



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA TERRA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

RAISSA KALAF DE ALMEIDA

ANÁLISE DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS EXERCIDAS SOBRE OS MANGUEZAIS DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE SEPETIBA/RJ, DE 1994 A 2010

Rio de Janeiro

[2023]

RAISSA KALAF DE ALMEIDA

ANÁLISE DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS EXERCIDAS SOBRE OS  
MANGUEZAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE SEPETIBA/RJ, DE  
1994 A 2010

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito para a obtenção do título de mestre em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Rafael Silva de Barros - UFRJ.

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Paula Maria Moura de Almeida – UFF.

Rio de Janeiro

[2023]

### CIP - Catalogação na Publicação

A447a Almeida, Raissa Kalaf de  
ANÁLISE DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS EXERCIDAS SOBRE OS  
MANGUEZAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE  
SEPETIBA/RJ, DE 1994 A 2010 / Raissa Kalaf de  
Almeida. -- Rio de Janeiro, 2023.  
138 f.

Orientador: Rafael Silva de Barros.  
Coorientadora: Paula Maria Moura de Almeida.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do  
Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa  
de Pós-Graduação em Geografia, 2023.

1. Pressão Antrópica. 2. Manguezal. 3. NDBI. 4.  
ITA. I. Barros, Rafael Silva de , orient. II.  
Almeida, Paula Maria Moura de, coorient. III. Título.

RAISSA KALAF DE ALMEIDA

ANÁLISE DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS EXERCIDAS SOBRE OS  
MANGUEZAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE SEPETIBA/RJ, DE  
1994 A 2010

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito para a obtenção do título de mestre em Geografia.

Aprovada em: 23/08/2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 **RAFAEL SILVA DE BARROS**  
Data: 06/11/2023 15:51:27-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Rafael Silva de Barros (Orientador)  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

*Paula Maria Moura*

Assinado de forma digital por Paula  
Maria Moura de Almeida  
paulamoura@id.uff.br:05650947775  
Dados: 2023.11.07 11:56:25 -03'00'

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Paula Maria Moura de Almeida (Coorientadora)  
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Documento assinado digitalmente  
 **CARLA BERNADETE MADUREIRA CRUZ**  
Data: 29/10/2023 18:39:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Carla Bernadete Madureira Cruz  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Documento assinado digitalmente  
 **MONIKA RICHTER**  
Data: 29/10/2023 19:42:51-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Monika Richter  
Universidade Federal Fluminense (UFF)

À Lucia e Talita.

## AGRADECIMENTOS

Não poderia iniciar os agradecimentos dessa dissertação sem mencionar a minha mãe Lucia e minha irmã Talita. Elas que são minhas parceiras do dia a dia, me aturam e me mimam sempre que podem. Dedico esta dissertação a elas pelo amor incondicional que eu tenho por elas e elas por mim.

Ao meu irmão Rafael pelo incentivo e apoio absoluto em tudo que faço. Pelas conversas e pela disponibilidade sempre que precisei. Agradeço também a minha vózinha Marília pelo amor incondicional e suporte que ela pôde me dar em toda minha vida. Ela nunca mediu esforços para me apoiar em tudo que eu fiz até hoje. Ao meu pai Sergio, pelo exemplo e encorajamento de seguir a carreira acadêmica. Pelas conversas, puxões de orelha e a troca profissional imensa que temos. Espero ser um pouquinho do grande profissional que você é.

Aos meus primos queridos que entenderam minhas ausências e me incentivaram a não desistir dos meus sonhos, mesmo que eu não estivesse presente nos encontros anuais dos primos. Em especial, agradeço ao meu primo Beto por ser o exemplo dos primos. Te devo muitas caixas de cerveja e que serão pagas em breve!

Ao Rafa, meu orientador queridíssimo, que até me faltam palavras para expressar a minha gratidão por todos esses anos de parceria, aprendizados e companheirismo. Que a gente ainda continue essa jornada acadêmica até o fim! Posso dizer que tenho muita sorte de ter encontrado um orientador empático e parceiro como você, Rafa, muito obrigada.

À minha coorientadora Paula, por ter aceitado me acompanhar nessa jornada e me ensinar tanto. Pode ter certeza que a minha paixão pelos manguezais veio pelo seu exemplo. Muito obrigada pelas caronas e os conselhos não só acadêmicos, mas sobre a vida, você é uma inspiração pra mim.

À Carla e a Monika que já me acompanham desde a graduação e puderam me ensinar e ver a minha evolução ao longo desses anos. Vocês também fazem parte da minha história e com muita admiração envolvida.

Aos meus amigos do laboratório Espaço, que eu considero minha segunda família. Poderia escrever páginas e páginas agradecendo a todos que fizeram e ainda fazem parte

dessa grande família. Mas não posso deixar de mencionar meus queridos amigos: Julia, Felipe, Vandr , R mulo, Gabriel Ana Carolina, Isabela, João, Ma ira, Sherly , Diego, Camila, Rita, Ana Luisa, Bruna, Caio, Douglas, Gabi e Patrícia, que participaram ativamente da minha jornada no mestrado.

Aos meus queridos amigos da SolarGrid que literalmente me seguraram nos braços pra que eu não desistisse e me deram todo o apoio necessário pra que eu conseguisse terminar essa dissertação. Em especial ao time de meio ambiente que é a melhor equipe dessa empresa. Ao Ric, meu chefe querido, que sempre me estende a mão e não me deixa desacreditar do meu potencial nunca. Ao Jone e Breno que me acolheram na equipe assim que eu entrei na empresa e hoje são meus braços direito e esquerdo e meus melhores conselheiros.   Gabizinha, meu xod , que chegou de mansinho e conquistou meu coração com tanto carinho e parceria.   Rachel, minha pupila, que chegou na correria e com seu jeitinho tranquilo conquistou todos nós e faz parte dessa família ambiental.

Por último, mas não menos importante, agradeço ao meu amor Guga, por me mostrar o verdadeiro significado de parceria e companheirismo. Por ter me acompanhado nesse final do processo da dissertação, ter me ajudado sempre do jeito que pôde e por me incentivar a correr atrás dos meus sonhos.

## RESUMO

ALMEIDA, R.K. ANÁLISE DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS EXERCIDAS SOBRE OS MANGUEZAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE SEPETIBA/RJ, DE 1994 A 2010. Rio de Janeiro, 2023. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Historicamente, o litoral brasileiro tem sido predominantemente ocupado pela população, resultando em pressões significativas sobre ecossistemas costeiros, como o manguezal, devido à expansão urbana e especulação imobiliária em áreas de grande beleza natural. As baías, com sua menor incidência de ondas, são particularmente suscetíveis a essas pressões e podem estar associadas a baixa qualidade de vida da população local, intensificando ainda mais os impactos ambientais decorrentes do desmatamento, aterro e descarte inadequado de resíduos. Nesse contexto, a bacia hidrográfica da baía de Sepetiba, que está situada no litoral sul do estado do Rio de Janeiro, está inserida no contexto das transformações antrópicas exercidas sobre os ambientes costeiros que vêm ocorrendo no decorrer do tempo. Dessa forma, o objetivo da presente dissertação foi analisar as pressões antrópicas exercidas sobre os remanescentes de manguezal da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba de 1994 a 2010. Para isso, foram mapeadas as classes de intensidades de áreas construídas por meio do índice NDBI e utilizado o modelo *People in Pixel* para estimar e localizar a população existente na área de estudo. A partir do índice ITA, foi possível realizar a quantificação das pressões existentes, baseando-se nos mapeamentos de cobertura e uso da terra, bem como na estimativa da população pelo *People in Pixel*. Esse procedimento foi conduzido utilizando as unidades territoriais correspondentes a bairros, sub-bacias e municípios. Portanto, foi confirmada a hipótese de que nas áreas de mangue com presença de alta densidade de construções e grande ocupação populacional apresentam elevada transformação antropogênica na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba. Essa transformação ocorre principalmente ao longo do litoral e na porção central da bacia, coincidindo com a presença do ecossistema de manguezal. Além disso, essas áreas também são os principais responsáveis pelas drenagens da baía, o que pode afetar indiretamente os remanescentes de manguezais.

**Palavras-chave:** Pressão Antrópica. Manguezal. NDBI. ITA.

## **ABSTRACT**

Historically, the Brazilian coast has been predominantly occupied by the population, resulting in significant pressures on coastal ecosystems, such as mangroves, due to urban expansion and real estate speculation in areas of great natural beauty. The bays, with their lower incidence of waves, are particularly susceptible to these pressures and may be associated with a low quality of life for the local population, further intensifying the environmental impacts resulting from deforestation, landfills and inappropriate waste disposal. In this context, the hydrographic basin of Sepetiba Bay, which is located on the southern coast of the state of Rio de Janeiro, is inserted in the context of anthropic transformations exerted on the coastal environments that have been occurring over time. Thus, the objective of this dissertation was to analyze the anthropic pressures exerted on the mangrove remnants of the Sepetiba bay hydrographic basin from 1994 to 2010. For this, the intensity classes of constructed areas were mapped through the NDBI index and used the People in Pixel model to estimate and locate the existing population in the study area. Using the ITA index, it was possible to quantify existing pressures based on land cover and land use mapping for the years 1994 and 2010. Therefore, the hypothesis was confirmed that areas with high density of buildings and large population occupation present high anthropogenic transformation in the hydrographic basin of Sepetiba Bay. This transformation occurs mainly along the coast and in the central portion of the basin, coinciding with the presence of the mangrove ecosystem. In addition, these areas are also the main responsible for the drainage of the bay, which may indirectly affect the remaining mangroves.

**Keywords:** Anthropic pressure. Mangrove. NDBI. ITA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapas das Unidades de conservação presentes na bacia hidrográfica da baía de sepetiba/RJ. ....	18
Figura 2: Mapa de localização das Bacias e Microbacias Hidrográficas da Baía de Sepetiba. ....	21
Figura 3: Mapa de localização da bacia hidrográfica da baía de sepetiba – RJ .....	22
Figura 4: Localização do polo industrial da baía de Sepetiba. ....	23
Figura 5: Mapa de localização dos manguezais e unidades de conservação do estado do Rio de Janeiro. ....	26
Figura 6: Obtenção de imagens por sensoriamento remoto passivo. ....	30
Figura 7: Recorte demonstrando o limite de municípios sobreposto ao limite da bacia hidrográfica da baía de sepetiba .....	33
Figura 8: Fluxograma metodológico. ....	40
Figura 9: (A) Resultado obtido no processo de segmentação Chessboard Segmentation; (B)Exemplo do resultado do processo de segmentação Multiresolution Segmentation	42
Figura 10: Exemplo de cada classe de intensidade de área construída. ....	44
Figura 11: Exemplo de algumas amostras coletadas para cada classe de intensidade de área construída com uma composição falsa cor ao fundo. ....	45
Figura 12: Recortes das imagens Landsat 5/TM dos anos de 2010 e 1994 e seus respectivos resultados do cálculo do índice NDBI. ....	47
Figura 13: Histograma com valores de NDBI por segmentos obtidos para o ano de 2010. ....	49
Figura 14: Histograma com valores de NDBI por segmentos obtidos para o ano de 1994. ....	51
Figura 15: Valores do índice NDBI extraídos das amostras coletadas para as classes de média e alta intensidade de áreas construídas. ....	53
Figura 16: Mapa das intensidades de áreas construídas da bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba - RJ para o ano de 2010. ....	54
Figura 17: Recortes do mapeamento de intensidades de áreas construídas para o ano de 2010. ....	55
Figura 18: Recorte do mapeamento de intensidades de áreas construídas do ano de 2010 visualizado ao lado de uma imagem Landsat 5/TM de 2010. ....	56
Figura 19: Recorte de uma imagem de alta resolução de 2010 pela plataforma Google Earth. ....	57
Figura 20: Outro recorte do mapeamento de intensidades de áreas construídas do ano de 2010 visualizado ao lado de uma imagem Landsat 5/TM de 2010. ....	58
Figura 21: Recorte de uma imagem de alta resolução de 2010 pela plataforma Google Earth. ....	59
Figura 22: Exemplo do mapeamento da classe de alta intensidade de áreas construídas para o ano de 2010. ....	60
Figura 23: Mapa das intensidades de áreas construídas da bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba - RJ para o ano de 1994. ....	61
Figura 24: Recortes do mapeamento de intensidades de áreas construídas para o ano de 1994 .....	62

