

ÁGUAS

&

ÁGUAS

4ª EDIÇÃO ATUALIZADA e REVISADA

JORGE ANTÔNIO BARROS DE MACÊDO, D.Sc.

Bacharel em Química Tecnológica
Professor Titular da Faculdade Metodista Granbery

Email: j.macedo@terra.com.br
barrosmacedo@gmail.com
Site: www.jorgemacedo.pro.br

Belo Horizonte

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-909561-4-3



Copyright© 2016 by Jorge Antônio Barros de Macêdo

Todos os direitos reservados. É vedada a duplicação ou reprodução deste volume, no todo ou em parte, sob quaisquer formas ou por quaisquer meios (eletrônico, mecânico, gravação, fotocópia ou outros), sem permissão expressa do Autor.

Editoração do Texto: **Jorge Macedo**

Capa: **Jorge Macedo**

FICHA CATALOGRÁFICA

MACÊDO, JORGE ANTÔNIO BARROS DE

960p. 18,2 cm x 25,7 cm

ISBN: 9788590956143

1. Água, história, consumo, conservação, quantidade, qualidade
2. Demandas e usos múltiplos da água
3. Água comportamento anormal
4. Água potável, tratamento, aspectos legais
5. Águas para caldeira, resfriamento
6. Reciclagem, reutilização, reúso
7. Água negra, amarela e cinza
8. Gerenciamento e reúso de águas cinzas
9. Pegada Hídrica (Water Footprint)
10. Água de chuva – Aproveitamento para fins não potáveis e potáveis
11. Águas na indústria de alimentos, detergentes e sanificantes
12. Padrões microbiológicos
13. Segurança da água para consumo e reúso humanos

CDU- 628.1.034

Índices para catalogação sistemática

- | | |
|--|--------------------|
| 1. Água, história, consumo, conservação, quantidade, qualidade | Tecnologia 664.028 |
| 2. Demandas e usos múltiplos da água | Tecnologia 664.028 |
| 3. Água comportamento anormal | Tecnologia 664.028 |
| 4. Água potável, tratamento, aspectos legais | Tecnologia 664.028 |
| 5. Águas para caldeira, resfriamento | Tecnologia 664.028 |
| 6. Reciclagem, reutilização, reúso | Tecnologia 664.028 |
| 7. Água negra, amarela e cinza | Tecnologia 664.028 |
| 8. Gerenciamento e reúso de águas cinzas | Tecnologia 664.028 |
| 9. Pegada hídrica (Water Footprint) | Tecnologia 664.028 |
| 10. Água de chuva – Aproveitamento para fins não potáveis e potáveis | Tecnologia 664.028 |
| 11. Águas na indústria de alimentos - Detergentes e sanificantes | Tecnologia 664.028 |
| 12. Padrões microbiológicos | Tecnologia 664.028 |
| 13. Segurança da água para consumo e reúso humanos | Tecnologia 664.028 |

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-909561-4-3



9 788590 956143

Sumário
Página

Capítulo 01**Água: comportamento anormal e sua história**

1.1- Introdução	001
1.2- Diamagnetismo e clusters	002
1.3- Memória da água é uma lenda e/ou pseudociência?	006
1.4- Água –outras informações	008
1.5- Estrutura da água	013
1.6- Propriedades da água	015
1.6.1- Estado físico	015
1.6.2- Capacidade de dissolver substâncias	017
1.6.3- Tensão superficial	018
1.6.4- Elevada força de coesão	019
1.6.5- Elevada força de adesão	019
1.6.6- Calor específico	019
1.6.7- Calor de vaporização	019
1.6.8- Ionização da água	019
1.7- História da Água	023
1.7.1- Cronologia	024
1.7.2- História da descoberta da substância química água	029
1.8- Bibliografia	030

Capítulo 02**Água: o presente e o futuro**

2.1- Introdução	033
2.2- Disponibilidade de água	039
2.2.1- Demandas e usos múltiplos da água	051
2.2.1.1- Utilização da água no mundo	052
2.2.1.2- Demandas e usos múltiplos da água no Brasil	054
2.2.1.2.1- Demandas consuntivas – Total e Consumida	054
2.2.1.2.2- Demandas não consuntivas – Hidroeletricidade e Navegação	056
2.3- Consumo de água x produção de alimentos	059
2.3.1- Relação entre ICRH e DEA com potencial de conflitos pelo uso da água	061
2.3.2- Produção de alimentos	063
2.3.3- Irrigação	067
2.4- Pegada Hídrica (Water Footprint)	072
2.5- Índice de perdas lineares (Perdas Físicas) de água potável, consumo per capita por habitante, custo da água tratada	087
2.5.1- Custo da água tratada em alguns países, no Brasil e em diversas cidades do mundo	096
2.6- Degradação dos recursos hídricos	103
2.7- Superexploração de mananciais	111
2.8- Bibliografia	114

