

Sensoriamento Remoto do Ambiente:

Uma Perspectiva em Recursos Terrestres

Tradução da Segunda Edição

AMOSTRA



Prentice-Hall Series
in Geographic
Information Science

KEITH C. CLARKE,
Series Advisor

Avery/Berlin, *Fundamentals of Remote Sensing and Air Photo Interpretation*, Sixth Edition

Clarke, *Getting Started with Geographic Information Systems*, Fourth Edition

Clarke/Parks/Crane, *Geographic Information Systems and Environmental Modeling*

Green/Pick, *Exploring the Urban Community: A GIS Approach*

Heywood/Cornelius/Carver, *Introduction to Geographical Information Systems*, Third Edition

Jensen, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Third Edition

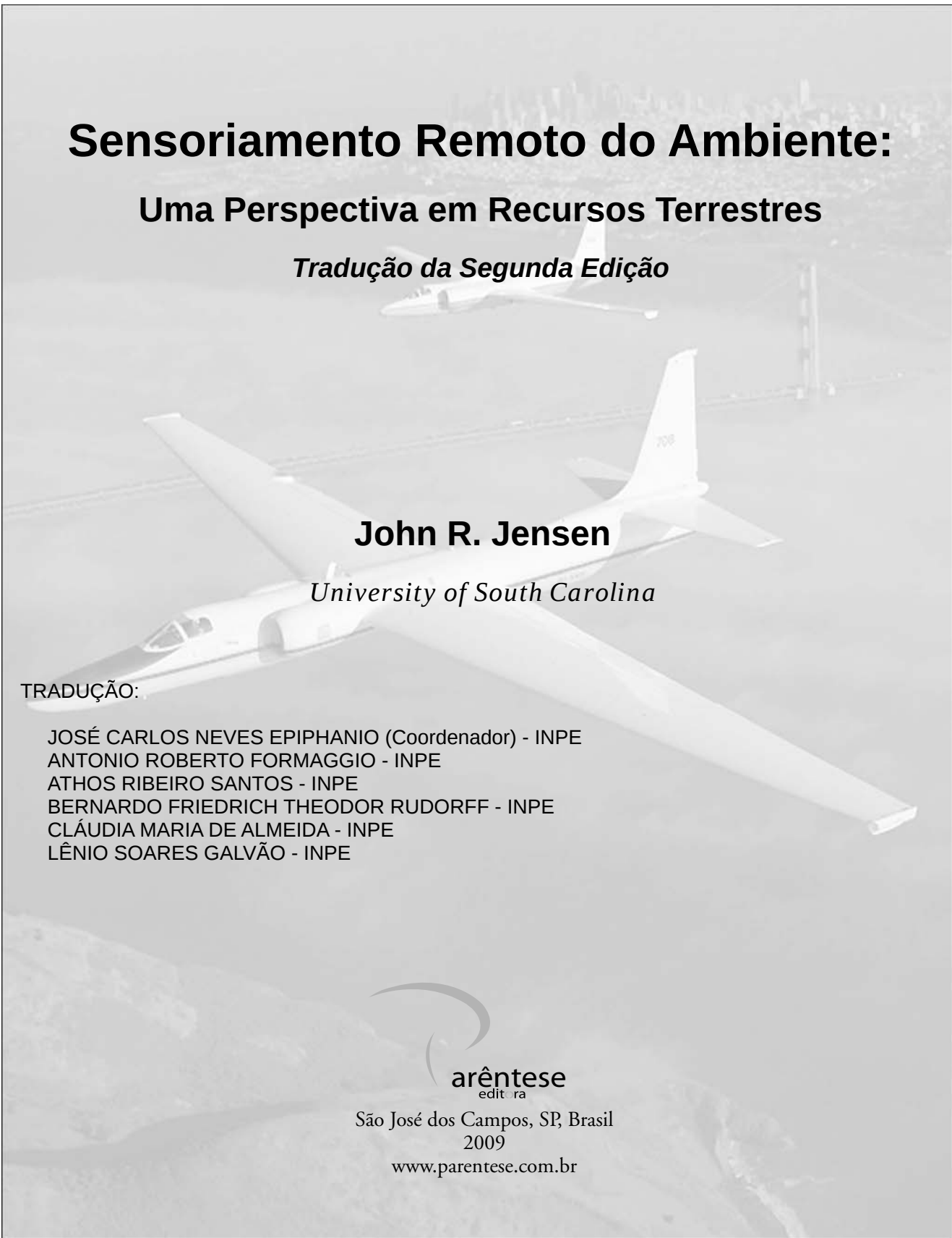
Jensen, *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*, Second Edition

Lo/Yeung, *Concepts and Techniques of Geographic Information Systems*, Second Edition

Slocum/McMaster/Kessler/Howard, *Thematic Cartography and Geographic Visualization*,
Second Edition



Upper Saddle River, NJ 07458



Sensoriamento Remoto do Ambiente:

Uma Perspectiva em Recursos Terrestres

Tradução da Segunda Edição

John R. Jensen

University of South Carolina

TRADUÇÃO:

JOSÉ CARLOS NEVES EPIPHANIO (Coordenador) - INPE
ANTONIO ROBERTO FORMAGGIO - INPE
ATHOS RIBEIRO SANTOS - INPE
BERNARDO FRIEDRICH THEODOR RUDORFF - INPE
CLÁUDIA MARIA DE ALMEIDA - INPE
LÊNIO SOARES GALVÃO - INPE



São José dos Campos, SP, Brasil
2009

www.parentese.com.br

Authorized translation from the English language edition, entitled REMOTE SENSING OF THE ENVIRONMENT: AN EARTH RESOURCE PERSPECTIVE, 2nd Edition by JOHN JENSEN, published by Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, Copyright © 2007. All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc. PORTUGUESE language edition published by PARENTESE EDITORA, Copyright © 2009.

Créditos da edição norte-americana

Editor de Aquisições: Jeff Howard

Editor da Gerência Executiva: Kathleen Schiaparelli

Comprador de Manufatura: Alan Fischer

Assistente de Marketing: Renee Hanenberg

Assistente Editorial: Margaret Ziegler

Diretor de Arte: Jayne Conte

Editor Chefe, Área de Ciência: Daniel Kaveney

Editor de Produção: Edward Thomas

Diretor de Marketing, Área de Ciência: Patrick Lynch

Editor de Cópias: Barbara Booth

Assistente de Produção: Nancy Bauer

Créditos da Capa: (superior esquerdo) Dispersão da luz branca usando um prisma (cortesia de David Parker, Photo Researchers, Inc.); (superior direito) Concepção artística do satélite Terra (cortesia da NASA); (centro esquerdo) Imagem de Denver, CO, em alta resolução espacial e em cores naturais, gravada pelo satélite QuickBird em 13 de Julho de 2003 (cortesia da DigitalGlobe, Inc.); (inferior esquerdo) Composição colorida do Landsat Thematic Mapper 30 x 30 m do Monte Kilimanjaro, na Tanzânia (cortesia da NASA e Earth Satellite, Inc.); (inferior direito) Modelo digital de elevação do Monte Kilimanjaro (30 x 30 m) visto de uma visada oblíqua na direção W-NW, derivado de dados interferométricos SAR da Space Shuttle Topography Mission (SRTM) (cortesia do USGS EROS Data Center e NASA Jet Propulsion Lab).

Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres (Tradução da Segunda Edição)

Copyright © 2009 da Editora Parêntese, mediante acordo firmado com a editora original.

Créditos da edição traduzida

Editor Chefe: Anderson da Silva Vieira (anderson@parentese.com.br)

Editoração: Caroline Melo Duran e Jackson Costa Oliveira - Feira Livre Design (www.feiralivredesign.com)

Processo Gráfico: *In* Revisão e Produção Editorial

Impresso nas oficinas da Gráfica Yangraf - São Paulo

Espaço reservado ao CIP

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 5988 de 14/12/73. Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da editora, poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados: eletrônico, mecânico, fotográfico, gravação ou quaisquer outros.

Todo o esforço foi feito para fornecer a mais completa e adequada informação, contudo a(s) editora(s) e o(s) autor(es) não assume(m) responsabilidade pelos resultados e usos da informação fornecida. Recomendamos aos leitores testar a informação bem como tomar todos os cuidados necessários (como o backup), antes da efetiva utilização. Este livro **não** contém CD-ROM, disquete ou qualquer outra mídia nem oferece qualquer tipo de suporte técnico.

Erratas e atualizações: Sempre nos esforçamos para entregar a você leitor um livro livre de erros, gramaticais, técnicos ou de conteúdo, porém nem sempre isto é conseguido, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou mesmo quando alguns deslizes constam na versão original de alguns livros que traduzimos. Sendo assim, criamos em nosso site a seção Erratas no site www.parentese.com.br, onde, se algum erro for encontrado em nossos livros, este será relatado com a devida correção.

Avisos e Renúncia de Direitos: Este livro é vendido como está, sem garantia de qualquer tipo, seja expressa ou implícita.

Marcas Registradas: Todos os termos mencionados e reconhecidos como Marca Registrada e/ou comercial são de responsabilidade total de seus proprietários. A Editora informa não estar associada a nenhum produto e/ou fornecedor apresentado no livro. No decorrer da obra, imagens, nomes de produtos e fabricantes podem ter sido utilizado e desde já a Editora informa que o uso é apenas informativo, ilustrativo e/ou educativo, não visando lucro, favorecimento ou desmerecimento do produto/fabricante.

O código de propriedade intelectual de 1º de Julho de 1992 proíbe expressamente o uso coletivo sem autorização dos detentores do direito autoral da obra bem como a cópia ilegal do original. Esta prática generalizada nos estabelecimentos de ensino provoca uma brutal baixa nas vendas dos livros ao ponto de impossibilitar aos autores de criarem novas obras.



Parêntese Editora

Avenida Salinas, 393 CEP 12210-000 - São José dos Campos - SP - Brasil

www.parentese.com.br / parentese@parentese.com.br

Tel/Fax: (12) 3027 3047

Conteúdo

Capítulo 1 — Sensoriamento Remoto do Ambiente	1
Capítulo 2 — Princípios de Radiação Eletromagnética	39
Capítulo 3 — História da Fotografia Aérea e das Plataformas Aéreas.....	63
Capítulo 4 — Fotografia Aérea – Visada, Câmeras, Filtros e Filme	93
Capítulo 5 — Elementos de Interpretação Visual de Imagens	129
Capítulo 6 — Fotogrametria.....	151
Capítulo 7 — Sistemas Multiespectrais de Sensoriamento Remoto.....	195
Capítulo 8 — Sensoriamento Remoto no Infravermelho Termal.....	250
Capítulo 9 — Sensoriamento Remoto por Micro-ondas Ativas e Passivas.....	292
Capítulo 10 — Sensoriamento Remoto por LIDAR	336
Capítulo 11 — Sensoriamento Remoto da Vegetação.....	356
Capítulo 12 — Sensoriamento Remoto da Água.....	410
Capítulo 13 — Sensoriamento Remoto da Paisagem Urbana	444
Capítulo 14 — Sensoriamento Remoto de Solos, Minerais e Geomorfologia	510
Capítulo 15 — Medidas de Reflectância In Situ	572
Apêndice.....	582
Índice.....	585

AMOSTRA

Sumário

Prefácio	XIV
Capítulo 1 — Sensoriamento Remoto do Ambiente	1
Coleta de Dados In Situ.....	1
Coleta de Dados por Sensoriamento Remoto.....	2
<i>Definições Máximas/Mínimas</i>	<i>4</i>
<i>Vantagens e Limitações do Sensoriamento Remoto</i>	<i>8</i>
O Processo do Sensoriamento Remoto	9
<i>Enunciado do Problema.....</i>	<i>10</i>
<i>Identificação dos Requisitos de Dados In situ e de Sensoriamento Remoto.....</i>	<i>11</i>
<i>Coleta de Dados de Sensoriamento Remoto</i>	<i>13</i>
<i>Análise de Dados de Sensoriamento Remoto.....</i>	<i>26</i>
<i>Apresentação da Informação</i>	<i>30</i>
Economia da Observação da Terra.....	31
Perspectiva da Análise de Recursos Terrestres.....	32
Organização do Livro	34
Capítulo 2 — Princípios de Radiação Eletromagnética	39
Condução, Convecção e Radiação	39
Modelos de Radiação Eletromagnética	40
<i>Modelo Ondulatório da Energia Eletromagnética</i>	<i>40</i>
<i>O Modelo de Partícula: Radiação das Estruturas Atômicas.....</i>	<i>44</i>
Interações Energia-Matéria na Atmosfera.....	48
<i>Refração</i>	<i>49</i>
<i>Espalhamento.....</i>	<i>50</i>
<i>Absorção</i>	<i>52</i>
<i>Reflectância</i>	<i>53</i>
Interações Energia-Matéria no Terreno	53
<i>Reflectância, Absortância e Transmitância.....</i>	<i>55</i>
<i>Densidade de Fluxo Radiante</i>	<i>57</i>
Interações Energia-Matéria na Atmosfera.....	58
Interações Energia-Matéria no Sensor	58
Alvo e Radiância de Trajetória.....	59
Capítulo 3 — História da Fotografia Aérea e das Plataformas Aéreas.....	63
História da Fotografia.....	63
<i>Luz e Cor.....</i>	<i>63</i>
<i>A Câmera Escura</i>	<i>64</i>
<i>Invenção das Emulsões Sensíveis à Luz e Métodos para Fixar a Imagem.....</i>	<i>64</i>
Fotografias a Partir de Plataformas Aéreas	68
<i>Ornitópteros</i>	<i>68</i>
<i>Vôos com Balões Mais Leves do que o Ar</i>	<i>68</i>
<i>Vôos mais Leves do que o Ar Utilizando Pipas</i>	<i>71</i>
<i>Vôos mais Pesados do que o Ar Utilizando Foguetes.....</i>	<i>72</i>
<i>Vôos mais Pesados do que o Ar Utilizando Pombos, Planadores e Aviões.....</i>	<i>72</i>
Reconhecimento Fotográfico nas 1ª e 2ª Guerras Mundiais	74
<i>Fotografia Aérea na 1ª Guerra Mundial.....</i>	<i>76</i>
<i>Fotografia Aérea na 2ª Guerra Mundial.....</i>	<i>76</i>