Figura 25: Recorte do mapeamento das classes de alta e média intensidades de áreas construídas do ano de 1994 visualizado ao lado de uma imagem Landsat 5/TM de 1994. ....	63
Figura 26: Recorte do mapeamento da classe de baixa intensidade de área construída do ano de 1994 visualizado ao lado de uma imagem Landsat 5/TM de 1994.....	64
Figura 27: Outro recorte do mapeamento de intensidades de áreas construídas do ano de 1994 visualizado ao lado de uma imagem Landsat 5/TM de 1994. ....	65
Figura 28: Fluxograma metodológico para aplicação do modelo People in Pixel. ....	69
Figura 29: Mapa da população dos setores censitários totalmente inseridos dentro da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba. ....	73
Figura 30: Mapa de pessoa por pixel (People in Pixel) para a bacia hidrográfica da baía de Sepetiba.....	75
Figura 31: Exemplo de classes de maiores densidades populacionais e suas variações de intensidade ocupação após aplicado o People in Pixel.....	76
Figura 32: Mapa da densidade populacional para a bacia hidrográfica da baía de Sepetiba – RJ. ....	78
Figura 33: Exemplo de classes de maiores densidades populacionais acompanhando as classes de maiores concentrações de pessoas por pixel, mas mostrando variações internas. ....	79
Figura 34: Exemplo de classe de baixa densidade populacional no mapa coroplético abrangendo áreas maiores se comparado ao mapeamento de pessoas por pixel. ....	80
Figura 35: Mapa de pessoas por pixel e trechos rodoviários na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba – RJ. ....	81
Figura 36: Porção sudeste da bacia hidrográfica e seus respectivos trechos rodoviários. ....	82
Figura 37: Porção central da bacia hidrográfica e seus respectivos trechos rodoviários.	83
Figura 38: Exemplo das pequenas divergências entre as representações espaciais do limite das sub-bacias e da população por pixel. ....	85
Figura 39: Cartograma com os limites de bairros onde estão inseridos os manguezais da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba. ....	86
Figura 40: Cartograma com os bairros de Santa Cruz e Sepetiba e a distribuição de pessoas por pixel.....	88
Figura 41: Cartograma com as unidades de conservação estaduais nos bairros com presença de manguezais.....	89
Figura 42: Resumo do fluxograma metodológico utilizado. ....	92
Figura 43: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de sub-bacias no ano de 1994.....	114
Figura 44: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de sub-bacias no ano de 2010.....	115
Figura 45: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de municípios no ano de 1994.....	117
Figura 46: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de municípios no ano de 2010.....	119
Figura 47: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de bairros no ano de 1994. ....	121
Figura 48: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de bairros no ano de 2010. ....	123

Figura 49: Mapa da sobreposição dos resultados do índice ITA para as unidades de bairros e sub-bacias no ano de 1994.....	124
Figura 50: Recortes da sobreposição dos resultados do ITA e do PIP para o ano de 2010. ....	127
Figura 51: Recorte da sobreposição dos resultados do ITA para sub-bacias e do PIP para o ano de 2010, utilizando um raio de distância de 5km dos manguezais.....	128

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela com a fauna encontrada no ecossistema manguezal.....	28
Tabela 2: Tabela resumo com valores de NDBI por segmentos para os anos de 1994 e 2010. ....	52
Tabela 3: Limiares definidos para cada classe de intensidade de área construída. ....	53
Tabela 4: Tabela com as áreas ocupadas por cada classe de mapeamento para os anos de 1994 e 2010. ....	65
Tabela 5: Definição dos pesos utilizados na aplicação do People in Pixel. ....	70
Tabela 6: Geração do People in Pixel.....	71
Tabela 7: Estimativas de população a partir de outras unidades territoriais. ....	83
Tabela 8: Estimativa de população para os bairros onde há presença de manguezais. ..	87
Tabela 9: Tabela com os pesos definidos para cada classe de cobertura e uso da terra. ....	94
Tabela 10: Classificação utilizada para a espacialização dos resultados da aplicação do índice ITA para cada unidade territorial. ....	95
Tabela 11: Tabela com as informações de área por classe e resultados do ITA por sub-bacias para o ano de 1994.....	97
Tabela 12: Tabela com as informações de área por classe e resultados do ITA por sub-bacias para o ano de 2010.....	99
Tabela 13: Tabela com a variação percentual de ITA entre os anos de 1994 e 2010 para unidade de sub-bacias. ....	100
Tabela 14: Tabela com as informações de área por classe e resultados do ITA por municípios para o ano de 1994. ....	102
Tabela 15: Tabela com as informações de área por classe e resultados do ITA por municípios para o ano de 2010. ....	104
Tabela 16: Tabela com a variação percentual de ITA entre os anos de 1994 e 2010 para unidade de municípios. ....	105
Tabela 17: Tabela com as informações de área em porcentagem por classe e resultados do ITA por bairros com ocorrência de manguezal para o ano de 1994.....	107
Tabela 18: Tabela com as informações de área em km <sup>2</sup> por classe e resultados do ITA por bairros com ocorrência de manguezal para o ano de 1994. ....	108
Tabela 19: Tabela com as informações de área em porcentagem por classe e resultados do ITA por bairros com ocorrência de manguezal para o ano de 2010.....	110
Tabela 20: Tabela com as informações de área em km <sup>2</sup> por classe e resultados do ITA por bairros com ocorrência de manguezal para o ano de 2010. ....	111
Tabela 21: Tabela com a variação percentual de ITA entre os anos de 1994 e 2010 para os bairros com ocorrência de manguezal.....	112
Tabela 22: Tabela com os valores de população por pixel dentro do raio de 5km sobre os manguezais, separados por sub-bacias.....	126

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COMPERJ	Complexo Petroquímico do estado do Rio de Janeiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITA	Índice de Transformação Antrópica
NDBI	Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada
NUCLEP	Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A.
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PIP	People in Pixel
SEMADS	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SR	Sensoriamento Remoto
UC	Unidades de Conservação
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO:</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1. Justificativa:</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2. Objetivos:</b> .....	<b>19</b>
<b>1.3. Área de Estudo:</b> .....	<b>20</b>
<b>2. REVISÃO CONCEITUAL:</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1. Ecossistema Manguezal:</b> .....	<b>24</b>
<b>2.2. Sensoriamento Remoto:</b> .....	<b>29</b>
2.2.1. Índices Espectrais: .....	31
2.2.1.1. Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada (NDBI): .....	31
<b>2.3. Modelo People in Pixel (PIP):</b> .....	<b>32</b>
<b>2.4. Pressões Antrópicas:</b> .....	<b>35</b>
2.4.1. Índice de Transformação Antrópica (ITA): .....	37
<b>3. CAPÍTULO 3 – MAPEAMENTO DE INTENSIDADES DE ÁREAS CONSTRUÍDAS ATRAVÉS DO ÍNDICE DE ÁREAS CONSTRUÍDAS POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDBI).</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1. Introdução:</b> .....	<b>38</b>
<b>3.2. Materiais e métodos:</b> .....	<b>39</b>
<b>3.3. Resultados:</b> .....	<b>46</b>
<b>3.4. Conclusões:</b> .....	<b>66</b>
<b>4. CAPÍTULO 4 – ESTIMATIVA E LOCALIZAÇÃO DE POPULAÇÃO – UMA APLICAÇÃO DO MODELO PEOPLE IN PIXEL</b> .....	<b>67</b>
<b>4.1. Introdução:</b> .....	<b>67</b>
<b>4.2. Materiais e métodos:</b> .....	<b>68</b>
<b>4.3. Resultados:</b> .....	<b>71</b>
<b>4.4. Conclusões:</b> .....	<b>89</b>
<b>5. CAPÍTULO 5 – QUANTIFICAÇÃO DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS A PARTIR DO ÍNDICE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA (ITA)</b> .....	<b>91</b>
<b>5.1. Introdução:</b> .....	<b>91</b>
<b>5.2. Materiais e métodos:</b> .....	<b>92</b>
<b>5.3. Resultados:</b> .....	<b>95</b>
<b>5.4. Conclusões:</b> .....	<b>129</b>
<b>6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS:</b> .....	<b>130</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:</b> .....	<b>132</b>

## 1. INTRODUÇÃO:

Historicamente, o litoral brasileiro foi prioritariamente ocupado pela população e está associado às grandes concentrações da população, atividades socioeconômicas e a presença de grandes cidades em todo o mundo (SMALL & NICHOLLS, 2003). O manguezal por ser um ecossistema costeiro, presente na transição entre o mar e o continente, foi um dos afetados por essa ocupação que cresceu ao longo dos anos. Conforme a expansão urbana foi evoluindo houve o aumento da pressão exercida sobre os manguezais. Tais pressões variam de forma temporal e espacial, nesse sentido, podem ser importantes na determinação dos impactos sofridos nesse ambiente.

A intensa especulação imobiliária, principalmente em locais que exibem grande beleza como no litoral, é um fator associado à destruição dos ecossistemas da costa, como os manguezais, O ecossistema manguezal está entre os mais afetados pela ação antrópica. Algumas das principais ações humanas que causam impactos sobre esse ecossistema são os cortes das árvores, destinação para aterros e despejos domésticos. E essas ações ocorrem muitas vezes por falta de conhecimento da população da importância da manutenção da biota marinha (SUHOGUSOFF E PILLACKAS, 2007).

Áreas com certa infraestrutura urbana podem permitir e incentivar a ocupação da população e conseqüentemente aumentar os impactos que a população gera nas áreas onde ocorreram a ocupação. As baías, devido a sua menor incidência de ondas, possuem maiores pressões que outros ambientes costeiros, justamente por propiciarem maior facilidade de instalação. A dinâmica da ocupação de espaços naturais pode vir associada com a baixa qualidade de vida dessa população, que pode incentivar também mais impactos a partir do avanço do corte e aterro da vegetação e no aumento de despejo de dejetos e resíduos no meio ambiente (MARTINS & WANDERLEY, 2009; FREITAS et. al, 2017).

Diante do contexto exposto, percebe-se a necessidade de não só identificar, mas também quantificar as pressões que podem estar sendo exercidas sobre um ecossistema. Para isso, pode-se evidenciar o conjunto de técnicas e processos responsáveis pela aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos presentes na superfície terrestre de forma remota, que é definido por Novo (2008) como sensoriamento remoto.

A partir da obtenção das informações sobre a superfície terrestre é possível mapear e identificar a cobertura e uso da terra de determinada área, por exemplo. E a partir desse mapeamento associado a determinadas técnicas é possível localizar, estimar ou quantificar: áreas com maior ou menor concentração de população e áreas com maior ou menor pressão antrópica associada a diversos ecossistemas.

Vale evidenciar os índices espectrais que foram desenvolvidos com o intuito de identificar e destacar informações específicas presentes na superfície terrestre, como as áreas construídas, áreas de floresta, corpos hídricos entre outros (FRANÇA et al., 2012; CHEN et al., 2006). Ao identificar as áreas com diferentes intensidades de áreas construídas, em conjunto com dados populacionais e modelos matemáticos, também é possível estimar a quantidade de pessoas presentes em determinada área de forma mais distribuída (CRUZ *et al.*, 2007). Por consequência, os produtos oriundos da utilização desses mapeamentos e das técnicas mencionadas, servem como ferramenta para a determinação e quantificação das pressões antrópicas exercidas sobre os ecossistemas manguezais. A partir de índices matemáticos envolvendo informações qualitativas e quantitativas sobre a paisagem, como o índice de transformação antrópica (ITA) (CRUZ *et al.*, 1998).

### **1.1. Justificativa:**

O manguezal é um dos principais ecossistemas das regiões tropicais e subtropicais do globo, também é um dos mais ameaçados e vulneráveis do mundo e que vem diminuindo em um ritmo preocupante (GIRI et al., 2007). Esse ecossistema também possui vital importância para a vida de baías e estuários, além de ressaltar o caráter econômico presente na sua preservação (Pires, 2010).

Numa escala global, de acordo o estudo realizado por com Goldberg *et. al* (2020), a atividade humana é o principal fator contribuinte para a diminuição dos manguezais, porém, seu impacto tem diminuído desde os anos 2000. Os autores ainda alertam que independente do grau atual das intervenções humanas sobre o ecossistema é necessário analisar em conjunto as futuras perdas climáticas, para obter melhores condições de preservação e valorização do ecossistema manguezal. Independente da diminuição do impacto humano nos manguezais globais, as ações de mitigação dos impactos e de

preservação do ecossistema devem levar em consideração a influência do ser humano no planeta que está cada vez mais sob seu domínio.

