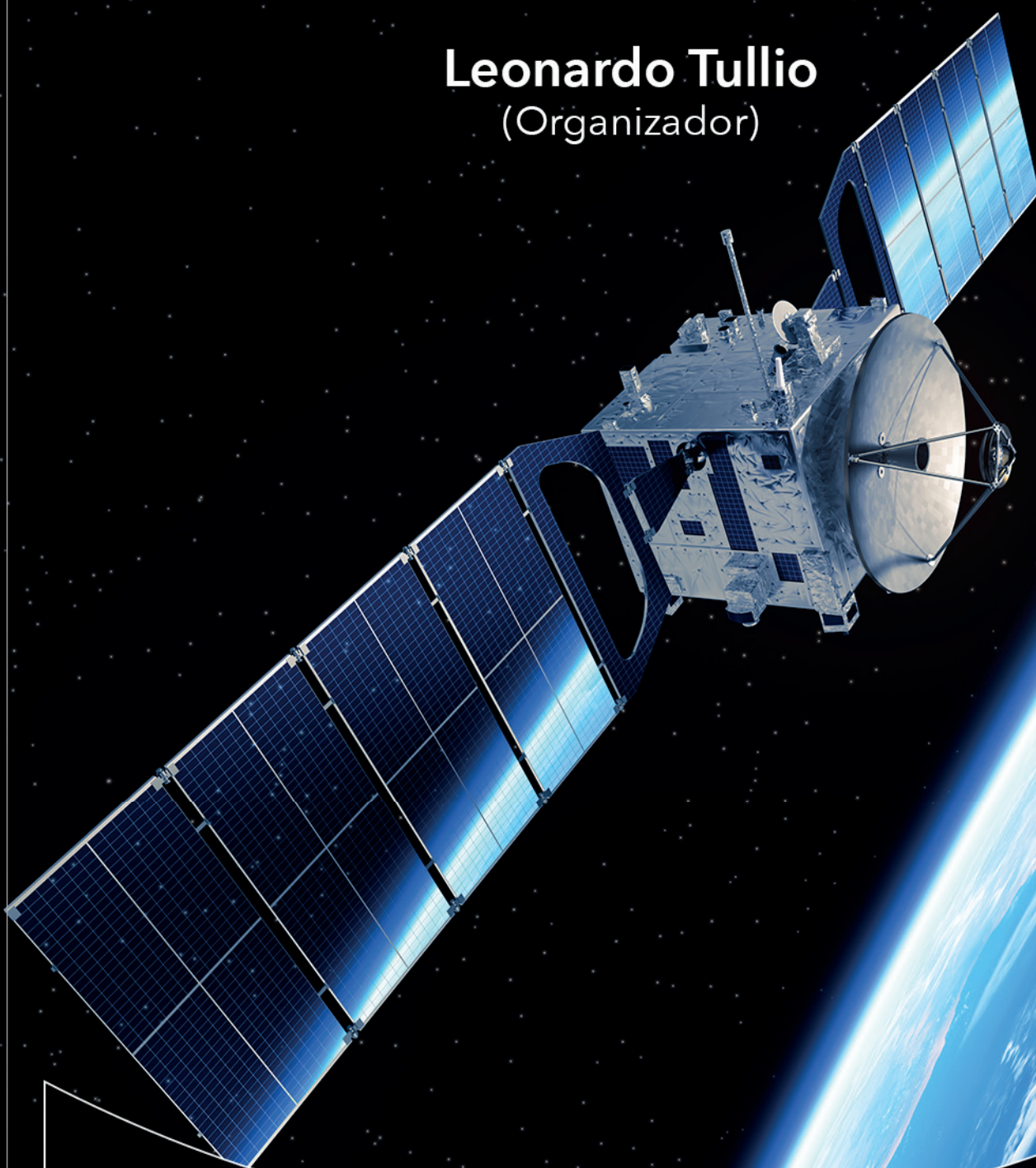


# Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

Leonardo Tullio  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2018

**LEONARDO TULLIO**

(Organizador)

# **Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto**

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A642 Aplicações e princípios do sensoriamento remoto [recurso eletrônico]  
/ Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena  
Editora, 2018. – (Aplicações e Princípios do sensoriamento  
remoto; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-54-3

DOI 10.22533/at.ed.543180210

1. Sensoriamento remoto. I. Tullio, Leonardo.

CDD 621.3678

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicações e princípios de Sensoriamento Remoto” aborda em seu primeiro Volume uma apresentação de 21 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área de Sensoriamento Remoto em suas diversas aplicações no meio urbano e rural.

O uso de imagens de satélite através do Sensoriamento Remoto está cada vez mais sendo utilizada para o planejamento e tomada de decisão rápida, visto que, a era tecnológica permite rapidez e confiança nos resultados. Contudo, sua utilização está na dependência de fatores de interação entre ambiente e sensor, que afetam nos produtos finais. Assim, sua qualidade depende de quatro tipos de resolução: temporal; espacial; espectral e radiométrica, que se referem a condição do satélite, isso deve ser levado em consideração no tipo de análise e o que pretende -se analisar.

Em contrapartida, a aquisição de imagens a nível terrestre já é possível com a utilização dos VANTES (Veículo Aéreo não Tripulado), porém fatores afetam seu movimento e resultam em imagens com pouca qualidade, estando diretamente na dependência do tipo de sensores acoplados. A análise por modelos e técnicas computacionais permite melhores e mais confiáveis resultados, que podem expressar a real condição. Porém, índices para comparação de variáveis ainda são desconhecidos e necessitam de trabalhos mais específicos para a geração de mapas interativos e virtuais.

Assim, o Sensoriamento Remoto é atualmente a área que mais cresce, visto a possibilidade da interação e tomada de decisão por meio de imagens e programas computacionais, tornando uma grande ferramenta em diversas áreas de atuação.