Reconhecimento Fotográfico na Guerra Fria	77
<i>Balões de Reconhecimento Genetrix</i>	79
<i>Programa de Reconhecimento com a Aeronave U-2</i>	79
<i>O SR-71</i>	82
<i>Tecnologia de Camuflagem de Aeronave</i>	82
Sensoriamento Remoto por Satélites.....	82
<i>Corona</i>	83
<i>Programas Atuais de Satélite Ligados à Defesa</i>	85
Veículos Aéreos Não-Tripulados	87
<i>Veículos Aéreos Não-Tripulados: Tática e Autonomia</i>	87
<i>Carga Útil dos Veículos Aéreos Não-Tripulados</i>	88
<i>Considerações Sobre os Veículos Aéreos Não-Tripulados</i>	88
Plataformas Comerciais de Sensoriamento Remoto	89
Capítulo 4 — Fotografia Aérea – Visada, Câmeras, Filtros e Filme	93
Visada Vertical e Oblíqua	93
<i>Fotografia Aérea Vertical</i>	93
<i>Fotografia Aérea Oblíqua</i>	94
Câmeras Aéreas	95
<i>Comparação entre os Elementos da Câmera Aérea e do Olho Humano</i>	97
<i>Tipos de Câmeras Aéreas</i>	99
Filtragem em Fotografia Aérea	106
<i>Tipos, Tamanhos e Cores de Filtros</i>	109
Filmes Para Fotografia Aérea	111
<i>Características Gerais das Emulsões Fotográficas</i>	112
<i>Emulsões Fotográficas Preto-e-branco</i>	113
<i>Emulsões de Fotografias Coloridas</i>	124
Planejamento de Missões de Fotografias Aéreas	127
<i>Hora do Dia - Ângulo Solar</i>	127
<i>Tempo</i>	127
<i>Plano de Voo</i>	127
Capítulo 5 — Elementos de Interpretação Visual de Imagens	129
Introdução.....	129
<i>A Perspectiva Aérea/Regional</i>	130
<i>Percepção de Profundidade Tridimensional</i>	130
<i>Obtendo Conhecimento Além do Sistema Visual Humano</i>	131
<i>Documentação de Registro Histórico de Imagens e a Detecção de Mudanças</i>	132
Elementos de Interpretação de Imagem	132
Métodos de Pesquisa	146
<i>Usando a Informação Colateral</i>	146
<i>Convergência de Evidências</i>	147
<i>O Conceito Multi</i>	147
Capítulo 6 — Fotogrametria	151
Linhas de Voo da Fotografia Aérea Vertical	152
Marcas Fiduciais e Pontos Principais.....	154
Geometria da Fotografia Aérea Vertical	155
Medição de Escala e Altura em Fotografias Aéreas Verticais Simples	157
<i>Escala de Fotografia Aérea Vertical Adquirida sobre Terreno Plano</i>	157
<i>Escala de Fotografia Aérea Vertical Adquirida sobre Terreno Acidentado</i>	160
<i>Medição de Altura em Fotografias Aéreas Simples</i>	161
Medição Estereoscópica da Altura de Objetos ou Elevação do Terreno	164
<i>Fundamentos da Estereoscopia Humana</i>	164

<i>Estereoscopia Aplicada à Fotografia Aérea</i>	164
<i>Como Funciona a Fotografia Aérea Estereoscópica?</i>	167
Modelos Digitais de Elevação, Ortofotos e Atributos Planimétricos Usando Fotogrametria Digital	175
<i>Aquisição de Pontos de Controle Horizontais e Verticais no Terreno</i>	176
<i>Aquisição de Fotografia Aérea Estereoscópica ou Outros Dados de Sensores Remotos</i>	176
<i>Tecnologia de Digitalização de Imagens</i>	177
<i>Fotogrametria Digital</i>	179
<i>Extração de Cotas Altimétricas de Referência, Curvas de Nível e MDEs Usando Fotogrametria Digital</i>	181
<i>Criação de Ortoimagens Digitais</i>	185
<i>Extração de Atributos Temáticos de Interesse Usando Fotogrametria Digital</i>	190
Medição de Área	190
<i>Medição de Área de Formas Geométricas Bem Conhecidas</i>	191
<i>Medição de Área de Polígonos com Formato Irregular</i>	191
Capítulo 7 — Sistemas Multiespectrais de Sensoriamento Remoto	195
Aquisição de Dados Multiespectrais Digitais	195
<i>Terminologia de Imagens Digitais</i>	196
<i>Sistemas de Sensoriamento Remoto para Discussão</i>	196
Imageamento Multiespectral usando Detectores Discretos e Espelhos de Varredura	199
<i>Satélites Tecnológicos de Recursos Terrestres e Sistemas Sensores Landsat</i>	199
<i>Sensores de Varredura Multiespectral da National Atmospheric and Oceanic Administration</i>	212
<i>ORBIMAGE, Inc., e NASA Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)</i>	219
<i>Varredores Multiespectrais de Aeronave</i>	220
Imageamento Multiespectral Usando Arranjos Lineares	224
<i>Os Sistemas Sensores SPOT</i>	224
<i>Sistemas de Sensoriamento Remoto da Índia</i>	230
<i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)</i>	232
<i>Multangle Imaging Spectroradiometer (MISR)</i>	234
<i>Sistemas de Sensoriamento Remoto com Arranjo Linear e Alta Resolução Espacial</i>	235
Espectrometria Usando Arranjos Lineares e de Área (Sensoriamento Remoto Hiperspectral)	239
<i>Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)</i>	242
<i>Compact Airborne Spectrographic Imager 1500 (CASI 1500)</i>	243
<i>Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS)</i>	243
Câmeras Digitais de Quadro Baseadas em Arranjos de Área (Matrizes Bidimensionais)	244
<i>Aquisição de Dados Digitais de Pequeno Formato: Leica Geosystems Emerge Digital Sensor System</i>	245
<i>Aquisição de Dados Digitais de Grande Formato: Z/1 Digital Modular Camera</i>	246
<i>Aquisição de Dados Digitais de Grande Formato: Vexcel Ultracam baseada em Arranjos de Área</i>	246
Capítulo 8 — Sensoriamento Remoto no Infravermelho Termal	250
História do Sensoriamento Remoto no Infravermelho Termal	251
Propriedades da Radiação Infravermelha Termal	253
<i>Calor Cinético, Temperatura, Energia Radiante e Fluxo Radiante</i>	253
<i>Métodos de Transferência de Calor</i>	254
Janelas Atmosféricas no Infravermelho Termal	254
Leis da Radiação Termal	255
<i>Lei de Stefan-Boltzmann</i>	255
<i>Lei do Deslocamento de Wien</i>	256
<i>Emissividade</i>	256
<i>Lei da Radiação de Kirchhoff</i>	258
Propriedades Térmicas do Terreno	261
Coleta de Dados Infravermelhos Termiais	262
<i>Sensoriamento Remoto no Infravermelho Termal Baseado em Escaneadores Multiespectrais</i>	262
<i>Sensoriamento Remoto no Infravermelho Termal baseado em Matrizes Lineares ou</i>	

