

INTRODUÇÃO

A

QUÍMICA

AMBIENTAL

2^a. Edição – Atualizada e Revisada

JORGE ANTÔNIO BARROS DE MACÊDO

Bacharel em Química Tecnológica

Especialização em Análise de Traços e Química Ambiental

“*Magister Scientiae*” em Ciência e Tecnologia de Alimentos

“*Doctor Scientiae*” em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Professor do Instituto Vianna Júnior

Curso *Gestão Ambiental Urbana* - Química Ambiental

Professor/Pesquisador Convidado NEC (Núcleo de Educação em Ciência, Matemática, Tecnologia) / Faculdade de Educação / UFJF

Professor Titular do Instituto Estadual de Educação / JF

Diretor Regional da ABPGA – Associação Brasileira de Perícia e Gestão Ambiental

Email: j.macedo@terra.com.br

jmacedo@fbio.ufjf.br

www.jorgemacedo.pro.br

www.aguaseaguas.ufjf.br

www.aguaseaguas.hpg.com.br

Capa: **Daniela Brito**

32-88447029

danibrito@hotmail.com

powdesign.multiply.com

ISBN: 85-901568-8-5

Editado por
JORGE MACÊDO

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, guardada pelo sistema “retrieval” ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, seja este eletrônico, mecânico, de fotocópia, de gravação ou outros, sem a prévia autorização escrita do Editor.

Impresso no Brasil

2006

FICHA CATALOGRÁFICA

MACÊDO, JORGE ANTÔNIO BARROS DE
Introdução à Química Ambiental /Jorge Antônio Barros
de Macêdo –

CRQ-MG: JORGE MACÊDO, 2006. 2ª Edição, 1028p.

Bibliografia

1. Avaliação de Impactos Ambientais, Histórico, Acidentes e/ou Crimes
2. Degradação de Recursos Hídricos, Cargas Orgânicas
3. Metais pesados e meio ambiente
4. Agroquímicos e meio ambiente
5. Chuva ácida e meio ambiente
6. POP's, Dioxinas, DEHP (ftalatos), VOC's, PCB's, PAH's, Amianto
7. Camada de ozônio, efeito estufa, aquecimento global
8. Resíduos sólidos
9. Poluição Difusa
10. Avaliação de risco

CDU- 54:504

CDD- 631.8

Índices para catalogação sistemática

1. Avaliação de Impactos Ambientais
2. Degradação de Recursos Hídricos
3. Agroquímicos, metais pesados
4. Chuva ácida, Camada de ozônio, Efeito estufa
5. POP's, VOC's, PCB's, PAH's
6. Resíduos sólidos
7. Poluição difusa
8. Avaliação de risco

ISBN: 85-901568-8-5

JORGE MACÊDO

www.jorgemacedo.pro.br

e-mail: j.macedo@terra.com.br

jmacedo@fbio.ufjf.br

Juiz de Fora - MG

Índice	
CONTEÚDO	Páginas
Capítulo 01	
<i>Avaliação de Impactos Ambientais</i>	
I- Introdução	0001
II- Histórico a nível mundial	0001
III- Histórico a nível nacional sobre legislação na área ambiental	0027
IV- Algumas definições importantes	0034
V- Métodos de avaliação de impactos ambientais	0038
V.1- Método <i>Ad Hoc</i>	0039
V.2- Listagens de Controle (Checklist)	0040
V.2.1- Listagens de controle simples	0040
V.2.2- Listagens de controle descritivas	0040
V.2.3- Listagens de controle escalares	0041
V.2.4- Listagens de controle escalares ponderadas	0041
V.3- Matrizes de Interação	0045
V.4- Redes de Interação (Diagramas de Sistemas)	0048
V.5- Superposição de cartas	0052
V.6- Modelos de simulação	0053
VI- Classificação dos Impactos e Equipe Elaboradora	0053
VI.1- Classificação dos Impactos Ambientais	0053
VI.2- Equipe Elaboradora	0056
VII- Elementos Básicos da Análise de Avaliação de Impactos Ambientais	0057
VIII- Grandes crimes e/ou grandes desastres ambientais	0060
IX- Bibliografia	0127
<i>Capítulo 02</i>	
<i>Resíduos Sólidos</i>	
I- Introdução	0144
II. Histórico de algumas legislações e normas envolvendo resíduos sólidos.	0146
II.1- Decretos, Leis, Resoluções, Portarias envolvendo resíduos.	0147
II.2- Normas técnicas	0153
III. Resíduos sólidos: conceitos, classificação	0156
III.1- Conceitos	0156
III.2- Classificação	0158
IV. Resíduos domiciliares	0167