Por fim, espero que esta obra atenda a demanda por conhecimento técnico de qualidade e que novas pesquisas utilize-a de norte para traçar novos rumos para o Sensoriamento Remoto Aplicado.

Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A DINÂMICA DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO ACRE ENTRE OS ANOS DE 2004 E 2010	
<i>Juliana de Oliveira Tostes</i>	
<i>Márcio Rocha Francelino</i>	
<i>José Francisco de Oliveira Júnior</i>	
<i>Gustavo Bastos Lyra</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ADEQUAÇÃO DE BANCO DE DADOS E UTILIZAÇÃO DE ATRIBUTO DE HIERARQUIA NA GERAÇÃO DE ROTAS ÓTIMAS PARA O ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL	
<i>Júlia Vaz Tostes Miluzzi de Oliveira</i>	
<i>Pedro Sepulveda Neto</i>	
<i>Charles Marques de Souza</i>	
<i>Fausto Weimar Acerbi Junior</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE GERAÇÃO DE MDT APLICADO AO PARQUE AMBIENTAL VITÓRIO PIASSA - PR	
<i>Gabriel Roldo Gomes</i>	
<i>João Henrique Ferrarini</i>	
<i>Marcelle Luisa Calegari</i>	
<i>Danielli Batistella</i>	
<i>Priscila da Silva Victorino</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>34</b>
ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES COM O ZONEAMENTO DO SOLO URBANO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBUÍ, SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP.	
<i>Paulo Roberto Belisário</i>	
<i>Maiara Resende Ribeiro</i>	
<i>Mario Valério Filho</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>44</b>
ANÁLISE DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA (RMG), NO PERÍODO DE 1986 A 2016	
<i>Joelson de Souza Passos</i>	
<i>Jepherson Correia Sales</i>	
<i>Gabriella Santos Arruda de Lima</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA ÁREA URBANA DE UM TRECHO DO RECIFE E REGIÃO METROPOLITANA ATRAVÉS DE ORTOFOTOCARTAS ANTIGAS E IMAGEM DO GOOGLE EARTH	
<i>Leonardo Carlos Barbosa</i>	
<i>Luiz Carlos Barbosa da Silva</i>	
<i>Laízy de Santana Azevedo</i>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>66</b>
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DE PARTE DE BAIRRO NOVO – OLINDA ENTRE 1986 A 2014 UTILIZANDO ORTOFOTOCARTA E ORTOFOTOS	
<i>Júlio César Albuquerque Simões Belo</i>	
<i>Mirelly de Oliveira Farias</i>	
<i>Carlos Alberto Borba Schuler</i>	

**CAPÍTULO 8 ..... 75**

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DE DUNAS AO LONGO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO NORTE RS VIA DADOS TM LANDSAT 5

*Jean Marcel de Almeida Espinoza*  
*Deivid Cristian Leal Alves*  
*João Augusto de Carvalho Ferreira*  
*Jefferson Rodrigues dos Santos*  
*André Bilibio Westphalen*  
*Miguel da Guia Albuquerque*

**CAPÍTULO 9 ..... 83**

ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT-8 (OLI)

*Rodrigo Moura Pereira*  
*Dayanna Teodoro Quirino*  
*Derblai Casaroli*  
*Lucas Melo Vellame*  
*Delvio Sandri*

**CAPÍTULO 10 ..... 98**

ESTUDO DO DESFLORESTAMENTO E QUALIDADE AMBIENTAL A PARTIR DO USO DE TECNOLOGIAS EM SENSORIAMENTO REMOTO

*Roberta Monique da Silva Santos*  
*Stiffanny Alexa Saraiva Bezerra*  
*Álefe Lopes Viana*  
*Nelson Felipe de Albuquerque Lins Neto*  
*José Roselito Carmelo da Silva*

**CAPÍTULO 11 ..... 115**

EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE VITÓRIA - SEBV E IMPLICAÇÕES PARA O GRADIENTE FLÚVIO-ESTUARINO.

*Fernando Jakes Teubner Junior*  
*Gilberto Fonseca Barroso*

**CAPÍTULO 12 ..... 131**

ÊXODO RURAL E ESTADO DA VEGETAÇÃO NATIVA: DESENVOLVIMENTO DE UM INDICADOR SOCIOECONÔMICO E VALIDAÇÃO COM IMAGENS DE SATÉLITE NO MUNICÍPIO DE CANGUÇU - RS, BRASIL

*Jefferson Rodrigues dos Santos*  
*Júlia Borges Telmo*  
*Lucas Munhoz Caseiro*  
*Jean Marcel de Almeida Espinosa*  
*João Augusto de Carvalho Ferreira*

**CAPÍTULO 13 ..... 142**

FRAGILIDADE AMBIENTAL DE UMA MICROBACIA, VISANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

*Sérgio Campos*  
*Marcelo Campos*  
*Thyellenn Lopes de Souza*  
*Mateus Campos Leme*  
*Mikael Timóteo Rodrigues*

