

Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão

**FALSO ROSTO
PROVISÓRIO**



Preencha a **ficha de cadastro** no final deste livro e receba gratuitamente informações sobre os lançamentos e as promoções da Elsevier.

Consulte também nosso catálogo completo, últimos lançamentos e serviços exclusivos no site **www.elsevier.com.br**

Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão

Editores:

Maria do Carmo Calijuri

Davi Gasparini Fernandes Cunha

EESC-USP

ROSTO PROVISÓRIO

© 2013, Elsevier Editora Ltda.

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei nº 9.610, de 19/02/1998.

Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da editora, poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

Coordenação de produção: Sandra Scapin

Copidesque: Letícia Vendrame

Revisão: Regina Oliveira

Editoração eletrônica: S4 Editorial Ltda. ME

Elsevier Editora Ltda.

Conhecimento sem Fronteiras

Rua Sete de Setembro, 111 – 16º andar

20050-006 – Centro – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

Rua Quintana, 753 – 8º andar

04569-011 – Brooklin – São Paulo – SP – Brasil

Serviço de Atendimento ao Cliente

0800-0265340

sac@elsevier.com.br

ISBN 978-85-352-5954-4

Nota: Muito zelo e técnica foram empregados na edição desta obra. No entanto, podem ocorrer erros de digitação, impressão ou dúvida conceitual. Em qualquer das hipóteses, solicitamos a comunicação ao nosso Serviço de Atendimento ao Cliente, para que possamos esclarecer ou encaminhar a questão.

Nem a editora nem o autor assumem qualquer responsabilidade por eventuais danos ou perdas a pessoas ou bens originados do uso desta publicação.

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO-NA-FONTE
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

E48

Ashby, M. F.

Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão/coordenadores Maria do Carmo Calijuri, Davi Gasparini Fernandes Cunha. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-352-5954-4

1. Engenharia ambiental. I. Calijuri, Maria do Carmo, 1956-. II. Cunha, Davi Gasparini Fernandes.

12-2632.

CDD: 628

CDU: 628

PREFÁCIO

A Engenharia Ambiental, como uma modalidade da engenharia, veio sanar a falha das engenharias tradicionais que não incluíram em seus procedimentos, oportunamente, os conceitos de respeito ao meio ambiente, à sua capacidade de suporte em termos de exploração dos seus recursos e de devolução de resíduos a ele. Tardou-se o reconhecimento dos danos causados ao meio pela corrida desenvolvimentista em busca de crescente produção industrial para corresponder à demanda de mercadorias e conforto. Desde a Revolução Industrial até algumas décadas atrás, não se cogitava o conceito de sustentabilidade, apesar de alguns terríveis episódios de desastres ambientais: poluição dos cursos de água, poluição atmosférica em regiões urbanas, poluição do subsolo e perda da biodiversidade.

A revolta popular nos anos 1960 nos Estados Unidos e na Europa foi o estopim para que as organizações mundiais convocassem a sociedade humana para tomar conta da situação do meio ambiente, já bastante deteriorado. Após presenciar um derramamento massivo de óleo em Santa Barbara (Califórnia) e inspirado pelo movimento estudantil contra a guerra do Vietnã, o senador norte-americano Gaylord Nelson convocou fóruns educacionais ambientais gerais (os *Teach-ins*) no primeiro “*Earth Day*”, no dia 22 de abril de 1970, dos quais participaram 20 milhões de norte-americanos. Era tão forte o sentimento antiempresarial naquela ocasião, que os organizadores recusaram ajuda das corporações para tal iniciativa porque pretendiam desafiar os próprios líderes governamentais e corporativos. Posteriormente, o Dia Mundial do Meio Ambiente foi criado pela Assembleia Geral das Nações Unidas de 15 de dezembro de 1972, para ser celebrado anualmente em 5 de junho. Esta data comemora a primeira atitude mundial em tentar organizar as relações entre homem e meio ambiente durante a Conferência de Estocolmo, de 6 a 16 de junho de 1972. A consciência ambiental tem obtido impulso com realização de diversos fóruns mundiais, principalmente a Rio 92 e a Rio+20, realizada em 2012.

Tem havido sensível progresso no terreno da consciência ambiental, não obstante a persistência de ocasionais desastres ecológicos na atualidade, como o da *British Petroleum* no Golfo do México, que transformou grandes áreas em um oceano morto em 2010; a continuada dificuldade na implementação das metas, acordadas após a Rio 92, de redução dos gases responsáveis pelo efeito estufa e a ameaça do aquecimento global; a matança e a pesca de espécies ameaçadas de extinção para consumo humano; o desmatamento de florestas para agricultura e ocupação urbana e tantos outros flagrantes ataques à natureza. Tais ocorrências hoje recebem ampla cobertura na mídia e são encaradas com grande indignação pelas populações afetadas ou não e pelos governos com pesadas multas e sanções aos perpetrantes. As indústrias e o comércio têm buscado reconhecimento do consumidor por seus esforços “verdes” no sentido de oferecer produtos e serviços sem ferir a natureza. Organizações como Greenpeace estão cooperando com gigantes como o Google para promover tecnologias favoráveis ao meio ambiente. Para alguns veteranos do movimento ambiental, no entanto, tal ecoconsumismo é frustrante, por desviar a atenção dos problemas ambientais reais.

A elevação da consciência ambiental continuará sendo tarefa primordial da sociedade humana, devendo a educação ambiental ser praticada em todos os níveis, a fim de formar cidadãos conscientes de sua responsabilidade socioambiental. A introdução de cursos de Engenharia Ambiental permite difundir, na prática, os conceitos e as tecnologias na gestão de recursos ambientais, e os novos engenheiros que se formarem nessa modalidade acrescentarão ao movimento já existente pela constante discussão das questões ambientais no meio geral. Com a mentalidade sadia, deverão atuar em todas as instâncias: governamental, setor privado e instituições de pesquisa. É preciso aplicar abordagens multidisciplinares para despoluir o meio ambiente e desenvolver soluções sustentáveis para o futuro.

Este livro reúne material didático proveniente de diversos campos de conhecimento para oferecer uma boa base aos alunos de cursos de graduação em Engenharia Ambiental. O livro busca uma transição das engenharias “hard” para uma engenharia que leva explicitamente em conta a vida no planeta e representa um acoradar para a Engenharia Ambiental de maneira fluida, reforçando a responsabilidade da engenharia para com o meio ambiente. Os autores merecem elogio por aceitarem o desafio de organizar um livro-texto para os cursos de engenharia ambiental, que considero pioneiro neste campo. Eles alcançaram admiravelmente bem seus objetivos.

O livro é dividido em cinco eixos temáticos, desde fundamentos até gestão ambiental, varrendo os ecossistemas, os impactos ambientais e as ações mitigadoras. Conceitos modernos, como os da microbiologia e suas técnicas, são apresentados de forma didática. São ressaltados os serviços proporcionados por diversos ecossistemas e as estratégias sustentáveis para usos humanos. Os autores de cada capítulo estabeleceram ampla conexão de seus assuntos com os demais capítulos do livro e cada capítulo se encerra com uma breve revisão dos conceitos nele tratados, os quais são ilustrados com exemplos. O material, embasado em referências bibliográficas amplas, traz sugestões para leitura aprofundada.

