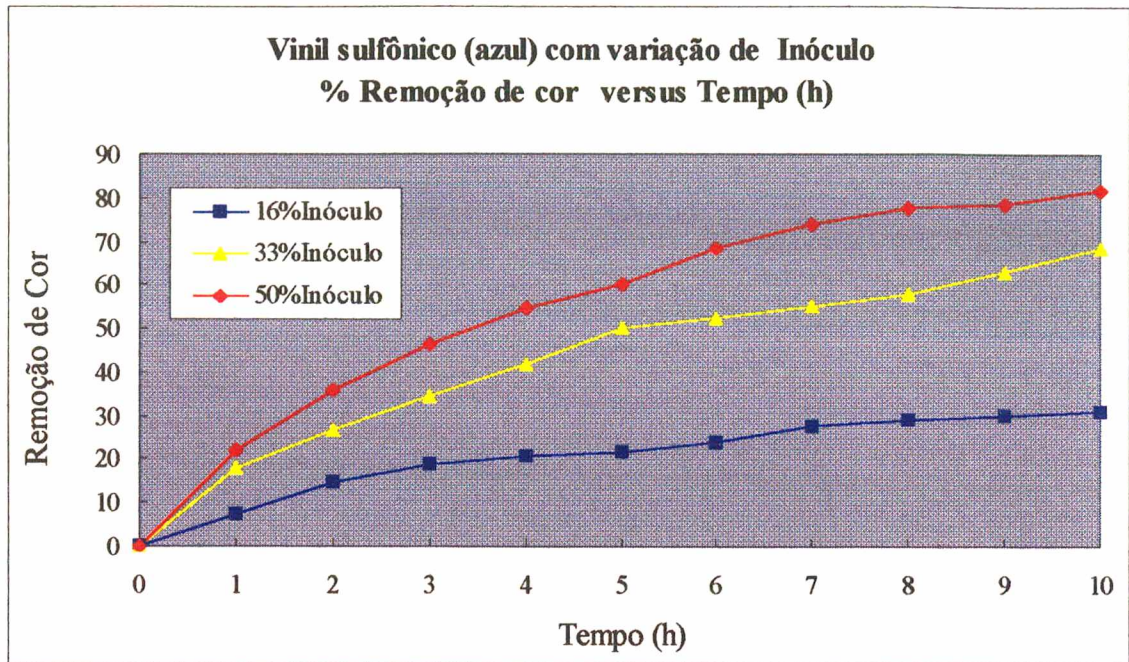


Figura 35- Evolução da remoção da cor do efluente vinil sulfônico, em diferente inóculos.

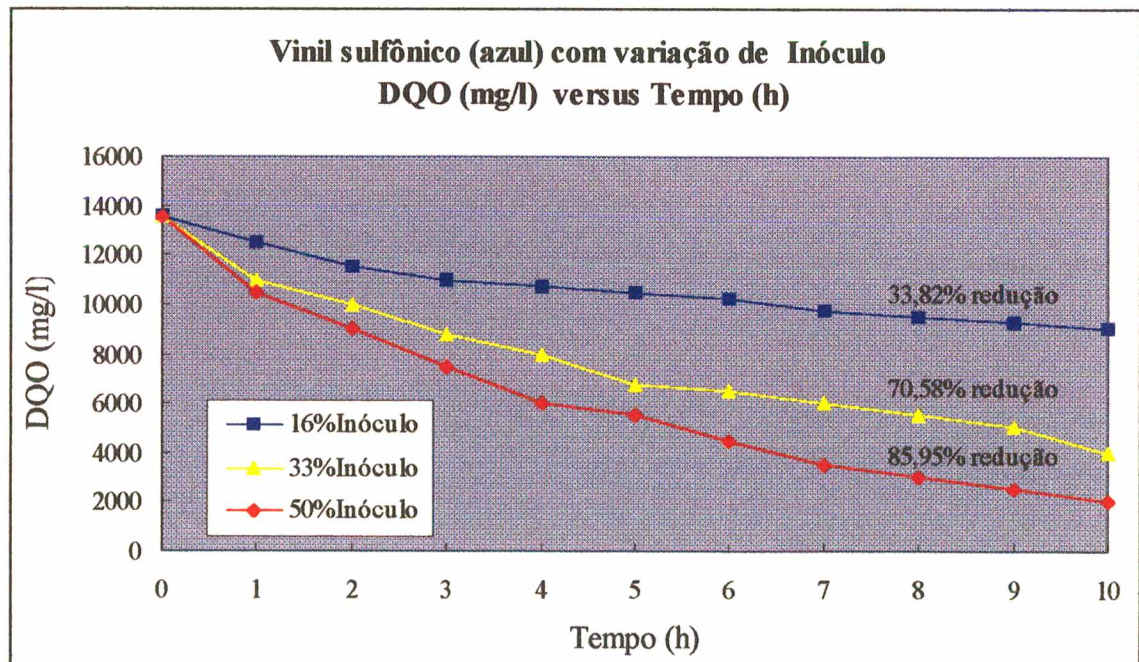


Figura 36- Evolução da DQO durante a biodegradação do corante em diferentes inóculos.

4.1.2 Ensaio em Sistema de Regime Contínuo

Os experimentos realizados em sistema de regime contínuo, foram analisados as concentrações do efluente, do lodo, densidade ótica (ηm), DQO, pH, oxigênio dissolvido. O sistema operou durante 9 dias mas verifica-se que 1,25 dias o sistema atinge o regime estacionário. Os dados para a construção das figuras abaixo, foram até o regime estacionário como pode ser verificado no apêndice.

Com relação a Biomassa, foi realizados análises de sólidos suspensos, observa-se que se manteve praticamente constante, para os tempo de retenção hidráulica de 20, 15 e 10 horas.

Nos Experimentos VII, VIII e IX, foram realizados com o corante do grupo vinil sulfônico de cor azul ($610\eta m$), o sistema atingiu o regime estacionário, com tempo de retenção hidráulica de 20, 15 e 10h respectivamente para a eliminação do efluente. Observa-se com o tempo de retenção hidráulica de 10h obteve uma redução de 94,63% da concentração enquanto com 20h foi de 97,29% como pode ser visto na Figura 37.

Reduz-se o tempo de retenção hidráulica, de maneira que se atinja um determinado nível de redução de carga poluidora em tempo e espaço muito menor. Estes resultados são de grande importância para o tratamento de efluentes.

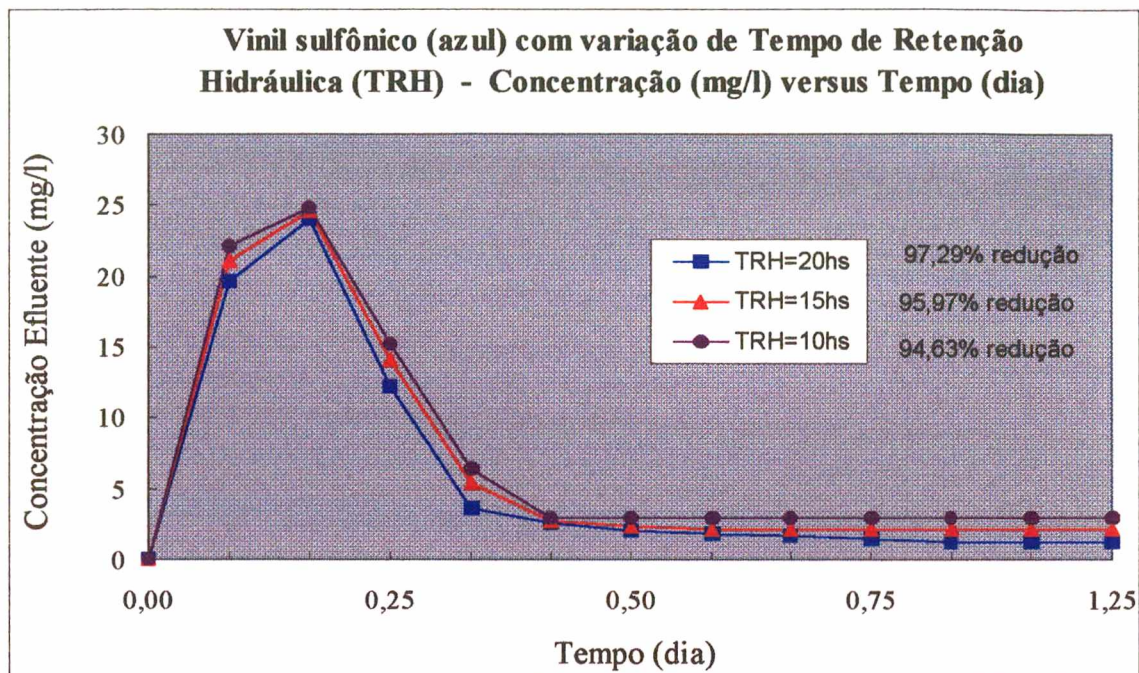


Figura 37 - Evolução da concentração do efluente (azul) em diferentes TRH .

Com o sistema em operação, todo o lodo de cor escura do inóculo inicial, aos poucos foi sendo substituído por um lodo formado por novos flocos de coloração clara.

Conforme resultados apresentados na Figura 38, a DQO média no reator com diferentes tempos de retenção hidráulica em 1,25 dias era de 50mg/l. Esse resultado indica que possivelmente estava ocorrendo uma degradação completa do corante vinil sulfônico e todos seus metabólicos intermediários, pois a DQO na alimentação durante este período era de 13600mg/l. No entanto, para um melhor entendimento sobre o metabolismo desse corante com esta cultura microbiana, deverá ser investigada a rota metabólica e acompanhada a degradação de metabólitos intermediários.

Usando um tempo de retenção de 20h, observa-se que a matéria orgânica desse corante é degradada mais rapidamente que nos demais. No tempo de 1,25dias, o sistema atinge o regime estacionário, obtendo uma redução de 99,63% de DQO, como pode ser verificado abaixo.

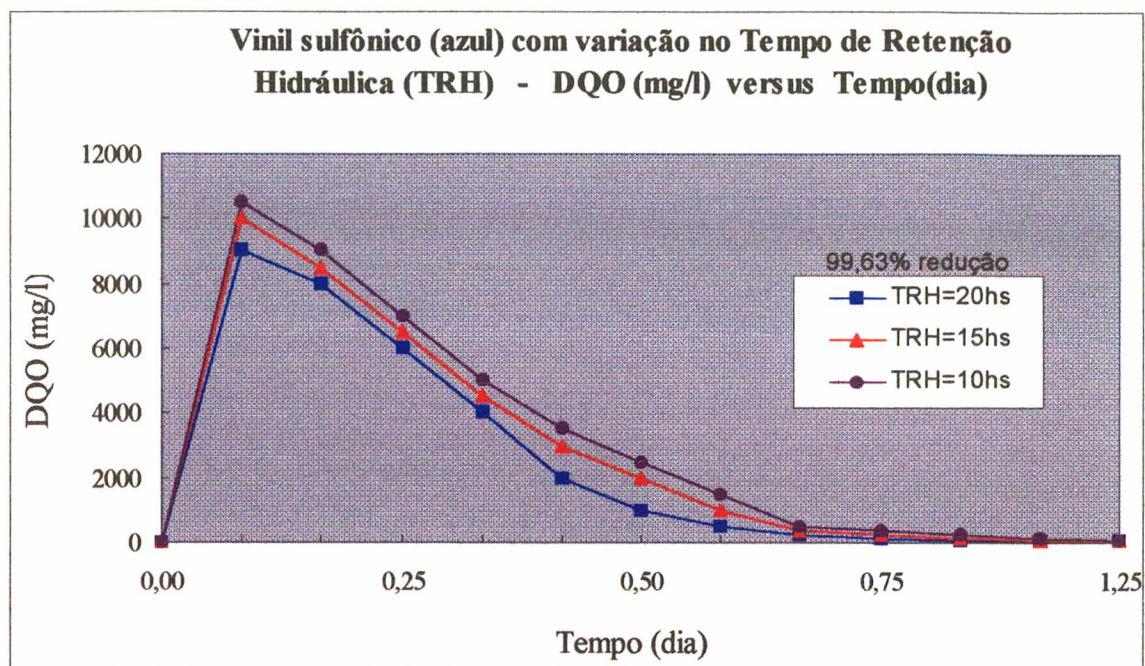


Figura -38 Evolução da DQO durante a biodegradação do corante azul em Diferentes TRH.

A Figura 39, refere-se a evolução da concentração da biomassa em sistema contínuo com tempo de retenção hidráulica de 20 ,15 e 10h , e observa-se estabilização da mesma no reator.