**CAPÍTULO 14 ..... 152**

IMAGEM DE REFLECTÂNCIA DE SUPERFÍCIE USGS COMO REFERÊNCIA PARA COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA

*Patricia Michele Pereira Trindade*  
*Dejanina Luderitz Saldanha*

<i>Waterloo Pereira Filho</i>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>163</b>
INFERÊNCIA DA PROFUNDIDADE DA ZONA EUFÓTICA E DO COEFICIENTE VERTICAL DE ATENUAÇÃO DE LUZ NA ÁGUA DA REPRESA MAUÁ, RIO TIBAGI/PR, A PARTIR DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS LANDSAT-8/OLI	
<i>Adriana Castreghini de Freitas Pereira</i> <i>Paulo Henrique Marques de Castro</i>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>174</b>
MODELAGEM DE CORREDORES ÓTIMOS PARA INSTALAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS FERROVIÁRIOS COM O SOFTWARE LIVRE DINÂMICA EGO A PARTIR DE PRODUTOS GRATUITOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	
<i>Felipe Ramos Nabuco de Araújo</i> <i>Jefferson William Lopes Almeida</i> <i>Ítalo Sousa de Sena</i> <i>Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega</i>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>187</b>
PLANEJAMENTO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA EM PROJETO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA	
<i>Daniel de Almeida Papa</i> <i>Evandro Orfanó Figueiredo</i> <i>Alexandre Pansini Camargo</i> <i>Luiz Carlos Estraviz Rodriguez</i>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>199</b>
RELAÇÃO ENTRE RESPOSTA ESPECTRAL, BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM OCORRÊNCIAS DE CERRADO NA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO PARDO: ESTUDO PRELIMINAR	
<i>Ronaldo Medeiros dos Santos</i> <i>Vinícius Orlandi Barbosa Lima</i> <i>Marcelo Rossi Vicente</i> <i>Talita Moreira Câmara</i> <i>Cecília Cristina Almeida Mendes</i> <i>Diana Marques Silva</i> <i>Gesiane Simara Barbosa</i>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>209</b>
SENSORIAMENTO REMOTO NA CULTURA DO ALGODÃO	
<i>Ziany Neiva Brandão</i> <i>João Henrique Zonta</i> <i>Luciano Shozo Shiratsuchi</i>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>225</b>
TEMPERATURA DE BRILHO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT-8 NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TIETÊ NO ESTADO DE SÃO PAULO	
<i>Adriana Fantinati Conceição</i> <i>Denivaldo Ferreira de Souza</i> <i>Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero</i> <i>Lindon Fonseca Matias</i>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>235</b>
UTILIZAÇÃO DE IMAGENS CCD-CBERS-2B NA ANÁLISE DOS ALINHAMENTOS GEOLÓGICOS DA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA BORBOREMA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	
<i>Paulo Sérgio de Rezende Nascimento</i>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>248</b>

## ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES COM O ZONEAMENTO DO SOLO URBANO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBUÍ, SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP.

### **Paulo Roberto Belisário**

Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP/IP&D  
São José dos Campos – São Paulo

### **Maiara Resende Ribeiro**

Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP/IP&D  
São José dos Campos – São Paulo

### **Mario Valério Filho**

Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP/IP&D  
São José dos Campos – São Paulo

**RESUMO:** A elaboração de um planejamento com vistas a, mitigar os impactos da impermeabilização do solo, sobre capacidade suporte de drenagem numa bacia hidrográfica, demanda a análise da dinâmica do uso e ocupação do solo, considerando a ação de diferentes atores que interagem na produção social do espaço e os elementos estruturais indutores da ocupação urbana. Frequentemente a legislação de ordenamento territorial se apresenta dissociada da realidade dos dados da região a qual se aplica. Neste sentido, com o suporte das geotecnologias, este trabalho tem por objetivo mapear e avaliar o nível de impermeabilização do solo, associando-o as taxas de ocupação, estabelecidas pela Lei Complementar N°. 428/10 de 09 de agosto de 2010, como parâmetro para o uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão Cambuí. Os resultados obtidos neste estudo mostram que

a inadequação da lei de zoneamento frente a realidade local pode implicar no aumento da impermeabilização do solo e conseqüente promoção de inundação na região de estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** geotecnologias, bacia hidrográfica, crescimento urbano.

**ABSTRACT:** The preparation of a plan to mitigate the impacts of soil sealing on the capacity of a watershed, requires the analysis of the dynamics of land use/occupation, considering the different actors that interact in the social production of space and structural elements of urban occupancy inductors. Often spatial planning legislation is dissociated from the reality of the region data which applies. In this frame, this paper introduces a methodological approach based on geo-technologies to map the urban fringe and its imperviousness levels, associating it to human occupation indices, established by the Complimentary Law Nr. 428/10, dated Ago. 09th 2010, as the parameters for land use/occupation of the Ribeirão Cambuí watershed. The region foreseen for occupation in accordance with the Urban Zoning Law, is spread between two important roads, with several illegal allotments. The results obtained from this study show the inadequacy of the zoning law against local realities can result in increasing soil imperviousness and the consequent promotion of inundations in the



region of study.

**KEYWORDS:** geotechnologies, watershed, urban grown.

## 1 | INTRODUÇÃO

O estudo do impacto da urbanização sobre o sistema de macrodrenagem em uma bacia hidrográfica, demanda a análise da evolução temporal do processo de uso e ocupação do solo e suas tendências. Marcondes (1999) afirma que, “a visão de espaço neutro com referência à atuação dos diferentes agentes que interagem nos processos de uso e ocupação do solo corroboram para a elaboração de uma legislação de ordenamento territorial desconectada dos dados da realidade a qual se aplica”. De acordo com Tucci (1997) “depois que a bacia ou parte da mesma estiver ocupada, dificilmente o poder público conseguirá responsabilizar aqueles que estiverem ampliando a cheia.” Assim sendo, este trabalho tem por objetivo, mapear as classes de uso e ocupação do solo, para avaliar a sua dinâmica e verificar suas implicações frente à legislação de ordenamento territorial na região da bacia do Ribeirão Cambuí – São José dos Campos SP no período 2003 a 2010, com o suporte das geotecnologias.

## 2 | LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí, Figura 1, localizada entre os paralelos 23° 08' 36" S e 23° 17' 51" S e os meridianos 45° 46' 53" W e 45° 53' 43" W, abrangendo uma área de aproximadamente 49,5 km<sup>2</sup>.

A bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí faz parte dos afluentes da margem direita do rio Paraíba do Sul, estando localizado totalmente no perímetro urbano do município de São José dos Campos e entrecortada por três importantes rodovias, a SP-70 (Rodovia Governador Carvalho Pinto) e SP-99 (Rodovia dos Tamoios) à montante, e a BR-116 (Rodovia Presidente Dutra) à jusante.

Segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de São José dos Campos PDDI (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 1995), na ocupação do território das regiões sul e leste do município ocorreu o parcelamento do solo de forma desordenada. Notadamente a bacia do Ribeirão Cambuí, localizada entre as duas áreas, foi submetida à mesma forma de ocupação do território.

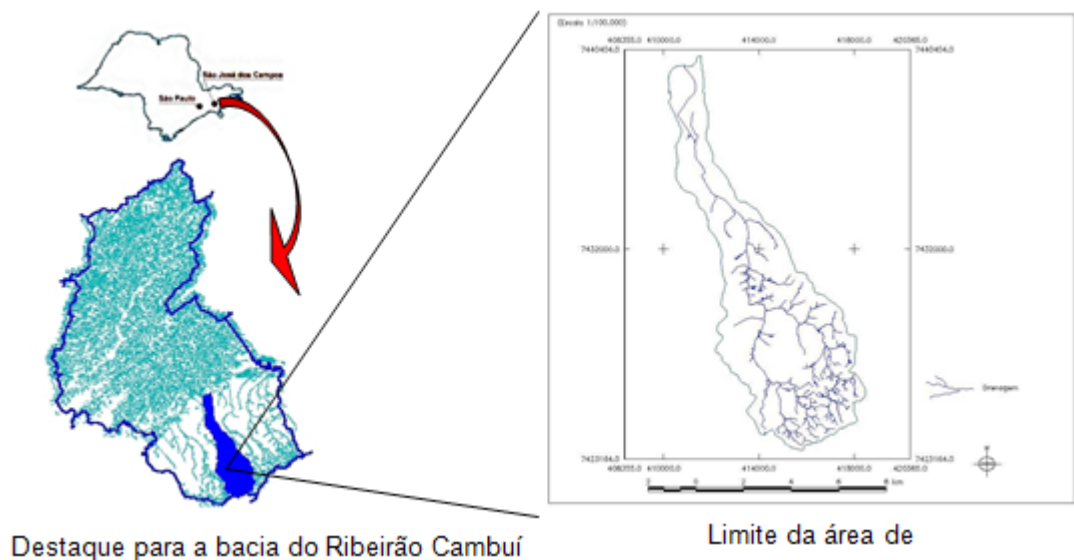


Figura 1: Localização da área de estudo.

Fonte: Autores.

### 3 | MATERIAL E MÉTODOS

Para o alcance dos objetivos foi realizado um levantamento de dados junto a Prefeitura Municipal de São José dos Campos, a qual disponibilizou o CD-ROM “Cidade viva 2010” que contém material cartográfico digital no formato SPRING (.spr) com dados planimétricos e altimétricos do município de São José dos Campos – SP. Os dados planimétricos na forma vetorial incluem: drenagem, classes de uso do solo, classes de unidades territoriais e sistemas viários. Os dados altimétricos referem-se ao Modelo Numérico de Terreno (MNT) com curvas de nível a cada 5m.

A estrutura do banco de dados relativo à área de estudo consistiu na consulta dos arquivos dos mapas temáticos de uso e ocupação do solo para 1997, 2003 e 2008, segundo Souza e Valério Filho (2011). No ambiente SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas, versão 5.0.6), a máscara dos limites da bacia foi importado do levantamento de 2008 e aplicado sobre a imagem Quickbird 2010 e Astrium 2014, as quais foram utilizadas para o mapeamento das classes de uso e ocupação do solo.

Para atender os objetivos da pesquisa os perímetros urbanos e as classes de uso ocupação do solo foram definidas através dos elementos de interpretação (tonalidade/cor, tamanho, forma, textura, padrão e dados colaterais) diretamente da tela do computador, sendo que para o perímetro urbano foram individualizadas em 5 classes conforme padrões definidos para as classes de uso e ocupação do solo segundo Valério Filho e Belisário (2012). Posteriormente, cada classe de uso e ocupação recebeu um índice de impermeabilização adaptado conforme Tucci (1997), Tucci e Marques (2000). A substituição das classes de uso e ocupação pelos respectivos índices em ambiente SPRING, permitiram a visualização dos setores da bacia de maior criticidade quanto a impermeabilização das superfícies do terreno.

Com base nos resultados obtidos, foi possível espacializar e avaliar os setores da bacia que se apresentam com diferentes níveis de criticidade, os quais por sua vez estão diretamente relacionados ao maior ou menor percentual de áreas impermeabilizadas.

Finalmente, efetuou-se uma análise da adequação acerca da Taxa de Ocupação (TO) estabelecida pela lei municipal de zoneamento (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2010a), frente a evolução das classes de uso e ocupação do solo na região da bacia do Ribeirão Cambuí. Para esta análise foi incorporado ao banco de dados o mapa do Zoneamento do Solo Urbano proposto.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As classes de uso e ocupação do solo mapeadas podem ser visualizadas na Figura 2.