Em 2015, na cidade de Nova York – EUA, foram reunidos chefes de Estado e de Governo e altos representantes na sede das Nações Unidas para discussão e decisão dos novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) globais para até 2030. Pro contexto desta pesquisa, pode-se destacar os objetivos 6 e 14, relacionados ao tema água.

O ODS 6, referente à Água Potável e Saneamento, tem o intuito de assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos. Cabe ressaltar um dos objetivos que mostram a necessidade de proteção de ecossistemas relacionados com a água: “6.6 Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos” (NU,2015).

O ODS 14, referente à Vida na Água, também mostra a importância da proteção dos ecossistemas marinhos e costeiros:

14.2 Até 2020, gerir de forma sustentável e proteger os ecossistemas marinhos e costeiros para evitar impactos adversos significativos, inclusive por meio do reforço da sua capacidade de resiliência, e tomar medidas para a sua restauração, a fim de assegurar oceanos saudáveis e produtivos (NU,2015).

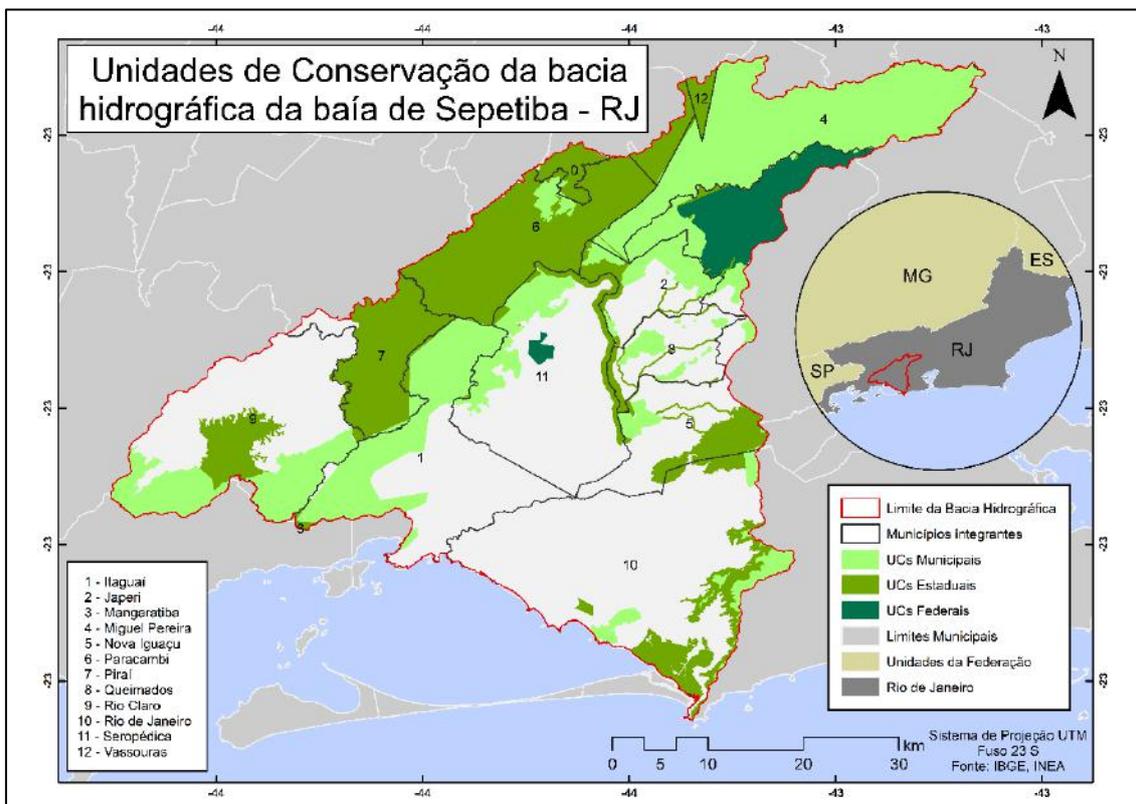
A partir dos ODS globais definidos, o Sistema ONU Brasil elaborou um conjunto de relatórios temáticos com temas e questões que considera relevantes no âmbito do processo de implementação dos ODS no Brasil. Pode-se destacar então desse documento temático o seguinte trecho:

Conservação e gestão integrada dos ecossistemas marinhos e costeiros (metas 14.2, 14.3 e 14.5) – frente aos impactos das atividades humanas, inclusive nos ambientes terrestres adjacentes à zona costeira, percebe-se a necessidade de aumentar significativamente o número e a extensão das áreas marinhas protegidas, bem como garantir que sejam instrumentos de gestão efetiva dos ecossistemas marinhos e dos seus recursos. Além disso, despertam crescente preocupação para o Brasil a mudança global do clima e seus impactos adversos sobre o ecossistema marinho e costeiro, principalmente no que se refere à elevação da temperatura e

acidificação, que danificam os recifes coralinos (MACHADO FILHO, 2017).

Pensando na conservação dos ecossistemas e numa escala local, vale mencionar a presença das unidades de conservação na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (Figura 1). Algumas unidades são de proteção integral, que possuem normas e regras mais restritivas, sendo permitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, e outras unidades são de uso sustentável, que conciliam o uso sustentável dos recursos naturais com a conservação da natureza. A partir da presença de unidades de conservação de proteção integral ou de uso sustentável, particularmente aquelas associadas às zonas costeiras, revela-se de significativa importância a condução de investigações relativas às intervenções e modificações de origem humana. Isso se dá pelo propósito dessas unidades de preservar os elementos ambientais nela presentes.

Figura 1: Mapas das Unidades de conservação presentes na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba/RJ.



Fonte: elaboração própria.

A partir disso, se reforça e justifica ainda mais a importância de pesquisas que envolvam os manguezais e sua preservação. Entender o impacto que as ações humanas estão gerando sobre esse ecossistema se torna cada vez mais significativo tanto numa escala local como global. Além disso, esse tipo de pesquisa serve como subsídio para o gerenciamento costeiro, auxiliando no manejo desse ecossistema, principalmente em projetos relacionados à expansão urbana.

É relevante mencionar que esta pesquisa está inserida no contexto de um projeto de pesquisa fomentado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e intitulado: “*Análise das pressões antrópicas sobre os remanescentes de mangue nas baías do estado do Rio de Janeiro baseados em tecnologias espaciais: uma aplicação do modelo People in Pixel*”. A escala temporal de análise deste projeto de pesquisa é ao longo de 3 décadas (1990 a 2020), e para esta dissertação optou-se utilizar o recorte para os anos de 1994 e 2010, com a justificativa de que já havia mapeamentos de cobertura e uso da terra que serão utilizados como ferramenta para os objetivos específicos da dissertação. Eles serão utilizados para o mapeamento de intensidade de áreas construídas, para a estimativa e localização de população e para a quantificação da pressão antrópica na área de estudo pretendida.

## **1.2. Objetivos:**

O objetivo geral da dissertação é analisar as pressões antrópicas exercidas sobre os remanescentes de manguezal da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba de 1994 a 2010. Para isso, serão utilizados mapeamentos já existentes de cobertura e uso da terra para os anos de 1994 e 2007, realizados por Abreu (2010), em conjunto com os dados do censo demográfico do IBGE.

Especificamente, objetiva-se:

1. Mapear as intensidades da classe áreas construídas na bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba, por meio do Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada (NDBI) para os anos estudados e dos mapeamentos de Abreu (2010);
2. Estimar e localizar a população presente na bacia hidrográfica estudada, por meio da aplicação do modelo *People in Pixel*, em conjunto com mapeamentos de cobertura e uso da terra e os dados dos Censos Demográficos para o ano de 2010;

3. Quantificar as pressões antrópicas presentes na área de estudo nos anos de análise, a partir da utilização do Índice de Transformação Antrópica (ITA), dos mapeamentos de cobertura e uso da terra e da estimativa da população pelo *People in Pixel*.

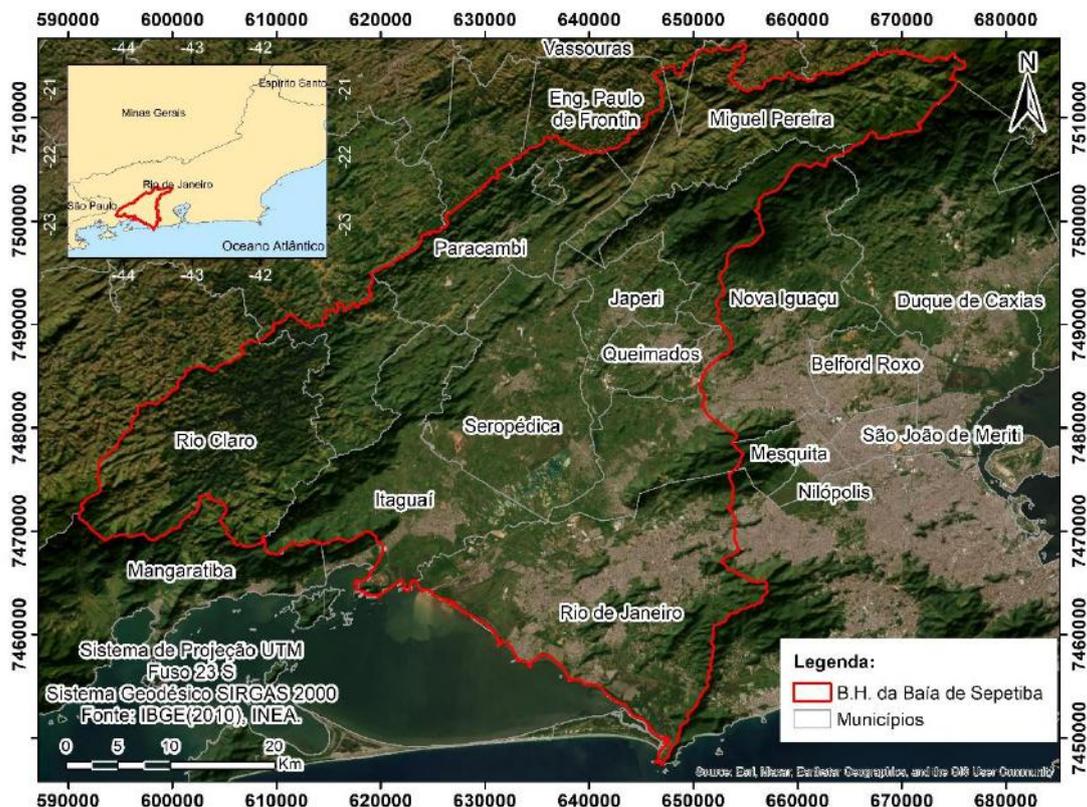
### **1.3. Área de Estudo:**

A bacia hidrográfica da baía de Sepetiba está localizada no litoral sul do estado do Rio de Janeiro. Ela faz parte da Região Hidrográfica do Guandu que também é composta pelas microbacias da restinga de marambaia e as microbacias insulares da baía de Sepetiba (Figura 2). Também está inserida na Macrorregião Ambiental da Baía de Sepetiba (MRA-2), que foi definida pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADS) a partir do decreto nº26.058 de 14 de março de 2000. À oeste desta bacia está localizada a bacia do Rio Jacuacanga, ao norte a bacia do Rio Paraíba do Sul, a leste a bacia da Baía de Guanabara e a sudeste a bacia da Baixada de Jacarepaguá (CBH-GUANDU, 2017; SEMADS, 2001).

O principal rio afluente da Região Hidrográfica onde está inserida a bacia hidrográfica em estudo é o rio Guandu. Esse afluente é iniciado nas nascentes de ribeirão das lajes, e a partir da confluência com o rio Santana, passa a ser chamado de rio Guandu. Seus principais afluentes são os rios dos Macacos, Santana, São Pedro, Poços, Queimados e Ipiranga. O curso final denomina-se canas de São Francisco e tem cerca de 48km de extensão no seu percurso total (CBH-GUANDU, 2017; SEMADS, 2001). Além dos rios mencionados anteriormente, outros rios também fazem parte na rede de drenagem da baía de Sepetiba, como: Itaguaí, rio Cação, rio da Guarda, Canal do Ita, Canal do Guandu, rio Piraquê, Piracão, rio Mazomba, rio Portinho, rio Ingaíba e rio do Ponto (ALMEIDA, 2010; CBH-GUANDU, 2017).



Figura 3: Mapa de localização da bacia hidrográfica da baía de sepetiba – RJ



Fonte: elaboração própria.