CONTEÚDO	Páginas
IV.1- Produção de resíduos domiciliares no Brasil e outros países.	0167
IV.2- Manejo de resíduos sólidos domiciliares.	0181
IV.3- Destino final dos resíduos domiciliares	0184
IV.3.1- Coleta seletiva	0184
IV.3.2- Simbologia de alguns materiais	0193
IV.3.3- Reciclagem	0197
IV.3.3.1- Aço	0200
IV.3.3.2- Alumínio	0202
IV.3.3.3- Metal	0205
IV.3.3.4- Papel e papelão	0206
IV.3.3.5- PET	0211
IV.3.3.6- Plásticos	0213
IV.3.3.7- Pneus	0215
IV.3.3.8- Vidro	0218
IV.3.3.9- Isopor	0220
IV.3.3.10- Lâmpadas fluorescentes	0225
IV.3.3.11- Pilhas e baterias	0227
IV.3.3.12- Óleos lubrificantes e comestíveis	0230
a- Quantos litros de água 1(um) litro de óleo de cozinha utilizado pode contaminar?	0231
b- História do sabão e fórmulas para fazer sabão caseiro com restos de óleo de cozinha.	0233
c- Informações complementares sobre o sabão	0238
IV.3.3.13- Embalagens Longa Vida	0241
V- A Logística Reversa e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	0250
V.1- Logística Reversa	0250
V.2- A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) - (<i>Life Cycle Thinking</i>)	0252
VI- A visão da população sobre atitudes ambientalmente corretas.	0523
VII- Destino final	0255
VII.1- Compostagem e vermicompostagem	0262
VII.1.1- Compostagem	0262
VII.1.2- Degradação aeróbia de resíduos sólidos urbanos.	0279
VII.1.3- Tipos de Leiras	0281
VII.1.4- Vermicompostagem	0283
VII.1.5- Dimensionamento de pátios para compostagem/vermicompostagem.	0285

CONTEÚDO	Páginas
VII.1.5- Digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos.	0289
VIII- Resíduos da área de saúde.	0296
VIII.1- Definições	0298
VIII.1.1- Manejo	0298
VIII.1.1.1- Segregação	0298
VIII.1.1.2- Acondicionamento	0298
VIII.1.1.3- Identificação	0299
VIII.1.1.4- Transporte Interno	0300
VIII.1.1.5- Armazenamento Temporário	0300
VIII.1.1.6- Tratamento	0301
VIII.1.1.7- Armazenamento Externo	0302
VIII.1.1.8- Coleta e Transporte Externo	0302
VIII.1.1.9- Disposição Final	0302
VIII.2- Resíduos sólidos da área de saúde - Legislação	0302
VIII.2.1- Grupo A	0302
VIII.2.1.1- Sub-grupo A1	0302
VIII.2.1.2- Sub-grupo A2	0303
VIII.2.1.3- Sub-grupo A3	0303
VIII.2.1.4- Sub-grupo A4	0303
VIII.2.1.5- Sub-grupo A5	0304
VIII.2.2- Grupo B	0304
VIII.2.3- Grupo C	0305
VIII.2.4- Grupo D	0305
VIII.2.5- Grupo E	0305
VIII.3- Manejo de cada tipo de resíduo sólido	0306
VIII.3.1- Sub-Grupo A1	0306
VIII.3.2- Sub-Grupo A2	0309
VIII.3.3- Sub-Grupo A3	0310
VIII.3.4- Sub-Grupo A4	0311
VIII.3.4- Sub-Grupo A5	0312
VIII.4- Grupo B	0312
VIII.5- Grupo C	0317
VIII.6- Grupo D	0320
VIII.7- Grupo E	0321
VIII.8- Apêndices da Resolução ANVISA 306/2004	0322
VIII.9- Geração de resíduos em unidades de saúde	0328
VIII.10- Tratamento de resíduos da área de saúde	0330
VIII.10.1- Características físicas e químicas de resíduos	0332
VIII.10.2- Taxa de geração de resíduos de serviços de saúde	0340