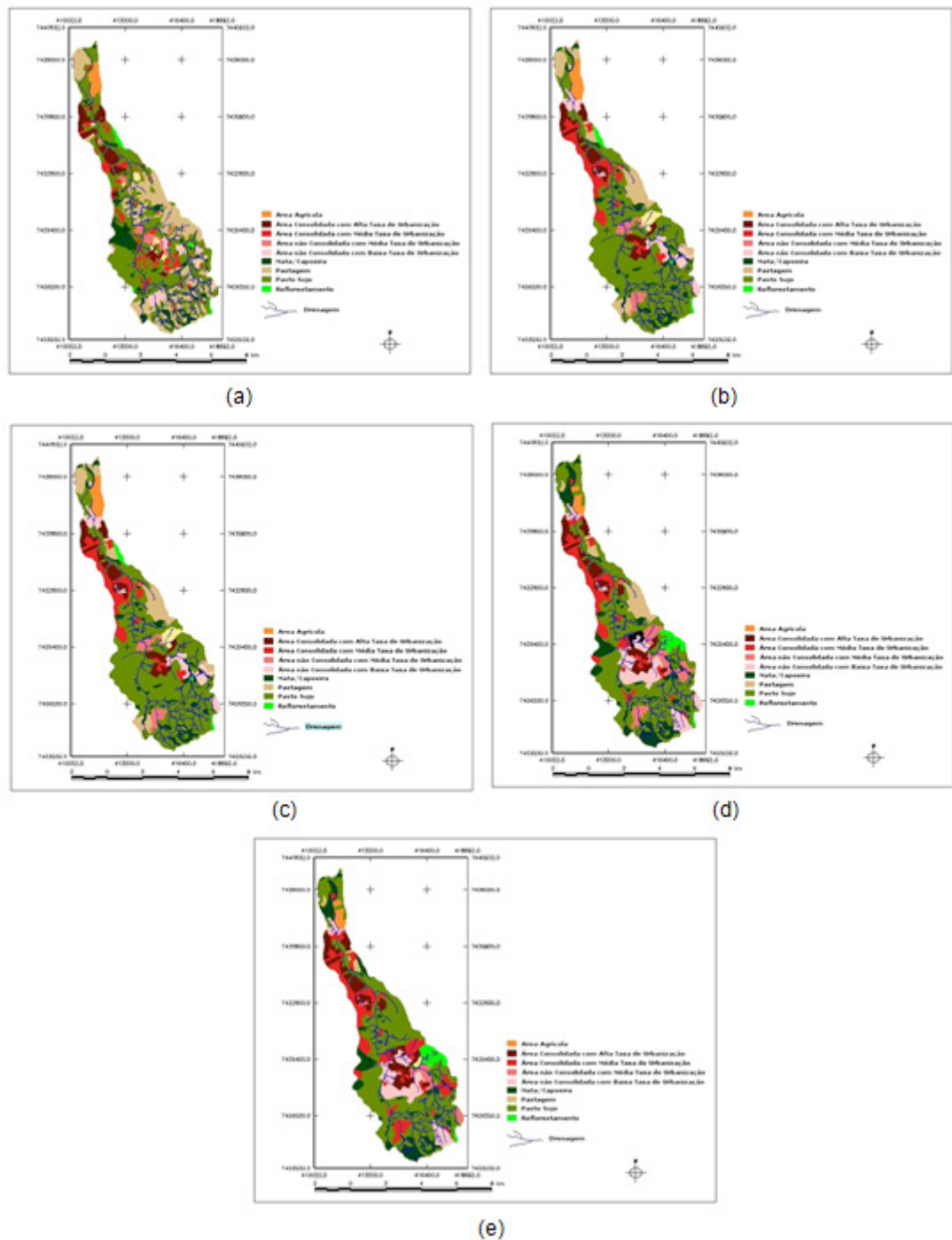


Figura 2: Mapas das classes de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí (a) 1997 e (b) 2003, (c) 2008, (d) 2010 e (e) 2014.

Fonte: Autores.

Pela análise da Figura 2 e Tabela 1, verifica-se que as áreas urbanizadas passaram a ocupar áreas pertencentes a classe pastagem, e houve o adensamento dos perímetros urbanos implantados anteriormente. A análise dos mapas permitiu verificar o crescimento urbano no período, bem como a alteração dos diferentes usos os quais podem ser avaliados quantitativamente pela Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta o resultado das áreas (Km<sup>2</sup>) ocupadas pelas diferentes classes de uso e ocupação do solo no período analisado.

Classes de Ocupação Urbana / Ano	1997		2003		2008		2010		2014	
	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)
Área Urbana Consolidada Taxa Alta	3,38	6,83	3,61	7,29	4,05	8,18	4,61	9,32	4,80	9,70
Área Urbana Consolidada Taxa Média	3,15	6,36	2,56	5,17	4,37	8,83	4,93	9,96	7,31	14,77
Área Urbana Não Consolidada Taxa Média	1,15	2,32	0,89	1,80	1,12	2,26	3,02	6,10	1,29	2,61
Área Urbana Não Consolidada Taxa Baixa	1,94	3,92	5,13	10,36	2,84	5,74	4,99	10,08	4,54	9,17
Área Urbana em Implantação	0,37	0,75	1,27	2,57	0,78	1,58	0,00	0,00	0,13	0,26
Pastagem	12,20	24,65	6,44	13,01	4,79	9,68	2,59	5,23	0,41	0,83
Pasto Sujo	22,43	45,31	25,64	51,80	27,54	55,66	21,77	44,00	23,83	48,14
Área Agrícola	1,06	2,14	1,27	2,57	1,29	2,61	0,73	1,47	0,74	1,49
Mata Capoeira	3,22	6,51	2,25	4,55	2,28	4,61	5,08	10,27	5,34	10,79
Reflorestamento	0,42	0,85	0,41	0,83	0,42	0,85	1,76	3,56	1,33	2,69
Área Total	49,50	100,00	49,50	100,00	49,50	100,00	49,50	100,00	49,50	100,00

Tabela 1- Áreas ocupadas pelas diferentes classes de uso e ocupação do solo para o período entre os anos 1997 e 2014 na área de estudo.

Fonte: Autores.

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram o aumento no crescimento das classes Área Urbana Consolidada com taxa alta e taxa média de ocupação, que passaram de 13,19% em 1997 para 24,50% da área total da bacia em 2014. Também permitem constatar o aumento do crescimento em área para as classes Área Urbana Não Consolidada Taxa Média e Taxa Baixa de ocupação que passaram de 6,24% em 1997 para 24,65% em 2014, bem como, o expressivo declínio em área da classe Pastagem, a qual em 1997 representava 24,65% do total da área de estudo e em 2014 passou a ocupar apenas 0,83%, indicando assim, que parte foi utilizada para novas ocupações conforme indicado na Tabela 1, bem como, pela classe Área Urbana em Implantação, por outro lado a própria evolução natural da cobertura vegetal em estágio de abandono pode evoluir para a classe Pasto Sujo ou mesmo para estágios iniciais de Mata/Capoeira.