<i>Bi-dimensionais de Detectores</i>	272
Considerações Ambientais no Infravermelho Termal	275
<i>Ciclo Diário da Temperatura de Materiais Típicos</i>	275
Exemplos de Sensoriamento Remoto no Infravermelho Termal.....	277
<i>Monitoramento de Poluição da Água: Identificação de Efluentes Termais no Rio Savannah</i>	277
<i>Monitoramento da Poluição da Água: Identificação de Vazamentos em Tanques Sépticos</i> <i>que Contribuem para a Contagem de Coliformes Fecais</i>	283
<i>Levantamentos Infravermelhos Termais de Isolamentos Residenciais</i>	283
<i>Levantamentos Infravermelhos Termais de Umidade em Tetos Comerciais/Industriais</i>	285
<i>Análise do Efeito de Ilha de Calor Urbana</i>	287
<i>Uso da Imagem Infravermelha Termal para Aplicações Florestais</i>	288
<i>Sensoriamento Remoto para Graus-Dia de Estresse em Plantas</i>	289
Capítulo 9 — Sensoriamento Remoto por Micro-ondas Ativas e Passivas	292
História do Sensoriamento Remoto por Micro-ondas Ativas (RADAR).....	292
Componentes do Sistema Ativo de Micro-ondas	295
<i>Enviando e Recebendo um Pulso de Energia Eletromagnética na Região das</i> <i>Micro-ondas – Componentes do Sistema</i>	296
<i>A Geometria da Imagem de RADAR: Slant-Range (Alcance Inclinado) versus</i> <i>Ground-Range (Alcance no Terreno)</i>	300
<i>Deslocamento de Relevo no RADAR, Foreshortening (Encurtamento de Rampa),</i> <i>Layover (Inversão de Relevo), Sombra e Speckle</i>	306
<i>Sistemas de Radar de Abertura Sintética</i>	309
Considerações sobre a Influência dos Parâmetros Ambientais no RADAR	314
<i>Características da Rugosidade Superficial</i>	314
<i>Características Elétricas (Constante Dielétrica Complexa) e a Relação com o</i> <i>Conteúdo de Umidade</i>	316
<i>Resposta da Vegetação à Energia de Micro-ondas</i>	318
<i>Resposta da Água à Energia nas Micro-ondas</i>	322
<i>Resposta da Estrutura Urbana à Energia de Micro-ondas</i>	323
Sensoriamento Remoto SAR a Partir do Espaço	324
<i>Seasat</i>	324
<i>Shuttle Imaging Radar SIR-A, SIR-B, SIR-C, Shuttle Radar Topography Mission SRTM</i>	325
<i>RADARSAT e RADARSAT-2</i>	325
<i>ERS-1 e ERS-2 da Agência Espacial Européia (ESA – European Space Agency)</i>	327
<i>Envisat ASAR da Agência Espacial Européia</i>	328
<i>JERS-1</i>	329
<i>Almaz-1</i>	329
Interferometria de Radar	329
<i>Mapeamento Topográfico por Interferometria</i>	329
<i>Mapeamento Interferométrico de Velocidade</i>	331
Sensoriamento Remoto por Micro-ondas Passivas	331
<i>Radiômetros de Micro-ondas Passivas</i>	331
Capítulo 10 — Sensoriamento Remoto por LIDAR	336
Princípios do LIDAR	337
<i>LIDAR: Laser e Sistema de Varredura</i>	337
<i>Localização do Laser LIDAR</i>	339
<i>Atitude (Orientação) da Antena do LIDAR</i>	339
<i>Pós-Processamento dos Retornos Múltiplos de LIDAR</i>	340
<i>Extração de Modelos Digitais de Superfície (Digital Surface Models – DSMs) do Primeiro,</i> <i>do Intermediário e/ou do Último Retorno</i>	341
<i>Extração de Modelos Digitais do Terreno (DTMs) da Superfície Desnuda da Terra</i>	342
Acurácia das Medidas de LIDAR	350

<i>Padrão de Acurácia Horizontal e Vertical NSSDA</i>	350
<i>A Influência da Cobertura do Solo, da Declividade e das Condições de Presença/Ausência de Folhagem na Acurácia da Elevação Obtida pelo LIDAR</i>	352
Informações Sobre Vegetação Obtidas Pelo LIDAR	352
Informações Sobre Áreas Urbanas Obtidas Pelo LIDAR	353
<i>O Futuro do Sensoriamento Remoto por LIDAR</i>	353
Capítulo 11 — Sensoriamento Remoto da Vegetação	356
Fundamentos sobre Fotossíntese	356
Características Espectrais da Vegetação.....	357
<i>Principais Fatores que Controlam a Reflectância Foliar</i>	357
Características Temporais da Vegetação	375
<i>Ciclos Fenológicos Naturais</i>	376
<i>Ciclos Fenológicos de Vegetação sob Manejo</i>	378
Índices de Vegetação	383
Métricas de Ecologia da Paisagem.....	395
Indicadores de Paisagem e Métricas de Polígonos.....	396
Biodiversidade e Análise de Vazios.....	398
Sensoriamento Remoto das Mudanças da Vegetação.....	399
<i>Sensoriamento Remoto das Mudanças Sucessionais de uma Planície de Inundação</i>	399
<i>Sensoriamento Remoto da Agricultura na África do Sul</i>	402
Capítulo 12 — Sensoriamento Remoto da Água	410
Características Biofísicas da Água de Superfície Detectadas por Sensoriamento Remoto	411
<i>Radiância de Superfície da Água, Radiância Volumétrica de Subsuperfície e Radiância de Fundo</i>	411
<i>Resposta Espectral da Água em Função do Comprimento de Onda</i>	412
<i>Resposta Espectral da Água em Função dos Constituintes Orgânicos e Inorgânicos</i>	415
– <i>Monitorando Sedimentos em Suspensão (Turbidez), Clorofila e Matéria Orgânica Dissolvida</i>	415
<i>Penetração na Água e Batimetria</i>	424
<i>Temperatura da Superfície da Água</i>	427
Precipitação	429
<i>Técnicas do Visível - Infravermelho</i>	430
<i>Técnicas de Micro-ondas Ativas e Passivas</i>	431
Aerossóis e Nuvens	432
<i>Aerossóis</i>	433
<i>Nuvens</i>	433
Vapor d'Água	436
Neve	437
<i>Neve no Espectro Visível</i>	437
<i>Neve nas Regiões do Infravermelho Médio e de Micro-ondas</i>	437
Modelagem da Qualidade de Água	438
<i>Um Modelo de Qualidade de Água Integrado por Sensoriamento Remoto e GIS</i>	438
Capítulo 13 — Sensoriamento Remoto da Paisagem Urbana	444
Base Nacional de Dados Espaciais.....	445
Considerações sobre a Resolução Urbana.....	445
<i>Considerações sobre a Resolução Temporal Urbana/Periurbana</i>	445
<i>Considerações sobre a Resolução Espectral Urbana/Periurbana</i>	446
<i>Considerações sobre a Resolução Espacial Urbana/Periurbana</i>	450
Sensoriamento Remoto de Cobertura da Terra e de Uso da Terra.....	452
<i>Esquemas de Classificação de Cobertura da Terra/Uso da Terra</i>	452
<i>Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra (Níveis I a IV) com o Uso de Dados de Sensores Remotos</i>	456
Uso do Solo Residencial	458