De acordo com SEMADS (2001) a bacia abrange cerca de 2.711 km<sup>2</sup>, incluindo as microbacias, a restinga de Marambaia e ilhas no interior da baía de Sepetiba. A cota altimétrica pode chegar até 1.800 metros, sendo a Serra do Couto o ponto mais alto.

De acordo com a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio de Janeiro (2001), a cobertura e o uso da terra da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba é composta por remanescentes de vegetação nativa, incluindo florestas densas em fase de regeneração inicial e média, áreas de reflorestamento, vegetação de mangue e mangue degradado, além de pastagem, áreas agrícolas, solo exposto e áreas urbanas. As florestas mencionadas ocupam cerca de 40% da área da bacia e se apresentam em fragmentos e estágios sucessionais de diversos tamanho e estágios. Estão situadas nos topos e encostas das serras, raramente alcançam as margens dos rios nos trechos de baixada.

De acordo com o estudo realizado na baía de Sepetiba por Vieira et al (2020), a área total de mangue em 2020 é ocupada por 36,24km<sup>2</sup> e no município do Rio de Janeiro é onde há a maior ocorrência (82,88%), acompanhado do município de Itaguaí (13,66%) e posteriormente Mangaratiba (3,46%). Ainda existem as áreas de mancha, que ocupam 1,178 km<sup>2</sup> ou 2,97% da área total, consideradas relativamente pequenas. Porém, 55,58% está classificado como mangue de borda, confirmando a alta fragmentação do manguezal, totalizando 14,78km<sup>2</sup> (40,8%) de áreas-núcleo, ou seja, áreas que não são afetadas pelo efeitos de borda e são mais preservadas ecologicamente.

A baía de Sepetiba além de apresentar áreas bastante urbanizadas, possui seu polo industrial que abrange o município de Itaguaí e o bairro de Santa Cruz do município do Rio de Janeiro. Nesse polo estão presentes empreendimentos industriais e portuários, como pode ser visto na figura 4 (PACS, 2015).

Figura 4: Localização do polo industrial da baía de Sepetiba.



Fonte: PACS, 2015.

Cabe destacar também a presença do arco metropolitano do Rio de Janeiro, que interliga a baía de Guanabara com a baía de Sepetiba. Essa autoestrada foi construída no entorno da região metropolitana do Rio de Janeiro, fornecendo acesso direto ao Porto de Itaguaí e interligando com o polo Petroquímico COMPERJ (Complexo Petroquímico do estado do Rio de Janeiro), localizado no município de Itaboraí.

Na baía de Sepetiba, onde estão localizados os manguezais da bacia hidrográfica, além das áreas urbanizadas e dos polos industriais mencionados, também tem seu território caracterizado por áreas de agricultura, pesca e turismo ecológico. O entorno dessas áreas é composto por baixa ocupação populacional, com presença dos manguezais e de Mata Atlântica, destacando-se o maciço da Pedra Branca, maior floresta urbana do país (PACS,2015).

## **2. REVISÃO CONCEITUAL:**

### **2.1. Ecossistema Manguezal:**

O ecossistema manguezal depende de diversos fatores que vão determinar sua ocorrência e abrangência na superfície terrestre. Alguns dos fatores básicos para o seu desenvolvimento são: ambientes costeiros abrigados (baixa energia hidrológica), presença de alga salgada, amplitude térmica anual inferior a 5°C, presença de substrato aluvial, alta amplitude de marés, correntes oceânicas favoráveis e presença de costa rasa (Chapman, 1975; Walsh,1974).

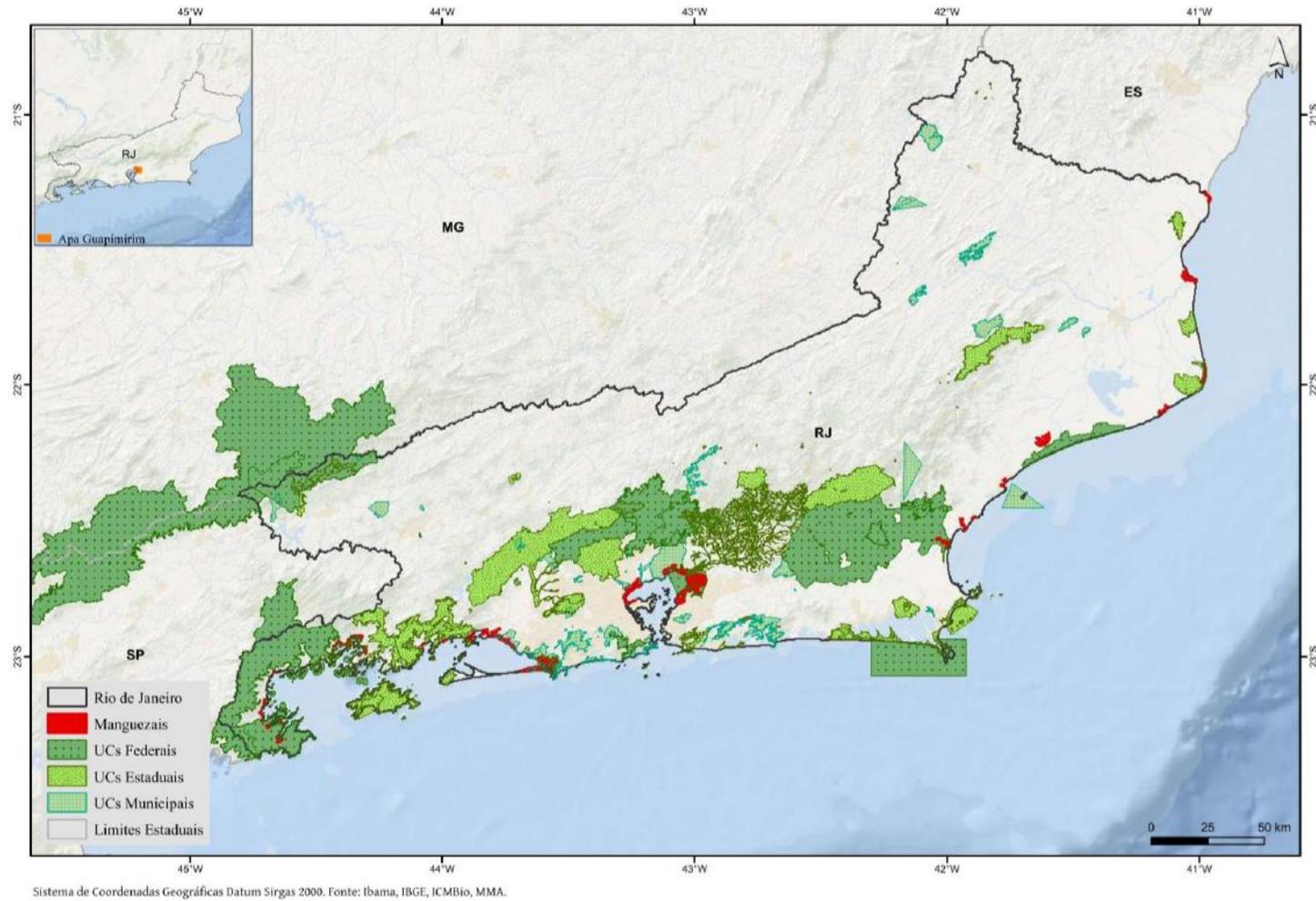
Seis tipos de biomas podem ser encontrados no Brasil, sendo eles: Amazônia, cerrado, pantanal, pampa, mata atlântica e caatinga. O IBGE, a partir de 2019, menciona além das divisões dos seis biomas, o sistema costeiro-marinho, onde estariam representados os manguezais. No Brasil, os manguezais se espalham desde o extremo norte do Amapá até Santa Catarina, distribuindo-se praticamente ao longo de todo o litoral. A extensão estimada de florestas de mangue é de aproximadamente 6.786 km de um total de 7.408km do litoral brasileiro (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000). Já Diniz et al (2019) indicam em seu estudo que em 1985 os manguezais no Brasil ocupavam uma área de aproximadamente 9.700km<sup>2</sup> e em 2018 uma área de 9.900km<sup>2</sup>, representando assim um aumento de aproximadamente 200km<sup>2</sup>.

O litoral sul do estado do Rio de Janeiro é característico por seu conjunto de ilhas, baías e enseadas, e segundo Schaeffer-Novelli & Vale (2018), as duas baías que se

destacam pela presença dos manguezais é a baía de Guanabara e a baía de Sepetiba. A baía de Sepetiba é composta por bosques do tipo franja e por mangues insulares. Em barra de Guaratiba estão presentes os mangues insulares que separam a restinga de Marambaia do continente, certas vezes em bolsões de deposição de sedimentos finos. Estrada et. al (2013) caracterizou as florestas de mangue de Guaratiba de acordo com os seus tipos fisiográficos, sendo eles franja, bacia e transição. De maneira geral, as florestas de franja estão às margens da baía e dos rios, são as florestas mais desenvolvidas; já as florestas de bacia estão localizadas no interior dos manguezais, apresentando características intermediárias de parâmetros estruturais; e as florestas de transição, estão nas áreas de transição entre as florestas e as planícies hipersalinas, apresentando características menos avançadas de parâmetros estruturais, localizadas em regiões com mais estresse ambiental.

Na figura 5 está representada a distribuição espacial dos manguezais do estado do Rio de Janeiro juntamente com as unidades conservação municipais, estaduais e federais.

Figura 5: Mapa de localização dos manguezais e unidades de conservação do estado do Rio de Janeiro.



Fonte: ICMBIO, 2018.

Uma das funções bastante conhecida desse ecossistema é o aprisionamento de carbono. Além disso, Soares (1997) ainda elencou algumas das principais funções dos manguezais, como: a manutenção da diversidade biológica da costa; fonte de lazer devido ao seu valor visual; absorção e imobilizador de produtos químicos; proteção da linha de costa contra erosões e assoreamento dos corpos hídricos adjacentes; fonte de matéria orgânica; área de abrigo, reprodução, desenvolvimento e alimentação de espécies e área de pouso de aves migratórias.

De acordo com Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986), o litoral brasileiro possui sete espécies de mangue: *Rhizophora mangle*, *R. harrisonii*, *R. racemosa*, *Avicennia schaueriana*, *A. germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Conocarpus erecta*. E segundo Chaves (2010), na região de Guaratiba, que faz parte da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba, são encontradas apenas três das sete espécies: *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Avicennia schaueriana* (mangue negro) e *Laguncularia racemosa* (mangue branco).

O mangue vermelho se caracteriza por um sistema complexo de raízes aéreas que vão em direção ao solo a partir de um mesmo tronco ou dos ramos laterais, auxiliando na sustentação da árvore e nas funções de aeração e nutrição. Já os mangues negro e branco se caracterizam por um sistema radicial não muito profundo, disposto radialmente ao tronco e com estruturas que partem das raízes (SOARES et al., 2003; ALMEIDA, 2010).

A fauna encontrada nas áreas de manguezal, não é exclusiva desse ecossistema, diferentemente do que ocorre com a vegetação. Os animais presentes podem sobreviver em outros habitats parecidos com as áreas de manguezal, como os estuários, restinga, costão rochoso e até nas praias. Mostrando assim, a complexidade do ecossistema manguezal, oferecendo diversos ambientes para diferentes animais (Tabela 1) (SCHAEFFER-NOVELLI & JUNIOR, 2018).

Tabela 1: Tabela com a fauna encontrada no ecossistema manguezal.

animais de vida livre	podem se locomover a médias e longas distâncias explorando novos <i>habitats</i>	Ambiente aquático	baiacus (Tetraodontiformes), robalos (Centropomidae), tainhas (Mugilidae), siris ( <i>Callinectes</i> spp)
		Ambiente aéreo	insetos e aves, como garças ( <i>Egretta</i> spp., <i>Ardea</i> spp.), colhereiros ( <i>Ajaia ajaia</i> ), guarás ( <i>Eudocimus ruber</i> ), martins-pescadores ( <i>Ceryle</i> sp.), biguás ( <i>Phalacrocorax olivaceus</i> ), papagaios
		Oportunistas <sup>1</sup>	guaxinins, capivaras, cobras, lontras, cotias
animais sésseis	organismos que vivem permanentemente fixos à superfície de um substrato ou a outro organismo		turus ou teredos, cracas, ostras, sururus
animais arborícolas	locomovem-se sobre a copa das árvores ou sobre troncos e galhos		macacos, caranguejo-marinho ( <i>Aratus pisonii</i> ), aratu ( <i>Goniopsis cruentata</i> )
animais rastejadores	locomovem-se lentamente sobre o sedimento do manguezal ou sobre folhas e galhos		caramujo-do-mangue ( <i>Melampus coffeus</i> ), lebre-do-mar ( <i>Aplysia</i> sp.), alguns poliquetas
animais escavadores	vivem em galerias ou enterrados no sedimento		vôngole ou samanguiá ( <i>Anomalocardia brasiliensis</i> ), mapé ou unha-de-velho ( <i>Tagelus plebeius</i> ), caranguejo-uçá ( <i>Ucides cordatus</i> ), chama-maré ( <i>Uca</i> spp.)