CONTEÚDO	Páginas
VIII.10.3- Sistemas de Tratamento e Disposição Final	0351
VIII.10.3.1- Segregação e acondicionamento	0352
VIII.11- Fatores condicionantes do planejamento e cálculos para estimativa da capacidade da lavanderia hospitalar.	0362
VIII.12- Incineração	0370
VIII.13- Pirólise	0377
VIII.14- Esterilização	0379
VIII.14.1- Esterilização a vapor - autoclavagem	0390
VIII.14.2- Esterilização a seco ou inativação térmica	0391
VIII.14.3- Esterilização por radiação ionizante ou Irradiação	0392
VIII.14.4- - Esterilização com vapor e microondas	0393
VIII.14.5- Esterilização por gases	0394
VIII.14.6- Esterilização por tocha de plasma	0395
VIII.15- Desinfecção Química	0396
VIII.16- Desativação eletrotérmica	0397
VIII.17- Disposição final no solo	0398
VIII.17.1- Valas Sépticas	0398
VIII.17.2- Calagem	0399
VIII.17.3- Aterros sanitários	0400
VIII.17.4- Custos operacionais dos principais processos de tratamento de RSS.	0401
IX- Produção de energia através de resíduos sólidos.	0401
IX.1- Aterro sanitário energético	0402
IX.2- Chorume	0403
IX.2.1- Tratamento de chorume	0416
IX.2.1.1- Tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios	0417
IX.3- Seleção de área para aterro sanitário	0421
IX.4- Digestão anaeróbia para estabilização da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos (FORSU)	0439
IX.5- Produção de gás	0447
IX.6- A tecnologia B.E.M.	0457
X- Resíduos da construção civil, resíduos radioativos, resíduos industriais.	0458
XI- Referências Bibliográficas	0458
Capítulo 03	
Poluição Hídrica	
I- Introdução	0482
II- Ciclo Hidrológico	0488
III- Principais Fontes de Poluição	0491

CONTEÚDO	Páginas
IV– Uso dos Recursos Hídricos	0494
V- Classificação dos Resíduos Sólidos Industriais	0495
VI– Conseqüências da Poluição das Águas	0496
VII– Parâmetros Indicativos da Poluição das Águas	0496
VII.1- Físicos	0496
VII.1.1- Cor	0496
VII.1.2- Turbidez	0497
VII.1.3- Sabor, odor	0498
VII.1.4- Sólidos	0498
VII.1.5- Temperatura	0498
VII.1.6- Condutividade	0500
VII.2- Químicos	0500
VII.2.1- Conteúdo iônico	0500
VII.2.2- Combinações hipotéticas do conteúdo iônico com base em uma análise de água	0501
VII.2.3- Avaliação da produtividade de Nutrientes	0507
VII.2.3.1- Introdução	0507
VII.2.3.2- Eutrofização	0509
VII.2.4- Conteúdo orgânico	0512
VII.2.4.1- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0513
VII.2.4.2- Demanda química de oxigênio (DQO)	0514
VII.2.4.3- Carbono orgânico total (COT)	0515
VIII- Caracterização dos Efluentes	0515
VIII.1- Carga orgânica das estações de tratamento de esgotos	0515
VIII.2- Equivalentes populacionais	0516
VIII.3- Características dos esgotos domésticos e industriais	0517
VIII.4- Problemas envolvendo cálculos estimados para esgotos	0523
VIII.5- Soluções dos Problemas	0525
IX- Bibliografia	0532
Capítulo 04	
Metais pesados	
I- Introdução	0536
II- Arsênio	0540
III- Bário	0544
IV- Cádmi	0549
V- Chumbo	0551
VI- Cobre	0571
VII- Crômio	0574