Uso do Solo Para Comércio e Serviços.....	467
Uso do Solo Industrial.....	481
Infraestrutura de Transporte	492
Comunicações e Serviços de Infraestrutura	498
Criação de Modelos Digitais de Elevação Urbanos	499
Dados Meteorológicos.....	500
Hidrologia Urbana.....	501
Identificação de Áreas Ambientais Críticas	502
Resposta a Emergências em Desastres.....	502
Capítulo 14 — Sensoriamento Remoto de Solos, Minerais e Geomorfologia	510
Características e Taxonomia dos Solos	511
<i>Horizontes dos solos</i>	<i>511</i>
<i>Tamanho das Partículas do Solo e Textura.....</i>	<i>512</i>
<i>Taxonomia de Solos.....</i>	<i>513</i>
Sensoriamento Remoto de Propriedades dos Solos	514
<i>Textura e Conteúdo de Umidade do Solo.....</i>	<i>516</i>
<i>Matéria Orgânica e Crostas Biológicas do Solo</i>	<i>518</i>
<i>Óxidos de Ferro</i>	<i>518</i>
<i>Salinidade do Solo.....</i>	<i>519</i>
<i>Rugosidade Superficial.....</i>	<i>520</i>
Sensoriamento Remoto de Rochas e de Minerais	521
Geologia	525
<i>Litologia</i>	<i>525</i>
<i>Estrutura</i>	<i>526</i>
<i>Morfometria e Padrões de Drenagem.....</i>	<i>528</i>
Geomorfologia	533
<i>Formas de Terreno Ígneas</i>	<i>534</i>
<i>Formas de Terreno Desenvolvidas sobre Estratos Horizontais.....</i>	<i>537</i>
<i>Formas de terreno desenvolvidas em estratos dobrados.....</i>	<i>540</i>
<i>Formas de Terreno Controladas por Falhas.....</i>	<i>542</i>
<i>Formas de Terreno Fluviais.....</i>	<i>543</i>
<i>Formas Cársticas.....</i>	<i>549</i>
<i>Formas costeiras.....</i>	<i>552</i>
<i>Formas glaciais.....</i>	<i>559</i>
<i>Geoformas eólicas.....</i>	<i>563</i>
Capítulo 15 — Medidas de Reflectância In Situ	572
Reflectância Espectral de um Material.....	573
Material de Referência	573
Considerações sobre a Iluminação	574
<i>Medição da Reflectância Espectral In Situ Usando Iluminação Solar.....</i>	<i>574</i>
<i>Medida de Reflectância Espectral In Situ Usando Iluminação Artificial no Laboratório.....</i>	<i>576</i>
Características do Espectrorradiômetro Usado para Obter o Espectro de Reflectância In Situ.....	577
<i>Região Espectral de Interesse</i>	<i>577</i>
<i>Resolução Espectral.....</i>	<i>578</i>
<i>Intervalo de Amostragem Espectral.....</i>	<i>579</i>
<i>Projeto do Espectrorradiômetro e Velocidade de Coleta de Dados</i>	<i>579</i>
<i>Geometria de Visada e Campo de Visada</i>	<i>579</i>
<i>Espectrorradiômetros Candidatos para Coleta de Dados de Reflectância In Situ.....</i>	<i>580</i>
Apêndice.....	582
Índice.....	585

Prefácio

Sensoriamento remoto é a arte e a ciência de obter informação sobre um objeto sem estar em contato físico direto com o objeto. O sensoriamento remoto pode ser usado para medir e monitorar importantes características biofísicas e atividades humanas na Terra. Este livro *Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres, 2ª edição*, foi escrito para introduzir o leitor:

- às características da radiação eletromagnética e como a energia interage com os materiais da superfície da Terra, tais como vegetação, solo, rocha, água e infraestrutura urbana,
- ao entendimento de como a energia eletromagnética refletida ou emitida por esses materiais é registrada usando uma variedade de instrumentos de sensoriamento remoto (p.ex., câmeras, escâneres multiespectrais, instrumentos hiperespectrais, RADAR, LIDAR), e
- ao conhecimento de como podemos extrair informação biofísica ou de uso/coertura da terra a partir de dados de sensores remotos para resolver problemas importantes.

O livro introduz os princípios de fotointerpretação visual e análise de imagens. Ele é um texto complementar ao volume *Introductory Digital Image Analysis: a Remote Sensing Perspective* (2005) publicado pela Pearson Education, Inc., que introduz os fundamentos da análise digital de imagens.

Este livro foi escrito para pesquisadores em ciências físicas, naturais e sociais interessados em como o sensoriamento remoto do ambiente pode ser usado para resolver problemas do mundo real. O leitor deve ter uma experiência educacional ou prática num corpo de conhecimento sistemático (p.ex., geografia física, biogeografia, geologia, hidrologia, planejamento urbano, agricultura, floresta, ciências marinhas, etc.) ao qual a ciência do sensoriamento remoto pode ser aplicada. Este leitor deve ter um conhecimento mínimo de álgebra elementar. Este livro pode ser usado na graduação ou pós-graduação, em cursos de um ou dois semestres em fotointerpretação e/ou sensoriamento remoto.