Visando a espacialização dos locais com maior ou menor criticidade quanto à impermeabilização do terreno foi associado para classe de uso e ocupação do solo seus respectivos índices, segundo Tucci (1997) e Tucci e Marques (2000) permitindo-se assim, estabelecer níveis de área impermeabilizada para as classes de uso e ocupação mapeadas na área de estudo, conforme apresentado nas Figuras 3 e 4.

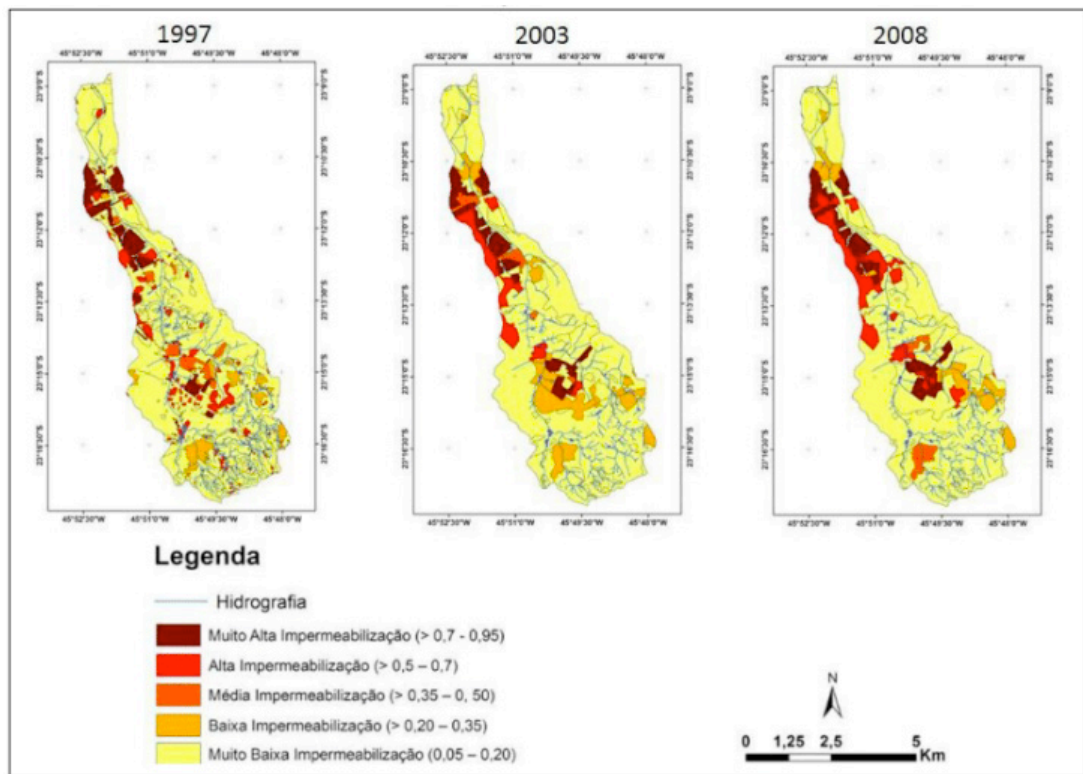


Figura 3: Espacialização dos níveis de impermeabilização em função das classes de uso e ocupação na bacia do Ribeirão Cambuí no período 1997, 2003, 2008.

Fonte: Souza e Valério Filho (2011).

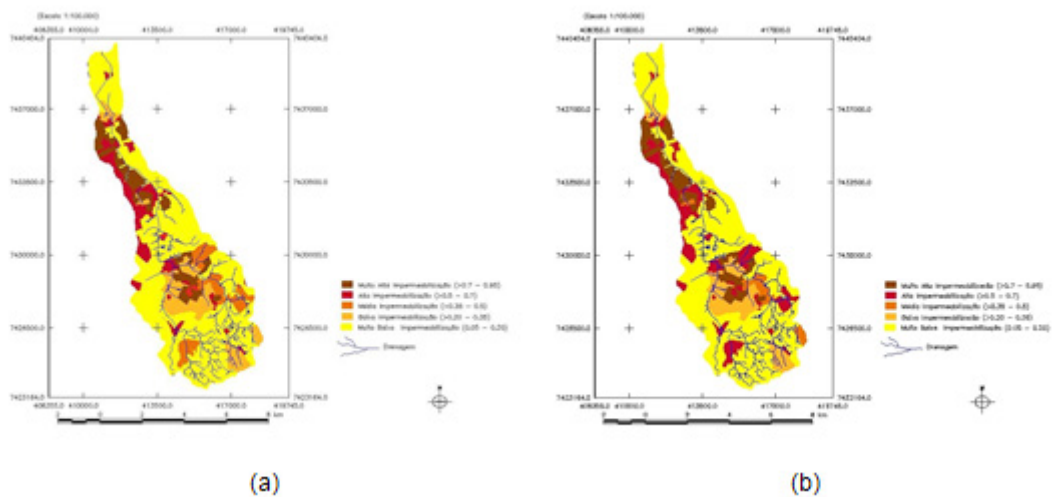


Figura 4: Espacialização dos índices de impermeabilização em função das classes de uso e ocupação na bacia do Ribeirão Cambuí no período analisado (a) 2010 e (b) 2014.

Fonte: Autores.

A espacialização das áreas impermeáveis da bacia mostram um acréscimo expressivo da impermeabilização. Ao analisar-se a localização destas, observa-se que estão concentradas em áreas situadas principalmente a leste e no centro da bacia, próximo a localização dos bairros que sofrem anualmente com inundações.