Fazal Hussain Chaudhry

Engenheiro civil – *Punjab University*, Paquistão

Mestre em engenharia hidráulica – *Asian Institute of Technology*, Tailândia

Doutor em engenharia civil – *Colorado State University*, Estados Unidos

Pós-doutor em engenharia sanitária – *Iowa State University*, Estados Unidos

Livre-docente – Universidade de São Paulo, Brasil

Professor titular aposentado – Universidade de São Paulo, Brasil

APRESENTAÇÃO

Neste momento, em que o primeiro curso de graduação em Engenharia Ambiental no Brasil completa 21 anos, apresentamos a obra *Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão*. Este livro segue a linha natural de raciocínio e aprendizado de um engenheiro formado pela Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, na qual o curso de graduação em Engenharia Ambiental formou sua primeira turma no ano de 2007.

Esta publicação compreende 30 capítulos, divididos em cinco eixos temáticos, quais sejam: Fundamentos, Ecossistemas Aquáticos e Terrestres, Impactos Ambientais, Ações Mitigadoras de Impactos Ambientais e Gestão Ambiental. O leitor encontrará aproximadamente 300 ilustrações, além de sugestões de leitura complementar e uma série de exemplos que abordam situações reais que o profissional do ambiente vivenciará.

Esta proposta se justifica pelo fato de que a formação de um Engenheiro Ambiental deve ter como base a consolidação de fundamentos de engenharia, biologia, geologia, ecologia, química, física e saúde pública. Este é o alicerce para que o profissional tenha uma visão integrada do ambiente e seja capaz de identificar, caracterizar, dimensionar, prevenir e mitigar os impactos a que os sistemas ambientais estão continuamente submetidos.

Para enfrentar esses desafios, reconhece-se a necessidade da integração de equipes multidisciplinares que contribuam para a identificação do problema a ser resolvido, tarefa precípua de qualquer engenheiro, e para a busca permanente de alternativas tecnológicas otimizadas e adequadas dos pontos de vista ambiental, social e econômico. Para garantir a multidisciplinaridade, este livro contou com a participação de 52 autores oriundos das seguintes áreas: Engenharia (Ambiental, Civil, Mecânica, Agrônômica, Produção, Química, Recursos Hídricos, Sanitária e Florestal), Ciências Biológicas, Oceanografia, Ecologia, Administração, Matemática, Arquitetura e Urbanismo, Física, Geologia, Meteorologia, Geografia e Medicina.

O objetivo principal desta obra não foi esgotar o conhecimento sobre Engenharia Ambiental, o que seria impossível. Ao contrário, seu objetivo foi introduzir o assunto de forma holística, em uma sequência de capítulos que propicie a compreensão de alguns aspectos da vasta área de atuação do Engenheiro Ambiental, e estimule o conhecimento para garantir a implementação de soluções para problemas decorrentes da intervenção do homem sobre o meio ambiente, com vistas à sustentabilidade.

Maria do Carmo Calijuri
Davi Gasparini Fernandes Cunha

SOBRE OS COORDENADORES

Maria do Carmo Calijuri

É licenciada e bacharel em Ciências Biológicas (1982) e Mestre em Ecologia e Recursos Naturais (1985) pela Universidade Federal de São Carlos. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento (1988) pela Universidade de São Paulo. Desde 1989, é docente da Escola de Engenharia de São Carlos. Tornou-se Professora Associada em 1999; é Professora Titular, desde 2004, no Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Milita, desde 1982, nas áreas de Ecologia Aquática e Saneamento Ambiental; desenvolve pesquisas em rios, áreas alagadas, lagos e reservatórios com vistas à sustentabilidade dos Recursos Hídricos e participou de convênios internacionais, por meio do desenvolvimento de pesquisas conjuntas, com grupos de pesquisadores de vários países. Até o momento, formou 33 mestres e 26 doutores. Publicou seis livros e mais de cem artigos científicos em periódicos, capítulos de livros e publicações em eventos científicos nacionais e internacionais. Na carreira administrativa, foi diretora do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da EESC-USP (1995 a 1998); Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental (1995 a 1999), Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC-USP (2002 a 2006); e diretora da EESC-USP (2007 a 2011).

Davi Gasparini Fernandes Cunha

Nasceu em 29 de dezembro de 1986 e é natural de São Paulo (SP). Ingressou no curso de Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC-USP), após aprovação em 1º lugar no vestibular da Fuvest (Fundação Universitária para o Vestibular). Foi bolsista de iniciação científica do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), entre 2004 e 2006, e da Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), entre 2006 e 2008. Em 2005, recebeu Menção Honrosa por trabalho apresentado no Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP. Obteve o título de Engenheiro Ambiental em 2008 pela EESC-USP e, nesse mesmo ano, recebeu o Prêmio de Formação Profissional do CREA (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia). Em 2009, foi aprovado em 1º lugar no processo seletivo do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento (EESC-USP) como aluno de doutorado direto, com previsão de término do doutoramento em outubro de 2012. Entre agosto de 2008 e maio de 2010, foi assessor técnico do Ministério Público do Estado de São Paulo (MP-SP). Entre setembro de 2010 e março de 2011, foi pesquisador visitante nos Estados Unidos (*Kansas State University*). Em junho de 2011, foi convidado a participar de evento

promovido na França, pela *Université Paris-Est*, na condição de *Young Environmental Scientist*. Até julho de 2012, publicou mais de 40 artigos científicos em periódicos, capítulos de livros e eventos científicos nacionais e internacionais. Atua na área de Engenharia Ambiental, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, com especial interesse nos temas: rios, reservatórios, qualidade da água, fitoplâncton, ecologia aplicada, remediação de sistemas aquáticos, sistemas naturais e artificiais redutores de cargas poluidoras e sustentabilidade dos recursos hídricos.

SOBRE OS AUTORES

Aldo Roberto Ometto

Graduação em Engenharia de Produção Química – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (1997)
Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo, USP (2000)
Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (2005), com estágio na Universidade Técnica da Dinamarca, DTU (2003)
Pós-doutorado, Universidad Autonoma de Barcelona, Espanha (2011)
Professor doutor do Departamento de Engenharia de Produção – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Alexander Turra

Graduação em Ciências Biológicas – Universidade Estadual de Campinas, Unicamp (1994)
Mestrado em Ciências Biológicas (Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Unicamp (1998)
Doutorado em Ciências Biológicas (Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Unicamp (2003)
Professor doutor do Instituto Oceanográfico – Universidade de São Paulo, IO-USP

Aline Borges do Carmo

Graduação em Ciências Biológicas – Universidade de São Paulo, USP (2002)
Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento – Universidade Federal da Bahia, UFBA (2008)
Aluna de doutorado em Oceanografia – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, IO-USP (início: 2011)
Analista Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Superintendência Estadual da Bahia, IBAMA

Americo Guelere Filho

Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade de São Paulo, USP (2001)
Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade de São Paulo, USP (2004)
Doutorado em Engenharia de Produção – Universidade de São Paulo, USP (2009)
Sócio-diretor da LCM Inovação & Sustentabilidade