As pessoas responsáveis pelo gerenciamento de recursos naturais da Terra e pelo desenvolvimento de planejamento futuro reconhecem a importância da informação espacial e precisa residente num sistema de informações geográficas (GIS). Muitos dos mais importantes planos de informação biofísicos, de uso/coertura da terra, e sócio-econômicos são derivados a partir de uma análise de dados de sensoriamento remoto. Consequentemente, estamos presenciando um aumento significativo na demanda por dados de sensoriamento remoto. Centenas de sistemas de sensoriamento remoto públicos e comerciais ao redor do mundo coletam dados com sensores remotos. Alguns dos dados de sensores

remotos estão disponíveis a um custo razoável por km² e podem ser obtidos pelo usuário via internet. Alguns dados de sensores remotos são muito caros.

Para utilizar os dados de sensoriamento remoto no seu potencial pleno, eles precisam ser interpretados corretamente. Isso requer um entendimento de como a energia interage com a atmosfera e o terreno, como funciona o sistema de sensoriamento remoto, e como se extrai informação útil a partir dos dados dos sensores remotos.

Espera-se que as seguintes características tornem a informação contida neste livro fácil de compreender e aplicar:

- Cada capítulo inclui ilustrações que foram especialmente feitas para fazer com que conceitos complexos sejam entendidos mais facilmente.
- Cada capítulo contém uma alentada lista de referências.
- O seu formato grande permite que imagens e diagramas sejam legíveis e visualmente informativas.
- Esta segunda edição contém 48 páginas com pranchas coloridas para mostrar imagens ou informação biofísica que pode ser extraída de dados de sensores remotos.
- Um apêndice contém endereços na internet para muitas das mais importantes fontes de informação de sensoriamento remoto e fontes públicas e privadas de dados de sensoriamento remoto.

A seguir apresenta-se um breve resumo dos tópicos discutidos em cada capítulo e os aprimoramentos introduzidos nesta segunda edição.

Capítulo 1. Sensoriamento Remoto do Ambiente. O livro começa definindo cuidadosamente a aquisição de dados *in situ* e por sensoriamento remoto. Os elementos do processo de sensoriamento remoto são atualizados, incluindo a enunciação do problema, a coleta de dados pelo sensor remoto, a análise de dados (visual e digital) e as alternativas para a apresentação das informações. São definidas as resoluções espacial, espectral, temporal e radiométrica bem como são feitas considerações de solução de compromisso (trade-off). Foi incluída uma nova seção sobre economia ligada ao sensoriamento remoto para observação da Terra. O capítulo faz uma revisão sobre como o sensoriamento remoto é usado para uma variedade de programas nacionais e internacionais de monitoramento de recursos da Terra.

Capítulo 2. Princípios de Radiação Eletromagnética. Condução, convecção e radiação são introduzidos como mecanismos de transferência de energia. Os modelos de onda e partícula são usados para descrever como a radiação eletromagnética é gerada e transportada através do espaço. Apresenta-se ao leitor como a energia eletromagnética interage com a atmosfera, o terreno, e como a energia refletida ou emitida é registrada por um sistema de sensoriamento remoto. Conceitos radiométricos importantes são definidos cuidadosamente. Novas curvas espectrais de materiais selecionados são introduzidas. Coloca-se ênfase na minimização dos efeitos do espelhamento atmosférico para maximizar o sinal de sensoriamento proveniente do terreno.

Capítulo 3. História da Fotografia Aérea e das Plataformas Aéreas. É fornecida uma história da fotografia, incluindo a invenção de tipos específicos de emulsões e agentes fixadores. Faz-se uma revisão da história da aquisição de fotografia aérea por uma variedade de plataformas, incluindo: balões, pipas, foguetes, pombos, planadores, aeronaves e satélites. É apresentada uma história do fotorreconhecimento na Guerra Civil (norte americana) nas I e II Guerras Mundiais, na Crise dos Mísseis de Cuba, na Guerra Fria, na guerra do Oriente Médio. Apresentam-se novos desenvolvimentos na tecnologia de plataformas, incluindo veículos aéreos não-tripulados (UAV) e tecnologia antidecepção (invisibilidade de plataformas).

Capítulo 4. Fotografia Aérea – Visada, Câmeras, Filtros e Filmes. As fotografias aéreas verticais e oblíquas são apresentadas usando exemplos do Furacão Katrina. Apresentam-se os componentes da câmera aérea, as câmeras aéreas mais importantes e os filtros passa-banda usados durante a aquisição de dados. Novas seções descrevem as características das câmeras digitais de pequeno, médio e grande formato. Os principais filmes (emulsões) preto e branco e coloridos usados para fotografia aérea são identificados, incluindo o filme infravermelho colorido. São descritos métodos de digitalização de fotografias coloridas.

Capítulo 6. Fotogrametria. Os métodos de extração de informação quantitativa de fotografias aéreas verticais são apresentados. O capítulo define a nomenclatura e a geometria de uma fotografia aérea isolada e como são feitas medições de escala e altura. Os princípios de estereoscopia são introduzidos. Novas seções descrevem a orientação interior e exterior das imagens estereoscópicas usando fotogrametria digital e extração de elevação de elementos isolados, contornos, modelos digitais de elevação e ortofotos. Uma nova seção descreve como feições temáticas de interesse são extraídas com base nos princípios da marca flutuante. A seção final descreve como são obtidas medições de área a partir de dados de sensores remotos verticais.

Capítulo 7. Sistemas de Sensoriamento Remoto Multiespectrais. A terminologia de sensoriamento remoto multiespectral é definida. Os principais tipos de instrumentos de sensoriamento remoto são descritos junto com informação significativamente atualizada sobre os mais importantes sistemas de sensoriamento remoto. Sistemas sensores existentes e propostos são apresentados, como: os WorldView I e II da DigitalGlobe, o Landsat Data Continuity Mission da NASA, e o NPOESS da NOAA. O Global Visualization Viewer do USGS é apresentado para auxiliar os estudantes a localizar os vários tipos de dados de sensores remotos.

Capítulo 8. Sensoriamento Remoto no Infravermelho Termal. Este capítulo descreve como o mapeamento da temperatura superficial é feito usando sensoriamento remoto no infravermelho termal. A história do sensoriamento remoto por infravermelho termal inclui mais informação sobre o experimento de Herschel. As propriedades da radiação infravermelha termal, leis de radiação e janelas atmosféricas são descritas. Introduzem-se as características de temperatura diurna da vegetação, solo, rocha, água e fenômenos urbanos. As características dos instrumentos de varredura no infravermelho termal e dos sensores de infravermelho de visada avante (FLIR) são apresentadas. São introduzidos novos sistemas aerotransportados de sensoriamento remoto no infravermelho termal, tais como o Canadian Thermal Airborne Broadband Imager (TABI) e o Thermal Airborne Spectrographic Imagery (TASI). Novos estudos de caso são fornecidos, incluindo: mapeamento da temperatura de cursos d'água no Oregon, mapeamento de vazamento em tanque de decantação séptico na Carolina do Sul, monitoramento de umidade em tetos industriais na Carolina do Norte, e monitoramento de grau-dia de estresse em culturas agrícolas.