Capítulo 03**Reciclagem, Reutilização, Reúso**

3.1- Reaproveitamento de esgotos sanitários para obtenção de água	123
3.2- Reúso de água	124
3.2.1- Classificação do reúso	126
3.2.1.1- Quanto ao método	126
3.2.1.2- Quanto ao uso final	127
3.3- Características do reúso e riscos associados	129
3.4- Características de tipos de águas para reúso	141
3.4.1- Águas negras	142

3.4.2- Águas amarelas	142
3.4.3- Águas cinza	142
3.4.4- Gerenciamento de Águas Cinzas	142
3.5- Legislação e características da água potável	156
3.5.1- Água potável	156
3.5.2- Aspectos físicos	160
3.5.2.1- Temperatura	160
3.5.2.2- Turbidez	160
3.5.2.3- Cor	161
3.5.2.4- Gosto e Odor	164
3.5.2.5- Condutividade	165
3.5.2.5.1- Relação linear entre condutividade e sólidos dissolvidos totais	165
3.5.2.6- Sólidos	166
3.5.3- Aspectos químicos	167
3.5.3.1- Acidez	167
3.5.3.2- Alcalinidade	168
3.5.3.3- Agentes tensoativos sintéticos	170
3.5.3.4- Arsênio	171
3.5.3.5- Bário	173
3.5.3.6- Cádmio	173
3.5.3.7- Cálcio e Magnésio	173
3.5.3.7.1- Dureza temporária	174
3.5.3.7.2- Dureza permanente	175
3.5.3.8- Chumbo	176
3.5.3.9- Cianeto	176
3.5.3.10- Cloretos	177
3.5.3.10.1- Intrusão salina	177
3.5.3.11- Cobre	177
3.5.3.12- Crômio	178
3.5.3.13- Flúor	178
3.5.3.14- Ferro e Manganês	179
3.5.3.15- Fósforo	179
3.5.3.16- Mercúrio	180
3.5.3.17- Nitrogênio - Nitratos e Nitritos	181
3.5.3.18- Prata	182
3.5.3.19- Selênio	182
3.5.3.20- Sulfatos	182
3.5.3.21- Oxigênio	183
3.5.3.22- Zinco	184
3.6- Eutrofização	184
3.7- Componentes orgânicos que afetam a saúde	187
3.8- Bibliografia	193
ANEXO A- Quadros informativos complementares	203

Capítulo 04

Água para caldeira

4.1- Histórico	205
4.2- Caldeiras	208
4.3- Corrosão	216
4.3.1- Mecanismo da corrosão	218
4.3.2- Corrosão do Ferro	223
4.3.3- Corrosão do cobre	225
4.3.4- Prevenção da corrosão	225
4.3.4.1- Remoção de oxigênio	226
4.3.4.1.1- Sulfito de sódio	226

4.3.4.1.2- Hidrazina	227
4.3.4.1.3- Sacarídeos e ácido ascórbico	229
4.3.4.1.4- Hidrazidas	229
4.3.4.2- Remoção do gás carbônico	229
4.3.4.3- Controle da corrosão pós-caldeira	233
4.3.4.4- Ataque cáustico	234
4.3.4.5- Fragilização pelo hidrogênio	236
4.3.4.6- Corrosão por cloretos de caráter ácido	237
4.3.4.7 – Corrosão galvânica e cavitação	237
4.3.4.8– Volatilização da sílica	238
4.4- Incrustações em geradores de vapor	238
4.4.1- Abrandamento da água	243
4.4.1.1- Cal soda a frio e a quente e com uso de fosfatos	244
4.4.1.2- Processo por troca de cátions e dealcalinização	245
4.4.1.3- Trocadores de ions	247
4.4.1.4- Desmineralização	249
4.4.1.5- Utilização de quelantes	251
4.4.1.6- Tratamento com polímeros	254
4.5- Arraste	256
4.5.1- Arraste Mecânico:	256
4.5.2- Arraste Químico:	256
4.6- Sistema de purga	256
4.7- Resumo dos tipos de tratamento de água para caldeira	259
4.8- Especificações para água de alimentação de caldeira	260
4.9- Operação de parar o funcionamento da caldeira	261
4.10- Caldeira fora de Operação	261
4.11- Limpeza Prévia (BOIL OUT) de caldeiras novas e reformadas	262
4.12- Resumo dos tratamentos para operação de caldeiras.	263
4.13- Incrustações calcárias e potencial de corrosividade	265
4.13.1- Índice de Langelier	266
4.13.1.1- Outra forma de cálculo do pHs	268
4.13.2- Índice de Ryznar	269
4.13.3- Índice de Puckorius	269
4.13.4- Índice de Corrosividade de Larson-Skold (ILS)	270
4.13.5- Índice de Corrosão (pitting) (IC)	271
4.13.6- Índice de agressividade (AI)	271
4.14- Bibliografia	272