Fonte: SCHAEFFER-NOVELLI & JUNIOR, 2018.

## 2.2. Sensoriamento Remoto:

Existem diversas definições de Sensoriamento Remoto (SR) na literatura. Elachi (1987) definiu o sensoriamento remoto como “a aquisição de informação sobre um objeto sem que se entre em contato físico com ele”. Novo (2008) defende que essa definição é muito ampla, e que é vista apenas pelo ponto de vista lógico, uma vez que os sensores utilizados permitem a aquisição de informações de determinado objeto sem que haja qualquer tipo de contato físico. Então, para Novo (2008), Sensoriamento Remoto é:

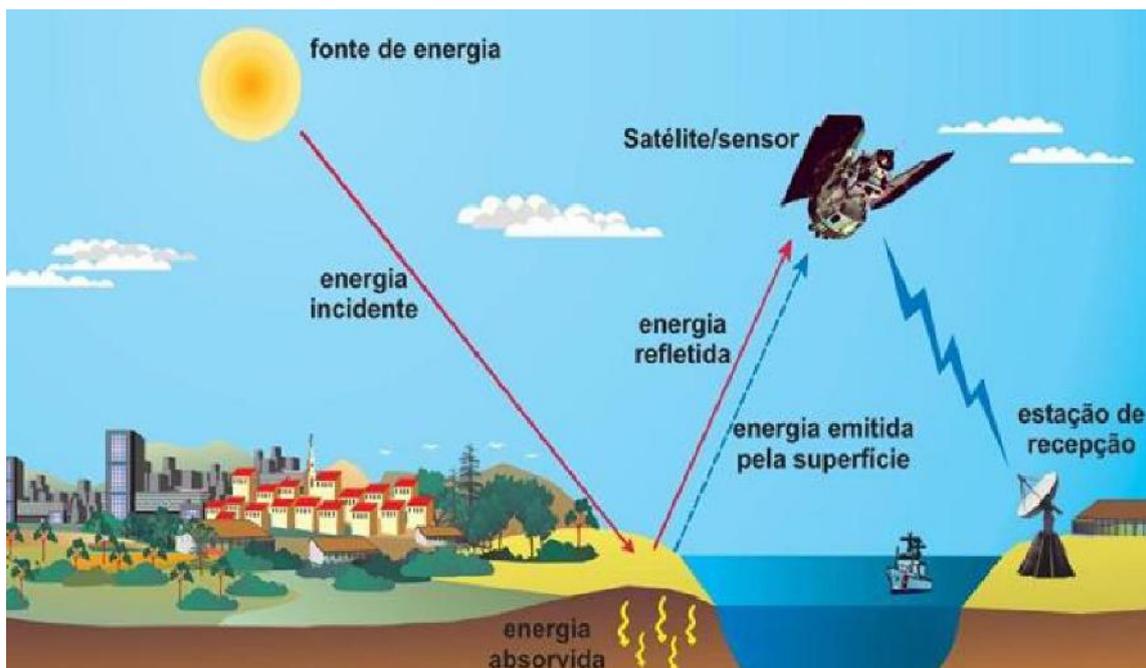
“A utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir de registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.”

Jensen (2011) divide o termo sensoriamento remoto em duas definições, abrangente e resumida. A definição abrangente é mais geral e simples, onde há a aquisição de dados de determinado objeto sem tocá-lo a partir de dispositivos como câmeras, escâneres opto-mecânicos, dispositivos de imageamento lineares ou matriciais, lasers, sistemas de radar, sonares, etc.

Já a definição resumida é mais específica, onde através de dispositivos, como câmeras e lasers, por exemplo, é feito o registro de informações das regiões do ultravioleta, visível, infravermelho, e micro-ondas do espectro eletromagnético sem que haja contato. Esses dispositivos estão em plataformas como aeronaves ou satélites, e a análise dessa informação adquirida é feita por meio visual ou por processamento digital de imagem (JENSEN, 2011; FLORENZANO, 2002).

Os sensores remotos são equipamentos que têm a capacidade de captar e registrar a energia que é refletida ou emitida pelos alvos presentes na superfície terrestre (FLORENZANO, 2011). Esses equipamentos convertem a energia proveniente dos objetos em um registro na forma de imagem ou gráfico, para que seja possível associar a distribuição da radiância, emitância ou retroespalhamento com as suas propriedades físicas, químicas, biológicas ou geométricas (Figura 6) (NOVO,2008).

Figura 6: Obtenção de imagens por sensoriamento remoto passivo.



Fonte: FLORENZANO,2011.

A partir de imagens provenientes do sensoriamento remoto, é possível ter uma visão multitemporal de grandes áreas da superfície terrestre. Com essa visão do meio ambiente ou da paisagem se podem integrar estudos de diversos campos do conhecimento, a fim de obter informações do ambiente e suas transformações, destacando assim os impactos naturais e antrópicos causados nos mesmos (FLORENZANO, 2002).

Florenzano (2012) ainda afirma que o sensoriamento remoto, ao retratar uma parte da superfície terrestre, consegue fazer uma conexão entre o pontual (ou o local) e o global. Analisar um espaço local, por exemplo, implica também na compreensão de outros espaços, como o regional, continental ou global, os espaços estão interligados na sua compreensão.

O sensoriamento remoto, como um campo fundamental da observação da Terra, desempenha um papel integral na coleta de informações sobre a superfície terrestre por meio da detecção e registro de radiação eletromagnética proveniente de diferentes objetos e superfícies terrestres. Nesse contexto, os índices espectrais emergem como ferramentas analíticas cruciais, pois representam relações matemáticas entre as bandas de diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético.

Os índices espectrais ou radiométricos consistem em medidas que permitem identificar e realçar informações específicas contidas em imagens capturadas por sensores remotos, tais como florestas, corpos hídricos, áreas construídas, solo exposto, pastagem entre outros (FRANÇA et al., 2012; CHEN et al., 2006). Esses índices desempenham um papel fundamental na distinção de alvos com diferentes composições, possibilitando sua aplicação em técnicas de classificação digital de imagens. As medidas obtidas por meio desses índices são calculadas com base nas razões entre diferentes bandas espectrais, cujos valores variam de acordo com o tipo de cobertura terrestre a ser identificada e discriminada.

### 2.2.1. Índices Espectrais:

#### 2.2.1.1. Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada (NDBI):

De acordo com Chen et al. (2006), os valores dos índices espectrais utilizados na identificação de vegetação, água e áreas construídas, por exemplo, não são uniformes em toda a superfície terrestre e podem apresentar pequenas variações quando aplicados em diferentes regiões ou em condições atmosféricas e de precipitação distintas. Portanto, uma abordagem promissora para uma melhor diferenciação dos diversos tipos de cobertura e uso da terra seria a integração de múltiplos índices. Isso permitiria uma análise mais completa e robusta, considerando diferentes características espectrais e radiométricas das imagens, e proporcionaria uma visão mais precisa das variações nas coberturas terrestres.

Nesse contexto, o índice de áreas construídas por diferença normalizada (NDBI) foi desenvolvido por Zha et al (2003) com o intuito de conseguir identificar e diferenciar a classe de áreas construídas dos demais tipos de cobertura e uso da terra (Equação 1).

Equação 1: Cálculo do Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada - NDBI.

$$NDBI = \frac{\text{Infravermelho Médio} - \text{Infravermelho Próximo}}{\text{Infravermelho Médio} + \text{Infravermelho Próximo}}$$

Fonte: ZHA et al, 2003.

Esse índice é aplicado de forma rápida e simples, através das bandas espectrais do infravermelho próximo e infravermelho médio. A escolha dessas bandas espectrais se justifica a partir dos valores elevados de reflectância que essas classes possuem nesses comprimentos de onda (COSTA et al., 2017; VARSHNEY & RAJESH, 2014). Os

resultados gerados por esse índice, por meio do cálculo entre as bandas espectrais resultantes dos sensores remotos, são representados por valores entre -1 a 1. Quanto mais próximo de 1 estiverem os resultados, maior é a intensidade da classe de área construída na área mapeada, e conseqüentemente, quanto mais próximos de -1 menor será a intensidade dessa classe.

Algumas limitações da aplicação desse índice foram apresentadas por Zha et al (2003), os autores ressaltam que o índice deve ser utilizado para grandes extensões de áreas urbanas, além da não separação das classes de áreas urbanas industriais, comerciais e residências, por exemplo. Outra limitação é a incapacidade de separação entre as áreas urbanas e as áreas áridas, por conta da resposta espectral semelhante das duas classes. Essa segunda limitação pode ser contornada a partir do conhecimento da localização dessas classes, que se distribuem no espaço em localizações diferentes e contíguas a outras classes distintas.

### **2.3. Modelo People in Pixel (PIP):**

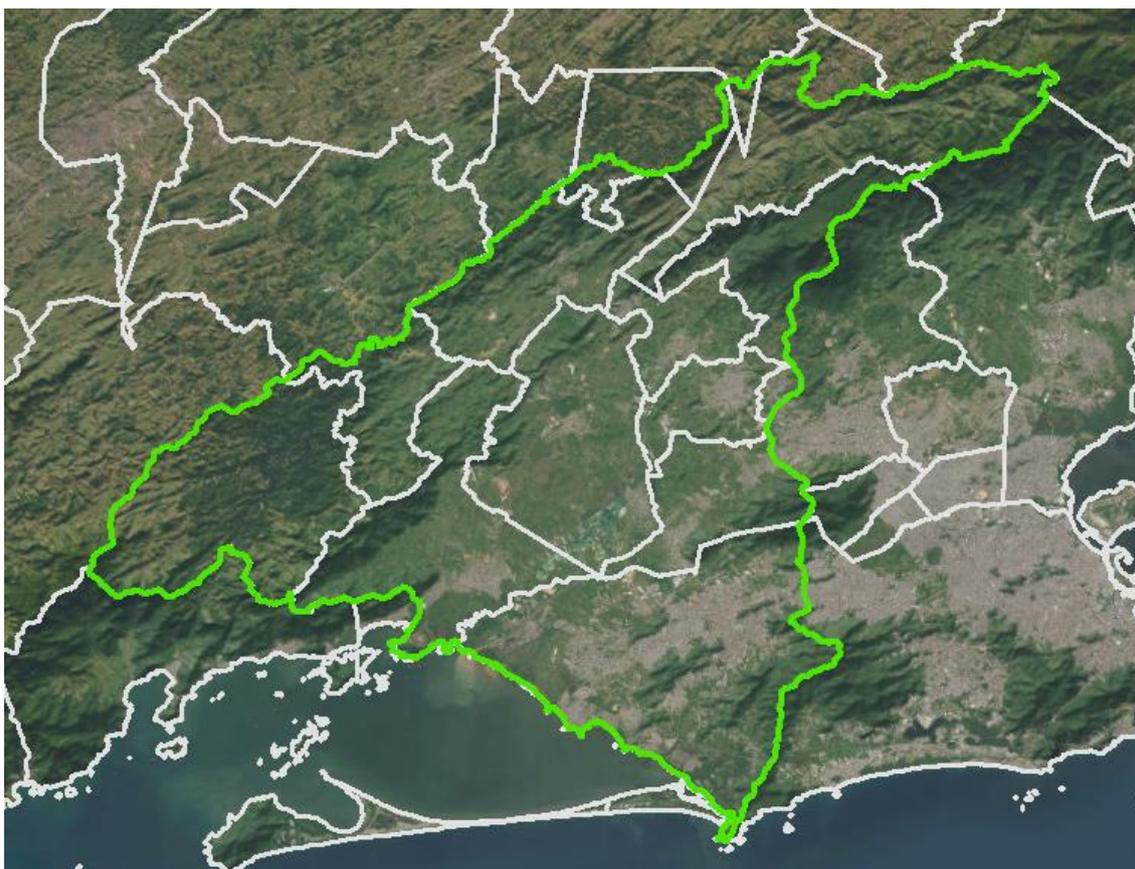
Em relação a dados populacionais no Brasi, o IBGE é o órgão de referência para pesquisas que se baseiam em dados populacionais de qualquer localização do território nacional. O instituto é o responsável pela realização dos censos demográficos, que têm o setor censitário<sup>1</sup> como unidade espacial mais detalhada disponível. Além dos setores censitários, existem outras unidades espaciais que conseguem dividir a superfície terrestre de acordo com um interesse específico, como o caso dos municípios, estados, bairros etc. Ainda existem os limites que não são considerados político-administrativos,

ou seja, não acompanham a delimitação dessas unidades. São denominados de limites naturais, como as bacias hidrográficas, sub-bacias, unidades de conservação etc.