Capítulo 9. Sensoriamento Remoto Ativo e Passivo nas Micro-ondas. A história do sensoriamento remoto por micro-ondas ativo é revisto. Os métodos de envio e recepção de um pulso de energia nas micro-ondas são apresentados. Uma nova tabela sintetiza as características dos Radars de Abertura Sintética para observação da Terra mais importantes. Importantes parâmetros dos sistemas radares, tais como frequência, polarização, tamanho de pulso, ângulo de depressão, direção de visada, ângulo de incidência, e geometria de imagem de distância inclinada e distância no terreno são discutidos. Os principais fatores ambientais que influenciam o sinal de retorno dos sistemas de micro-ondas ativos são apresentados, incluindo rugosidade, constante dielétrica complexa e o efeito cardinal. As seções sobre a resposta da vegetação, da água superficial e dos fenômenos urbanos à energia nas micro-ondas ativas estão ampliadas. São fornecidas novas informações sobre os Radarsat 1 e 2 do Canadá; os ERS 1 e 2, e Envisat ASAR da ESA; e

sobre o TRMM Microwave Imager e o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) da NASA. A seção sobre interferometria por micro-ondas ativas inclui novos exemplos do SRTM em Utah e na Tanzânia. O sensoriamento remoto por micro-ondas passivo é discutido com novos dados sobre o Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E) da NASA.

Capítulo 10. Sensoriamento Remoto por LIDAR. Este capítulo completamente novo introduz os princípios fundamentais do sensoriamento remoto usando tecnologia Light Detection and Ranging (LIDAR). A ênfase é colocada em como os sensores LIDAR funcionam e em como extrair informação útil do primeiro, intermediário e último dado de retorno LIDAR. Um estudo de caso documenta a utilidade do LIDAR para fornecer modelos digitais de superfície e modelos digitais do terreno detalhados. Também é dada atenção aos dados de intensidade do LIDAR.

Capítulo 11. Sensoriamento Remoto da Vegetação. São introduzidos os fundamentos da fotossíntese. Depois, o capítulo identifica os fatores dominantes que controlam a reflectância da folhagem nas porções do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio do espectro. O conceito da função de distribuição da reflectância bidirecional (BRDF) é discutido. Enfatiza-se a importância do entendimento do ciclo fenológico temporal dos tipos de vegetação em estudo. A seção sobre os índices de vegetação derivados do sensoriamento remoto incluem agora mais de 20 algoritmos entre aqueles mais largamente adotados. Há novas informações sobre a relação não-linear entre o índice Simpe Ratio e o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). O uso de dados de sensoriamento remoto para calcular métricas de ecologia da paisagem e para auxiliar na avaliação da biodiversidade é introduzido. Um novo estudo de caso documenta como a agricultura na África do Sul pode ser monitorada para prever a demanda agrícola por água.

Capítulo 12. Sensoriamento Remoto da Água. Este capítulo introduz como a energia eletromagnética interage com a água superficial, água subsuperficial, e com o fundo em função do comprimento de onda. O impacto do material orgânico (p.ex., clorofila) e/ou inorgânico (p.ex., sedimento em suspensão) na coluna d'água sobre a reflectância espectral é discutido. Oito dos mais importantes algoritmos usados para medir a abundância de fitoplâncton na água são fornecidos agora. Uma nova seção revisa os avanços no mapeamento batimétrico usando sensoriamento remoto óptico passivo (fotografia aérea) e sensoriamento remoto ativo (SONAR e LIDAR). São apresentados os métodos de sensoriamento remoto para monitoramento da temperatura da superfície da água, precipitação, aerossóis e nuvens, vapor d'água e neve. Os principais sistemas orbitais de sen-

soriamiento remoto usados para medir a cor do oceano são agora descritos.

Capítulo 13. Sensoriamento Remoto da Paisagem Urbana. A extração de informação urbana a partir de sensoriamento remoto é agora colocada no contexto do National Spatial Data Infrastructure (NSDI, dos Estados Unidos). São introduzidas considerações sobre resolução espacial, espectral e temporal para questões urbanas. Os mais importantes esquemas de classificação de uso da terra e/ou cobertura da terra são agora fornecidos. Também são fornecidas muitas novas imagens de sensoriamento remoto de uso da terra para condomínios residenciais, áreas comerciais e industriais, transporte, comunicações e serviços. O uso de fotogrametria digital e LIDAR para a extração de informação tridimensional em áreas urbanas é apresentado. Há novas seções sobre mapeamento de superfícies impermeabilizadas e delineamento de áreas de inundação.

Capítulo 14. Sensoriamento Remoto de Solos, Geologia e Geomorfologia. Novas informações sobre a influência da textura do solo, conteúdo de umidade, matéria orgânica, óxido de ferro, salinidade, crostas biológicas e rugosidade superficial na reflectância espectral de solos são apresentadas. É discutida a discriminação de rochas e minerais usando técnicas de espectroscopia de imageamento. O capítulo identifica como a litologia geológica, estrutura, densidade e padrões de drenagem podem ser monitorados usando sensoriamento remoto. As morfometrias de drenagem que podem ser extraídas dos dados de sensores remotos agora estão incluídas. O capítulo fornece muitos novos exemplos de como os dados de sensores remotos podem ser usados para identificar feições geomórficas na superfície da Terra.

Capítulo 15. Medição da Reflectância In Situ. Este novo capítulo introduz os princípios fundamentais da medição de reflectância espectral *in situ* usando iluminação solar no campo ou iluminação artificial em laboratório. As características de espectrorradiômetros portáteis são revisadas, incluindo: resolução espectral, intervalo de amostragem, delineamento, velocidade de coleta de dados, geometria de visada e campo de visada.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a Marsha, minha esposa, que me deu um paciente encorajamento. Judith Berglund, Jungho Im, Maria Garcia-Quijano, Shaen Callihan, Charles Huang e Brian Hadley revisaram alguns capítulos. O pessoal da Pearson Education, Inc. foram muito solícitos, incluindo Dan Kaveney (Editor Chefe da área de Ciência), Jeff Howard (Editor), Barbara Booth (Editora de Cópias) e Ed Thomas (Produção).

A American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Association of American Geographers, Geocarto International Centre, Inc. e Taylor and Francis, Inc. deram permissão para o autor extrair material sob direito autoral de artigos publicados na Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, no Manual of Remote Sensing, Manual of Color Aerial Photography, Geocarto International e International Journal of Remote Sensing.

A Elsevier, Inc. deu permissão para uso de figuras dos artigos da Remote Sensing of Environment (RSE) e Geoderma: Torgersen, C. E. et al., 2001, "Airborne Thermal Remote Sensing for Water Temperature Assessment in Rivers and Streams," RSE, 76:386-398; Metternicht, G. I. and J. A. Zinck, 2003, "Remote Sensing of Soil Salinity: Potentials and Constraints," RSE, 85:1-20; Legleiter, C. J. et al., 2004, "Passive Optical Remote Sensing of River Channel Morphology and In-stream Habitat: Physical Basis Feasibility," RSE, 93:493-510; Chen, J. et al., 2005, "A New Index for Mapping Lichen-dominated Biological Soil Crusts in Desert Areas," RSE, 96:165-175; Farifteh, J. et al., 2006, "Assessing Salt-affected Soils Using Remote Sensing, Solute Modelling, and Geophysics," Geoderma, 130:191-206.