CONTEÚDO	Páginas
VIII- Manganês	0576
IX- Mercúrio	0580
X- Zinco	0592
XI- Resumo da contaminação por metais	0593
XII- O Brasil e a importação de resíduos perigosos	0596
XII.1- O Brasil na Convenção da Basiléia	0602
XIII- Bibliografia	0606
Capítulo 05	
Agroquímicos	
I- Introdução	0614
II- Os agrotóxicos	0624
III- Definição e classificação dos agrotóxicos	0630
IV- Fertilizantes e corretivos	0646
V- Pesticidas	0652
VI- Exemplos de Pesticidas	0676
VI.1- Inseticidas clorados	0676
VI.1.1- DDT e análogos	0676
VI.1.2- BHC e Lindane	0681
VI.1.3- Análogos Halogenados	0682
VI.1.4- Derivados de metilas	0682
VI.1.5- Inseticidas ciclodienos	0683
VI.1.6- Análogos dimetoxi	0684
VI.1.7- Ponte de oxigênio	0685
VI.1.8- Episulfeto	0685
VI.2- Inseticidas fosforados e clorofosforados (organo- fosforados) e carbamatos	0685
VI.2.1- Organofosforados	0685
VI.2.2- Carbamatos	0689
VI.3- Outros exemplos de agrotóxicos	0692
VI.4- Outros exemplos de estrutura de química de agrotóxicos	0701
VII- Embalagens de agrotóxicos	0705
VII.1- Legislação brasileira	0706
VII.2- Importância da tríplice lavagem e da lavagem sob pressão	0708
VII.3- Características das embalagens	0713
VII.3.1- Ciclo de vida das embalagens	0713
VII.3.2- Evolução nas embalagens	0713
VII.3.3- Embalagens modernas	0714
VII.3.4- Tipos de embalagens comercializadas	0716
VII.3.4.1- Embalagens Rígidas	0716

CONTEÚDO	Páginas
VII.3.4.2- Embalagens Flexíveis	0716
VII.3.4.3- Embalagens coletivas	0716
VII.3.4.4- Embalagens plásticas no Brasil	0716
VII.4- Alternativas para o destino final	0718
VII.4.1- Incineração	0718
VII.4.2- Co-processamento em fornos de clínquer (queima com recuperação de energia)	0719
VII.4.3- Queima a céu aberto	0720
VII.4.4- Enterro na propriedade	0720
VII.4.5- Aterro sanitário licenciado	0721
VII.4.6- Reciclagem controlada	0721
VII.4.7- Embalagens de metal	0721
VII.4.8- Embalagens de vidro	0722
VII.4.9- Embalagens de papelão, cartolina e de papel	0722
VII.4.10- Embalagens plásticas rígidas	0722
VII.4.11- Tempo de absorção de alguns materiais	0723
VIII- Bibliografia	0724
Capítulo 06	
Chuva Ácida	
I- Introdução	0732
II- Revisão bibliográfica	0723
II.1- Histórico	0723
II.2- Definição	0723
II.3- Formação	0734
II.4- Fontes de emissão de contaminantes	0738
II.5- Efeitos da Chuva Ácida	0740
II.6- Ocorrências de Chuva Ácida em alguns países	0742
III- A Política da Chuva Ácida	0743
III.1- Instituto Geológico dos Estados Unidos (USGS)	0745
III.2- A importância de continuar pesquisando a chuva ácida	0746
IV- Bibliografia	0747
Capítulo 07	
Produtos Orgânicos Persistentes, etc...	
I- Introdução	0748
II- Produtos Orgânicos Persistentes (POP's)	0750
III- Dioxinas	0762
IV- DEHP [di-(-2-etilhexil) ftalato]	0772
V- PCB's (bifenis policlorados)	0789
VI- Hidrocarbonetos poliaromáticos (PAH's)	0793
VII- Amianto (Asbesto)	0794
VIII- VOC's (Compostos orgânicos voláteis)	0811