Aníbal da Fonseca Santiago

Graduação em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Viçosa, UFV (2006)
Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (2008)

Aluno de doutorado em Engenharia Civil (Área de Concentração: Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Viçosa, UFV (início: 2009)

Carlos Roberto Monteiro de Andrade

Graduação em Arquitetura e Urbanismo e em Ciências Sociais – Universidade de São Paulo, USP (1974)

Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo, USP (1992)

Doutorado em Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo, USP (1998)

Pós-doutorado – Politécnico de Milão, Itália (setembro/2008 – fevereiro/2009)

Professor assistente do Instituto de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo, IAU-USP

Davi Gasparini Fernandes Cunha

Graduação em Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo, USP (2008)

Aluno de doutorado direto do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP. Previsão de término: outubro de 2012

Doron Grull

Graduação em Engenharia Civil/Hidráulica – Universidade de São Paulo, USP (1969)

Pesquisador e consultor do Centro de Apoio à Faculdade de Saúde Pública – Universidade de São Paulo, FSP-USP

Dulce Buchala Bicca Rodrigues

Graduação em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS (2007)

Especialização em Avaliação Ambiental Estratégica – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS (2009)

Mestrado em Tecnologias Ambientais – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS (2010)

Aluna de doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP (início: 2010)

Edson Wendland

Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT (1986)

Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS (1991)

Doutorado em Engenharia Civil – Ruhr-Universität Bochum, Alemanha (1995)

Pós-doutorado em Engenharia de Petróleo – Universidade Estadual de Campinas, Unicamp (2001)

Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (2004)

Professor titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Eduardo Cleto Pires

Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade de São Paulo, USP (1977)

Mestrado em Engenharia Mecânica – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUCRJ (1981)

Doutorado em Engenharia Civil Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1985)

Pós-doutorado – Miami University, Estados Unidos (1985-1987 e 1995-1996), University of Arkansas, Estados Unidos (1989) e University of Oxford, Inglaterra (2008)

Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (1993)

Professor titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Eduardo Mario Mendonço

Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos – Universidad Nacional Del Litoral (Argentina), UNL (1991)

Mestrado em Engenharia Civil e Recursos Hídricos – Universidade Federal de Rio Grande do Sul, UFRGS (1995)

Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Universidade Federal de Rio Grande do Sul, UFRGS (2001)

Pós-doutorado – Universidade de Kassel, Alemanha (2001)

Professor doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Eugenio Foresti

Graduação em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, EESC-USP (1970)

Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, EESC-USP (1972)

Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, EESC-USP (1982)

Pós-doutorado – University of New Castle Upon Tyne, Inglaterra (1985-1986)

Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (1987)

Professor titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Evandro Mateus Moretto

Graduação em Ciências Biológicas – Universidade Estadual Paulista, Unesp (1997)

Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo, USP (2001)

Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (2006)

Professor doutor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo, EACH-USP

Flávia Marisa Prado Saldanha-Corrêa

Graduação em Ciências Biológicas – Universidade de São Paulo, USP (1987)

Mestrado em Oceanografia Biológica – Universidade de São Paulo, USP (1993)

Doutorado em Oceanografia Biológica – Universidade de São Paulo, USP (1999)

Bióloga do Departamento de Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico – Universidade de São Paulo, IO-USP

Francisco Arthur Silva Vecchia

Graduação em Engenharia de Produção – Universidade de São Paulo, USP (1981)

Especialização em Arquitetura Bioambiental – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PUCPR (1986)

Mestrado em Arquitetura: Tecnologia do Ambiente Construído – Universidade de São Paulo, USP (1990)

Doutorado em Geografia – Universidade de São Paulo, USP (1997)

Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (2005)

Professor associado do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Gabriel D'Arrigo de Brito Souto

Graduação em Ciências Biológicas – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUCRS (1996)
Especialização em Qualidade e Modelagem Estatística – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS (1998)

Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS (2001)

Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (2005)

Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (2009)

Diretor da EHSA – Engenharia Sanitária e Ambiental

Isabel Kimiko Sakamoto

Graduação em Ciências Biológicas – Universidade de São Paulo, USP (1992)

Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1996)

Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (2001)

Pós-doutorado – Universidade de São Paulo, USP (2006)

Especialista de laboratório do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Ivan Silvestre Paganini Marin

Graduação em Física, com ênfase em Computação – Universidade de São Paulo, USP (2005)

Mestrado em Física Aplicada – Universidade de São Paulo, USP (2007)

Doutorado em Ciências, Área Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (2011)

Ivanildo Hespanhol

Graduação em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, USP (1961)

Doutorado em Saúde Pública – Universidade de São Paulo, USP (1968)

Mestrado em Engenharia Sanitária – University of California, Berkeley, Estados Unidos (1972)

Doutorado em Engenharia Sanitária – University of California, Berkeley, Estados Unidos (1975)

Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (1982)

Professor titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, EP-USP

João Luiz Boccia Brandão

Graduação em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, USP (1981)

Especialista em Hidrologia – International Institute of Hydraulic and Environmental Engineering, IHE Delft, Holanda (1985)

Doutorado em Engenharia Civil (Área de Recursos Hídricos) – Universidade de São Paulo, USP (2004)

Professor doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Juliana Moccellini

Graduação em Ciências Biológicas – Universidade de São Paulo, USP (2002)
Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, EESC-USP (2006)
Doutorado em Ciências: Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, EESC-USP (2010)

Jurandy Povinelli

Graduação em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, USP (1964)
Graduação em Engenharia Sanitária – Universidade de São Paulo, USP (1970)
Mestrado em Saúde Pública – Universidade de São Paulo, USP (1971)
Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1973)
Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (1987)
Professor titular (Aposentado) do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP
Professor colaborador sênior do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Kátia Maria Paschoaletto Micchi de Barros Ferraz

Graduação em Ciências Biológicas – Universidade Estadual Paulista, UNESP (1993)
Mestrado em Psicologia Experimental – Universidade de São Paulo, USP (1999)
Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas – Universidade de São Paulo, USP (2004)
Pós-doutorado – Universidade de São Paulo, USP (2004 - 2009)
Professor doutor do Departamento de Ciências Florestais – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Esalq-USP

Lázaro Valentin Zuquette

Graduação em Geologia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ (1978)
Mestrado em Geotecnia – Universidade de São Paulo, USP (1981)
Doutorado em Geotecnia – Universidade de São Paulo, USP (1987)
Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (1993)
Professor titular do Departamento de Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Lorena Lima de Oliveira

Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (2003)
Mestrado em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, USP (2006)
Doutorado em Ciências – Universidade de São Paulo, USP (2010)
Pós-doutorado – Universidade de São Paulo, USP (2012)

Luisa Fernanda Ribeiro Reis

Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas, Unicamp (1981)
Mestrado em Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1985)
Doutorado em Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1990)
Pós-doutorado – Centre for Water Systems, Exeter University, Inglaterra (2000-2001)

Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (2003)

Professora titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Luiz Antonio Daniel

Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG (1983)

Mestrado em Engenharia Civil: Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1989)

Doutorado em Engenharia Civil: Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo (1993)

Professor doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Lyda Patricia Sabogal Paz

Graduação em Engenharia Sanitária – Universidad del Valle, Colômbia (2000)

Doutorado em Engenharia (Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, USP (2007)