John Pike (Federation of American Scientists) colocou à disposição várias imagens de sensoriamento remoto. As fotografias de pipas foram fornecidas pelo Dr. Cris Benton (University of California Berkeley). O Dr. Stefan Sandmeier forneceu a maioria do material de BRDF. Várias fotografias históricas foram colocadas à disposição por Harry Ransom Humanities Research Center, University of Texas, Austin, TX, e Deutsches Museum, Munich, Germany.

Várias agências foram úteis, incluindo: Smithsonian National Air and Space Museum, Library of Congress, NASA Observatory, NASA Goddard Tropical Rainfall Measurement Mission Office (Alan Nelson), NASA Goddard Solar and Heliospheric Observatory (Joseph Gurman), NASA Johnson Space Center (Dr. Kamlesh Lulla), NASA Jet Propulsion Lab, USGS Desert Processes Working Group, USGS Western Region Coastal and Marine Ge-

ology, USGS Imaging Spectroscopy Lab (Roger Clark), National Optical Astronomy Observatory (Kathie Coil), NOAA, e Geological Survey of Canada.

Os fornecedores comerciais de dados de sensoriamento remoto colocaram à disposição exemplos de suas plataformas, sensores e produtos de imagens. Agradecimentos especiais para: DigitalGlobe, Inc. (Chuck Herring), ImageSat Intl., Inc. (Karen Anisfeld), Space Imaging, Inc. (Linda Lidov), SPOT Image, Inc. (Clark Nelson), Lockheed Martin, Inc. (Jeannie Duisenberg e Eric Schulzinger), Litton Emerge Spatial, Inc. (Don Light), Positive Systems, Inc. (Kim Hickman), ORBIMAGE, Inc. (Sue Hale), Intermap, Inc., Aeromap USA, Inc., RADARSAT, Inc., Eastman Kodak, Inc. (Robert Lundquist e Mary Skerrett), e Hughes Santa Barbara Research Center, Inc. As empresas de engenharia fotogramétrica forneceram informação e imagens de seus sensores, incluindo: Leica-GeoSystems, Inc. (Alistair Wells), L-H Systems, Inc. (Dr. A. Stewart Walker), Marconi Integrated Systems, Inc. (Bob Hayes), E. Coyote Enterprises and Z/I Imaging, Inc. (Marylin O'Cuilinn), Analytical Spectral Devices, Inc., Stockton Infrared Thermographic Services, Inc. (Cindy Hawkes), e Vexcel, Inc.

John R. Jensen
University of South Carolina

Nota à Edição Brasileira

O fortalecimento de qualquer campo do conhecimento dá-se de muitas formas. Uma dessas é inegavelmente por meio de bons textos básicos. No Brasil, felizmente a área de sensoriamento remoto tem alguns bons livros básicos. Mas o grande número de profissionais atuando neste segmento está a exigir o oferecimento, em português, de mais livros que sejam acessíveis e tenham alta qualidade. O livro “Introdução ao Sensoriamento Remoto: uma Perspectiva em Recursos Terrestres”, que agora vem a lume nesta tradução, tem essas duas características e visa ampliar a biblioteca de alunos, professores, pesquisadores e profissionais ligados ao sensoriamento remoto.

Este livro do Dr. John Jensen é adotado como livro-texto por muitas universidades, tanto nos Estados Unidos como em inúmeras instituições internacionais que lecionam sensoriamento remoto, seja na graduação ou na pós-graduação. É um livro que já foi “testado e aprovado”, haja vista que esta é uma tradução da segunda edição. Dado o seu nível de profundidade técnica e excelente grau de didatismo, associados aos inúmeros exemplos, ilustrações de alta qualidade, ampla lista de referências e indicações de busca, certamente vai propiciar a todos os leitores uma ampliação e sedimentação do conhecimento de sensoriamento remoto – desde os princípios até as aplicações.

Os inúmeros exemplos utilizados e as ilustrações apresentadas são em boa medida referentes aos Estados Unidos. Isto é compreensível, dada a origem do livro e o local de trabalho do autor – a Universidade da Carolina do Sul. Embora houvesse uma certa liberdade para que a Equipe de Tradução ampliasse o número de exemplos e estudos de caso adaptados à realidade brasileira, decidiu-se por não fazê-lo. O principal motivo é que o volume do livro ficaria bem maior do que ficou. Mas o leitor perceberá que os casos ilustrados, embora de locais específicos, são genéricos o suficiente para ilustrar situações que poderiam ocorrer em qualquer lugar do planeta. Ademais, a Equipe de Tradução procurou interferir o mínimo possível no conteúdo original da obra.

A tradução é feita por uma equipe de pesquisadores do **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**: José C. N. Epiphanyo: prefácio, capítulos 1, 2, 8 e 15; Antonio R. Formaggio: capítulos 11 e 14; Athos R. Santos: capítulos 5, 9 e 10; Bernardo F. T. Rudorff: capítulos 3 e 4; Cláudia M. Almeida: capítulos 6 e 13; Lênio S. Galvão: capítulos 7 e 12. Muito do esforço em fazer esta tradução veio da firme convicção de que o campo do sensoriamento remoto e geotecnologias atingiu um nível que mais e mais necessita de bons livros-textos em português.

Nesta tradução – feita pela equipe acima – buscou-se da melhor forma possível uma uniformização terminológica. Procurou-se adotar os termos num formato que já fosse tradicional na literatura técnico-científica em português. Mas há algumas situações onde o campo ainda é novo ou não há um consenso sobre o melhor formato em nossa língua. Na maioria dos casos mantiveram-se os nomes próprios em inglês, pois é assim que o leitor vai encontrá-los na literatura; mas em muitas situações consideradas pertinentes e a bem do leitor procurou-se uma denominação plausível em português ao lado do nome em inglês. Isso foi feito mesmo que à custa de repetição. Sempre que pertinente foi mantido o formato em Inglês para as siglas (p.ex., NDVI), pois um dos objetivos desta tradução é o de que o leitor possa usar este livro como auxiliar numa possível redação de artigos ou textos em inglês. Embora muito do trabalho de tradução já tivesse sido concluído por ocasião da implantação da recente reforma ortográfica, procurou-se adequar, na medida do possível, o texto às novas normas ortográficas.

Finalmente, esperamos que este texto traga uma real contribuição para o avanço do sensoriamento remoto como ciência e instrumental fundamental para o conhecimento do ambiente em todas as suas dimensões.

Equipe de Tradução

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE