

Sumário

Apresentação.....	VII
Abreviaturas.....	IX

CAPÍTULO 1

COMUNIDADES MICROBIANAS E TRATAMENTO BIOLÓGICO.....	1
1.1 Breve Histórico da Evolução Microbiana	1
1.2 Micro-organismos de Importância para os Sistemas de Tratamento de Efluentes.....	5
1.3 Principais Interações nas Comunidades Microbianas	12
1.4 Morfologia e Características dos Aglomerados Microbianos Típicos de Sistemas de Tratamento de Efluentes – Flocos, Biofilmes e Grânulos.....	13
1.5 Referências	19
Leituras recomendadas	20
Questões para responder e discutir	21

CAPÍTULO 2

BIODEGRADAÇÃO DE POLUENTES ORGÂNICOS	23
2.1 Etapas do Processo de Remoção e Degradação de Poluentes Orgânicos	23
2.2 Energia e Metabolismo	26

2.2.1 Rotas para a oxidação de compostos orgânicos e conservação de energia na forma de ATP	26
2.2.2 Rotas alternativas para a obtenção de energia	30
2.3 Nutrição Microbiana.....	33
2.4 Referências	35
Leituras recomendadas	35
Questões para responder e discutir	35

CAPÍTULO 3

POLUIÇÃO HÍDRICA: PARÂMETROS E INDICADORES DE INTERESSE	37
3.1 O Oxigênio Dissolvido nos Sistemas Aquáticos	37
3.2 Indicadores Globais da Matéria Orgânica.....	39
3.3 Outros Indicadores Globais.....	53
3.4 Referências	61
Leituras recomendadas	62
Questões propostas resolvidas.....	62
Questões para resolver.....	64

CAPÍTULO 4

PROCESSOS AERÓBIOS PARA REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA – TIPOS E VARIANTES.....	67
4.1 Introdução.....	67
4.2 Comunidades Microbianas de Processos Aeróbios.....	69
4.3 Condições e Fatores Ambientais	73
4.4 Parâmetros Operacionais e de Projeto	76
4.5 Processos Aeróbios com Biomassa em Suspensão	79
4.5.1 Lodos ativados e suas variantes	79
4.5.2 Lagoas aeradas agitadas	92
4.5.3 Outros sistemas que empregam biomassa em suspensão.....	94

4.6 Processos Aeróbios com Biomassa Fixa ou Aderida a Suportes.....	100
4.7 Referências.....	116
Leituras recomendadas	122
Questões para resolver.....	122

CAPÍTULO 5

PROCESSOS AERÓBIOS PARA REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA – ASPECTOS CINÉTICOS E DE PROJETO	125
5.1 Introdução.....	125
5.2 Equações de Projeto e Operação – Reatores com Biomassa em Suspensão.....	127
5.2.1 Modelagem do crescimento microbiano.....	128
5.2.2 Modelagem do consumo de substrato.....	132
5.2.3 Modelos especiais para o processo de lodos ativados	134
5.2.4 Modelagem do consumo de oxigênio	136
5.2.5 Balanços materiais aplicados a alguns modelos de biorreatores	136
5.3 Equações de Projeto e Operação – Reatores com Biomassa Fixa a Suportes	143
5.3.1 Filtros biológicos de percolação (<i>trickling filters</i>)	144
5.3.2 Sistemas rotativos (RBCs)	146
5.3.3 Biorreatores de leito submerso	147
5.3.4 Biorreatores trifásicos (fluidizados, <i>air-lift</i> e <i>moving bed</i>)	148
5.4 Exemplos de Aplicação de Modelos para o Projeto de Biorreatores.....	149
5.5 Estimativa Experimental de Parâmetros Cinéticos	157
5.5.1 Reator de mistura completa – operação de modo contínuo	158
5.5.2 Reator de mistura completa – operação de modo contínuo com recirculação de lodo.....	162

5.5.3 Reator completamente agitado operado em batelada.....	165
5.5.4 Parâmetros relativos ao consumo de oxigênio.....	168
5.6 Referências.....	171
Leituras recomendadas.....	172
Questões para resolver.....	172

CAPÍTULO 6

TRANSFERÊNCIA DE OXIGÊNIO.....	179
6.1 Introdução.....	179
6.2 Fundamentos e Definições.....	180
6.3 Fatores que Afetam a Transferência de Oxigênio.....	188
6.4 Tipos de Aeradores.....	194
6.4.1 Difusores.....	194
6.4.2 Aeradores mecânicos.....	200
6.4.3 Outros dispositivos de aeração.....	204
6.4.4 Utilização de oxigênio puro.....	205
6.4.5 Transferência de oxigênio em outros tipos de reatores.....	207
6.5 Referências.....	208
Leituras recomendadas.....	210
Questões para resolver.....	210

CAPÍTULO 7

PROCESSOS ANAERÓBIOS PARA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA.....	213
7.1 Breve Histórico.....	213
7.2 Microbiologia e Bioquímica.....	215
7.3 Reatores Aplicáveis ao Tratamento Anaeróbio de Efluentes.....	226
7.3.1 Lagoas anaeróbias.....	230
7.3.2 Filtros anaeróbios.....	231

7.3.3	Reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB)	234
7.3.4	Reatores anaeróbios de manta granular expandida (EGSB)	241
7.3.5	Reatores anaeróbios de circulação interna (IC)	243
7.3.6	Outros modelos de reatores anaeróbios.....	245
7.4	Projeto e Operação de Reatores Anaeróbios	249
7.5	Fatores Ambientais.....	251
7.6	Sulfetogênese	260
7.7	Controles Operacionais do Processo	262
7.8	Comparações Entre os Processos Anaeróbios e Aeróbios	265
7.9	Referências	267
	Leituras recomendadas	274
	Questões para resolver ou discutir.....	274

CAPÍTULO 8

	REMOÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO	277
8.1	Introdução.....	277
8.2	Nitrificação Convencional.....	280
8.2.1	Microbiologia e bioquímica	280
8.2.2	Fatores ambientais e inibidores.....	284
8.2.3	Processos e biorreatores	289
8.2.4	Modelos cinéticos.....	293
8.3	Desnitrificação Convencional	297
8.3.1	Microbiologia e bioquímica	297
8.3.2	Fatores ambientais e operacionais	300
8.3.3	Processos e reatores	302
8.3.4	Cinética da desnitrificação	304
8.4	Nitrificação e Desnitrificação Simultâneas (NDS).....	306
8.4.1	Fatores que afetam a NDS	312

8.5	Processos Combinados de Nitrificação e Desnitrificação.....	313
8.5.1	Processos contínuos – múltiplos tanques	314
8.5.2	Processos descontínuos.....	316
8.5.3	Remoção convencional de nitrogênio via nitrito.....	317
8.6	Novas Formas de Remoção de Nitrogênio	321
8.6.1	O processo ANAMMOX	322
8.6.2	O processo SHARON – ANAMMOX.....	327
8.6.3	O processo CANON	328
8.6.4	O processo OLAND	329
8.6.5	O processo NO_x	329
8.6.6	Comentários finais sobre os novos processos de remoção de nitrogênio.....	331
8.7	Referências	333
	Leituras recomendadas	341
	Questões para resolver ou discutir.....	341

CAPÍTULO 9

	REMOÇÃO BIOLÓGICA DE FÓSFORO.....	345
9.1	Introdução.....	345
9.2	Microbiologia e Bioquímica.....	347
9.3	Aspectos Relevantes do Processo EBPR.....	352
9.3.1	Substratos para o processo EBPR.....	353
9.3.2	Liberação e absorção de fósforo e consumo de substrato	355
9.3.3	Fatores ambientais e outros fatores que afetam o processo EBPR	356
9.4	Processos Combinados Para Remoção de Nutrientes (N e P)....	366
9.5	Remoção de Nutrientes em RBSs com Lodo Granular	374
9.6	Referências	375
	Leituras recomendadas	379
	Questões para resolver ou discutir.....	379

CAPÍTULO 10

DESAFIOS E TENDÊNCIAS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES	383
10.1 Introdução.....	383
10.2 Dos Parâmetros Globais aos Específicos.....	384
10.3 Dos Processos Consolidados aos Novos	387
10.4 Referências	393
Leituras recomendadas	395
RESPOSTAS A ALGUNS DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS	397