Pós-doutorado – Universidade de São Paulo (2010)

Professora doutora do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Marcelo Montaña

Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade de São Paulo, USP (1998)

Mestrado em Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (2002)

Doutorado em Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (2005)

Professor doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Marcelo Zaiat

Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (1990)

Mestrado em Engenharia Química – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (1992)

Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1996)

Pós-doutorado – Universidade de São Paulo, USP (1997) e Escola de Engenharia Mauá, EEM (1998)

Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (2004)

Professor associado do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Márcia Helena Rissato Zamariolli Damianovic

Graduação em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, USP (1986)

Mestrado em Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1991)

Doutorado em Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1997)

Pós-doutorado – Universidade de São Paulo, USP (2003-2007) e Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (2008-2009)

Professora doutora do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Marco Antonio Penalva Realí

Graduação em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, USP (1981)
Mestrado em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, USP (1984)
Doutorado em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, USP (1990)
Professor doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos,
Universidade de São Paulo, EESC-USP

Marcos José de Oliveira

Graduação em Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo, USP (2007)
Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo, USP (2010)
Aluno de doutorado em Geociências Aplicadas – Universidade de Brasília, UnB (início: 2012)
Analista Ambiental – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, IBAMA

Marcus Polette

Graduação em Geografia – Universidade Federal do Rio Grande, FURG (1987)
Graduação em Oceanografia – Universidade Federal do Rio Grande, FURG (1989)
Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (1993)
Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (1997)
Pós-doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC (2006)
Professor do Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar – Universidade do Vale do Itajaí, UNIVALI

Maria Bernadete Amâncio Varesche

Graduação em Ciências Biológicas – Universidade Estadual Paulista, UNESP (1983)
Mestrado em Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1990)
Doutorado em Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1997)
Pós-doutorado – Universidade de São Paulo, USP (2000)
Professora doutora do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos,
Universidade de São Paulo, EESC-USP

Maria do Carmo Calijuri

Graduação em Ciências Biológicas – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (1982)
Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (1985)
Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1988)
Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (1999)
Professora titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos,
Universidade de São Paulo, EESC-USP

Maria Lúcia Calijuri

Graduação em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, USP (1977)
Mestrado em Geotecnia – Universidade de São Paulo, USP (1983)
Doutorado em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, USP (1988)
Professora titular do Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa, UFV

Micheline de Sousa Zanotti Stagliorio Coêlho

Graduação em Meteorologia – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG (1998)
Mestrado em Meteorologia – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE (2001)
Doutorado em Meteorologia – Universidade de São Paulo, USP (2007)
Pós-doutorado – Universidade de São Paulo (2010)
Graduação em Matemática – Universidade Paulista, UNIP (2011)
Pesquisadora de pós-doutorado do Laboratório de Poluição Atmosférica e Experimental – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, FM-USP

Osni José Pejon

Graduação em Geologia – Universidade Estadual Paulista, UNESP (1982)
Mestrado em Geotecnia – Universidade de São Paulo, USP (1987)
Doutorado em Geotecnia – Universidade de São Paulo, USP (1992)
Pós-doutorado – Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, LCPC, França (1994)
Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (2000)
Professor titular do Departamento de Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Oswaldo Augusto Filho

Graduação em Geologia – Universidade de São Paulo, USP (1983)
Mestrado em Engenharia Civil – Universidade de São Paulo, USP (1991)
Especialização em Análise de Risco e SIG – Serviço Geológico dos Estados Unidos, USGS, Colorado (1999)
Doutorado em Geociências e Meio Ambiente – Universidade Estadual Paulista, UNESP (2001)
Professor doutor do Departamento de Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Paula Peixoto Assemany

Graduação em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Viçosa, UFV (2010)
Aluna de mestrado em Engenharia Civil (Área de Concentração: Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Viçosa, UFV (início: 2011)

Paulo Hilário Nascimento Saldiva

Graduação em Medicina – Universidade de São Paulo, USP (1977)
Especialização em Medicina – Universidade de São Paulo, USP (1979)
Doutorado em Patologia – Universidade de São Paulo, USP (1983)
Pós-doutorado – Universidade de São Paulo, USP (1980)
Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (1986)
Professor titular do Departamento de Patologia – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, FM-USP

Renata Bovo Peres

Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo, USP (1999)
Aperfeiçoamento em Arquitetura e Urbanismo – Universidad Politecnica de Cataluña, Espanha (1997)

Especialização em Gestão Ambiental – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (2006)
Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo, USP (2003)
Doutorado em Engenharia Urbana – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (2012), com estágio na
Universidad Autónoma de Barcelona, Espanha (2011)
Professora Temporária do Curso de Gestão e Análise Ambiental – UFSCar (2012)

Severino Soares Agra Filho

Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal da Bahia, UFBA (1977)
Especialização em Sistemas de Tratamento de Resíduos Domésticos e Industriais – Universidade Estadual
do Rio de Janeiro, UERJ (1980)
Especialização em Administração de Projetos de Meio Ambiente – Fundação Getúlio Vargas, FGV (1982)
Mestrado em Planejamento Energético – Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ (1991)
Doutorado em Economia Aplicada ao Meio Ambiente – Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP
(2002)
Professor adjunto do Departamento de Engenharia Ambiental – Escola Politécnica, Universidade Federal
da Bahia, EP-UFBA

Silvio Frosini de Barros Ferraz

Graduação em Engenharia Florestal – Universidade de São Paulo, USP (1998)
Doutorado em Recursos Florestais – Universidade de São Paulo, USP (2004)
Pós-doutorado – Universidade de São Paulo, USP (2005)
Professor doutor do Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências de Rio Claro – Universidade
Estadual Paulista, UNESP (2006)
Professor doutor do Departamento de Ciências Florestais – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Universidade de São Paulo, ESALQ-USP

Sônia Maria Flores Ganesella

Graduação em Ciências Biológicas – Universidade de São Paulo, USP (1974)
Mestrado em Oceanografia Biológica – Universidade de São Paulo, USP (1978)
Doutorado em Oceanografia Biológica – Universidade de São Paulo, USP (1981)
Pós-doutorado – McMaster University, Canadá (1983) e Observatoire Océanologique de Banyuls, Labo-
ratoire Arago, França (1994)
Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (2000)
Professora associada do Departamento de Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico – Universidade
de São Paulo, IO-USP

Valéria Del Nery

Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (1983)
Mestrado em Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1987)
Doutorado em Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, USP (1993)
Projetista e consultora em sistemas de tratamento de efluentes líquidos industriais e esgoto sanitário

Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues

Graduação em Geologia – Universidade de São Paulo, USP (1998)

Mestrado em Geoquímica – Universidade de São Paulo (2001)

Doutorado em Geoquímica – Universidade de São Paulo (2007)

Pós-doutorado – Universidade Estadual Paulista, Unesp (2010)

Professora doutora do Departamento de Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Victor Eduardo Lima Ranieri

Graduação em Engenharia Agrônoma – Universidade de São Paulo, USP (1994)

Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo, USP (2000)

Doutorado em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, USP (2004)

Pós-doutorado – Universidad de Zaragoza, Espanha (2011)

Professor doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

Walter de Paula Lima

Graduação em Engenharia Agrônoma – Universidade de São Paulo, USP (1968)

Mestrado em Hidrologia Florestal – Ohio State University, Estados Unidos (1971)

Doutorado em Solos – Universidade de São Paulo (1975)

Livre-docência – Universidade de São Paulo, USP (1981)

Pós-doutorado – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Division of Forestry, Austrália (1981) e Institute of Ecology and Research Management, University of Edimburgo, Escócia (1992)

Professor titular aposentado do Departamento de Ciências Florestais – ESALQ-USP

Wiclef Dymurgo Marra Junior

Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (1988)

Mestrado em Engenharia Química – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (1991)

Doutorado em Engenharia Química – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar (2000)

Professor doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, EESC-USP

SUMÁRIO

EIXO 1 – FUNDAMENTOS

CAPÍTULO 1	Engenharia, Natureza e Recursos Naturais	3
	<i>Carlos Roberto Monteiro de Andrade e Marcelo Zaiat</i>	
1.1	Introdução	3
1.2	Natureza e Cultura.	3
1.3	Nômades e Sedentários: Formas Distintas de se Relacionar com a Natureza	5
1.4	A Engenharia e o Ambiente	6
1.5	Uma Engenharia Chamada Ambiental	9
1.6	Conclusão	13
	Revisão dos Conceitos Apresentados	13
	Sugestões de Leitura Complementar	14
	Referências	14
 CAPÍTULO 2	 Geologia e Solos	 15
	<i>Osni José Pejon, Lázaro Valentin Zuquette e Oswaldo Augusto Filho</i>	
2.1	Introdução	15
2.2	Origem da Terra.	17
2.3	Tempo Geológico.	18
2.4	Estrutura Interna da Terra	19
2.5	Fontes de Energia e Campos de Força Terrestres	20
2.6	Processos Geológicos e o Ciclo das Rochas	22
2.6.1	Formação dos Minerais	24
2.6.2	Rochas Ígneas	25
2.6.3	Rochas Sedimentares	26
2.6.4	Rochas Metamórficas	27
2.7	Tectônica de Placas	30
2.8	Estruturas Geológicas	31
2.9	Relevo: Aspectos Geológicos e Ambientais	34
2.10	Formação dos Solos	36
2.10.1	Aspectos Fundamentais	36
2.10.2	Componentes do Solo	36
2.10.3	Estrutura dos Solos	38
2.10.4	Origem e Formação dos Solos	38

	2.10.5 Classificação	40
	Revisão dos Conceitos Apresentados	45
	Sugestões de Leitura Complementar	45
	Referências	45
CAPÍTULO 3	Bacias Hidrográficas: Caracterização e Manejo Sustentável	47
	<i>Dulce Buchala Bicca Rodrigues e Eduardo Mario Mendonço</i>	
	3.1 Introdução	47
	3.2 Bacia Hidrográfica: Unidade de Estudo e Gestão dos Recursos Hídricos	48
	3.3 Caracterização Ambiental Visando ao Gerenciamento de Bacias Hidrográficas	49
	3.3.1 Dados Topográficos	49
	3.3.2 Delimitação da Bacia	49
	3.3.3 Caracterização Morfométrica da Bacia	50
	3.4 Escalas de Estudo	52
	3.5 Ciclo Hidrológico e Processos Envolvidos	54
	3.6 Balanço Hídrico em Bacias Hidrográficas	56
	3.6.1 Balanço Hídrico de 1ª Geração	57
	3.6.2 Balanço Hídrico de 2ª Geração	57
	3.6.3 Balanço Hídrico de 3ª Geração	58
	3.6.4 Balanço Hídrico dos Fluxos de Água Azul e Verde	58
	3.7 Balanço de Cargas Poluidoras em Bacias Hidrográficas	59
	3.8 Gestão Qualitativa do Fluxo Superficial de Água Azul	61
	3.9 Pegada Hídrica: Quantificação do Consumo dos Fluxos de Água Azul e Verde	62
	3.10 Avaliação da Pegada Hídrica e Gestão Quali-Quantitativa de Fluxos de Água Azul e Verde	63
	3.11 Pagamento por Serviços Ambientais: Instrumento para Conservação de Bacias Hidrográficas	65
	Revisão dos Conceitos Apresentados	67
	Sugestões de Leitura Complementar	67
	Referências	68
CAPÍTULO 4	Comunidade Microbiana	75
	<i>Maria Bernadete Amancio Varesche, Isabel Kimiko Sakamoto e Lorena Lima de Oliveira</i>	
	4.1 Introdução	75
	4.2 Técnicas de Biologia Molecular	80
	4.2.1 DGGE	84
	4.2.2 Clonagem e Sequenciamento	88
	4.2.3 FISH	89
	4.3 Considerações Finais	91
	Revisão dos Conceitos Apresentados	92
	Sugestões de Leitura Complementar	92
	Referências	93

CAPÍTULO 5	Meio Ambiente e Saúde Pública.....	95
	<i>Luiz Antonio Daniel</i>	
5.1	Introdução	95
5.2	Poluição da Água.....	97
5.3	Doenças de Causa Biológica Relacionadas à Água.....	98
5.4	Doenças Relacionadas à Água Causadas por Substâncias Inorgânicas e Orgânicas	107
5.5	Poluição do Ar	111
	Revisão dos Conceitos Apresentados.....	116
	Sugestões de Leitura Complementar	116
	Referências.....	117
 CAPÍTULO 6	 Atribuições da Engenharia Ambiental e seu Papel para a Sustentabilidade.....	 119
	<i>Davi Gasparini Fernandes Cunha e Maria do Carmo Calijuri</i>	
6.1	Introdução	119
6.2	Engenharia Ambiental	120
6.3	Sustentabilidade.....	123
6.4	O Papel do Engenheiro Ambiental para a Sustentabilidade	125
	Revisão dos Conceitos Apresentados.....	126
	Sugestões de Leitura Complementar	126
 EIXO 2 – ECOSISTEMAS AQUÁTICOS E TERRESTRES		
 CAPÍTULO 7	 Fundamentos Ecológicos e Ciclos Naturais.....	 131
	<i>Maria do Carmo Calijuri, Davi Gasparini Fernandes Cunha e Juliana Moccellini</i>	
7.1	Introdução	131
7.2	Energia	134
7.2.1	Radiação Solar.....	134
7.2.2	Energia nos Ecossistemas.....	135
7.2.3	Produtividade Primária	136
7.2.4	Cadeias e Teias Alimentares	138
7.3	Matéria	140
7.3.1	Ciclo do Carbono	140
7.3.2	Ciclo do Nitrogênio	142
7.3.3	Ciclo do Fósforo	143
7.3.4	Ciclo do Enxofre	144
7.3.5	Ciclo Hidrológico	145
7.3.6	Fatores Limitantes.....	145
7.4	Populações e Comunidades	146
7.4.1	Hábitat e Nicho Ecológico	146
7.4.2	População e seu Dinamismo	147
7.4.3	As Populações Interagem.....	151
7.5	Diversidade de Espécies	153
7.6	Ecótono.....	154

	7.7 Sucessão Ecológica	155
	7.7.1 Ecossistemas Imaturos e Maduros	156
	Revisão dos Conceitos Apresentados	157
	Sugestões de Leituras Complementar	158
	Referências	159
CAPÍTULO 8	Sistemas Aquáticos Continentais	161
	<i>Davi Gasparini Fernandes Cunha e Maria do Carmo Calijuri</i>	
	8.1 Introdução	161
	8.2 Propriedades Físicas e Químicas da Água Doce	162
	8.3 Rios e Córregos	164
	8.4 Áreas Alagadas (<i>Wetlands</i>)	167
	8.5 Lagos e Reservatórios	168
	8.6 Aquíferos	170
	8.7 Comunidades Biológicas	171
	8.7.1 Peixes	171
	8.7.2 Macrófitas Aquáticas	171
	8.7.3 Bentos	172
	8.7.4 Fitoplâncton	173
	8.7.5 Zooplâncton	174
	8.7.6 Perifíton	175
	Revisão dos Conceitos Apresentados	175
	Sugestões de Leitura Complementar	176
	Referências	177
CAPÍTULO 9	Oceanos e Áreas Costeiras	179
	<i>Sônia Maria Flores Giancesella e Flávia Marisa Prado Saldanha-Corrêa</i>	
	9.1 Introdução	179
	9.2 Oceano: Estrutura e Processos	180
	9.2.1 Origem e Composição da Água do Mar	180
	9.2.2 Estrutura Geomorfológica dos Oceanos	182
	9.2.3 Domínios Oceânicos	184
	9.3 Os Habitantes dos Oceanos	191
	9.3.1 Comunidades do Pelagial	192
	9.3.2 Comunidades Bentônicas	196
	9.4 Ambientes Costeiros	197
	9.4.1 Praias	198
	9.4.2 Estuários	198
	9.4.3 Manguezais	199
	9.4.4 Costões Rochosos	199
	9.4.5 Marismas	199
	9.4.6 Planícies de Maré	200
	9.4.7 Recifes de Coral	200
	9.4.8 Florestas de Macroalgas	201
	9.5 Ambientes Oceânicos	201
	9.5.1 Giros Centrais	201

9.5.2 Fontes Termiais.....	202
9.5.3 Respiradouros Frios.....	202
9.5.4 Lagos Salgados Profundos.....	203
9.6 Recursos Oceânicos.....	203
9.6.1 Recursos Minerais.....	204
9.6.2 Recursos Vivos.....	205
9.7 Serviços Ecossistêmicos dos Oceanos.....	206
Revisão dos Conceitos Apresentados.....	209
Sugestões de Leitura Complementar.....	211
Referências.....	211

CAPÍTULO 10	Interações Bióticas e Abióticas na Paisagem: uma Perspectiva Eco-hidrológica.....	215
	<i>Walter de Paula Lima, Silvio Frosini de Barros Ferraz e Kátia Maria Paschoaletto Micchi de Barros Ferraz</i>	
10.1	Introdução.....	215
10.2	Florestas e Ciclo Hidrológico.....	217
10.2.1	Perspectiva Histórica.....	217
10.2.2	Evidências Experimentais.....	219
10.2.3	Microbacia Hidrográfica – A Base para a Gestão Ambiental dos Recursos Hídricos.....	221
10.2.4	Proteção de Mananciais.....	223
10.2.5	Regulação Climática.....	225
10.2.6	Plantações Florestais e Água.....	227
10.3	O Papel da Biodiversidade.....	231
10.4	Manejo Eco-hidrológico da Paisagem.....	233
10.4.1	Conceitos.....	233
10.4.2	Serviços Ecossistêmicos da Floresta.....	235
	Revisão dos Conceitos Apresentados.....	239
	Sugestões de Leitura Complementar.....	239
	Referências.....	240

EIXO 3 – IMPACTOS AMBIENTAIS

CAPÍTULO 11	Impactos Ambientais sobre Rios e Reservatórios.....	247
	<i>Luisa Fernanda Ribeiro Reis e João Luiz Boccia Brandão</i>	
11.1	Introdução.....	247
11.2	Disponibilidade Hídrica.....	248
11.3	Os Usos Múltiplos da Água.....	249
11.3.1	Terminologia Básica.....	249
11.4	Alterações na Dinâmica do Rio.....	252
11.5	Os Impactos Promovidos por Reservatórios e sua Classificação.....	254
11.5.1	Inundação da Área do Reservatório.....	255
11.5.2	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE).....	256
11.5.3	Ecossistema Aquático de Jusante.....	257

11.5.4	Impactos das Mudanças no Regime de Escoamento	257
11.5.5	Impactos Decorrentes do Aprisionamento de Sedimentos e Nutrientes na Represa	258
11.5.6	Impactos sobre Organismos Aquáticos e Bloqueio à Migração . .	258
11.5.7	Impactos sobre a Vegetação Ripária.	258
11.5.8	Impactos sobre a Pesca.	259
11.5.9	Conclusão.	260
11.5.10	A Desativação de Barragens	260
11.6	Fontes de Poluição Hídrica	260
11.6.1	Poluição Pontual	261
11.6.2	Poluição Difusa	261
11.7	Efluentes Urbanos	263
	Revisão dos Conceitos Apresentados.	264
	Sugestões de Leitura Complementar	265
	Referências	267
CAPÍTULO 12	Contaminação de Águas Subterrâneas	269
	<i>Edson Wendland e Ivan Silvestre Paganini Marin</i>	
12.1	Introdução	269
12.2	Fontes de Contaminação	270
12.2.1	Sistemas Sépticos.	270
12.2.2	Disposição de Resíduos	272
12.2.3	Tanques de Armazenamento.	274
12.2.4	Mineração	276
12.2.5	Atividade Agrícola	278
12.2.6	Outras Fontes.	279
12.3	Transporte de Contaminantes	280
12.3.1	Advecção	280
12.3.2	Difusão Molecular	282
12.3.3	Dispersão Mecânica	283
12.3.4	Adsorção e Decaimento.	287
12.3.5	Processos de Atenuação.	288
	Revisão dos Conceitos Apresentados.	289
	Sugestões de Leitura Complementar	291
	Referências.	291
CAPÍTULO 13	Impactos Ambientais sobre Mares e Oceanos.	295
	<i>Aline Borges do Carmo, Marcus Polette e Alexander Turra</i>	
13.1	Introdução	295
13.2	Ocupação Desordenada da Faixa Litorânea	297
13.2.1	Fontes de Poluição	299
13.2.2	Poluição e Recursos Vivos.	303
13.2.3	Danos às Comunidades Ribeirinhas	305
13.3	Uso de Recursos Vivos	306
13.3.1	Produtividade de Áreas Pesqueiras	306
13.4	Uso de Recursos Não Vivos	307

13.4.1	Derrames de Petróleo e Derivados	308
13.5	Mudanças Globais	310
13.5.1	Aumento da Acidez dos Mares e Oceanos	311
13.5.2	Danos à Biodiversidade	312
13.6	Considerações Finais	314
	Revisão dos Conceitos Apresentados	314
	Sugestões de Leitura Complementar	315
	Sites interessantes para consulta	316
CAPÍTULO 14	Impactos Ambientais sobre o Solo	317
	<i>Osni José Pejon, Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues e Lázaro Valentin Zuquette</i>	
14.1	Introdução	317
14.2	Impacto Ambiental	320
14.2.1	Indicadores e Índices	320
14.2.2	Impactos Relacionados à Ocupação Urbana	322
14.2.3	Impactos da Ocupação Rural	323
14.2.4	Impactos Relacionados à Atividade de Mineração	325
14.2.5	Tipos Principais de Impacto Ambiental e Degradação dos Solos	329
	Revisão dos Conceitos Apresentados	340
	Sugestões de Leitura Complementar	341
	Referências	341
CAPÍTULO 15	Poluição Atmosférica e Saúde Humana	345
	<i>Paulo Hilario Nascimento Saldiva e Micheline de Sousa Zanotti Stagliorio Coêlho</i>	
15.1	Introdução	345
15.2	Aspectos Gerais da Relação entre Poluição Atmosférica e Saúde Humana	346
15.3	Poluentes Atmosféricos que Afetam a Saúde Humana	350
15.4	Influência do Clima na Saúde Humana	353
15.4.1	Evidências da Sinergia entre a Poluição e o Clima	353
15.4.2	Aspectos Climáticos do Brasil	353
15.4.3	Circulações Locais na RMSP	354
15.5	Métodos Científicos Utilizados nos Estudos de Poluição, Clima e Saúde Humana	357
15.5.1	Estatística Utilizada nos Estudos de Poluição Atmosférica	359
	Revisão dos Conceitos Apresentados	362
	Sugestões de Leitura Complementar	363
	Referências	364
CAPÍTULO 16	Mudanças Climáticas	367
	<i>Marcos José de Oliveira e Francisco Arthur Silva Vecchia</i>	
16.1	Introdução	367
16.2	Clima e Tempo	368
16.3	A Ciência das Mudanças Climáticas	368
16.3.1	Mudanças Climáticas Recentes: Aquecimento Global Antropogênico	369

16.3.2 Mudanças Climáticas Passadas (Paleoclimáticas):	
Variabilidades Naturais	373
16.3.3 Mudanças Climáticas Futuras: Projeções e Cenários.	387
16.3.4 Discussão das Mudanças Climáticas: Dúvidas,	
Controvérsias e Ponderações	388
16.4 Os Impactos das Mudanças Climáticas	393
16.5 As Respostas às Mudanças Climáticas	394
Revisão dos Conceitos Apresentados.	397
Sugestões de Leitura Complementar	398
Referências	399

EIXO 4 – AÇÕES MITIGADORAS DE IMPACTOS AMBIENTAIS

CAPÍTULO 17	Tratamento de Água para Consumo Humano	405
	<i>Marco Antonio Penalva Reali, Lyda Patricia Sabogal Paz e Luiz Antonio Daniel</i>	
17.1	Introdução	405
17.2	Qualidade das Águas Naturais e Padrões de Potabilidade.	407
17.3	Técnicas de Tratamento de Água para Consumo Humano.	412
17.3.1	Considerações Iniciais	412
17.3.2	Técnicas de Tratamento de Água com Emprego de Filtração	
	Lenta	413
17.3.3	Técnicas de Tratamento de Água com Emprego de	
	Coagulação e Filtração Rápida	415
17.3.4	Técnicas ou Processos para Remoção de Outros Contaminantes	444
	Sugestões de Leitura Complementar	451
	Referências	451
CAPÍTULO 18	Tratamento de Esgoto	455
	<i>Eugenio Foresti</i>	
18.1	Introdução	455
18.2	Concepção do Sistema de Tratamento	456
18.3	Processos Biológicos de Tratamento de Esgotos.	459
18.4	Reatores Biológicos e Sistemas de Tratamento	464
18.5	Critérios de Projeto	468
18.6	Estudo de Alternativas	470
	Revisão dos Conceitos Apresentados.	473
	Sugestões de Leitura Complementar	473
	Referências	474
CAPÍTULO 19	Tratamento de Águas Residuárias Industriais	477
	<i>Eduardo Cleto Pires, Márcia Helena Rissato Zamariolli Damianovic e Valéria Del Nery</i>	
19.1	Introdução	477
19.2	Seleção dos Processos de Tratamento	478
19.3	Tratamento de Águas Residuárias Biodegradáveis	479
19.3.1	Remoção de Compostos Nitrogenados	481
19.3.2	Remoção de Compostos Sulfurosos	482

19.3.3	Características de Águas Residuárias Industriais	484
19.3.4	Estudos de Caso	484
19.4	Tratamento de Águas Residuárias Não Biodegradáveis.....	492
19.5	Novas Tendências	494
	Revisão dos Conceitos Apresentados.....	498
	Sugestões de Leitura Complementar	498
	Referências.....	499
CAPÍTULO 20	Poluentes Emergentes, Saúde Pública e Reúso Potável Direto	501
	<i>Ivanildo Hespanhol</i>	
20.1	Introdução	501
20.1.1	Disponibilidade de Água	502
20.1.2	Poluentes Emergentes.....	503
20.1.3	Programas Internacionais e as Dimensões Políticas e Operacionais de Companhias de Saneamento	511
20.1.4	A Legislação Nacional sobre Qualidade da Água e sua Vigilância	513
20.2	As Soluções Propostas.....	516
20.2.1	Visão Internacional e das Companhias de Saneamento	516
20.2.2	Normas de Qualidade da Água.....	517
20.2.3	Abastecimento de Água – A Inexorabilidade do Reúso Potável Direto	518
	Revisão dos Conceitos Apresentados.....	531
	Sugestões de Leitura Complementar	533
	Referências.....	534
CAPÍTULO 21	Tratamento de Efluentes Gasosos	539
	<i>Wiclef Dymurgo Marra Junior</i>	
21.1	Introdução	539
21.2	Poluição do Ar	540
21.3	Fontes de Emissão	543
21.4	Métodos de Controle	544
21.4.1	Dispositivos para Remoção do Material Particulado em Suspensão.....	544
21.4.2	Dispositivos para a Remoção de Poluentes Gasosos	553
21.5	Considerações Finais	562
	Sugestões de Leitura Complementar	563
	Referências.....	563
CAPÍTULO 22	Resíduos Sólidos.....	565
	<i>Gabriel D'Arrigo de Brito Souto e Jurandyr Povinelli</i>	
22.1	Introdução	565
22.2	Conceitos Iniciais	566
22.3	Gerenciamento de Resíduos Sólidos.....	567
22.3.1	Coleta e Transporte.....	569
22.3.2	Características dos Resíduos.....	571

22.3.3	Geração de Resíduos	576
22.4	Disposição Final	576
22.4.1	Aterro Sanitário	577
22.4.2	Aterro de Resíduos Perigosos	580
22.4.3	Aterro de Resíduos Inertes	580
22.5	Tratamento de Resíduos Sólidos	581
22.5.1	Compostagem	581
22.5.2	Vermicompostagem	582
22.5.3	Digestão Anaeróbia	582
22.5.4	Incineração	583
22.5.5	Aproveitamento Energético	583
22.5.6	Reciclagem	584
22.5.7	Tecnologias Específicas para Tratamento de RSS	584
	Revisão dos Conceitos Apresentados	586
	Sugestões de Leitura Complementar	587
	Referências	587
CAPÍTULO 23	Recuperação de Áreas Degradadas	589
	<i>Lázaro Valentin Zuquette, Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues e Osni José Pejon</i>	
23.1	Introdução	590
23.2	Degradação Ambiental	591
23.3	Recuperação Ambiental	593
23.3.1	Aspectos de Recuperação	594
23.3.2	Níveis de Recuperação	595
23.4	Tipos de Áreas Degradadas	596
23.5	Medidas de Recuperação	599
23.5.1	Áreas com Alteração de Relevô	600
23.5.2	Áreas com Processos Erosivos	600
23.5.3	Áreas Contaminadas/Poluídas	602
23.5.4	Áreas Assoreadas	604
23.5.5	Compactação do Solo	604
23.5.6	Selamento (<i>Sealing</i>)	605
23.6	Exemplos de Recuperação	605
	Revisão dos Conceitos Apresentados	617
	Sugestões de Leitura Complementar	617
	Referências	617
CAPÍTULO 24	Remediação e Readequação de Sistemas Aquáticos Superficiais Contaminados	621
	<i>Doron Grull</i>	
24.1	Introdução	621
24.2	Barreiras	622
24.3	Remediação dos Corpos de Água Lóticos	627
24.3.1	Flotação “em Fluxo”	627
24.3.2	Membranas “em Fluxo” (MEF)	630
24.3.3	Remediadores	634

24.4	Remediação de Corpos de Água Lênticos	636
24.4.1	Dragagem.....	637
24.4.2	Mantas/Cortinas Separadoras.....	637
24.4.3	Remoção de Algas e Macrófitas	638
24.4.4	Aeração e Oxigenação	638
24.4.5	Algicidas e Precipitadores	638
24.5	O Problema de Sempre: E os Lodos?	639
	Revisão dos Conceitos Apresentados.....	639
	Sugestões de Leitura Complementar	640
	Referências	640
CAPÍTULO 25	Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Ambiental	643
	<i>Oswaldo Augusto Filho</i>	
25.1	Introdução	643
25.2	Breve Histórico do SIG.....	644
25.3	Princípios da Cartografia e SIG.....	646
25.4	Arquitetura do SIG Moderno	649
25.5	Tipos de Dados em SIG	650
25.6	Aquisição e Preparação de Dados em SIG.....	652
25.6.1	Projeção Cartográfica e Georreferenciamento	653
25.6.2	Arquivos CAD.....	654
25.6.3	Sensoriamento Remoto	655
25.6.4	Banco de Dados.....	656
25.7	Funções e Ferramentas de Análise Espacial.....	657
25.8	Modelos Digitais de Terreno	662
25.9	Projetos e Modelos em SIG	663
	Revisão dos Conceitos Apresentados.....	666
	Sugestões de Leitura Complementar	666
	Referências.....	666
CAPÍTULO 26	Fontes de Energia Renováveis e Energia Nuclear	669
	<i>Maria Lúcia Calijuri, Paula Peixoto Assemany e Aníbal da Fonseca Santiago</i>	
26.1	Introdução	669
26.2	Biomassa	670
26.2.1	Estudo de Caso: a Biomassa Algal	672
26.3	Energia Eólica	674
26.4	Energia Hidroelétrica	676
26.5	Hidrogênio	678
26.6	Energia Solar	680
26.7	Energia Nuclear	683
26.8	Panorama Brasileiro	686
26.9	Panorama Mundial	688
	Revisão dos Conceitos Apresentados.....	690
	Sugestões de Leitura Complementar	690
	Referências.....	691

EIXO 5 – GESTÃO AMBIENTAL

CAPÍTULO 27	Política Ambiental e Gestão Ambiental	695
	<i>Severino Soares Agra Filho</i>	
27.1	Introdução	695
27.2	A Problemática Ambiental	696
27.3	Desenvolvimento Sustentável	697
27.4	Gestão Ambiental: Significado e Funções Primordiais	702
27.5	Gestão Ambiental: Abrangência e Variáveis de Atuação	703
27.6	Gestão Ambiental Para a Sustentabilidade	705
27.7	A Política Ambiental no Brasil	705
	Revisão dos Conceitos Apresentados	712
	Sugestões de Leitura Complementar	713
	Referências	713
CAPÍTULO 28	Áreas Protegidas: Por Que Precisamos Delas?	717
	<i>Victor Eduardo Lima Ranieri e Evandro Mateus Moretto</i>	
28.1	Introdução	717
28.2	Origens e Conceito de Área Protegida	718
28.3	O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)	721
28.4	Indo Além das Unidades de Conservação: Importância da Conservação na Escala da Paisagem.	726
28.4.1	Fragmentação e Biodiversidade	727
28.4.2	Paisagem e Recursos Hídricos.	731
28.5	Como Promover a Conservação <i>in situ</i> Além das Unidades de Conservação?	732
	Revisão dos Conceitos Apresentados	736
	Sugestões de Leitura Complementar	736
	Referências	736
CAPÍTULO 29	Análise de Viabilidade Ambiental.	741
	<i>Marcelo Montañó e Victor Eduardo Lima Ranieri</i>	
29.1	Introdução	741
29.2	Abordagens de Análise Ambiental	742
29.3	Padrões de Qualidade	745
29.4	Viabilidade Ambiental	747
29.5	O Licenciamento Ambiental	748
29.6	Métodos para Avaliação de Impactos	751
29.6.1	Julgamento de especialistas	752
29.6.2	Listagens de Controle (ou Listagens de Verificação)	752
29.6.3	Redes de Interação	752
29.6.4	Matrizes de Impacto	753
29.6.5	Índices de Impacto (Métodos Quantitativos)	753
29.6.6	Análise de Ciclo de Vida (ACV)	755
29.6.7	Análise Multicriterial	755
29.6.8	Sobreposição de Informações/Mapas.	755

29.6.9	Análise de Custo-Benefício (Valoração Ambiental)	756
29.6.10	Análise de Vulnerabilidade/Aptidão	757
29.6.11	Avaliação de Impactos Sociais	757
29.6.12	Modelagem Matemática (Previsão)	758
29.6.13	Análise de Fragmentação do Território	759
29.6.14	Estabelecimento de Cenários	759
29.6.15	Avaliação de Risco	760
29.7	Viabilidade Ambiental e Gestão de Empreendimentos	761
	Revisão dos Conceitos Apresentados	762
	Sugestões de Leitura Complementar	763
	Referências	763
CAPÍTULO 30	Gestão Ambiental de Empresas	767
	<i>Aldo Roberto Ometto, Américo Guelere Filho e Renata Bovo Peres</i>	
30.1	Introdução	767
30.2	Evolução das Práticas de Gestão Ambiental Empresarial	768
30.3	A Série ISO 14.000 – Gestão Ambiental	771
30.3.1	Sistema de Gestão Ambiental – ISO 14001	772
30.4	Produção Mais Limpa	774
30.5	Gestão do Ciclo de Vida	779
30.5.1	<i>Ecodesign</i>	781
30.5.2	Avaliação do Ciclo de Vida	783
30.6	Considerações Finais	785
	Revisão dos Conceitos Apresentados	786
	Sugestões de Leitura Complementar	787
	Referências	787