CONTEÚDO	Páginas
VIII.1- Avaliação da emissão de VOC's no Brasil	0824
VIII.2- Outras informações	0841
IX- Critérios técnicos para destruição de POP's	0842
IX.1- Tecnologias mais antigas de tratamento e disposição de POP's	0843
IX.1.1- Armazenamento	0843
IX.1.2- Enterro em aterros sanitários	0844
IX.1.3- Injeção em poço profundo	0845
IX.1.4- Sistemas de combustão	0845
IX.1.4.1- Incineradores de Resíduos Perigosos	0846
IX.1.4.2- Incineradores e redução de lixo	0850
IX.1.4.3- Fornos de cimento	0853
IX.2- Tecnologias modernas de destruição	0855
IX.2.1- Redução de substâncias químicas em fase gasosa (Gás-phase Chemical Reduction)	0858
IX.2.2- Oxidação eletroquímica (Electrochemical oxidation)	0859
IX.2.3- Pirólise em metal fundido (Molten Metal Pyrolysis)	0859
IX.2.4- Oxidação em sal fundido (Molten Salt Oxidation)	0860
IX.2.5- Tecnologia por elétrons solvatados (SET- Solvated Electron Technology)	0861
IX.2.6- Oxidação em água supercrítica (Supercritical water oxidation)	0862
IX.2.7- Arco Plasma (Plasma Arc)	0863
IX.2.8- Hidrogenação catalítica (Catalytic Hydrogenation)	0865
IX.2.9- Decloração catalizada por base (BCD – Base Catalyzed Dechlorination)	0866
X- O direito a informação e a produção limpa	0867
XI- Bibliografia	0873
Capítulo 08	
Poluição Difusa	
VIII.1- Introdução	0886
VIII.2- Poluição pontual e difusa	0886
VIII.3- Avaliação do impacto do lançamento da drenagem urbana sobre o corpo receptor e a resposta do ecossistema.	0887
VIII.4- Controle da poluição difusa	0888
VIII.4.1- Prevenir a entrada de poluentes no runoff.	0888
VIII.4.2- Aumentar as áreas permeáveis	0888
VIII.4.3- Tratar o runoff através de BMPs.	0888