Na área de estudo foi detectada a presença das seguintes unidades de

zoneamento, Tabela 2 e Figura 5, segundo a Lei Complementar Nº. 428/10 de 09 de agosto de 2010:

Unidade	Nome
APA III	Área de Proteção Ambiental III
CR1	Corredor Um
CR5	Corredor Cinco
CR6	Corredor Seis
NPR	Nota Promissória Rural
ZAI	Zona de Assentamento Informal
ZEA	Zona Especial Aeroportuária
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social
ZEPH	Zona Especial de Preservação do Patrimônio Histórico, Paisagístico e Cultural
ZI	Zona de Uso Estritamente Industrial
ZPA 1	Zona de Proteção Ambiental Um
ZPA 2	Zona de Proteção Ambiental Dois
ZQA	Zona de Qualificação
ZR 1	Zona Residencial Um
ZR 2	Zona Residencial Dois
ZUC 1	Zona de Urbanização Controlada Um
ZUC 2	Zona de Urbanização Controlada Dois
ZUC 3	Zona de Urbanização Controlada Três
ZUC 6	Zona de Urbanização Controlada Seis
ZUC 7	Zona de Urbanização Controlada Sete
ZUC 8	Zona de Urbanização Controlada Oito
ZUD	Zona de Uso Diversificado
ZUE3	Zona de Urbanização Específica
ZUPI	Zona de Uso Predominantemente Industrial

Tabela 2- Unidades de Zoneamento detectadas na área de estudo.

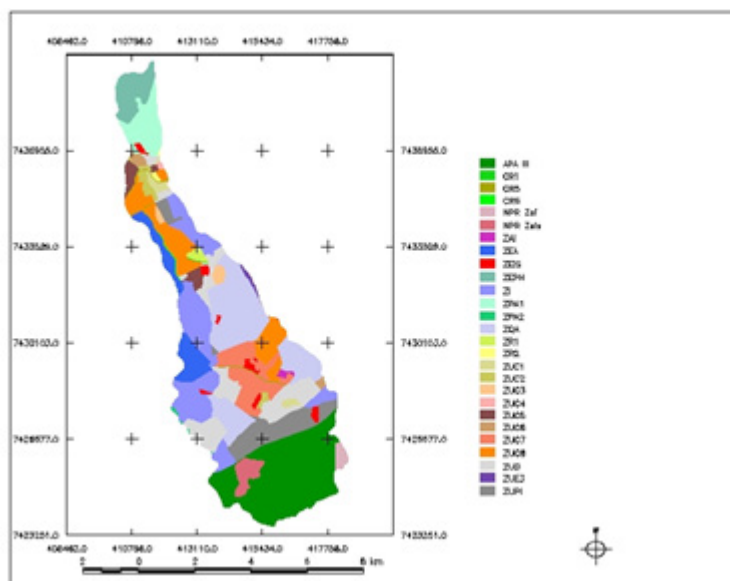


Figura 5: Mapa de Zoneamento do Solo Urbano 2010.

Fonte: São José dos Campos, (2010b)

A integração das taxas de ocupação estabelecidas pela lei de zoneamento (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2010a), com o mapeamento das classes de uso e ocupação do solo Tabela 4, mostrou que da área total (49,50 km<sup>2</sup>) da bacia, 7,31Km<sup>2</sup> está ocupado pela Classe Área Urbana Consolidada Taxa Média distribuídas entre as zonas CR1, CR5, CR6, NPR Zeis, ZEA, ZEIS, ZEPH, ZI, ZPA1, ZQA, ZR1, ZUC1, ZUC2, ZUC5, ZUC6, ZUC7, ZUC8, ZUD, ZUPI, APAIII, 4,80 Km<sup>2</sup> está ocupado pela Classe Área Urbana Consolidada Taxa Alta e distribuídas entre zonas CR5, CR6, ZEIS, ZQA, ZR2, ZUC1, ZUC2, ZUC3, ZUC6, ZUC7, ZUC8, ZUD, 1,29 Km<sup>2</sup> está ocupado pela Classe Área Urbana Não Consolidada Média distribuídas entre as zonas CR5, NPR Zai, ZAI, ZUC 1, ZUC 5, ZUC 7, ZUC 8, ZUD, APA III e 4,54 Km<sup>2</sup> está ocupado pela Classe Área Urbana Não Consolidada Baixa distribuídas entre as zonas CR5, ZEIS, ZI, ZPA1, ZQA, ZUC6, ZUC7, ZUC8, ZUD, ZUPI, APAIII.

Cabe salientar que, da área total da bacia (49,50 km<sup>2</sup>), 16,36% (8,10 km<sup>2</sup>) estão sob classificação ZUC. Os resultados expressos na Tabela 3 mostram que do total da área de 4,80 Km<sup>2</sup> da Classe Área Urbana Consolidada Taxa Alta e 7,31Km<sup>2</sup>, da Classe Área Urbana Consolidada Taxa Média, ambas ocorrem respectivamente 95% e 30% na zona ZUC.

Considerando-se que o nível de impermeabilização na Classe Área Urbana Consolidada Taxa Alta conforme os índices de impermeabilização adaptados de Tucci (1997) e Tucci e Marques (2000) é de 80% (Muito Alta impermeabilização) e a zona de classificação ZUC admite Taxa de Ocupação (TO) de 65%, sugere-se que 56,42% (4,57 km<sup>2</sup>) desta zona esteja ocupada com TO acima da definida na Lei Complementar Nº. 428/10 de 09 de agosto de 2010. Considerando-se que a Área Urbana Consolidada Taxa Média classificada como nível de alta impermeabilização do solo (60%), tende a evoluir para Área Urbana Consolidada Alta. No futuro a área sob esta classificação (Área Urbana Consolidada Taxa Média) a qual atualmente é de 2,19 km<sup>2</sup> na ZUC, estará na classificação de nível Muito Alta Impermeabilização e em média 80% da área estará impermeabilizada.