Capítulo 05

Água de resfriamento

5.1- Sistema de resfriamento	276
5.2- Corrosão microbiológica da água de resfriamento	280
5.3- Controle do crescimento microbiológico	283
5.3.1- Principais compostos utilizados no processo de desinfecção	283
5.3.1.1- Derivados halogenados	283
5.3.1.1.1- Derivados clorados	283
5.3.1.1.2- Derivados bromados	284
5.3.1.2- Sulfato de cobre	286
5.3.1.3- Compostos organoestanosos	286
5.3.1.4- Compostos organossulfurosos	286
5.3.1.5- Sais quaternários de amônio	287
5.3.1.6- Acroleína	288
5.3.1.7- Outros biocidas	288
5.4- Controle de incrustações	289
5.5- Controle da corrosão	290

5.5.1- Cromatos	290
5.5.2- Polifosfatos	291
5.5.3- Nitritos	291
5.5.4- Quaternário de amônio	292
5.6- Condicionadores Magnéticos	292
5.7- Algumas formas de corrosão	292
5.8- Torres de resfriamento	297
5.8.1- Torres com ventilação natural	297
5.8.2- Torres com ventilação natural e “enchimento”	298
5.8.3- Torres de resfriamento com tiragem forçada	298
5.8.4- Torres de resfriamento com tiragem induzida	298
5.9- Pré-condicionamento em sistemas de resfriamento	299
5.9.1- flushing	299
5.9.2- Remoção de oleosidades de equipamentos novos	299
5.9.3- Passivação	299
5.10- Bibliografia	300

Capítulo 06

Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis

6.1- Histórico do aproveitamento de água de chuva	302
6.2- Quando utilizar a água de chuva?	304
6.3- Aspecto legal	305
6.4- Objetivo	305
6.5- Componentes principais para captação de água de chuva	306
6.6. Definições	306
6.7- Instalações prediais	311
6.8- Qualidade da água	311
6.9- Bombeamento	312
6.10- Manutenção	313
6.11- Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl.	313
6.12. Método da simulação	315
6.13- Método prático do professor Azevedo Neto	317
6.14- Método prático alemão	317
6.15- Método prático inglês	318
6.16- Método prático australiano	318
6.17- Confiança	319
6.18- Dimensionamento do reservatório de autolimpeza	320
6.19- Custos	321
6.20- Previsão de consumo de água	321
6.21. Filtros lentos de areia	325
6.22- Bibliografia	326

ANEXO

Água de Chuva - Aproveitamento para fins potáveis e industriais

6A- Risco no consumo de água de chuva	328
6A.1- Utilização de água de chuva para fins potáveis e industriais	328
6A.1.1- Utilização de água de chuva para fins potáveis	328
6A.1.2- Utilização de água de chuva para fins industriais	338
6A.2- Norma ABNT - NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis	346
6A.3- Bibliografia	347

Capítulo 07**Tratamento convencional para obtenção de água potável**

7.1- Remoções dos materiais que flutuam ou estão suspensos por gradeamento	350
7.2- Principais processos de tratamento de água para remoção de gosto e odores	351
7.2.1- Odor, sabor e cor	351
7.2.2- Processos	354
7.3- Processos para remoção de cor	360
7.3.1- Cor	360
7.3.2- Aeração	364
7.3.3- Carvão ativado	366
7.3.4- Sulfato de cobre	370
7.3.5- Pré-cloração	370
7.3.6- Misturas de oxidantes (MOGGOD e MOGOD)	371
a) equipamentos que produzem uma mistura de gases oxidantes gerados <i>in situ</i>	371
b) Equipamentos de produtores de hipoclorito de sódio <i>in situ</i>	371
7.3.7- Ozônio/H ₂ O ₂	373
7.3.7.1- Ozonização em meio alcalino	375
7.3.7.2- Ozônio / H ₂ O ₂	376
7.3.8- Ferratos	377
7.3.9- Ácido peracético	378
7.3.10- Permanganato de potássio	379
7.3.11- Radiação ultravioleta	385
7.3.12- Processos oxidativos avançados	386
7.3.12.1- Oxigênio singlete	387
7.3.12.2- TiO ₂ /O ₂ /UV e TiO ₂ /H ₂ O ₂ /UV	389
7.3.12.3- Reativo de Fenton	391
7.4- Processo de clarificação	392
7.4.1- Introdução	392
7.4.2 - Sedimentação simples	394
7.4.3- Sedimentação com uso de coagulantes	396
7.4.3.1- Compressão da dupla camada	402
7.4.3.2- Adsorção-neutralização da carga	404
7.4.3.3- Desestabilização por varredura ou agregação dos colóides no precipitado	405
7.4.3.4- Coagulação por adsorção e formação de ligação ou pontes interpartículas	406
7.4.4- Principais agentes coagulantes	408
7.4.4.1- Coagulantes biológicos (orgânicos naturais)	412
7.4.4.1.1- Taninos	415
7.4.4.1.1.1- Aplicações de tanino	417
7.4.4.1.2- Semente de <i>Moringa oleífera</i>	425
7.4.4.2- Algumas informações sobre os principais coagulantes industriais	428
7.4.4.3- Hidroxicloreto de alumínio (HCA ou PAC)	430
7.4.4.3.1- Hidroxicloreto de alumínio líquido	430
7.4.4.4- Sulfato de alumínio	434
7.4.4.5- Coagulante a base de sais de sulfato com cadeias poliméricas (QCS3852)	436
7.4.4.6- Sulfato ferroso heptahidratado	439
7.4.4.7- Sulfato férrico	439
7.4.4.8- Caparrosa clorada	440
7.4.4.9- Cloreto férrico hexahidratado	440
7.4.4.10- Aluminato de sódio	440
7.4.4.11- Resultados comparativos quanto à eficiência e custos envolvidos de alguns coagulantes em épocas diferentes	441
7.4.5- Principais agentes auxiliares de coagulação e coadjuvantes de floculação	446
7.4.5.1- Auxiliares de coagulação	446

7.4.5.2- Coadjuvantes de floculação	448
7.4.5.2.1- Sílica ativada	448
7.4.5.2.2- Polieletrólitos	448
7.5- Processo de filtração	454
7.5.1- Filtração por membranas	456
7.5.1.1- Divisão de membranas em função da força motriz	470
7.5.1.1.1- Membranas que usam a pressão no processo de filtração	472
7.5.1.1.2- Membranas que não usam a pressão no processo de filtração	395
7.5.2- Filtros empregados no tratamento de água	474
7.5.3- Filtração em múltiplas etapas (FIME)	476
7.5.4- Pré-filtros	478
7.5.5- Filtração lenta	483
7.5.6- Filtração direta	491
7.5.6.1- Filtração direta ascendente	492
7.5.6.2- Filtração direta descendente (FDD)	494
7.5.7- Duplafiltração (DF) ou Superfiltração	496
7.5.8- Classificação dos filtros	502
7.5.9- Filtro rápido por gravidade	505
7.5.10- Filtros de pressão	507
7.6- Desinfecção	508
7.6.1- O fator C.t	508
7.6.2- Agentes físicos de desinfecção	509
7.6.2.1- Desinfecção pela luz solar	509
7.6.2.2- Calor	512
7.6.2.3- Ultravioleta	513
7.6.3- Agentes químicos de desinfecção	517
7.6.3.1- Ozônio	517
7.6.3.2- Permanganato de potássio	524
7.6.3.3- Ácido peracético	525
7.6.3.4- Iodo	529
7.6.3.5- Íons metálicos	532
7.6.3.6- Ferratos	532
7.6.3.7- Processos oxidativos avançados	533
7.6.3.8- Dióxido de cloro	534
7.6.3.9- Misturas de oxidantes (MOGGOD e MOGOD)	541
7.6.3.9.1- Equipamentos de produtores de hipoclorito de sódio <i>in situ</i> (MOGOD, MIOX ou MOS)	541
7.6.3.9.2- Equipamentos que produzem uma mistura de gases oxidantes gerados <i>in situ</i> (MOGGOD)	547
7.6.3.9.3- Correlação entre cloraminas e problemas respiratórios	550
7.6.3.9.3.1- Ambientes de piscinas cobertas	550
7.6.3.9.3.2- Sintomas causados pela exposição às tricloraminas	560
7.6.3.10- Derivados clorados	566
7.6.3.10.1- Evolução da qualidade de vida da humanidade pelo uso do cloro	567
7.6.3.10.2- Derivados clorados disponíveis no mercado	569
7.6.3.10.3- Geração de passivo ambiental em função da solubilidade de derivados clorados no tratamento de água.	585
7.6.3.10.4- Outras informações sobre não-conformidades apresentadas em FISPQ's de derivados clorados	599
7.6.3.10.5- Cloraminas T e B	602
7.6.3.10.5.1- Utilização das Cloraminas T e B	602
7.6.3.10.5.2- Informações sobre a Cloramina T e B	604
7.6.3.10.5.3- Resultados da pesquisa com Cloraminas T e B	604
7.6.3.10.6- Reações dos derivados clorados em água	607
7.6.3.10.7- O pH e o processo de desinfecção <i>versus</i> Portaria 1469 (2000) x	611

Portaria 518 (2004) x Portaria 2914 (2011)	
7.6.3.10.8- O processo de cloração nas estações de tratamento de água (ETA)	615
7.6.3.10.9- Intercloração	620
7.6.3.10.10- Desinfecção Secundária	621
7.6.3.11- Derivados bromados	625
7.6.4- Fluoretação	627
7.6.5- ACQUA-SIST- Sistema especialista para controle e tratamento de água	635
7.6.6- Trihalometanos	636
7.6.6.1- Uso de derivados clorados <i>versus</i> Trihalometano (THM) <i>versus</i> Qualidade de vida	636
7.6.6.2- Cronograma de algumas publicações envolvendo THM's.	645
7.6.6.3- Outras informações sobre THM's	672
7.6.7- Fatores que influenciam a formação de trihalometanos	695
7.6.7.1- Tempo	695
7.6.7.2- Temperatura	696
7.6.7.3- Efeito da concentração de brometo e iodeto	697
7.6.7.4- pH	698
7.6.7.5- Efeito da concentração dos precursores	699
7.6.7.6- Efeito da forma de cloro residual	700
7.6.8- Processos para minimizar a formação de trihalometanos	703
7.6.9- Fator C.t para os derivados clorados	708
7.6.10- Eficiência do tratamento convencional	713
7.6.10.1- Cianobactérias	714
7.6.10.2- Origens de geosmina e 2-MIB	720
7.7- Formas de disponibilização de cloro gás para estações de tratamento de água e efluentes.	724
7.7.1- Formas de distribuição de cloro gás	727
7.8- Requisitos para produtos químicos utilizados no tratamento de água potável e Norma ABNT NBR 15784/2009	731
7.8.1- Incoerências da Norma ABNT NBR 15784/2009	739
7.9- Outros produtos químicos preconizados pela Norma da ABNT NBR 15784/2009	744
7.10- Bibliografia	747

Capítulo 08

Detergentes e Sanificantes - Indústria de Alimentos

8.1- Introdução	785
8.2- Princípio da higienização	785
8.3- Processo de higienização	788
8.3.1- Manual	788
8.3.2- Imersão	789
8.3.3- Máquina Lava Jato tipo Túnel	789
8.3.4- Equipamentos Spray	789
8.3.5- Nebulização ou atomização	789
8.3.6- Sistema de circulação sem desmontagem (CIP)	790
8.3.7- Sistema de circulação com desmontagem (COP)	791
8.4- Etapas da higienização	792
8.4.1- Pré-lavagem	792
8.4.2- Lavagem com detergentes	792
8.4.2.1- Na forma de uma solução aquosa	792
8.4.2.2- Incorporado a espuma	792
8.4.2.3- Incorporado a um gel	792
8.4.3- Enxágue	793
8.4.4- Desinfecção	794
8.5- Detergentes	794
8.5.1- Detergentes alcalinos	795

8.5.2- Detergentes ácidos	796
8.5.3- Complexantes	797
8.5.4- Agentes tensoativos	797
8.6- Desinfetantes	800
8.6.1- Desinfecção física	801
8.6.1.1- Calor	801
8.6.1.2- Radiação Ultravioleta	801
8.6.2- Desinfecção química	801
8.6.2.1- Derivados clorados	801
8.6.2.2- Derivados iodados	804
8.6.2.3- Quaternário de amônio	808
8.6.2.4- Clorexidina	811
8.6.2.5- Ácido peracético	813
8.6.2.6- Peróxido de Hidrogênio	814
8.6.2.7- Sanificantes ácidos	815
8.6.2.8- Ozônio	817
8.6.2.9- Derivados fenólicos	818
8.6.2.10- Álcool	819
8.6.2.11- Outros sanificantes de menor importância	820
8.7- Biofilmes bacterianos	821
8.7.1- Introdução	821
8.7.2- Formação do biofilme	821
8.7.3- Microrganismos envolvidos em processos de adesão	822
8.7.4- Métodos de avaliação de biofilmes	823
8.8- Testes para avaliação da eficiência de sanificantes	824
8.8.1- Testes laboratoriais	825
8.8.1.1- Teste do Coeficiente Fenólico	825
8.8.1.2- Teste da Diluição de Uso	826
8.8.1.3- Teste de suspensão	828
8.8.1.4- Teste de capacidade	829
8.8.2- Teste em uso	830
8.8.3- Teste em uso simulado	830
8.9- Proposta de metodologias e recomendações para avaliar sanificantes e o procedimento de higienização	832
8.9.1- Avaliação de lotes adquiridos	832
8.9.1.1- Equipamentos, utensílios e ambiente	832
8.9.1.2- Manipuladores de alimentos	832
9.1.3- Processo de imersão com reutilização do sanificante	833
8.10- Bibliografia	833

Capítulo 09

Padrões Microbiológicos e Segurança da Água para Consumo e Reuso Humanos

9.1- Os desafios e avanços no fornecimento de água microbiologicamente segura para a população mundial	838
9.2- A gestão voltada para a garantia da segurança microbiológica da água	839
9.3 A importância da amostragem para garantia da segurança microbiológica	840
9.4- A análise e o gerenciamento de riscos para garantia da segurança da água	841
9.4.1- Riscos microbiológicos	841
9.4.2- Riscos químicos	842
9.4.3- Riscos físicos	842
9.5- Aspectos gerais dos microrganismos patogênicos no ambiente aquático	842
9.5.1- Características diferenciais entre microrganismos saprófitas e patogênicos presentes na água	843
9.5.2- Microrganismos patogênicos relevantes na água para consumo humano	844

9.5.3- Modos de transmissão dos microrganismos patogênicos e as doenças resultantes	845
9.6- Padrões microbiológicos da água para consumo humano no Brasil	846
9.6.1- Padrões microbiológicos da água nos pontos de captação	847
9.6.1.1 Mananciais superficiais	847
9.6.1.2 Mananciais subterrâneos	851
9.6.1.3 Padrões microbiológicos da água na saída do tratamento (pós-desinfecção)	853
9.6.1.4- Padrões microbiológicos da água no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	854
9.6.1.5- Parâmetros microbiológicos para soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano	856
9.6.2- Referências	858
9.7- Padrões microbiológicos e a produção de água segura para reuso humano	860
9.7.1- Os esgotos urbanos como fontes potenciais de água para reuso	860
9.7.2- Diversidade dos microrganismos presentes no esgoto	860
9.7.3- Microrganismos patogênicos presentes em esgotos e os riscos resultantes para a saúde humana e animal	861
9.7.4- Bactérias multirresistentes a antimicrobianos em esgotos urbanos	865
9.7.5- Tratamento de esgoto e a eliminação de microrganismos potencialmente patogênicos	865
9.7.6- Eficácia dos métodos de tratamento de esgoto na redução das populações microbianas em água para reuso	867
9.7.7- Padrões microbiológicos internacionais da água para reuso	869
9.7.7.1- Os padrões australianos para água de reuso	869
9.7.7.2- Padrões microbiológicos da água de reuso na Califórnia, EUA	872
9.7.7.3- Padrões microbiológicos da água para reuso no Brasil	874
9.7.7.3.1- A resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos sobre reuso da água	874
9.7.7.3.2- As normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas relacionadas direta ou indiretamente ao reuso da água.	875
9.7.7.3.2.1- A Norma ABNT NBR 13969 de outubro de 1997 e a qualidade microbiológica do efluente obtido com o tratamento de esgotos.	876
9.7.7.3.2.2- A Norma ABNT NBR 15527 de 24 de outubro de 2007 e a qualidade microbiológica da água de chuva destinada ao reuso.	881
9.7.8- A segurança microbiológica da água de reuso: uma ferramenta essencial na construção de uma cultura de reuso potável direto	883
9.7.9- Referências	885