CONTEÚDO	Páginas
VIII.5- Legislação	0889
VIII.6- Impermeabilização do solo	0890
VIII.7- Impactos hidrológicos devido a impermeabilização do solo	0892
VIII.8- Impactos físicos devido a área impermeável	0894
VIII.9- Impactos biológicos devido à impermeabilização dos solos	0897
VIII.10- Impactos na qualidade da águas pluviais devido à impermeabilização do solo	0902
IX- Teoria do first flush	0906
IX.1- Introdução	0906
IX.2- Pesquisas de Robert Pitt	0907
IX.3- Universidade de <i>Massachusetts</i> , USA	0910
IX.4- Conclusões sobre <i>first flush</i>	0910
IX.5- Método volumétrico e Método da Vazão	0910
IX.6- Volume para melhoria da Qualidade das Águas Pluviais (WQ_v)	0911
X- Grupo das opções de BMPs	0916
X.1- Introdução	0916
X.2- Classificação das BMPs em grupos	0922
X.3- BMPs de práticas estruturais	0922
X.4- BMPs de práticas não-estruturais	0923
X.5- BMP grupo 1- Infiltração	0923
X.6- BMP grupo 2- Filtração	0924
X.7- BMP grupo 3- Detenção	0924
X.8- BMP grupo 4- Práticas não estruturais: planejamentos	0925
X.9- BMP grupo 5- Práticas não estruturais: pós-desenvolvimento: limpeza de ruas, manutenção de ruas, manutenção de gramados, limpeza nas casas	0925
X.10- Medidas estruturais que não atendem totalmente o WQ_v .	0925
X.11- Critérios de projetos e requisitos das BMPs	0925
X.12- Matriz de remoção de poluentes	0925
X.13- Medidas da EPA para controle de descargas de águas pluviais	0927
X.14- As BMPs realmente funcionam?	0928
X.15- Prevenir é a melhor cura	0929
X.16- Monitoramento	0929
X.17- Escolha da BMP adequada	0929
X.18- Impacto ambiental	0930

CONTEÚDO	Páginas
X.19- Remoção de poluentes em série	0931
X.20- Remoção de poluentes em série - método usado na <i>Georgia, USA</i> .	0933
X.21- Classificação das BMPs	0934
X.21.1- Controle à montante (controle no lote)	0934
X.21.2- Controle à jusante	0935
11. Bibliografia	0936
Capítulo 09	
Camada de Ozônio e Aquecimento Global	
I- Introdução	0939
II- Camada de ozônio	0945
II.1- Radiação ultra-violeta	0946
II.2- Como é destruída a camada de ozônio	0946
II.3- Conseqüências da destruição da camada de ozônio	0956
III. Aquecimento global	0959
III.1- Introdução	0959
III.2- Efeito estufa	0962
III.3- Oxidantes fotoquímicos	0972
IV- Bibliografia	0982
Capítulo 10	
Avaliação e Gerenciamento de Riscos Ambientais	
X.1- Introdução	0984
X.2- Implementação das ações de gerenciamento de riscos	0988
X.3- Objetivos de uma política de gestão de riscos e desastres ambientais	0988
X.4- Formato para projetos de prevenção de desastres	0989
X.4.1- Escolha da região e/ou área a estudar	0989
X.4.2- Base cartográfica	0989
X.4.3- Caracterização das bacias hidrográficas	0989
X.4.4- Características sociais e o estado atual de uso dos recursos naturais	0990
X.4.5- Características sociais e o estado atual de uso dos recursos naturais	0991
X.4.6- Ações imediatas para a análise de ameaças naturais, redução da vulnerabilidade e prevenção de desastres	0991
X.5- Riscos Ambientais	0992
X.5.1- Conceitos e Tipologia	0992
X.5.2- Métodos de Avaliação de Riscos Ambientais	1005
X.5.2.1- Características da Análise de Riscos	1006
X.5.2.2- Procedimentos de Análise	1007

CONTEÚDO	Páginas
X.5.2.3- Métodos de Análise de Risco	1008
I. Análise Preliminar de Riscos (Preliminary Hazard Analysis – PHA)	1009
II. Análise da Árvore de Falhas (Fault Tree Analysis – FTA)	1011
III. Análise de Causa e Consequência (Cause and Consequence Analysis – CCA)	1013
X.6- Mapeamento e Avaliação de Riscos Ambientais	1016
X.7- Avaliação e mapeamento de riscos ambientais em Minas Gerais: estudos de caso	1017
X.7.1- Avaliação de riscos à erosão na área urbana de Juiz de Fora, MG.	1017
X.7.2- Avaliação de riscos à ocupação urbana no bairro Dom Bosco, Juiz de Fora, MG	1018
X.8- Bibliografia	1022