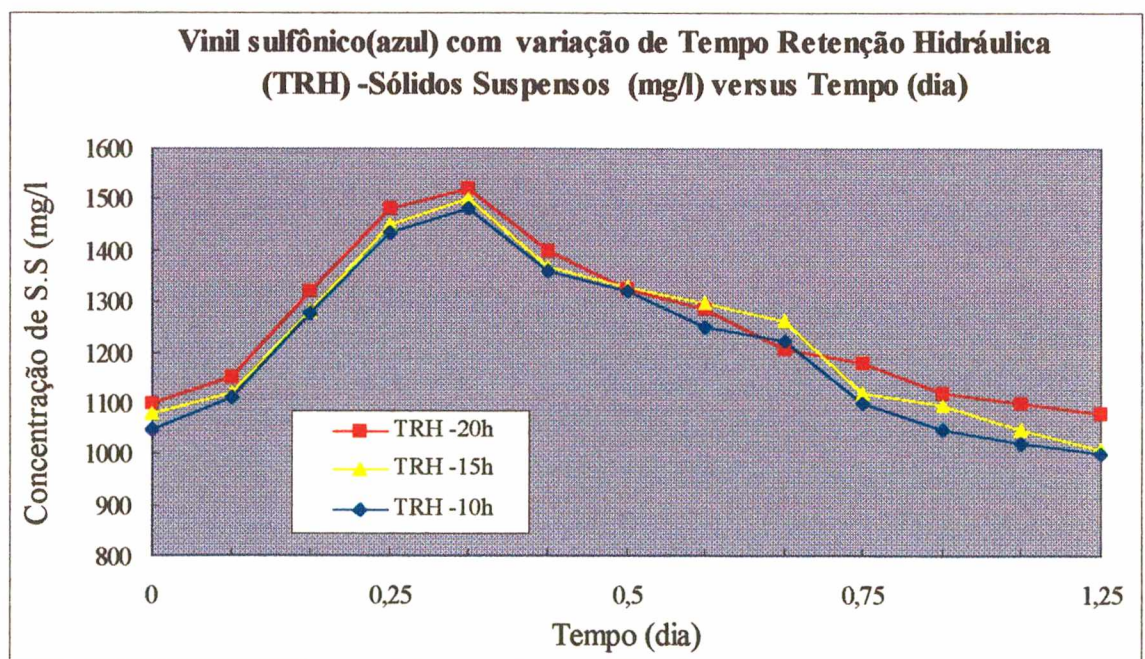


Figura -39 Evolução da Concentração da biomassa do efluente (azul) em diferentes TRH.

Os resultados dos experimentos X, XI e XII, usando o corante vinil sulfônico de cor vermelha (508nm), com tempo de retenção hidráulica de 20, 15 e 10h respectivamente, conforme os resultados apresentados na Figura 40, a Concentração média do efluente no reator com TRH(20h), após 20h era 1,47 mg/l (concentração de alimentação 53,48mg/l).

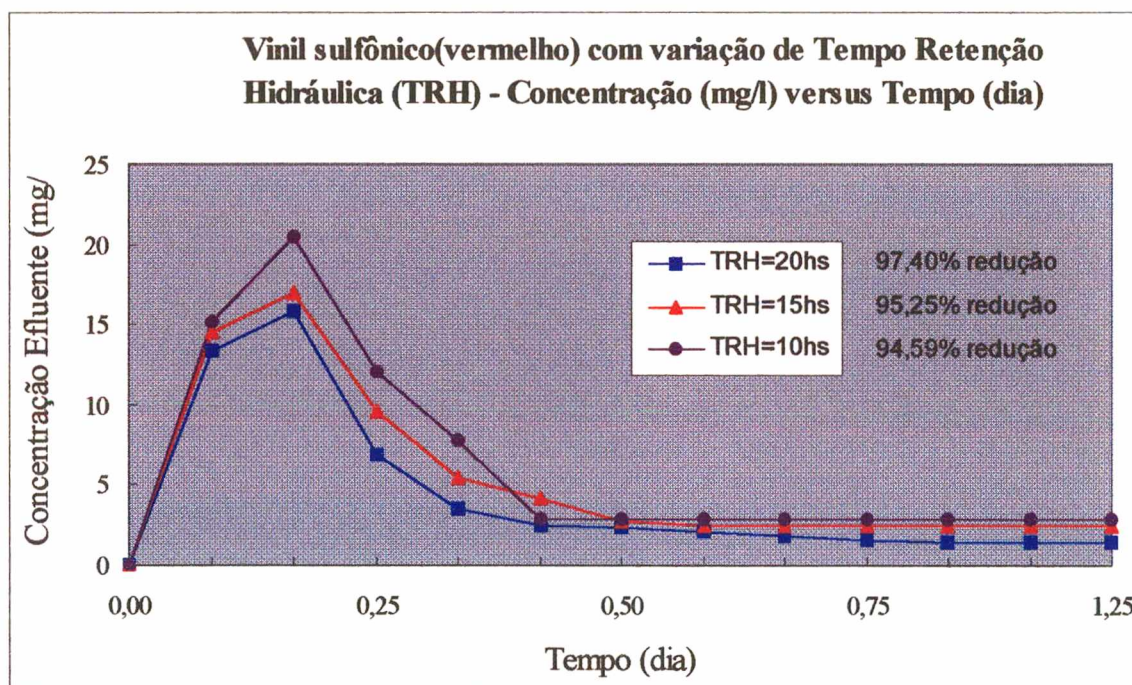


Figura 40 - Evolução da concentração do efluente (vermelho) em diferentes TRH.

Os resultados dos experimentos com o corante vermelho, em diferentes tempos de retenção hidráulica, referentes a DQO média são apresentados na Figura 41. A DQO de alimentação no reator era de 580mg/l, em 1,25dias reduziu a 19,76 mg/l.

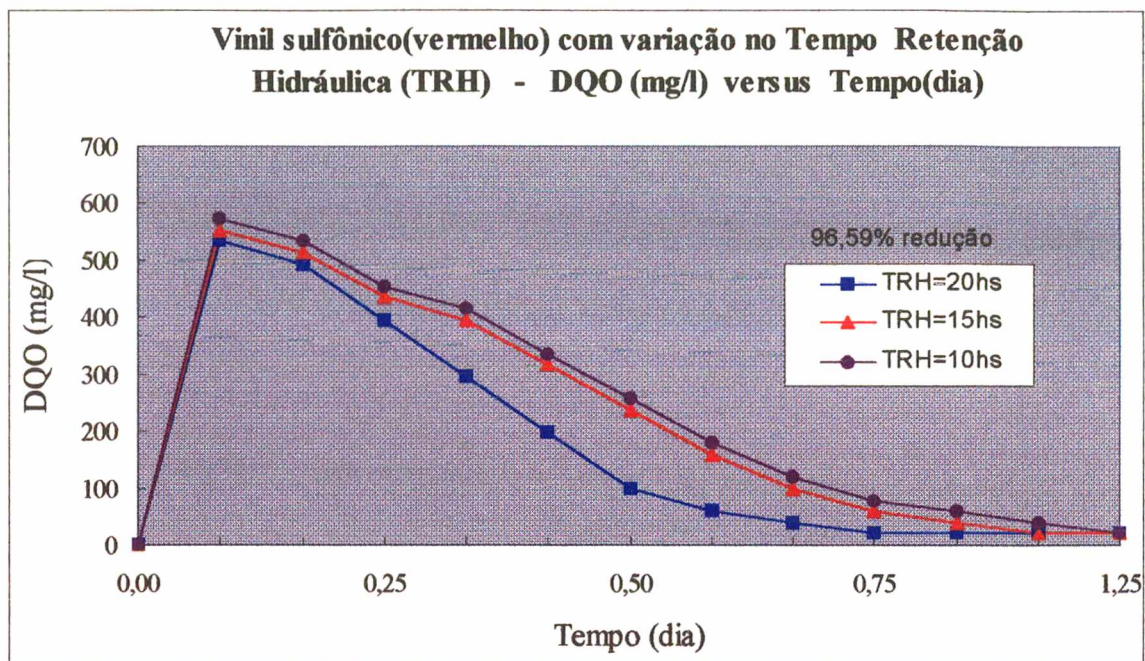


Figura 41- Evolução da DQO durante a biodegradação do corante vermelho em diferentes TRH.

A concentração de biomassa no reator tanto para o tempo de retenção de hidráulica de 20, 15 e 10h, observa-se um crescimento de biomassa inicialmente, mantendo-se estável no decorrer do processo. Estes resultados podem ser observados na Figura 42 abaixo.

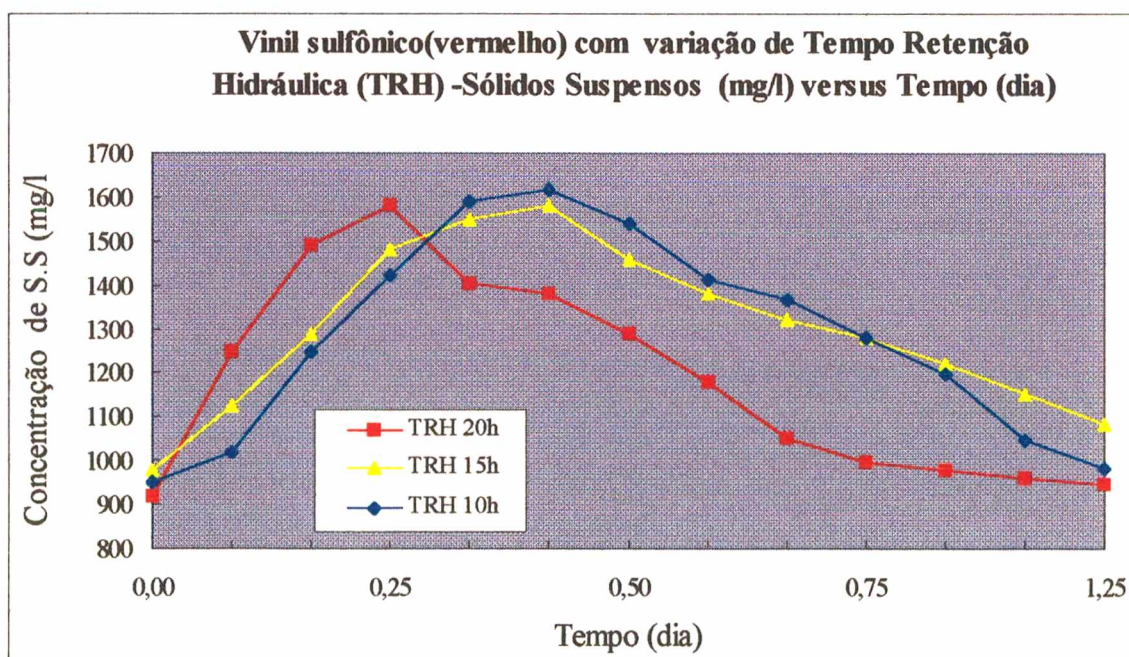


Figura -42 Evolução da Concentração da biomassa do efluente (vermelho) em diferentes TRH.

Os Experimentos XIII, XIV e XV, foram realizados com o corante do grupo vinil sulfônico de cor amarela (428nm), o sistema atingiu o regime estacionário, com tempo de retenção hidráulica de 20, 15 e 10h respectivamente para a eliminação do efluente. A concentração de alimentação no reator era de 51,19 mg/l, com TRH de 20h o sistema estabilizou em 1,25 dias em 1,47mg/l obtendo uma redução de 97,12%, conforme os resultados apresentados na Figura 43.

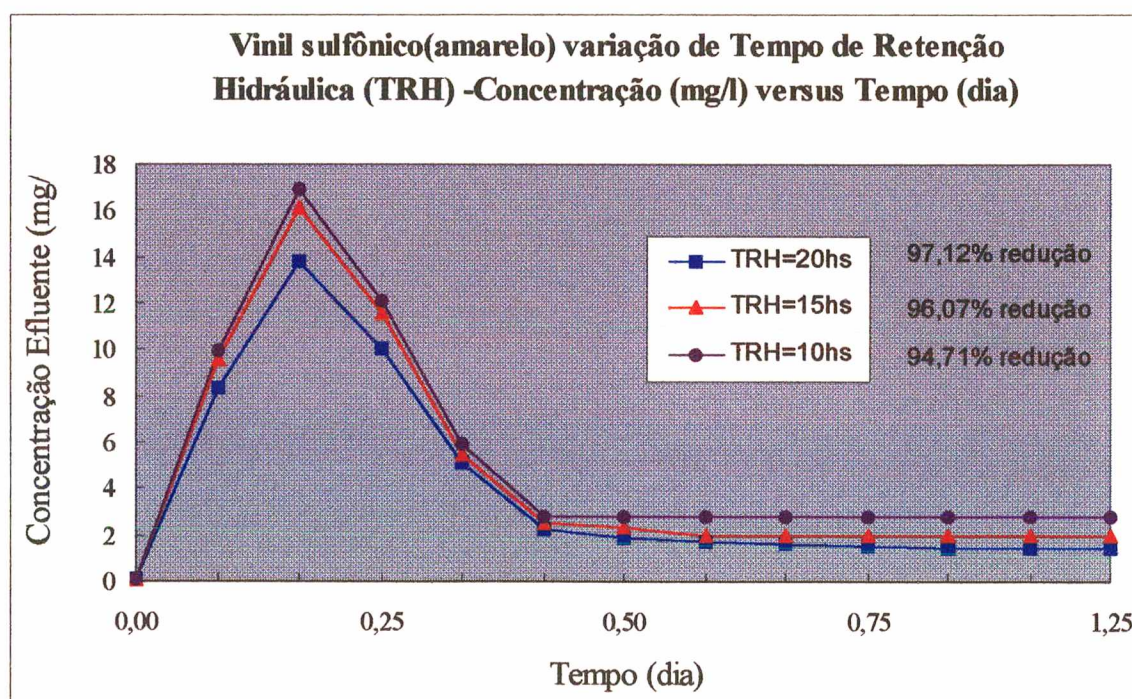


Figura 43 - Evolução da concentração do efluente (amarelo) em diferentes TRH .

Observa-se que usando um TRH de 10h para operar este sistema, obtém uma eliminação e degradação, mais rápida desse efluente e com tempo de operação menor , o qual traria uma redução de custo de operação.

A matéria orgânica do corante vinil sulfônico de cor amarela , foi praticamente toda degradada em 1,25 dias de operação tendo uma redução de 96,65% de DQO , como pode ser visto na Figura 44, com tempo de retenção hidráulica de 20, 15 e 10h respectivamente.

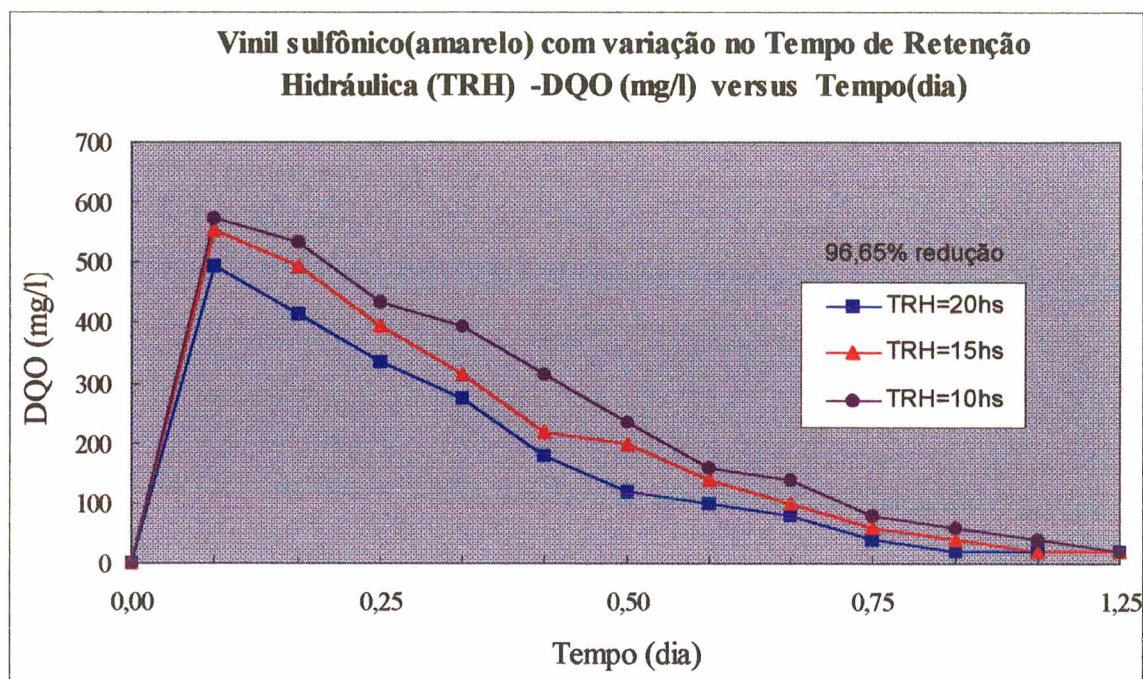


Figura 44 - Evolução da DQO durante a biodegradação do corante amarelo em diferentes TRH.

Conforme os resultados apresentados na Figura 45 abaixo, a concentração de biomassa no reator, aumentou nas primeiras 10 horas de operação depois disso ocorreu um pequeno arraste da biomassa, mas não prejudicando a realização desses experimento.

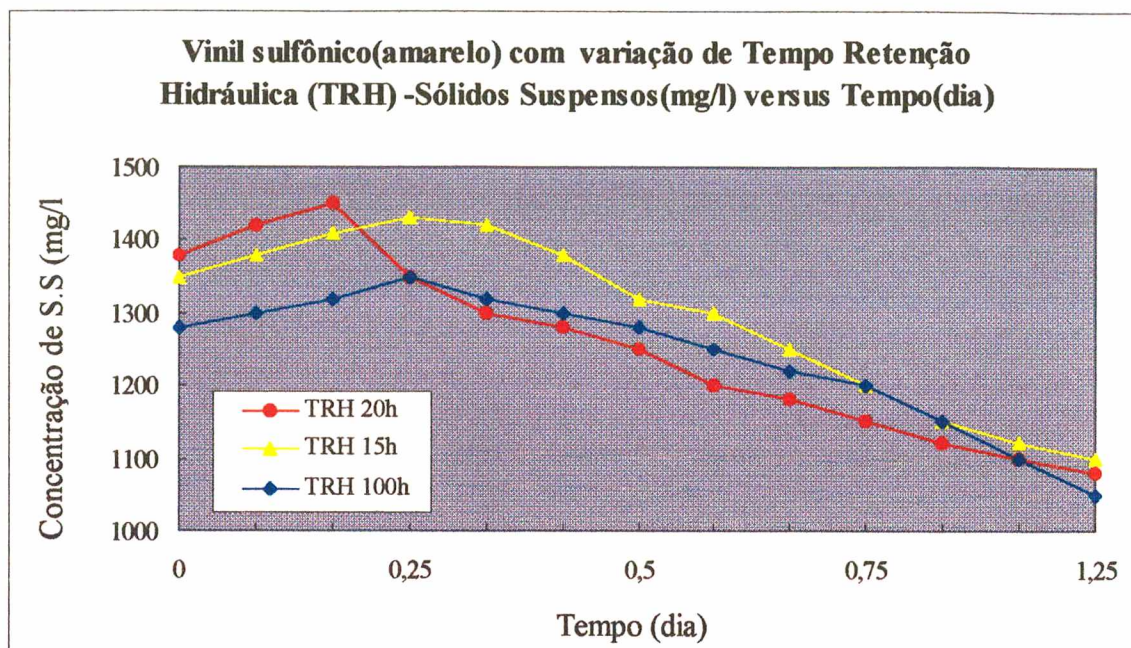


Figura -45 Evolução da Concentração da biomassa do efluente (amarelo) em diferentes TRH.

Fazendo uma comparação com os resultados apresentados acima dos experimentos com o corante vinil sulfônico, o qual possui um grupo cromóforo de cor azul, vermelha e amarela, observa-se que com tempo de retenção hidráulica (20h), estes corantes têm praticamente o mesmo grau de redução nas suas concentrações, no qual a concentração de alimentação do corante azul era de 54,26 mg/l reduzindo para 1,29 mg/l, a do vermelho 52,48mg/l a 1,47mg/l e o amarelo 51,19 mg/ a 1,47 mg/l. Num período de 1,25 dias os corantes foram praticamente consumidos, como pode ser visto na Figura 46 abaixo.

O pH, se estabilizou nestes experimentos em 8.

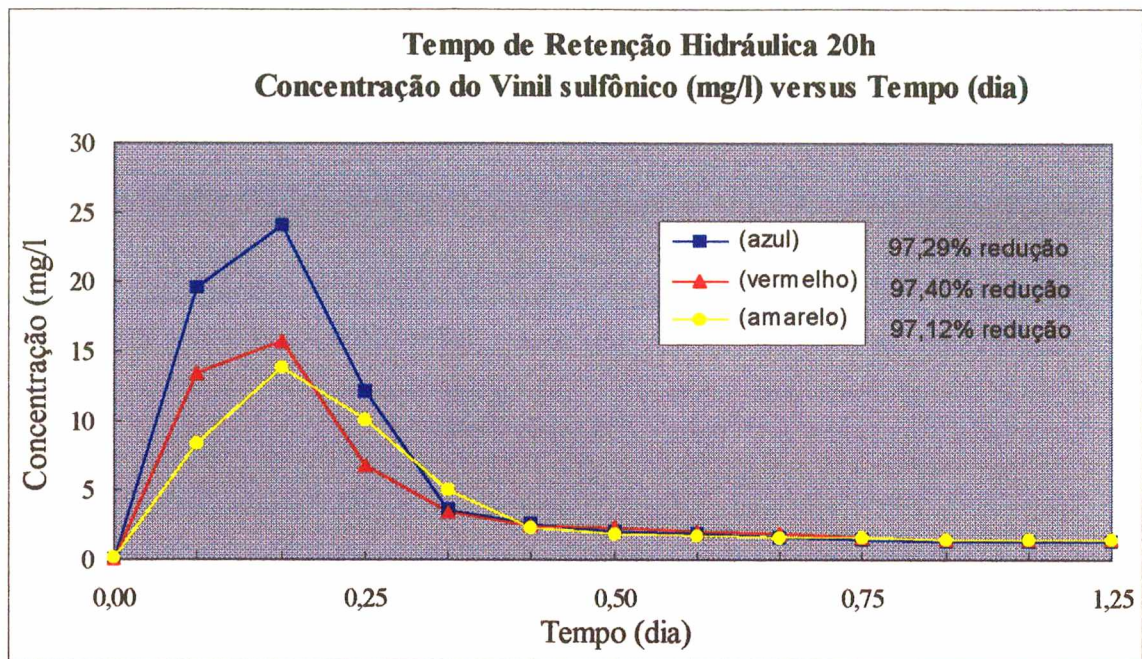


Figura 46 - Evolução da concentração dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 20h.

Com relação a DQO , observa-se sua redução à medida que os corantes são consumidos, atingindo no final um rendimento de 99,63% para o corante azul e 96% para o vermelho e amarelo, como pode ser visto na Figura 47.

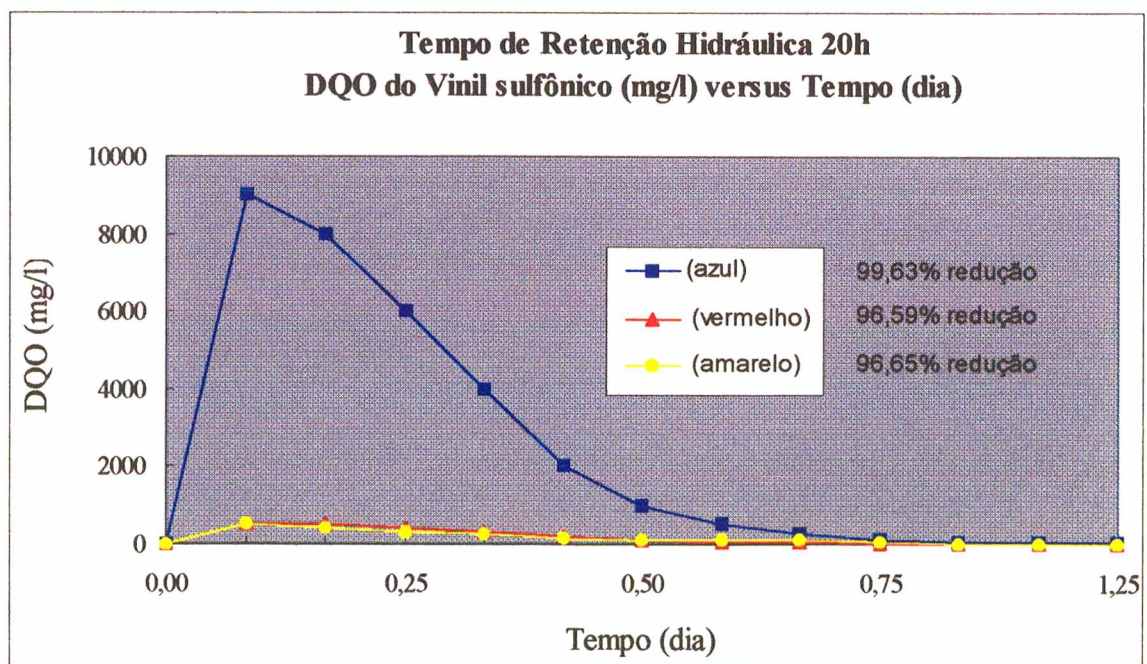


Figura 47 - Evolução da DQO durante a biodegradabilidade dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 20h.

Quando diminuiu o tempo de retenção hidráulica (TRH) para 15 horas , após esta alteração na operação do sistema, a concentração dos corantes vinil sulfônico (azul, vermelho e amarelo) no reator se manteve próximo a de 2mg/l , como pode ser visto na Figura 48 abaixo. Mesmo com o aumento das vazões não ocorreu arraste dos microorganismos.

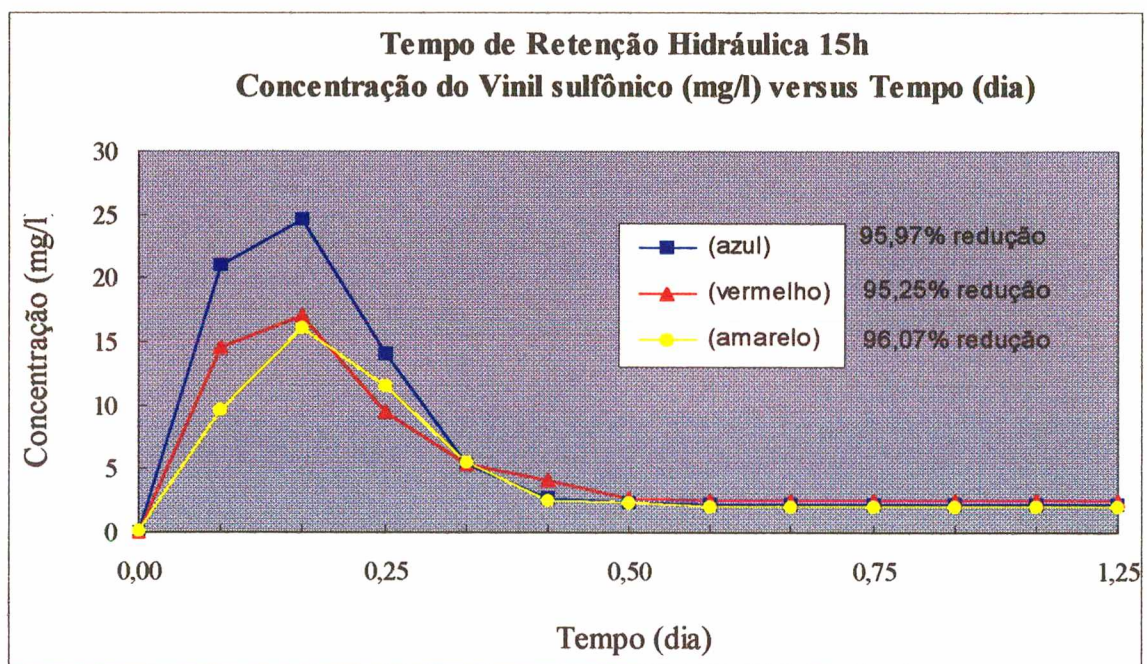


Figura 48 - Evolução da concentração dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 15h.

Conforme os resultados apresentados na Figura 49, a degradação da matéria orgânica, após 24 horas de operação era de 50mg/l para o corante azul e 20mg/l para o vermelho e o amarelo , obtendo uma redução de 99,63% no azul, 96% no vermelho e amarelo.

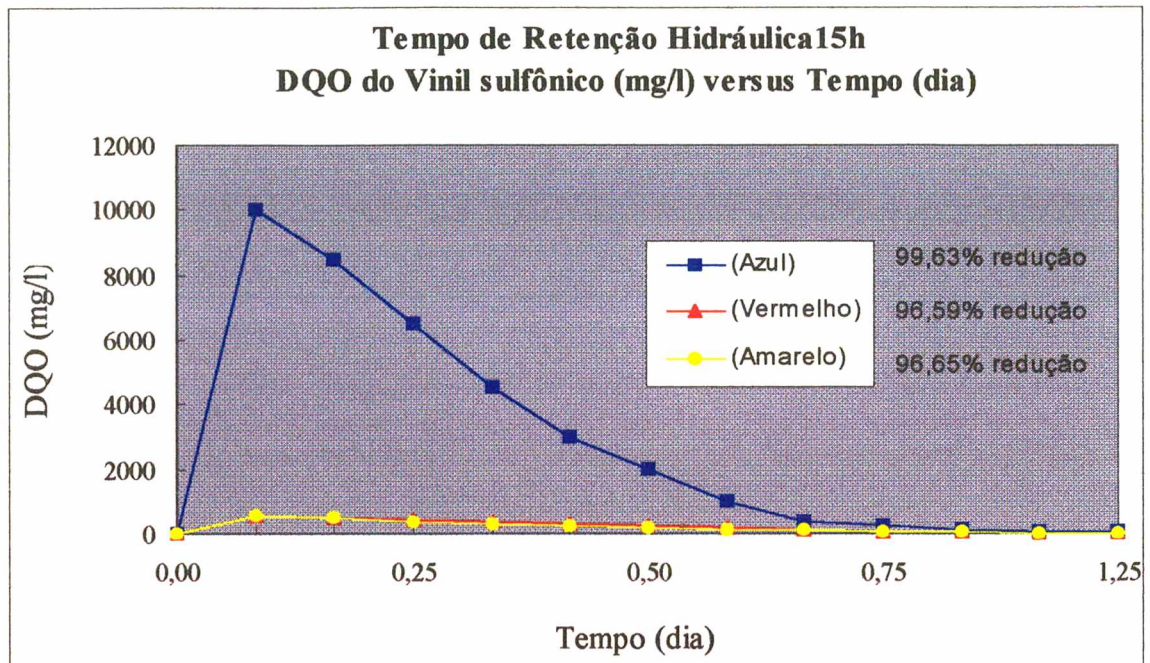


Figura 49 - Evolução da DQO durante a biodegradabilidade dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 15h.

Trabalhando com tempo de retenção hidráulica de 10h, obtive resultados excelentes, após 10 horas o sistema atingiu o regime estacionário, conforme os resultados apresentados na Figura 50.

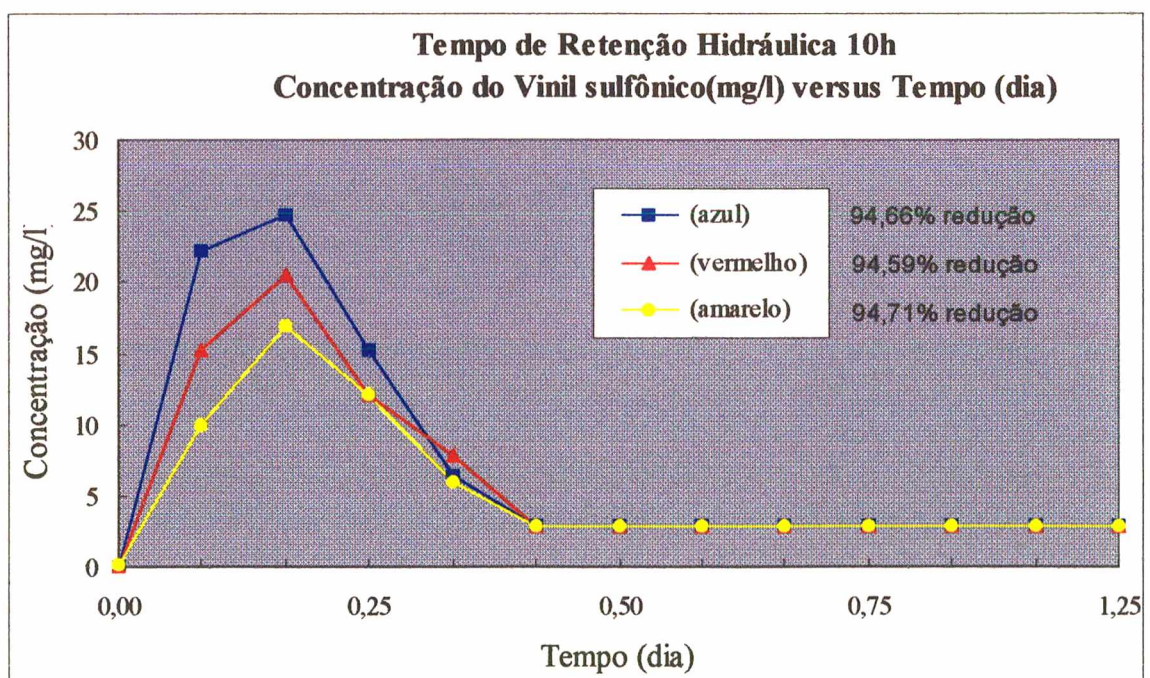


Figura 50 - Evolução da concentração dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 10h.

Conforme os resultados apresentados na Figura 51, a DQO média no reator em 1,25 dias era de 50mg/l para o corante azul e 20mg/l para o corante vermelho e amarelo. Este resultado indica que possivelmente estava ocorrendo a degradação completa desses efluentes.

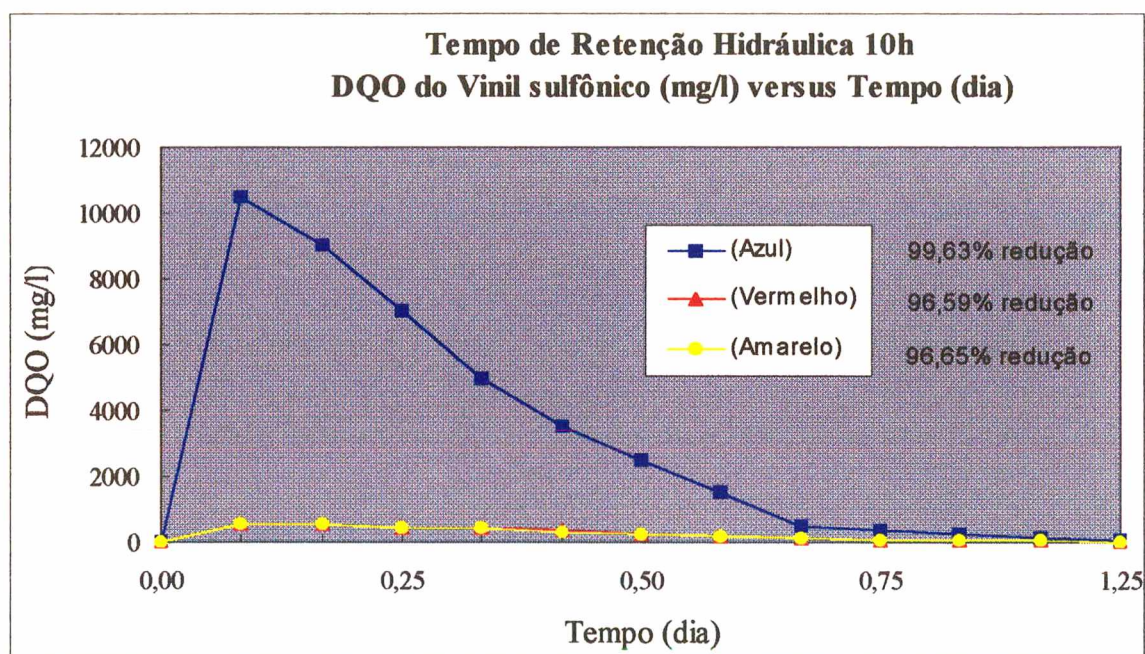


Figura 51- Evolução da DQO durante a biodegradabilidade dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 10h.

Nos Experimentos XVI, XVII e XVIII, foram realizados com o próprio efluente industrial complexo (590nm) da indústria têxtil, o qual apresenta uma coloração escura, sendo adicionados ao mesmo nutrientes na relação citada anteriormente (item 3.4.1) e os meios de sais (item 3.4.2). O sistema atingiu o regime estacionário, com tempo de retenção hidráulica de 20,15 e 10h respectivamente para a eliminação desse efluente.

Observa-se com o tempo de retenção hidráulica de 10h obteve uma redução de 94,35% da concentração, enquanto com 20h foi de 97,15% como pode ser visto na Figura 52 . O sistema atingiu o estado estacionário em 1,25 dias.

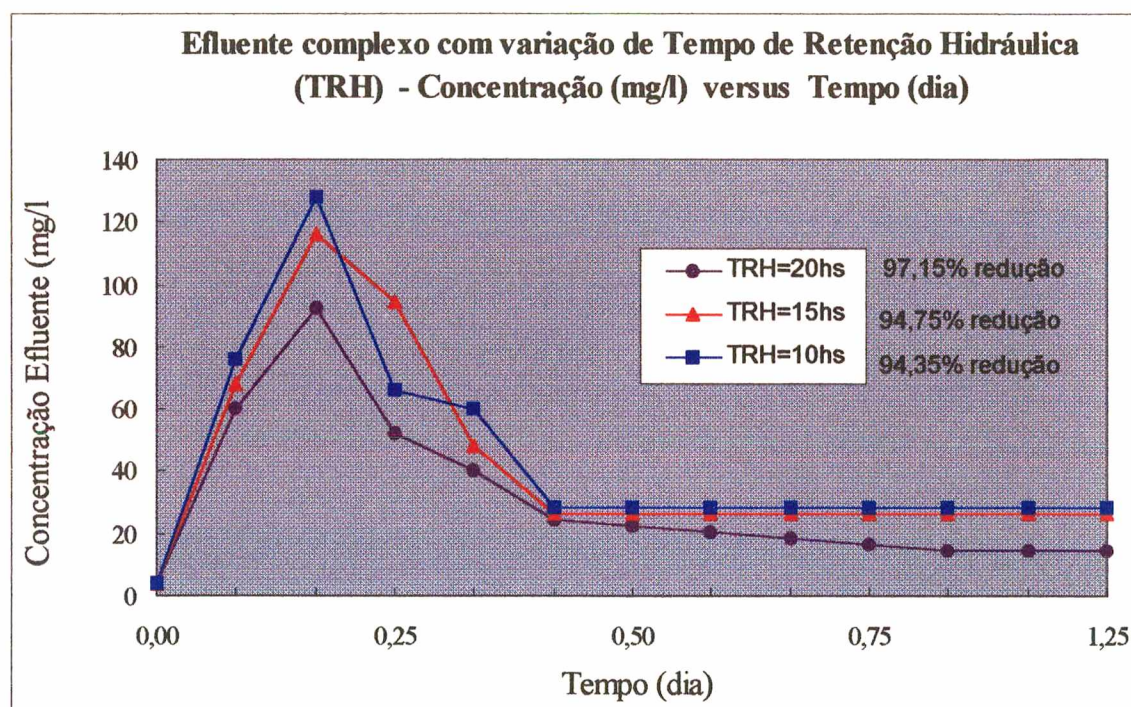


Figura 52 - Evolução da concentração do efluente industrial complexo em diferentes TRH.

Os resultados dos experimentos com o efluente industrial complexo, em diferentes tempos de retenção hidráulica, referentes a DQO média são apresentados na Figura 53 . A DQO de alimentação no reator era de 9500mg/l , em 1,25 dias reduziu a 24,7 mg/l. Esse resultado indica que possivelmente estava ocorrendo uma degradação completa do efluente industrial complexo.

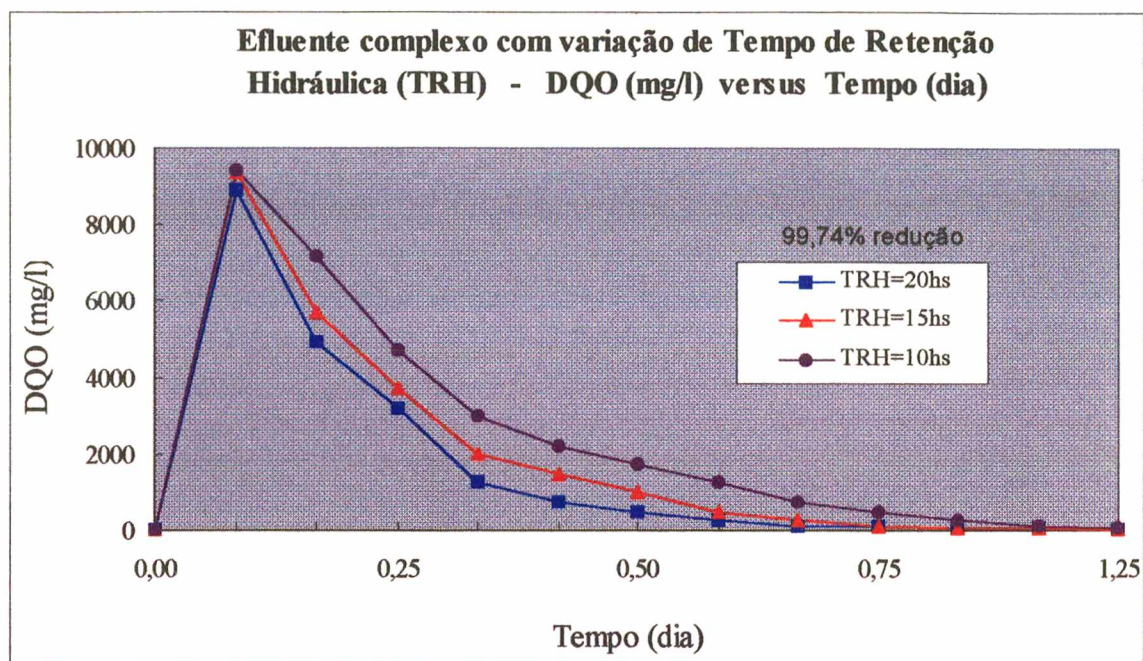


Figura 53- Evolução da DQO durante a biodegradabilidade do efluente industrial complexo, em diferentes TRH.

Com relação a evolução da concentração da biomassa no reator, observa-se na Figura 54 abaixo, que a concentração de biomassa aumentou nas primeiras 10 horas de operação e depois ocorreu um pequeno arraste da mesma, mas atingindo uma estabilidade após 1 dia de operação.

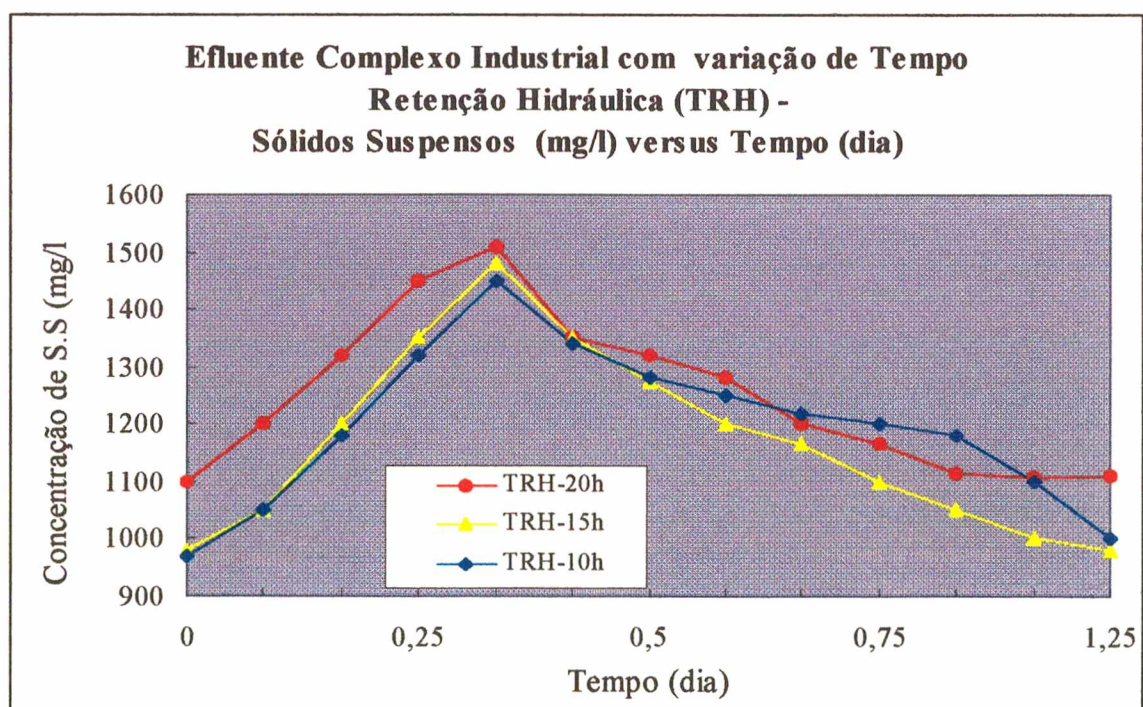


Figura-54 Evolução da Concentração da biomassa do efluente industrial complexo, em diferentes TRH.

CAPÍTULO 5

5.0 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O tratamento biológico utilizado neste trabalho, procurou otimizar os processos para o obter o máximo de eficiência, reduzindo-se o tempo de detenção hidráulica e maximizando as taxas das reações bioquímicas, de maneira que atingiu um determinado nível de redução da carga poluidora em tempo de espaço muito inferior aos observados na natureza.

Nos ensaios utilizando cepas bacterianas isoladas da microbiota presente nas águas residuais da indústria têxtil, foi possível comparar o melhor tempo de retenção hidráulica, assim selecionar o mais eficiente quanto a degradação biológica dos corantes do grupo vinil sulfônico e no próprio efluente industrial complexo nas condições empregadas.

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios com cepas bacterianas isoladas da microbiota, estas apresentam um grande potencial de aplicação no tratamento de efluentes têxteis com vantagens sobre o convencional. Dentre estas temos o aumento da descoloração, a degradação da matéria orgânica destes efluentes

Com ensaios em regime descontínuo, observa-se que o meio de cultura TSB, apresenta-se melhores resultados nos corantes do grupo vinil sulfônico e que os microorganismos têm preferência em degradar mais rapidamente o grupo cromóforo dos corantes vermelho, amarelo e azul respectivamente.

Usando pequenas vazões (microbolhas) favorece uma maior degradação destes efluentes, evitando-se assim a produção excessiva de lodo, dispensando ou diminuindo a necessidade de tratamentos posteriores.

Quanto maior a quantidade de micronutrientes e inóculo adicionado ao efluente, mais rápida e eficiente será a eliminação do mesmo. Esta adição é importante para que os microorganismos desempenhem adequadamente suas funções metabólicas.

Através de técnicas de descoloração para estes efluentes, num sistema em regime contínuo, obteve-se uma redução sensível quanto a necessidade de aplicação de vários auxiliares de floculação e decantação, reduzindo assim a geração de lodo (em torno de 50% com relação aos processos convencionais) e na maioria dos casos não houve necessidade da correção prévia do pH no tratamento desses efluentes .

O emprego de lodo ativado no reator, permitiu uma redução média de 96% da demanda química de oxigênio (DQO) em curto tempo (10 horas), tanto para os corantes vinil sulfônico de cor azul, vermelho e amarelo como para o efluente proveniente da indústria têxtil.

Os sistemas de aeração pôr ar difuso (produção de microbolhas) utilizado, permite uma redução de ate 50% no consumo de energia quando comparado aos sistemas convencionais .

O processo de descoloração biológica, obteve a máxima de eficiência na remoção de cor , com o Tempo de Retenção de Hidráulica de 10 horas de aproximadamente 94% , tanto para o

corante vinil sulfônico de cor azul, vermelho, amarelo como para o efluente industrial complexo, o qual traz uma redução de custo de operação.

Com tempo de retenção hidráulica de 20 horas os microorganismos têm preferência em degradar mais rapidamente o grupo cromóforo dos corantes vermelho, azul e amarelo respectivamente; enquanto que o tempo de retenção hidráulica (TRH) de 15 e 10 horas a preferência foram pelos corantes de cor amarelo, azul e vermelho respectivamente.

Para se avaliar a qualidade dos efluentes degradados, sugere-se fazer:

- análise de espectrometria de massa dos metabólitos intermediários e resultantes da degradação desses efluentes;
- ensaios de ecotoxicologia (que são biotestes interessantes e viáveis para que se possa monitorar a qualidade dos mesmo).

Sugere-se a continuidade destes estudos, através da identificação das cepas bacterianas isoladas da microbiota presente nas águas residuais da indústria têxtil; e a obtenção de parâmetros cinéticos no sistema em regime contínuo .

ABSTRACT

The objective of this paper is to study biological degradation of coloring aggregation in sulphurous vinyl mostly used in the "Catarinense" textile industry, as well as the intention to advance to mastering discoloration techniques of these effluents. Bacterial cepas isolated from microbiotas present in residual water of the textile industry were tested in the coloring aggregation in sulphurous vinyl and in the unmanufactured effluent itself. The tests were done in precise turbulent reactors, on a continuous as well as (heavy) beated system. The inoculate used was collected from na industrial station for treatment of textile effluents as well as from na effluent industrial complex and micronutrients were added to help in the discoloration process of standard coloring solutions. According to the results obtained from tests with the bacterial cepas isolated from microbiotas, these presented a great application potential in the treatment of textile effluents with more advantages than the conventional ones. Among these, there is an increase in the discoloration of the effluents, noticeably reducing the need to apply various flaky and purification aids, in this way reducing mud generation in the treatment of the textile effluents.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITKEN, M. D., HECK, P.E., COHEN, L.A., GRIMBERG, S.I., STRINGFELLOW, W. T.,
Activated Sludge, Water Environment Research ., 65(4), p. 324-336 (1993).

ANLIKER, R. *Environ. Safety.*, v.3, n.59, 1979 .

ANLIKER, R. et. al. *Chemosphere*, v.17, p. 1631, 1988.

AQUARONE, E., BORZANI. W., LIMA, U. A. **Tópicos de Microbiologia Industrial**. 3ªed.
São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, v.2,1975.231p.

APPENDICE 38 (manufacture and finishing of textiles) to the German outline wastewater
management regulation (Rahmen - Abwasser VWV(2))., (20 Dec. 1990).

BITTERCOURT, E. *Estrutura e Mecanismo de Ação de Produtos Químicos Utilizados no
Processamento Têxtil, Proen-Projetos e Produtos de Engenharia LTDA/ Blumenau SC.*,
v.2, 1992. (Material Didático)

BORTONE, G., CECH, J.S., BIACHI, R., TILCHE, A. *Effects of an Anaerobic zone in A Textile
Wastewater Treatment plant. Wat-Sci. Tech.*, v.32, n.9-10, p. 133-140, 1995.

BRAILE, P. M. *Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais*, São Paulo, CETESB.
(Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), 1979. 764p.

BRANCO, S. M., *Hidrologia aplicado à Engenharia Sanitária*, 2ªed., São Paulo, CETESB. (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) , 1978. 620p.

BROWN, D. *Ecotox. Environ. Safety.*, v.13, 1987. 139p.

BROWN, M.A., DEVITO, S.C. *Critic. Rev. Environ. Sci. Tech.*, v.23, p. 249, 1993.

CAMPS, S. R., STURROCK, P.E. *The Identification of the derivatives of C.I. Reactive Blue 19 in Textile Wastewater. Wat. Res.*, v.24, n.10, p. 1275-1278, 1990.

CAPALASH, N., SHARMA, P. *Biodegradation of Textiles Azo-dyes by Phanerochaete Chrysosporium. World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v.8 , p. 309-312, 1992.

CARLIELL, C. M., BARCLAY, S. J., NAIDOO, N., BUCKLEY, C.A., MULHOLLAND, D.A., SENIOR, E. *Anaerobic decolorisation of reactive dyes in conventional sewage treatment process. Water S.A*, v. 20, n.4, p. 341-344, 1994.

CARLIELL, C. M., BARCLAY, S. J., NAIDOO, N., BUCKLEY, C.A., MULHOLLAND, D.A., SENIOR, E. *Microbial decolourisation of reactive azo dye under anaerobic conditions. Water S.A*, v.21, n.1, p. 61-69, 1995.

CHAO, W.L., LEE, S. L. *Decoloration of azo dyes by three white-rot fungi: influence of carbon source. World Journal of Microbiology & Biotechnology*, v.10 , p.556-559, 1994.

CHUNG, K. T., STEVENS, S. E. *Degradation of Azo by Environmental Microorganisms and Helminths. Environmental Toxicology and Chemistry* ,v.12, p. 2121-2132, 1993.

CLARKE, E.A., ANLINKER, R. *Rev. Prog. Col.* , v.14, n.1, p. 84 , 1984.

CLARKE, E.A., STEINLE, D. Health and Environmental safety aspects of organic colorants. *Rev. Prog. Coloration*, v.25, 1995.

COWAN, R.M., ELLIS, T. G., HIGGINS, M.J., ALAGAPPAN, G., PARK, K. *Activated Sludge and other aerobic suspended culture processes. Water Environment Research.*, v.68, n.4, p. 451-459, 1996.

CRIPPS,C., BUMPUS, I. A., AUST, S. D. *Biodegration of Azo and Heterocyclic Dyes by Phanerochate Chryso sporium. Appl. Environ. Microbiol.*, v.56, n.4, p. 1114-1118, 1990.

DAVIS, R. J., GAINER, J. L., O'NEAL, G., WU, I-WEN. *Photocatalytic Decolorization of Wastewater Dyes. Water Environment Research.*, v. 66, n.1, p. 50-53, 1994.

DE ZEEUW, W.J. *Acclimatization of Anaerobic Sludge of or UASB reator start-up. Tese (Doutorado) Land bouwhogeschool te Wageningen Netherlands* , 1984.

DWIGHT, G., ROBINSON, P. E., ALLAN, J., CALLIER, P. E. *Aerobic versus Anaerobic Wasterwater Treatment. Chemical Engineering.*, p. 110-114, abril, 1997.

GANESH, R., BOARDMAN, G. D., MICHELSEN, D. *Fate of Azo Dyes in Sludge. Wat. Res.*, v.28, n.6, p. 1367-1376, 1994.

General German Wastewater Management Regulation on the minimum requirements for discharging effluents into water-ways (Rahmen-Abwasser VWV), (8 Sept 1989), GMB1 , n.25, p. 518-520, 1989.

GRAY, N.F. *Biology of Wastewater Treatment. New York. Oxford University Press*, p. 828, 1989.

HAWKES, D.L. *Factors affecting net energy production from mesophilic anaerobic digestion, In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANAEROBIC DIGESTION, 1 1979., University College. Proceeding Lodon., Applied Science*, p. 131-150, 1980.

HAWKES, H. A. *The Ecology of wastewater Treatment. Hungary. Pergamon Press Ltd.*, p. 203, 1963.

HEINITZ, C. *Treatment of Wastewater from Textile Dyeing Industry, WLB, Wasser, Luft Boden. , v.36, n.6, p. 30, 1991.*

IDAKA, E., OGAEA, T. *Degradation of Azo Compounds by Aeromonas hydrophila var. 24B. JSDC., março,1978.*

JORDÃO, E. P., PESSOA, C. A., *Tratamento de Esgotos Domésticos*, V.1., SP, CETESB (Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas), 1975, 544p.

JUNG, R. et al. **Food Chem. Toxicol.**, v.30, p. 635, 1992.

JUNIOR, J. K., SATORIO, L. *Manual de Análise Instrumental*, 1ªed.São Paulo: Moderna, 1978.

KAKABADSE, G. *Chemistry of Effluent Treatment*. Department of Chemistry, University of Manchester Institute of Science and Tecnology, **Manchester**, UK , 1979.

KIM, S. J., ISHIKAWA, K., HIRHJ, M., SHODA, M. *Characteristics of a Newly Isolated Fungus, Geotrichum Candidum Dec 1, which Decolorizes various Dyes. Journal of Fermentation and Bioengineering*, v.79, n.6, p. 601-607, 1995.

KIRBY, N., MULLAN, G.Mc., MARCHANT, R. *Decolourisation of Artificial Textile Effluent by Phanerochate chrysosporium. Biotechnology Letters*, v.17, n.7, p.761-764, 1995.

KNAPP, J. S., NEWBY, P. S. *The Microbiological Decolorization of an Industrial Effluent containing a Diazo-Linked Cromophore. Wat. Res.*, v.29, n.7, p.1807-1809, 1995.

KOUBA, J. F., PING, Z. *Coulor Removal for Textiles dyeing Wastewater, Fluid / Particle Separation. Journal*, v.7, n.3, p.87-90, 1994.

KUMAR, V., WATI, L., GIBBSON, F. F., NIGAM, P., BANAT, I. M., SINGH, D., MARCHANT, R. *Bioremediation and Decolorization of Anaerobically digested distillery Spent Wash. Biotechnology Letters*, v.19, n.4, p.311-313, Abril, 1997.

LEHNINGER, A. L. *Bioquímica*, 2^a ed. São Paulo: Edgar Blücher, v.2 ,1987. 262p.

LIN, S. H., PENG, C. F. *Continuos Treatment of Textile Wastewater by Combined Coagulation, Eletrochemical oxidation and Activated Sludge. Wat. Res.*, v.30, n.3, p.587-592, 1996.

LUBBECKE, S., VOGELPOHL, A., DEWIANIN, W. *Wastewater Treatment in a Biological High-performance System with High Biomass concentration. Wat. Res.*, v.29, n.3, p.793-802, 1995.

MELLANBY, K. *Biologia da Poluição*, ed. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo USP, v.28, 1983. 89p.

METCALF & EDDY, Inc., *Ingenieria Sanitaria*, Segunda Edición, Editora Labor S.A., Barcelona - Espanha , 1985.

MEYER, U. *Aerobic Bacterial Degradation of Azo Dyes. FEMS Symp.*, v.12, p. 387-399, 1981.

MIRANDA, M.P., BENITO, G.G. Color Elimination from Molasses Wastewater by *Aspergillus Niger*. *Bioresurce Technology.*, v.57, p.229-235, 1996.

NICOLAU, M., HANDJIVASSILIS, I. *Treatment of Wastewater from the Textile Industry. Wat. Sci. Tech.*, v.25, n.1, p.31-35, 1992.

NIGAN, P., MARCHANT, R., *Selection of a Substratum for composing Biofilm System of a Textile-Effluent Decolourizing Bacteria.*, **Biotechnology Letters**, 17(9), p. 993-996 (1995).

NIGAN, P., MULLAN, G. MC., BANAT, I. M., MARCHANT, R. *Decolourisation of Effluent from the Textile industry by a microbial consortium.* **Biotechnology Letters**, v.18, n.1, p.117-120, 1996.

NITTA, Y., MORISITA, S. *Addition of Low-Concentration Ozone in Activated Sludge Process.* **Kagaku Kogyo**, v.42, n.7, p.573-574, 1991.

OGAWA, T. et al. *Biodegradation of Azo Dyes by Continuous Cultivation of Pseudomonas Cepacia 13NA.* **J.Soc.Dyers and Colourist**, v.102, n1, p.12-13, 1986.

PELCZAR, M. J., ROGER, R., CHAN, E. S. **Microbiologia**. 2ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1986. V.1, 574p.

PFEFFER, J., *Anaerobic digestion.* In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANAEROBIC DIGESTION, 1, 1979, University College. Proceedings. Lodon, **Applied Science**, p. 15-35 (1980).

PLANTT, M. W., HADAR, Y., CHET, I. *The decolorization of the polymeric dye Poly-Blue (polyvinylamine sulfonate - anthroquinone) by lignin degrading fungi. Applied Microbiology and Biotechnology*, v.21, p. 394-396, 1985.

RAIS. **Acervo Bibliotecário- Federação das Indústrias de Santa Catarina: FIESC/ Florianópolis**, 1991.

RAIZER NETO, E. *A melhoração de la Stabilité de Fonctionement et des Performances des Stations D'épuration Biologique de Coquerie*. Nancy-France, ENSIC/INPL. Tese Doutorado, p. 130, 1991.

REIFE, A. *Waste Treatment of Soluble Acid, Direct, an Reactive Dyes using a Sodium Hydrosulfite Reduction Pretreatment followed by Carbon Adsorption*. **Am. Assoc. Textile. Chem. Colour**, v. 201, 1990.

RICHTER, I. S., KERMER, W. D. *Decolorising Textile Effluent*. **JSDC**, v.108, n.4, p.182-186, 1992.

SANIN, L. B. B. *Tecnologia Meio Ambiente*. **Associação Brasileira de Químicos e Colorista Têxteis**, v.47, junho, p.13-14, 1996.

SCHLEGEL, G. H. *General Microbiology*. 6 ed. Cambridge: **Cambridge University Press**, 587p, 1968.

SCHÖBORN, W. **Biotechnology**, New York, VCH, v.8, 1986.

SECEX / DTIC / SISTMAS ALICE - Acervo FIESC(Federação das Indústrias de Santa Catarina)/ Florianópolis, 1996.

SERVIÇO NACIONAL DE APOIO ÀS INDÚSTRIAS / SENAI- São Paulo/ DO/DPPA,1996.

SHAO, J., HAWKYARD, C. J ., CARR, C. M. *Investigation into the effect of UV/Ozone treatments on the dyeability and printability of wool.* **JSDC**, v.113, n.4, p.126-130, 1997.

SILVA, S. A. *Tratamento Biológico de Águas Residuárias*, **CETESB** (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental),1. Ed Rio de Janeiro , ABES, 1979. 140p.

Standard Methods for the Examination of Water an Wastewater., 17th Edition, AWWA/WPCA/APHA.

SYLLOS, N. C. A Poluição e suas Diversas Formas. **Revista Pesquisa & Tecnologia**, FEI (Faculdade de Engenharia Industrial), São Bernardo do Campo, 1996, n.16,Junho, 51p.

TRABULSI, L. R., TOLEDO, M. R. F., **Microbiologia**, 2ºed. São Paulo: Editora RJ, 1991, 14-15 pg.

TRAVASSOS, L. R., AZEVEDO, J., ROITMAN, I. **Tratado de Microbiologia**, 1ed. São Paulo : Manoele Ltda, 1988. v.1, 181p.

TUNAY, O. Et al. *Pretreatment of Textile Processing Wastewaters*. **Water Sci. Technol.**, v. 22, n.17, 1990.

VEZZANI, E. *Tratamento de Efluentes. Tratamento de Superficie*, v.82, p. 28-30, 1997.

WEBER, E. J., STICKNEY, V. C. *Hidrolisis Kinetics of reactive Blue 19-Vinyl Sulfone*. **Wat. Res.**, v.27, n.1, p. 63-67, 1993.

XIAN, H., YANG, H. *Study on the Decolorization of Dyes by Microorganisms*. **J. Environ. Sci.**, v.1, n. 60, 1989.

YEH, R. Y., THOMAS, A. *Colour Difference Measurement and Colour Removal from Dye Wastewater using Different Adsorbents*. **J.Chem. Tech. Biotechnol.**, v. 63, p. 55-59, 1995.

ZIMMERMAN, T., KULLA, H.G., LEISINGER, T. *Properties of Purified Orange II azoreductase, the enzyme initiating azo dye degradation by Pseudomonas KF46*. **Eur. J. Biochem.**, v.129, p.197-203, 1982.

ZINK, P., FENGEL, D. *Studies on the Colouring Matter of Blue - Stain Fungi. Part.1*. **Holzforchung**, v.42, n.4, p.217-220, 1988.

ZOLLINGER, H. *Synthesis, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments*. **Color Chemistry.**, New York, VCH, 1987.

APÊNDICE

Tabela 6 - Dados da proporção de 80% de Corante Vermelho e 20% Lodo em diferentes meios de cultura, apresentados na Figura 15.

Tempo (min)	Absorb.(nm) TSB	Absorb.(nm) EXTRA	Absorb.(nm) Lodo Puro
0	0,565	0,592	0,747
40	0,567	0,457	0,676
80	0,512	0,421	0,642
120	0,488	0,388	0,628
240	0,171	0,374	0,617
480	0,068	0,368	0,584

Tabela 7 - Dados da proporção de 66% de Corante Vermelho e 33% Lodo em diferentes meios de cultura, apresentados na Figura 16.

Tempo (min)	Absorb.(nm) TSB	Absorb.(nm) EXTRA	Absorb.(nm) Lodo Puro
0	0,502	0,366	0,677
40	0,472	0,358	0,657
80	0,368	0,329	0,650
120	0,244	0,323	0,641
240	0,134	0,300	0,633
480	0,061	0,279	0,620

Tabela 8 - Dados da proporção de 50% de Corante Vermelho e 50% Lodo em diferentes meios de cultura, apresentados na Figura 17.

Tempo (min)	Absorb.(ηm) TSB	Absorb.(ηm) EXTRA	Absorb.(ηm) Lodo Puro
0	0,464	0,287	0,799
40	0,320	0,244	0,579
80	0,113	0,201	0,550
120	0,084	0,187	0,521
240	0,046	0,118	0,502
480	0,031	0,087	0,489

Tabela 9 - Dados da evolução do Oxigênio Dissolvido (mg/l) em diferentes meio de cultura, apresentados na Figura 18.

Tempo (min)	O.D (mg/l) TSB	O.D (mg/l) EXTRA	O.D (mg/l) Lodo Puro
0	2,5	2,3	3,2
40	2,2	2,2	2,8
80	2,2	2,2	2,6
120	2,2	2,2	2,4
240	2,2	2,2	2,4
480	2,2	2,2	2,4

Tabela 10 - Dados da proporção de 80% de Corante Azul e 20% Lodo em diferentes meios de cultura, apresentados na Figura 19.

Tempo (min)	Absorb.(ηm) TSB	Absorb.(ηm) EXTRA	Absorb.(ηm) Lodo Puro
0	0,407	0,472	0,529
40	0,309	0,421	0,501
80	0,248	0,370	0,482
120	0,119	0,301	0,472
240	0,074	0,281	0,398
480	0,054	0,247	0,369

Tabela 11 - Dados da proporção de 66% de Corante Azul e 33% Lodo em diferentes meios de cultura, apresentados na Figura 20.

Tempo (min)	Absorb.(nm) TSB	Absorb.(nm) EXTRA	Absorb.(nm) Lodo Puro
0	0,382	0,421	0,498
40	0,211	0,378	0,462
80	0,186	0,324	0,431
120	0,100	0,276	0,423
240	0,061	0,149	0,384
480	0,042	0,101	0,341

Tabela 12 - Dados da proporção de 50% de Corante Azul e 50% Lodo em diferentes meios de cultura, apresentados na Figura 21.

Tempo (min)	Absorb.(nm) TSB	Absorb.(nm) EXTRA	Absorb.(nm) Lodo Puro
0	0,342	0,382	0,506
40	0,197	0,320	0,479
80	0,152	0,241	0,421
120	0,097	0,189	0,402
240	0,051	0,126	0,379
480	0,029	0,087	0,328

Tabela 13 - Dados da evolução do Oxigênio Dissolvido (mg/l) em diferentes meios de cultura, apresentados na Figura 22.

Tempo (min)	O.D (mg/l) TSB	O.D (mg/l) EXTRA	O.D (mg/l) Lodo Puro
0	2,4	2,4	3,2
40	2,3	2,2	3,1
80	2,2	2,2	3,0
120	2,2	2,2	2,8
240	2,2	2,2	2,8
480	2,2	2,2	2,8

Tabela 14 - Dados da proporção de 80% de Corante Amarelo e 20% Lodo em diferentes meios de cultura, apresentados na Figura 23.

Tempo (min)	Absorb.(ηm) TSB	Absorb.(ηm) EXTRA	Absorb.(ηm) Lodo Puro
0	0,460	0,517	0,698
40	0,350	0,482	0,629
80	0,270	0,406	0,601
120	0,120	0,374	0,590
240	0,081	0,354	0,574
480	0,062	0,341	0,559

Tabela 15 - Dados da proporção de 66% de Corante Amarelo e 33% Lodo em diferentes meios de cultura, apresentados na Figura 24.

Tempo (min)	Absorb.(ηm) TSB	Absorb.(ηm) EXTRA	Absorb.(ηm) Lodo Puro
0	0,421	0,438	0,601
40	0,306	0,410	0,582
80	0,221	0,387	0,564
120	0,142	0,364	0,547
240	0,098	0,348	0,530
480	0,051	0,309	0,519

Tabela 16 - Dados da proporção de 50% de Corante Amarelo e 50% Lodo em diferentes meios de cultura, apresentados na Figura 25.

Tempo (min)	Absorb.(ηm) TSB	Absorb.(ηm) EXTRA	Absorb.(ηm) Lodo Puro
0	0,381	0,390	0,640
40	0,240	0,311	0,620
80	0,170	0,278	0,581
120	0,098	0,201	0,542
240	0,052	0,132	0,520
480	0,028	0,079	0,507

Tabela 17 - Dados da evolução do Oxigênio Dissolvido (mg/l) em diferentes meios de cultura, apresentados na Figura 26.

Tempo (min)	O.D (mg/l) TSB	O.D (mg/l) EXTRA	O.D (mg/l) Lodo Puro
0	2,4	2,4	3,2
40	2,2	2,2	2,8
80	2,2	2,2	2,6
120	2,2	2,2	2,4
240	2,2	2,2	2,4
480	2,2	2,2	2,4

Tabela 18 - Dados da evolução da degradação do meio de cultura TSB, na proporção de 80% de corante e 20% de Lodo, apresentados na Figura 27.

Tempo (min)	Absorb.(ηm) <i>Vermelho</i>	Absorb.(ηm) <i>Azul</i>	Absorb.(ηm) <i>Amarelo</i>
0	0,565	0,407	0,460
40	0,567	0,309	0,350
80	0,512	0,248	0,270
120	0,488	0,119	0,120
240	0,171	0,074	0,081
480	0,068	0,054	0,062

Tabela 19- Dados da Evolução da Concentração do Efluente vinil sulfônico de cor azul, em diferentes proporções de Solução de Nutrientes, apresentados na Figura 28 .

Tempo (h)	Conc. (mg/l) 0,0% S.Nut.	Conc. (mg/l) 0,2% S.Nut	Conc. (mg/l) 0,4% S.Nut	Conc. (mg/l) 0,6% S.Nut
1	51,386	49,604	44,256	41,761
2	49,247	46,395	42,295	38,909
3	47,108	44,969	39,443	36,591
4	46,039	42,830	37,839	34,274
5	44,434	41,226	35,700	31,065
6	42,830	39,265	33,383	28,570
7	41,404	37,304	31,778	26,074
8	40,335	35,878	28,392	23,579
9	39,087	34,987	26,431	21,440
10	38,374	32,491	24,292	19,836

Tabela 20 - Dados da Evolução da Remoção da cor do Efluente vinil sulfônico de cor azul , em diferentes proporções de Solução de Nutrientes, apresentados na Figura 29.

Tempo (h)	%Rem. Cor 0,0% S.Nut.	%Rem. Cor 0,2% S.Nut	%Rem. Cor 0,4% S.Nut	%Rem. Cor 0,6% S.Nut
1	4,432	7,747	17,692	22,333
2	8,410	13,715	21,339	27,637
3	12,389	16,367	26,626	31,947
4	14,378	20,345	29,623	36,257
5	17,361	23,328	33,605	42,224
6	20,345	26,975	37,915	46,865
7	22,997	30,621	40,898	51,507
8	24,986	33,274	47,197	56,147
9	27,306	34,9311	50,844	60,126
10	28,632	39,573	54,821	63,109

Tabela 21- Dados da Evolução da DQO durante a biodegradação do corante vinil sulfônico de cor azul , em diferentes proporções de Solução de Nutrientes, apresentados na Figura 30.

Tempo (h)	DQO (mg/l) 0,0% S.Nut.	DQO (mg/l) 0,2% S.Nut	DQO (mg/l) 0,4% S.Nut	DQO (mg/l) 0,6% S.Nut
1	12980	12500	11190	10550
2	12400	11700	10580	9840
3	11800	11300	9960	9240
4	11600	10800	9500	8660
5	11150	10400	9030	7860
6	10880	9900	8440	7200
7	10064	9400	8030	6580
8	9520	8700	7180	5570
9	8700	8160	6600	5030
10	8160	7050	6100	4030

Tabela 22- Dados da Evolução da Concentração do Efluente vinil sulfônico de cor azul , em diferentes vazões de ar , apresentados na Figura 31 .

Tempo (h)	Conc.mg/l 0,1 ml/min	Conc. mg/l 0,2 ml/min	Cone. mg/l 0,4 ml/min	Conc. mg/l 0,8 ml/min	Cone. mg/l 1,2 ml/min
1	46,395	48,178	48,534	49,069	49,604
2	43,900	46,217	46,930	47,821	48,891
3	41,226	42,830	46,039	46,573	47,821
4	38,909	39,443	44,434	45,504	46,573
5	36,413	37,839	42,830	44,256	45,682
6	33,739	35,878	41,226	43,187	44,613
7	30,352	33,739	39,800	42,295	43,543
8	28,213	30,531	37,483	41,226	43,008
9	25,005	28,926	35,344	39,800	41,939
10	23,401	28,035	33,918	38,196	40,869

Tabela 23- Dados da Evolução da Remoção da cor do Efluente vinil sulfônico de cor azul , em diferentes vazões de ar , apresentados na Figura 32.

Tempo (h)	% Rem. 0,1mg/l	% Rem. 0,2mg/l	% Rem. 0,4mg/l	% Rem. 0,8mg/l	% Rem. 1,2 mg/l
1	6,779	3,1982	2,481	1,407	0,332
2	11,793	7,1378	5,7052	3,914	1,765
3	17,166	13,942	7,4960	6,421	3,914
4	21,8222	20,747	10,719	8,570	6,421
5	26,836	23,971	13,942	11,077	8,212
6	32,208	27,910	17,166	13,226	10,361
7	39,013	32,208	20,031	15,017	12,510
8	43,311	38,655	24,687	17,166	13,584
9	49,758	41,878	28,985	20,031	15,733
10	52,981	43,669	31,850	23,254	17,882

Tabela 24-Dados da Evolução da DQO durante a biodegradação do corante vinil sulfônico de cor azul , em diferentes vazões de ar , apresentados na Figura 33.

Tempo (h)	DQO mg/l 0,1 ml/min	DQO mg/l 0,2 ml/min	DQO mg/l 0,4 ml/min	DQO mg/l 0,8 ml/min	DQO mg/l 1,2 ml/min
1	12500	13000	13000	13000	13550
2	12000	12500	12750	13000	13350
3	11000	11500	12500	12750	13000
4	10500	11000	12000	12550	12650
5	10000	10000	11500	12000	12400
6	9000	10000	11000	11800	12150
7	8000	9000	10500	11550	11850
8	7500	8000	10000	11250	11750
9	6500	7500	9500	10750	11500
10	5500	7000	9000	10400	11150

Tabela 25 - Dados da Evolução da Concentração do Efluente vinil sulfônico de cor azul , em inóculos diferentes , apresentados na Figura 34.

Tempo (h)	Conc. (mg/l) 16% Inóculo	Conc. (mg/l) 32% Inóculo	Conc. (mg/l) 50% Inóculo
1	44,256	39,265	37,304
2	40,691	34,987	30,709
3	38,730	31,244	25,540
4	37,839	27,857	21,618
5	37,483	23,935	19,122
6	36,413	22,688	15,023
7	34,631	21,440	12,527
8	33,918	20,014	10,745
9	33,383	17,696	10,210
10	33,026	15,023	8,784

Tabela 26- Dados da Evolução da Remoção da cor do Efluente vinil sulfônico de cor azul , em inóculos diferentes , apresentados na Figura 35.

Tempo (h)	%Rem. Cor 16% Inóculo	%Rem. Cor 32% Inóculo	%Rem. Cor 50% Inóculo
1	7,259	17,718	21,827
2	14,730	26,683	35,647
3	18,839	34,527	46,480
4	20,706	41,624	54,698
5	21,453	49,842	59,927
6	23,694	52,456	68,518
7	27,430	55,071	73,748
8	28,924	58,059	77,483
9	30,044	62,915	78,604
10	30,792	68,518	81,592

Tabela 27- Dados da Evolução da DQO durante a biodegradação do corante vinil sulfônico de cor azul , em inóculos diferentes, apresentados na Figura 36.

Tempo (h)	DQO (mg/l) 16% Inóculo	DQO (mg/l) 32% Inóculo	DQO (mg/l) 50% Inóculo
1	12500	11000	10500
2	11500	10000	9000
3	11000	8750	7500
4	10750	8000	6000
5	10500	6750	5500
6	10250	6500	4500
7	9750	6000	3500
8	9500	5500	3000
9	9250	5000	2500
10	9000	4000	2000

Tabela 28 – Evolução da concentração do efluente (azul) em diferentes TRH, apresentados na Figura 37.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	0,04	0,040	0,048
0,08	19,62	21,04	22,11
0,16	24,06	24,60	24,78
0,25	12,14	14,10	15,17
0,33	3,60	5,38	6,45
0,41	2,53	2,71	2,89
0,50	2,00	2,36	2,89
0,58	1,82	2,18	2,89
0,66	1,64	2,18	2,89
0,75	1,47	2,18	2,89
0,83	1,29	2,18	2,89
1,00	1,29	2,18	2,89
1,25	1,29	2,18	2,89

Tabela 29 – Evolução da DQO durante a biodegradação do corante azul em diferentes TRH, apresentados na Figura 38.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	0	0	0
0,08	9000	10000	10500
0,16	8000	8500	9000
0,25	6000	6500	7000
0,33	4000	4500	5000
0,41	2000	3000	3500
0,50	1000	2000	2500
0,58	500	1000	1500
0,66	250	400	500
0,75	100	250	350
0,83	50	100	250
1,00	50	50	100
1,25	50	50	50

Tabela 30 – Evolução da concentração de biomassa do efluente (azul) com diferentes TRH, apresentados na Figura 39.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	1100	1080	1050
0,08	1150	1120	1110
0,16	1320	1280	1275
0,25	1480	1450	1435
0,33	1520	1500	1480
0,41	1398	1368	1360
0,50	1325	1330	1320
0,58	1285	1295	1250
0,66	1205	1260	1220
0,75	1180	1120	1100
0,83	1120	1095	1050
1,00	1100	1050	1020
1,25	1080	1010	1000

Tabela 31 – Evolução da concentração do efluente (vermelho) em diferentes TRH, apresentados na Figura 40.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,08	13,37	14,51	15,19
0,16	15,75	17,00	20,40
0,25	6,80	9,52	12,01
0,33	3,51	5,44	7,82
0,41	2,49	4,08	2,83
0,50	2,26	2,72	2,83
0,58	2,04	2,49	2,83
0,66	1,81	2,49	2,83
0,75	1,58	2,49	2,83
0,83	1,47	2,49	2,83
1,00	1,47	2,49	2,83
1,25	1,47	2,49	2,83

Tabela 32 – Evolução da DQO durante a biodegradação do corante vermelho em diferentes TRH, apresentados na Figura 41.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	0	0,00	0,00
0,08	533,52	553,28	573,04
0,16	494	513,76	533,52
0,25	395,2	434,72	454,48
0,33	296,4	395,20	414,96
0,41	197,6	316,16	335,92
0,50	98,8	237,12	256,88
0,58	59,28	158,08	177,84
0,66	39,52	98,80	118,56
0,75	19,76	59,28	79,04
0,83	19,76	39,52	59,28
1,00	19,76	19,76	39,52
1,25	19,76	19,76	19,76

Tabela 33 – Evolução da concentração de biomassa do efluente (vermelho) com diferentes TRH , apresentados na Figura 42.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	921	980	950
0,08	1250	1125	1020
0,16	1490	1290	1250
0,25	1580	1480	1420
0,33	1405	1550	1590
0,41	1380	1580	1620
0,50	1290	1458	1540
0,58	1180	1380	1410
0,66	1050	1320	1365
0,75	996	1280	1278
0,83	980	1220	1198
1,00	960	1150	1045
1,25	945	1085	985

Tabela 34 – Evolução da concentração do efluente (amarelo) em diferentes TRH, apresentados na Figura 43.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	0,08	0,08	0,08
0,08	8,34	9,57	9,96
0,16	13,82	16,14	16,91
0,25	10,04	11,50	12,12
0,33	5,09	5,48	5,94
0,41	2,24	2,47	2,78
0,50	1,85	2,31	2,78
0,58	1,70	2,01	2,78
0,66	1,62	2,01	2,78
0,75	1,54	2,01	2,78
0,83	1,47	2,01	2,78
1,00	1,47	2,01	2,78
1,25	1,47	2,01	2,78

Tabela 35 – Evolução da DQO durante a biodegradação do corante amarelo em diferentes TRH, apresentados na Figura 44.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,08	494,00	553,28	573,04
0,16	414,96	494,00	533,52
0,25	335,92	395,20	434,72
0,33	276,64	316,16	395,20
0,41	177,84	217,36	316,16
0,50	118,56	197,60	237,12
0,58	98,80	138,32	158,08
0,66	79,04	98,80	138,32
0,75	39,52	59,28	79,04
0,83	19,76	39,52	59,28
1,00	19,76	19,76	39,52
1,25	19,76	19,76	19,76

Tabela 36 – Evolução da concentração de biomassa do efluente (amarelo) com diferentes TRH , apresentados na Figura 45.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	1380	1350	1280
0,08	1420	1380	1300
0,16	1450	1410	1320
0,25	1350	1430	1350
0,33	1300	1420	1320
0,41	1280	1380	1300
0,50	1250	1320	1280
0,58	1200	1300	1250
0,66	1180	1250	1220
0,75	1150	1200	1200
0,83	1120	1150	1150
1,00	1100	1120	1100
1,25	1080	1100	1050

Tabela 37 – Evolução da concentração dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 20h, apresentados na Figura 46.

Tempo(dia)	AZUL (mg/l)	Vermelho (mg/l)	Amarelo (mg/l)
0,00	0,048	0,00	0,08
0,08	19,62	13,37	8,34
0,16	24,06	15,75	13,82
0,25	12,14	6,80	10,04
0,33	3,60	3,51	5,09
0,41	2,53	2,49	2,24
0,50	2,00	2,26	1,85
0,58	1,82	2,04	1,70
0,66	1,64	1,81	1,62
0,75	1,47	1,58	1,54
0,83	1,29	1,47	1,47
1,00	1,29	1,47	1,47
1,25	1,29	1,47	1,47

Tabela 38 – Evolução da DQO durante a biodegradabilidade dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 20h, apresentados na Figura 47.

Tempo(dia)	AZUL (mg/l)	Vermelho (mg/l)	Amarelo (mg/l)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,08	9000	533,52	494,00
0,16	8000	494	414,96
0,25	6000	395,2	335,92
0,33	4000	296,4	276,64
0,41	2000	197,6	177,84
0,50	1000	98,8	118,56
0,58	500	59,28	98,80
0,66	250	39,52	79,04
0,75	100	19,76	39,52
0,83	50	19,76	19,76
1,00	50	19,76	19,76
1,25	50	19,76	19,76

Tabela 39 – Evolução da concentração dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 15h, apresentados na Figura 48.

Tempo(dia)	AZUL (mg/l)	Vermelho (mg/l)	Amarelo (mg/l)
0,00	0,048	0,00	0,08
0,08	21,04	14,51	9,57
0,16	24,60	17,00	16,14
0,25	14,10	9,52	11,50
0,33	5,38	5,44	5,48
0,41	2,71	4,08	2,47
0,50	2,36	2,72	2,31
0,58	2,18	2,49	2,01
0,66	2,18	2,49	2,01
0,75	2,18	2,496	2,01
0,83	2,18	2,49	2,01
1,00	2,18	2,49	2,01
1,25	2,18	2,49	2,01

Tabela 40 – Evolução da DQO durante a biodegradabilidade dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 15h, apresentados na Figura 49.

Tempo(dia)	AZUL (mg/l)	Vermelho (mg/l)	Amarelo (mg/l)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,08	10000	553,28	553,28
0,16	8500	513,76	494,00
0,25	6500	434,72	395,2
0,33	4500	395,2	316,16
0,41	3000	316,16	217,36
0,50	2000	237,12	197,60
0,58	1000	158,08	138,32
0,66	400	98,80	98,80
0,75	250	59,28	59,28
0,83	100	39,52	39,52
1,00	50	19,76	19,76
1,25	50	19,76	19,76

Tabela 41 – Evolução da concentração dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 10h, apresentados na Figura 50.

Tempo(dia)	AZUL (mg/l)	Vermelho (mg/l)	Amarelo (mg/l)
0,00	0,04	0,00	0,08
0,08	22,11	15,19	9,96
0,16	24,78	20,40	16,91
0,25	15,17	12,01	12,12
0,33	6,45	7,82	5,94
0,41	2,89	2,83	2,78
0,50	2,89	2,83	2,78
0,58	2,89	2,83	2,78
0,66	2,89	2,83	2,78
0,75	2,89	2,83	2,78
0,83	2,89	2,83	2,78
1,00	2,89	2,83	2,78
1,25	2,89	2,83	2,78

Tabela 42 – Evolução da DQO durante a biodegradabilidade dos corantes vinil sulfônico nas cores azul, vermelha e amarela com TRH de 10h, apresentados na Figura 51.

Tempo(dia)	AZUL (mg/l)	Vermelho (mg/l)	Amarelo (mg/l)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,08	10500	573,04	573,04
0,16	9000	533,52	533,52
0,25	7000	454,48	434,72
0,33	5000	414,96	395,2
0,41	3500	335,92	316,16
0,50	2500	256,88	237,12
0,58	1500	177,84	158,08
0,66	500	118,56	138,32
0,75	350	79,04	79,04
0,83	250	59,28	59,28
1,00	100	39,52	39,52
1,25	50	19,76	19,76

Tabela 43 – Evolução da concentração do efluente industrial complexo em diferentes TRH, apresentados na Figura 52.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	4,22	4,22	4,22
0,08	60,22	68,22	76,22
0,16	92,22	116,22	128,22
0,25	52,22	94,22	66,22
0,33	40,22	48,22	60,22
0,41	24,22	26,22	28,22
0,50	22,22	26,22	28,22
0,58	20,22	26,22	28,22
0,66	18,22	26,22	28,22
0,75	16,22	26,22	28,22
0,83	14,22	26,22	28,22
1,00	14,22	26,22	28,22
1,25	14,22	26,22	28,22

Tabela 44– Evolução da DQO durante a biodegradação do efluente industrial complexo, em diferentes TRH, apresentados na Figura 53.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,08	8892	9386	9435,40
0,16	4940	5681	7163
0,25	3211	3705	4693
0,33	1235	1976	2964
0,41	741	1482	2223
0,50	494	988	1729
0,58	247	494	1235
0,66	123,5	247	741
0,75	98,8	123,5	494
0,83	74,1	74,1	247
1,00	49,4	49,4	123,5
1,25	24,7	24,7	74,1

Tabela 45 – Evolução da concentração de biomassa do efluente industrial complexo com diferentes TRH, apresentados na Figura 54.

Tempo(dia)	TRH=20h (mg/l)	TRH=15h (mg/l)	TRH=10h (mg/l)
0,00	1100	980	970
0,08	1200	1050	1050
0,16	1320	1200	1180
0,25	1450	1350	1320
0,33	1510	1480	1450
0,41	1350	1350	1340
0,50	1320	1275	1280
0,58	1280	1200	1250
0,66	1200	1165	1220
0,75	1165	1100	1200
0,83	1115	1050	1180
1,00	1105	1000	1100
1,25	1110	980	1000