Zona	Área Consolidada Alta	Área Consolidada Média	Área Não Consolidada Média	Área Não Consolidada Baixa	Área Ocupada	TO prevista em Lei
CR4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CR5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CR6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
NPR Zeis	0,00	0,78	0,00	0,00	0,76	
NPR Zai	0,00	0,00	0,27	0,00	0,27	
ZAI	0,00	0,00	0,12	0,00	0,11	
ZEA	0,00	1,09	0,00	0,00	1,07	
ZPA1	0,00	0,09	0,00	0,07	0,14	0,02%
ZEIS	0,08	0,27	0,00	0,26	0,57	
ZEPH	0,00	0,05	0,00	0,00	0,03	
ZI	0,00	1,19	0,00	0,02	1,18	80%

ZQA	0,01	0,19	0,00	0,78	0,96	
ZUC1	0,19	0,03	0,06	0,00	0,25	65%
ZUC2	0,24	0,15	0,00	0,00	0,39	65%
ZUC3	0,31	0,00	0,00	0,00	0,31	65%
ZUC4	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	65%
ZUC5	0,55	0,20	0,08	0,00	0,83	65%
ZUC6	0,02	0,06	0,00	0,16	0,24	65%
ZUC7	1,42	0,51	0,29	0,69	2,91	65%
ZUC8	1,79	1,24	0,08	0,01	3,12	65%
ZUD	0,08	0,49	0,37	1,36	2,30	80%
ZUPI	0,00	0,58	0,00	0,19	0,77	80%
ZR1	0,00	0,22	0,00	0,00	0,22	65%
ZR2	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	65%
APA III	0,00	0,17	0,08	0,99	1,24	0,05%
Total	4,80	7,31	1,35	4,54	17,78	

Tabela 3. Classes de uso e ocupação do solo (Km<sup>2</sup>), existentes nas zonas de uso do solo urbano no ano 2010.

Os resultados indicam o aumento da probabilidade de ocorrência de eventos de inundações anuais na bacia, provocando assim conseqüências sócio ambientais as quais refletem na qualidade de vida daquela sociedade.

Segundo Souza e Valério Filho (2011) com base nos dados da Defesa Civil de São José dos Campos, cita que no período de 1997 a 2008, há registros de inundação em bairros da bacia para os anos de 1999, 2000, 2001, 2003, 2005, 2006, 2007 e 2008. Martins e Vendrame (2008) calcularam o período de retorno da chuva de 55 mm que ocorreu em 12/01/2008 na área de estudo, o que significa que a probabilidade de uma chuva com a mesma intensidade acontecer novamente a cada ano é de 100%.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização das geotecnologias neste estudo, proporcionou a visualização e análise da dinâmica histórica da urbanização com vistas as tendências da impermeabilização do solo, a luz da lei de zoneamento vigente no ano 2014. Foi possível constatar o incremento do crescimento urbano na bacia o qual por sua vez concorre para novas ocorrências de alagamentos e inundações conforme constatado em períodos anteriores. Assim a política de planejamento urbano do município deve ser concebida dentro da realidade local. Portanto, deve - se descartar modelos prontos e trabalhar na perspectiva da heterogeneidade de intervenções, a partir de princípios que englobem a dinâmica da cidade real, em seu contexto social - econômico, cultural, ambiental, estrutural e os elementos estruturantes do espaço. A implementação de uma política habitacional que possibilite o acesso democrático à cidade deve ser associada à uma



política de planejamento urbano abrangente e, para tanto, faz-se necessário trabalhar com a cidade real e não só com a cidade legal.

## REFERÊNCIAS

MARCONDES, M. J. A. Cidade e Natureza: **Proteção dos Mananciais e Exclusão Social**. São Paulo: EDUSP, 1999. 99p.

MARTINS, D.; VENDRAME, I. **Análise hidrológica da precipitação ocorrida em 12 de janeiro de 2008 em São José dos Campos – SP – Brasil**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL (AIDIS), 31. 2008, Santiago, Chile. **Anais...** Santiago, Chile: AIDIS, 2008.

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. Prefeitura. **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI): Lei Complementar 121/1995**. São José dos Campos: Secretaria de Planejamento Urbano, 1995. Disponível em: <[http://www.sjc.sp.gov.br/spu/plano\\_diretor.asp](http://www.sjc.sp.gov.br/spu/plano_diretor.asp)> Acesso em: 8 nov. 2010.

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. Prefeitura. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. **Lei Complementar Nº. 428/10 de 09 de agosto de 2010**. São José dos Campos, 2010a. Disponível em: <[http://www.sjc.sp.gov.br/secretarias/planejamento\\_urbano/legislacao.aspx](http://www.sjc.sp.gov.br/secretarias/planejamento_urbano/legislacao.aspx)>. Acesso em: 10 jan. 2013.

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. Prefeitura. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. **Banco de Dados Geográfico Cidade Viva**. São José dos Campos, 2010b. CD-ROM.

SOUZA, R.; VALÉRIO FILHO, M. **Análise do crescimento urbano e os impactos na macrodrenagem com o auxílio de geotecnologias. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí - São José dos Campos - SP**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 4791-4797. Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A3TBQS>>. Acesso em: 17 nov. 2012.

TUCCI, C. E. M. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.2, n. 2, 1997.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. L. M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre : Ed. UFRGS, 2000. 558 p.

VALÉRIO FILHO, M.; BELISÁRIO, P. R. **Imagens orbitais de alta resolução aplicadas no monitoramento do crescimento urbano e suas conseqüências sócioambientais**. *Revista da ANPEGE*, v.8, n.9, p.119-135, 2012.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Leonardo Tullio** Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-54-3



9 788585 107543