O levantamento dos dados socioeconômicos para os limites político-administrativos complexifica a integração desses dados para outros limites, denominados naturais, uma vez que essas unidades não coincidem seus limites, considerando feições de separação diferentes. Dessa forma, a análise integrada entre os dados socioeconômicos e os dados naturais muitas vezes torna a análise dos resultados mais complexa (CRUZ *et al.*, 2007; DUARTE, 2019).

Na figura 7 está representado um exemplo dessa diferença entre os limites naturais e os políticos administrativos. Nota-se que as linhas em cinza claro (limite municipal) não coincidem com a linha verde (bacias hidrográficas).

Figura 7: Recorte demonstrando o limite de municípios sobreposto ao limite da bacia hidrográfica da baía de sepetiba



Fonte: elaboração própria.

Uma solução para essas incompatibilidades entre unidades espaciais e considerando a necessidade da espacialização, de forma mais fiel, dos dados

populacionais  $r$ , é a aplicação do modelo *People in Pixel*. Essa metodologia foi desenvolvida e trabalhada no laboratório ESPAÇO de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) como uma alternativa de integração de dados quantitativos (dados populacionais) e os dados qualitativos (mapeamentos de cobertura e uso da terra, por exemplo).

Cruz *et al.* (2007) definem o modelo como a “espacialização de totais populacionais em uma estrutura de representação discreta, matricial, apoiada por classificação de imagens de satélite e que possibilite a reintegração de dados em unidades independentes da unidade de origem.”. Desse modo, o modelo teria o intuito de identificar a localização das áreas populosas de forma mais assertiva. Por meio da integração entre os dados matriciais de população - onde cada pixel possuirá um valor populacional - e os dados vetoriais - contendo as classes dos mapeamentos de cobertura e uso da terra -, atrelando assim as duas variáveis.

Então, a partir de um mapa com as diferentes intensidades de ocupação humana é aplicado um modelo matemático onde são atribuídos pesos a cada uma das classes de acordo com seu grau de intensidade de ocupação em conjunto com os dados populacionais, permitindo assim estimar a quantidade de população em cada pixel da imagem. Vale ressaltar que as outras classes do mapeamento, como água, floresta, pastagem etc., possuem peso zero atribuído, justamente por serem classes que não são associadas aos valores de população (CARREÑO & CRUZ, 2011; TAVARES *et al.*, 2013; DUARTE, 2019, SOUZA *et al.*, 2019).

De acordo com Duarte (2019) e Souza *et al.* (2019), os resultados da integração desses dois diferentes dados é uma representação menos homogênea da distribuição da população, conseguindo distribuir a população espacialmente mais próxima da realidade. A divulgação dos dados por unidades territoriais se dá de forma aglomerada, mas muitas vezes há a necessidade de ter esses dados representados de forma distribuída ou ainda de forma aglomerada para outros recortes.

Com os dados de população e o mapeamento das classes de ocupação humana, é realizado o cálculo da equação 2 para a geração do *People in Pixel* (CRUZ *et al.*, 2007).

Equação 2: Cálculo do modelo People in Pixel.

$$Hab / pix_{ij} = (totpop_j * peso_i) / \sum_1^n (peso_i * totpix_{ij})$$

Fonte: CRUZ et al., 2007.

Onde:

i = classe de ocupação

j = unidade territorial (limites político-administrativos ou naturais)

totpopj = total populacional da unidade territorial j

pesoi = peso relativo à classe i

totpixelij = total de pixels pertencentes a uma dada classe i em uma unidade territorial j

#### 2.4. Pressões Antrópicas:

Pressão antrópica, de acordo com Suhogusoff e Pillackas (2007), se entende como qualquer atividade humana que interfira, de qualquer maneira, nos mecanismos naturais de exercício de uma unidade ecológica ou ecossistema. Então, a ação antrópica é uma atividade que causa algum impacto no ambiente ou no ecossistema, e que consequentemente, interfere no seu funcionamento natural.

Segundo Ricklefs (2003), a pressão antrópica também pode ser determinada de acordo com seu nível, que vai depender do tipo de ação humana aplicada, assim como a capacidade de suporte do ambiente em responder de forma positiva ou negativa, ou até mesmo de forma rápida ou lenta aos diversos tipos de interferência humana em seu funcionamento. O autor ainda afirma que os impactos locais das ações antrópicas podem ser gerenciados a partir do momento que compreendemos os mecanismos responsáveis pelas mudanças no ambiente. Entretanto os impactos sobre o meio ambiente têm sido múltiplos e amplamente abrangentes, dificultando a sua caracterização e consequentemente o seu controle. Dessa forma, é imprescindível a compreensão dos impactos que estão sendo gerados para que seja possível realizar ações mitigadoras ou restauradoras.

Além da ação antrópica, Suhogusoff e Pillackas (2007) afirmam existir a presença dos elementos antrópicos, que são objetos ou construções feitas pelo homem que agem como motivadores da degradação e alteração do ambiente. Essas ações e agentes antrópicos vem causando grande impacto ambiental, principalmente no litoral brasileiro. No Brasil, esse impacto possui um caráter particular. Desde o descobrimento do Brasil, Portugal passou a explorar de forma predatória as terras brasileiras. Além da exploração dos recursos naturais, também houve um acentuado povoamento no litoral atlântico, para a construção de portos (SUHOGUSOFF E PILLACKAS, 2007; SCHAEFFER-NOVELLI, 2018).

De acordo com Barbosa (2001), em locais com urbanização acentuada, como São Paulo, encontra-se alta pressão antropogênica sobre os recursos naturais. Isso requer do meio acadêmico ambiental o desafio de entender como se estabelecem as relações entre as cidades e o meio ambiente. O autor ainda diz que o “metabolismo” urbano das áreas metropolizadas deve estudado para subsidiar políticas públicas distintas, contando com a contribuição de diversas disciplinas, como as geográficas, geológicas, biológicas e das diversas engenharias.

Lee et al. (2006) demonstraram que a urbanização pode causar pressões diretas às zonas costeiras, afetando assim as estruturas e função dos habitats presentes nessas zonas. Os serviços ecossistêmicos disponibilizados pelas áreas costeiras urbanizadas serão prejudicados devido às mudanças que ocorrem a partir da expansão da urbanização. Os autores ainda ressaltam a importância de estudos mais aprofundados desses impactos para que seja possível melhorar a metodologia de identificação e das implicações desses impactos no meio ambiente e assim replicar o estudo para outros recortes temporais e espaciais.

Friess *et al.* (2020) acreditam que compreender o funcionamento dos manguezais, sua estrutura e seus serviços ecossistêmicos utilizados em conjunto com a compreensão da ação antrópica exercida e como ocorre essa exploração, vai ajudar na gestão sustentável e nas práticas de conservação desse ecossistema.

Diante do exposto, para obter um resultado mais assertivo com relação ao manejo e a recuperação dos ambientes costeiros, em especial os manguezais que estão sendo o foco desta dissertação, é imprescindível a quantificação da pressão que esses ecossistemas estão sofrendo.

#### 2.4.1. Índice de Transformação Antrópica (ITA):

Na prática, é possível quantificar a pressão antrópica que algum componente do meio ambiente sofreu através de índices como o Índice de Transformação Antrópica (ITA). Esse índice foi desenvolvido em 1982 por Lèmechev e adaptado por Mateo (1991), além disso, muitos outros autores o aplicaram com o intuito de determinar numericamente a carga antropogênica que uma paisagem sofreu ou vinha sofrendo ao longo do tempo, por exemplo, em áreas de proteção ambiental, bacias hidrográficas ou parques nacionais, como Cruz et al (1998), Ribeiro et al (2017) e Rocha e Cruz (2009).

A Equação 3 abaixo demonstra o Índice de Transformação Antrópica, onde “USO” é o percentual da área de uma classe de uso e cobertura da terra e “PESO” é o peso dado pelo usuário aos diferentes tipos de uso e cobertura da terra de acordo com seu grau de alteração antrópica que varia de 1 a 10, onde 10 significa as maiores pressões:

Equação 3: Índice de Transformação Antrópica (ITA).

$$\sum \left( \frac{\% USO * PESO}{100} \right)$$

Fonte: Cruz *et al* (1998).

O ITA leva em consideração a área ocupada por cada uso da terra e um peso, que é determinado pelo grau de antropização, atribuído para cada uso e cobertura da terra, assim, é viável ter uma visão geral da transformação da paisagem (CRUZ et al., 1998). Cada classe de uso e cobertura da terra receberá um peso a partir do conhecimento que o usuário tem sobre as mesmas em relação ao grau de antropização (ROCHA E CRUZ, 2009). Dessa forma, apesar de ser uma técnica quantitativa, esse índice permite analisar a distribuição do nível de antropização no recorte territorial utilizado pelo usuário.

Oliveira (2021) conseguiu demonstrar a utilização desse índice como subsídio na elaboração do panorama socioambiental da baía de sepetiba. O índice permitiu que a autora analisasse a evolução das pressões antrópicas da baía de Sepetiba e ainda as mudanças a uso e cobertura da terra da baía em um recorte temporal entre 1985 e 2019. Complementarmente, Oliveira *et al.* (2019) conseguiram calcular o ITA para diferentes raios de aproximação dos fragmentos de manguezal também da baía de Sepetiba. As

autoras utilizaram raios de 500m, 1km e 5km de distância dos remanescentes de vegetação de mangue da área de estudo, e com o uso do método ITA conseguiram constatar que a maior pressão se dava nos raios mais próximos ao manguezal, assim diminuindo a pressão a medida que iam se distanciando.

### **3. CAPÍTULO 3 – MAPEAMENTO DE INTENSIDADES DE ÁREAS CONSTRUÍDAS ATRAVÉS DO ÍNDICE DE ÁREAS CONSTRUÍDAS POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDBI).**

#### **3.1. Introdução:**

Nos últimos anos, as ferramentas de sensoriamento remoto têm sido muito utilizadas em estudos de diferenciação da cobertura terrestre, nos quais através de imagens de satélite obtidas é possível estimar diversos parâmetros e variáveis. A partir dos sensores remotos é possível obter dados em diversas faixas do espectro eletromagnético e, a partir do processamento realizado nesses dados, torna-se viável obter um resultado que seja interpretável pelo usuário, ou seja, um produto que possa ser entendido e compreendido.

Na aplicação de técnicas de classificação de imagens, por exemplo, são utilizados índices espectrais ou radiométricos como auxílio na separação de alvos com diferentes composições. Os índices espectrais são medidas que identificam e realçam determinadas informações presentes nas imagens, como a cobertura vegetal, corpos d'água, áreas construídas, solo exposto etc. (CHEN et al., 2006; FRANÇA et al., 2012). De acordo com Chen et al. (2006), além desses índices serem usados para classificar diferentes tipos de cobertura da terra, seus valores obtidos através do cálculo entre bandas espectrais vão variar para os diferentes tipos de cobertura e não vão ser constantes em toda a superfície terrestre.

A identificação de áreas construídas tem se tornado um tema bastante explorado em pesquisas de diversas categorias. Muitas vezes para servir como subsídios para a análise da expansão urbana (DEUS et al., 2015; LAGE & BAPTISTA, 2017), para identificação de superfícies impermeáveis (SAKUNO et al., 2017; REZENDE & ROSA, 2019) ou até mesmo para relacionar esse tipo de cobertura da terra com a temperatura de superfície (MARGALHO et al., 2020; MACAROF & STATESCU, 2017).

Nesse contexto, Zha et al. (2003) elaboraram um índice espectral chamado Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada (NDBI) com o intuito de automatizar o processo de mapeamento das áreas construídas. Esse índice tem sido muito utilizado na literatura e se mostrou capaz de servir como uma ótima alternativa para o mapeamento de áreas construídas de forma rápida e objetiva (COSTA et al., 2017; VARSHNEY & RAJESH, 2014).

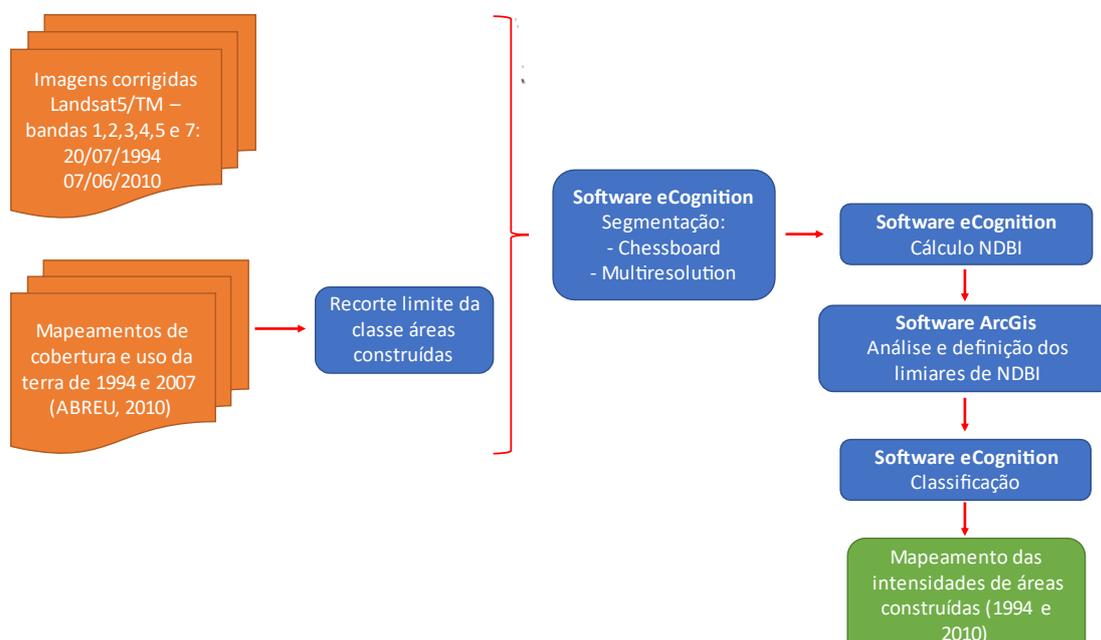
Diante do exposto, o objetivo do presente capítulo é mapear as intensidades de áreas construídas presentes na bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba através do Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada (NDBI). Uma utilização inovadora desse índice, uma vez que ele tem sido amplamente utilizado para a diferenciação das áreas construídas e não para uma diferenciação intraclasse.

Os resultados aqui obtidos servirão posteriormente para o alcance dos objetivos específicos e conseqüentemente dos próximos capítulos dessa dissertação. Especificamente, o mapeamento das intensidades de áreas construídas para o ano de 2010 servirá como base primeiramente para a aplicação do modelo People in Pixel e posteriormente, para a execução do Índice de Transformação Antrópica (ITA). Já o mapeamento realizado para o ano de 1994 será utilizado como base apenas para a aplicação do Índice de Transformação Antrópica (ITA).

### **3.2. Materiais e métodos:**

Para conseguir alcançar o objetivo do presente capítulo, foi preciso adquirir alguns dados e executar determinadas etapas que estão expostas no fluxograma abaixo e descritas posteriormente (figura 8):

Figura 8: Fluxograma metodológico.



Fonte: elaboração própria.

Inicialmente, foi necessário o download de duas imagens do satélite Landsat 5 sensor TM na plataforma online “Earth Explorer”, pertencente ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), dos anos de 1994 e 2010 para a órbita 217 e ponto 076. As duas imagens foram adquiridas com as devidas correções geométricas e atmosféricas realizadas pelo próprio fornecedor e com o mínimo de presença de nuvens possível. Após o download das imagens nas datas de 20/07/1994 e 07/06/2010, foi necessário realizar o processo de reprojeção para o hemisfério Sul, uma vez que elas vieram com sua referência espacial indicada para o hemisfério Norte.

Para a presente pesquisa, utilizou-se mapeamentos de cobertura e uso da terra já existentes. Os mapeamentos dos anos de 1994 e 2007 adquiridos foram produzidos por Abreu (2010) para todo o estado do Rio de Janeiro numa escala de 1:100.000. Para a realização desses mapeamentos foram então utilizadas sete imagens do satélite Landsat 5 sensor TM para os anos pretendidos com resolução espacial de 30 metros. As datas das imagens selecionadas onde está presente a bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba foram de julho de 1994 e agosto de 2007. A legenda do mapeamento foi baseada no manual técnico de uso da terra do IBGE e buscou representar o máximo de informação sobre a

cobertura da terra dentro das limitações de resolução das imagens e da escala definida. As classes representadas para o todo estado do rio de Janeiro foram: áreas alagadas; água costeira e continental; salinas; afloramento rochoso; campo de altitude; cordões arenosos; solo exposto; agricultura; mangue; floresta; vegetação em estágio inicial; eucalipto; restinga; ocupação urbana de alta, média e baixa intensidade; pastagem e várzea.

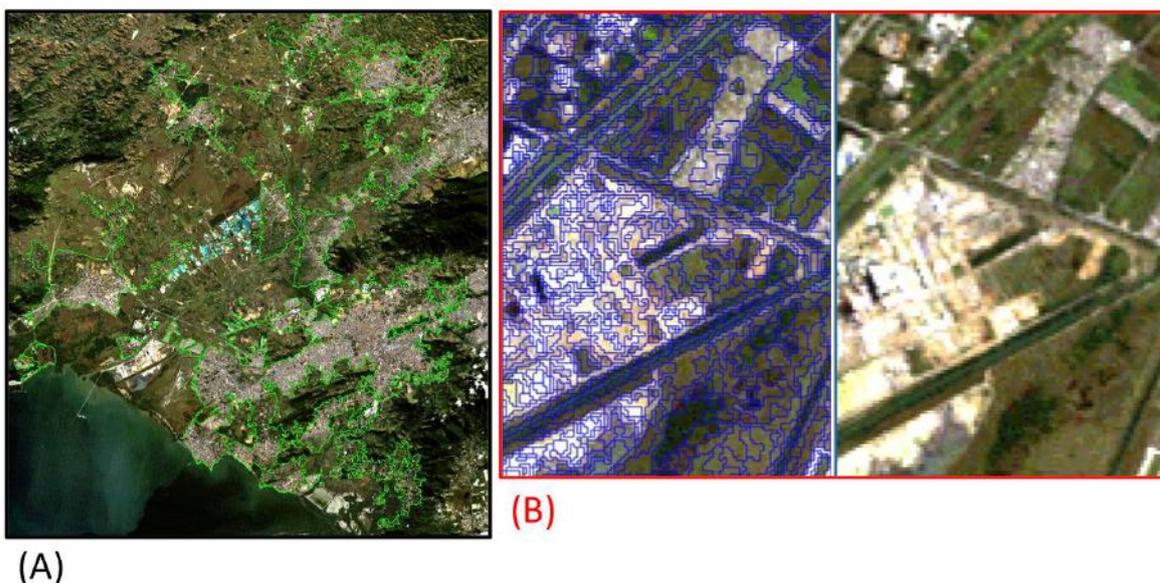
Apesar desta pesquisa utilizar como apoio o mapeamento de cobertura e uso da terra dos anos de 1994 e 2007 de Abreu (2010), e esse produto conter a classe áreas construídas mapeada, optou-se por aproveitar apenas o contorno dessa classe sem levar em consideração as suas divisões internas das intensidades. O uso apenas do contorno dessa classe teve a intenção de aperfeiçoar as classes de intensidade de áreas construídas, uma vez que o mapeamento realizado por Abreu (2010) levou em consideração o contexto espacial de todo o estado do Rio de Janeiro. Como a área de estudo é uma bacia hidrográfica que ao ser comparada com o estado do Rio Janeiro possui uma dimensão territorial bem menor, sentiu-se a necessidade de detalhar essas intensidades para que o resultado final levasse em consideração o contexto da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba. Visto isso, foi considerado o limite de área construída do mapeamento de 1994 para a imagem Landsat5/TM de 1994 e o limite do mapeamento de 2007 para a imagem Landsat5/TM de 2010. A imagem Landsat 5/TM de 2010 foi escolhida para o mapeamento de 2007, para que essa fosse no mesmo ano da realização do censo demográfico, cuidado necessário para a posterior aplicação do modelo *People in Pixel*.

Dessa forma, para o aperfeiçoamento dessas classes de intensidade foram calculados e utilizados os valores do índice de áreas construídas por diferença normalizada (NDBI) da imagem Landsat5/TM de 2010 e 1994 a fim de definir limiares do índice para cada classe. Primeiramente foi utilizada a imagem de 2010 para aplicação da metodologia e conhecimento dos limiares e posteriormente aplicado na imagem de 1994.

Em um projeto criado no *software eCognition* foram inseridas as bandas espectrais de 1 a 7 do ano de 2010 (com exceção da banda 6) e o limite das áreas construídas referente ao mapeamento de 2007. Em seguida, realizou-se o processo de segmentação da imagem em dois níveis diferentes. Sabe-se que a partir da segmentação, uma imagem é subdividida em agrupamentos de pixels constituintes que são chamados de segmentos. O nível de detalhamento e abrangência desses segmentos vão estar relacionados com o objetivo a ser alcançado (GONZALEZ & WOODS, 2000). O primeiro processo de segmentação foi feito a partir do algoritmo *Chessboard Segmentation* com tamanho do

objeto 99999 e usando o limite das áreas construídas como parâmetro temático, com o intuito de delimitar apenas as áreas construídas para posterior segmentação. Depois foi realizada a segmentação através do algoritmo *Multiresolution Segmentation* com os parâmetros: fator de escala 20, forma 0.1, compacidade 0.5 e peso 1 para todas as bandas espectrais utilizadas. Esses parâmetros foram definidos através de testes empíricos considerando ainda as experiências adquiridas em estudos do Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais. Esse algoritmo alcança seus resultados de forma heurística e para analisá-los foram comparados a partir de avaliação visual (Figura 9).

Figura 9: (A) Resultado obtido no processo de segmentação Chessboard Segmentation; (B) Exemplo do resultado do processo de segmentação Multiresolution Segmentation



Fonte: elaboração própria.

Após realizadas as segmentações necessárias e a partir das bandas espectrais 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio) do sensor TM, foi realizado o cálculo do NDBI para 2010 no mesmo projeto (Equação 4):

Equação 4: Cálculo do Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada – NDBI.

$$NDBI = \frac{\text{Infravermelho Medio} - \text{Infravermelho Proximo}}{\text{Infravermelho Medio} + \text{Infravermelho Proximo}}$$

Fonte: ZHA et al, 2003.

Para a definição das áreas construídas utilizou-se o manual técnico de uso da terra do IBGE como referência. Dessa forma, as áreas construídas são caracterizadas por áreas edificadas e com sistema viário, onde há o predomínio de superfícies artificiais não agrícolas. Estão incluídas nesta categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços, transporte, energia, comunicações e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais, além de instituições que podem em alguns casos encontrar-se isoladas das áreas urbanas (IBGE, 2013). No presente trabalho, pretendeu-se diferenciar as intensidades de áreas construídas, então a classe foi dividida em três intensidades: alta, média e baixa. Antes de dar prosseguimento aos passos de execução da metodologia, as três classes de intensidade a serem representadas foram caracterizadas, considerando para isso o contexto espacial e o limite de áreas construídas utilizado.

A classe de alta intensidade de áreas construídas é composta por áreas com elevado índice de ocupação e construção, sendo capaz de estar associadas, na maioria das vezes, à presença de construções verticalizadas, residenciais ou não, e com pouco espaçamento entre as construções e ocupações. A classe de média intensidade de áreas construídas possui características semelhantes à classe alta, porém com menor intensidade, apresentando maior espaçamento entre as construções e ocupações em relação à alta intensidade. Já a classe de baixa intensidade, geralmente, são áreas de expansão urbana com a presença de loteamentos e abertura de estradas. Esta possui construções e ocupações mais espaçadas umas das outras, podendo ter a mistura da resposta espectral com pastagem e vegetação inicial. Abaixo é possível ver exemplos de cada classe de intensidade de área construída (Figura 10).

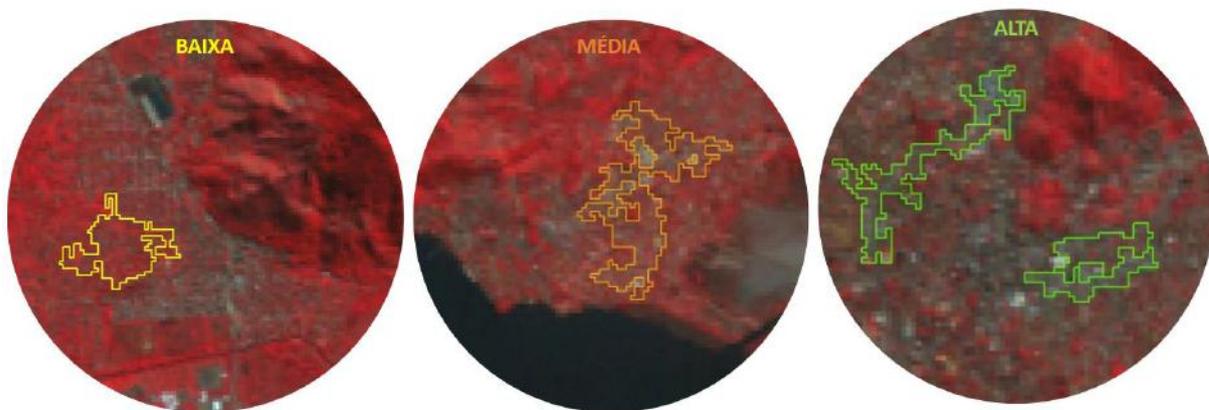
Figura 10: Exemplo de cada classe de intensidade de área construída.



Fonte: elaboração própria.

Depois de realizadas as segmentações, o cálculo do NDBI e a definição e caracterização das classes, estas foram inseridas no projeto e então coletados 23 segmentos que representassem cada uma, a fim de utilizá-los como amostras no processo de definição dos limiares (figura 11). Tentou-se coletar o maior número de segmentos possível que representassem cada classe, chegando assim no número 23 de amostras. Após realizada a amostragem, foram exportados o resultado do NDBI da área de estudo e as amostras com seus respectivos valores médios de NDBI para serem analisados no software ArcGis 10.3.

Figura 11: Exemplo de algumas amostras coletadas para cada classe de intensidade de área construída com uma composição falsa cor ao fundo.



Fonte: elaboração própria.

A classe de baixa intensidade de áreas construídas foi a primeira classe a ser identificada. Verificou-se que, inicialmente, uma abordagem para distinguir essa intensidade de área construída foi por meio da classificação de quebras naturais (Jenks) em três classes, utilizando o valor médio de NDBI por segmentos como referência. Ao interpretar visualmente essa classificação, constatou-se a necessidade de ajustar o limite máximo identificado. Portanto, também foram analisados os valores encontrados nas amostras coletadas, levando-se em consideração o intervalo dos valores obtidos para as amostras de média intensidade, a fim de obter uma separação mais precisa.

Conseqüentemente, o valor máximo da classe de baixa intensidade de áreas construídas foi aumentado para garantir que o resultado fosse mais coerente ao ser comparado com a imagem do satélite Landsat 5/TM do mesmo ano e com as imagens disponíveis na plataforma Google Earth. A partir dessa classificação por quebras naturais, não foi possível diferenciar adequadamente as classes de média e alta intensidade. Por isso, os valores das amostras obtidos para a classe de média intensidade foram utilizados, e posteriormente, foram realizados ajustes nos limiares mínimo e máximo com base na interpretação visual, como feito na classe de baixa intensidade. Após a definição dos limiares de cada classe, esses valores foram aplicados na classificação no *software eCognition*, e assim obtido o mapeamento de intensidades de áreas construídas para o ano de 2010.

Como último passo, após a classificação, foi realizado um refinamento dos segmentos menores que 11 pixels, em função da área mínima representada, com o intuito de homogeneizar melhor o resultado do mapeamento, através da ferramenta *assign class*. Segmentos menores ou iguais a 11 pixels e que tivessem 70% ou mais de determinada classe no seu entorno seriam classificados de acordo com essa classe vizinha.

Para o ano de 1994, decidiu-se adotar os mesmos limiares dos valores de NDBI identificados em 2010, com o objetivo de permitir uma comparação mais precisa dos resultados futuros. A utilização dos mesmos limiares viabiliza a análise da evolução das classes, permitindo identificar o avanço, ou falta dele, das áreas construídas na bacia hidrográfica em estudo. Além disso, os mapeamentos elaborados neste capítulo servirão como base para a quantificação da pressão antrópica, contribuindo, assim, para o estudo temporal tanto das intensidades das áreas construídas, quanto dos mapeamentos de cobertura e uso da terra, utilizados para mensurar as pressões antrópicas exercidas sobre os manguezais da área em análise dos próximos capítulos.

Assim como foi feito para o ano de 2010, após a realização da classificação utilizando os limiares de valores de NDBI estabelecidos, foi executado o refinamento dos segmentos menores que 11 pixels. O objetivo desse refinamento foi homogeneizar o resultado do mapeamento, por meio da ferramenta *assign class* do *software eCognition*.

### **3.3. Resultados:**

Antes de serem expostos os resultados dos mapeamentos das intensidades de áreas construídas para cada ano, é imprescindível apresentar o cálculo do NDBI e seu comportamento em cada data estudada. A apresentação dos resultados é iniciada sempre pelo ano de 2010, uma vez que foi o ano inicialmente analisado e que se tornou modelo para replicação para o ano de 1994.

Na figura 12, à esquerda, estão representadas as composições coloridas a partir das bandas espectrais 3 (vermelho), 2 (verde) e 1 (azul) das imagens Landsat/TM para cada ano. À direita, estão as imagens resultantes da aplicação do índice NDBI para cada data, apresentando em tons de cinza, os valores obtidos. Na representação do NDBI, os valores mais próximos de 1 estão reproduzidos pelos tons mais claros e os valores mais próximos de -1 estão em tons mais escuros. Ao analisar as duas imagens lado a lado, observa-se

que as áreas construídas estão representadas pelos tons mais claros no produto resultante do cálculo do NDBI, enquanto outros tipos de cobertura, como a vegetação, por exemplo, estão representados por tons mais escuros.

Figura 12: Recortes das imagens Landsat 5/TM dos anos de 2010 e 1994 e seus respectivos resultados do cálculo do índice NDBI.

Composição colorida imagem Landsat 5/TM (07/06/2010)



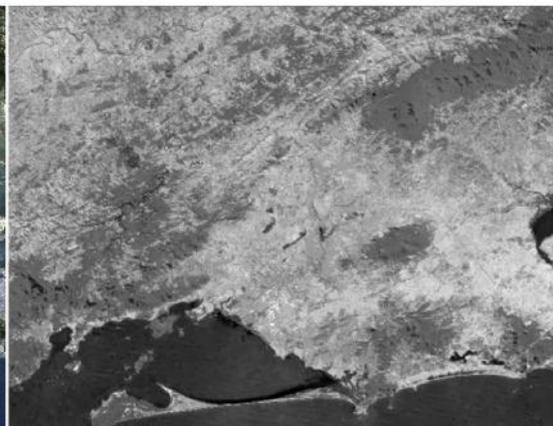
Resultado cálculo NDBI -2010



Composição colorida imagem Landsat 5/TM(20/07/1994)



Resultado cálculo NDBI- 1994



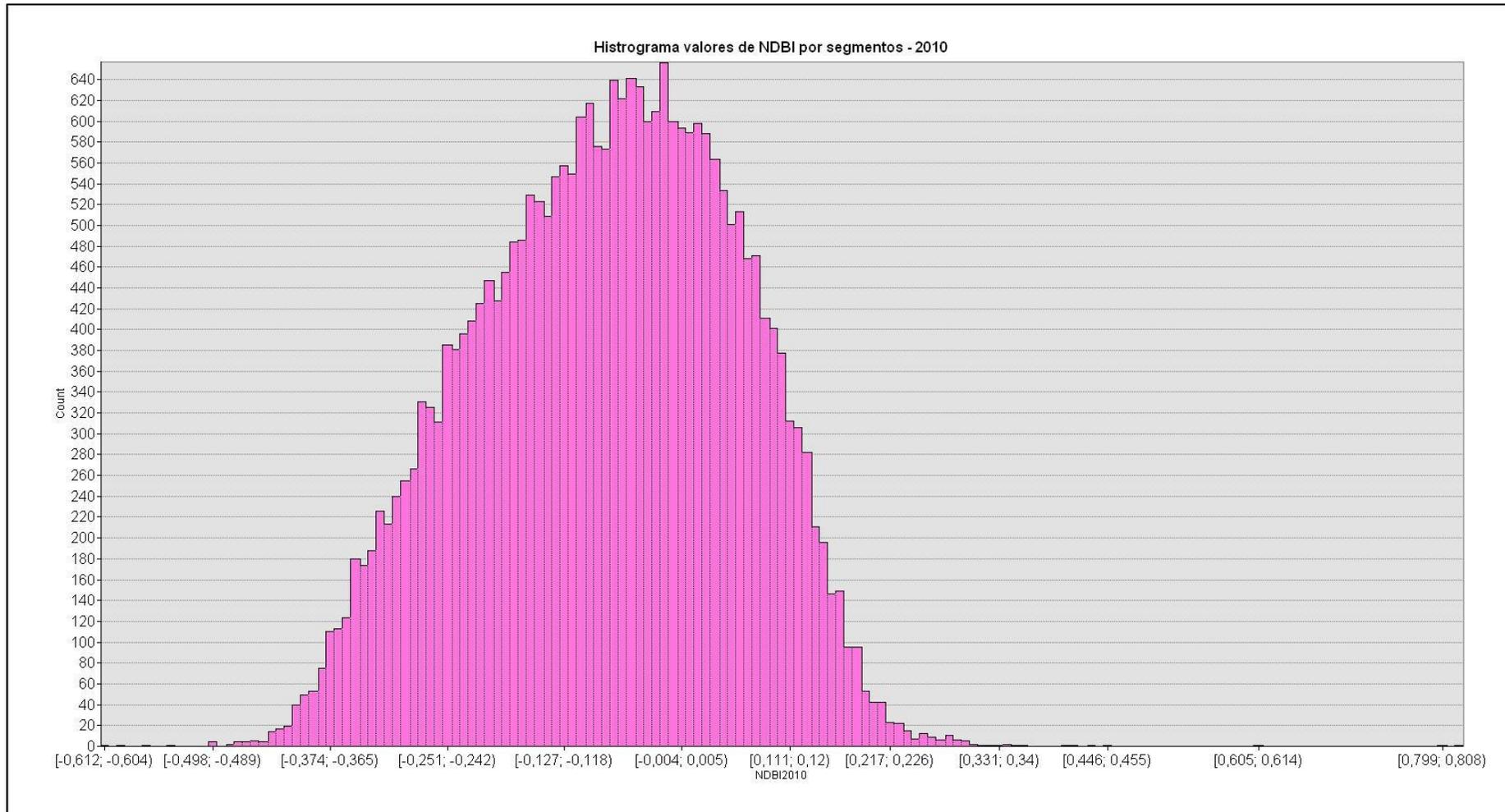
Fonte: elaboração própria.

Com o auxílio da figura 13 é possível compreender o comportamento do NDBI para o ano de 2010 dentro do limite das áreas construídas, antes de realizar qualquer procedimento de refinamento dos segmentos. Observa-se que o valor mínimo encontrado para o índice nesse ano é de  $-0,6123$  e o valor máximo é de  $0,8253$ , o que está de acordo com o intervalo esperado, uma vez que o índice promete valores num intervalo de  $-1$  a  $1$ . Ao analisar todos os segmentos, a média encontrada foi de  $-0,0791$ . Além disso, ao

observar a concentração dos valores no histograma, nota-se que o índice se concentra principalmente no intervalo de -0,300 a 0,150.

De acordo com Chen *et al.* (2006) outras coberturas terrestres, como a cobertura vegetal, podem apresentar valores mais baixos de NDBI e podem variar de acordo com a área analisada, ou seja, não são valores constantes na superfície terrestre. Dessa forma, os valores negativos apresentados no histograma podem ser explicados pela presença de vegetação dentro do limite de áreas construídas utilizado, o que resulta em uma mistura com a resposta espectral das áreas construídas causando valores mais baixos.

Figura 13: Histograma com valores de NDBI por segmentos obtidos para o ano de 2010.

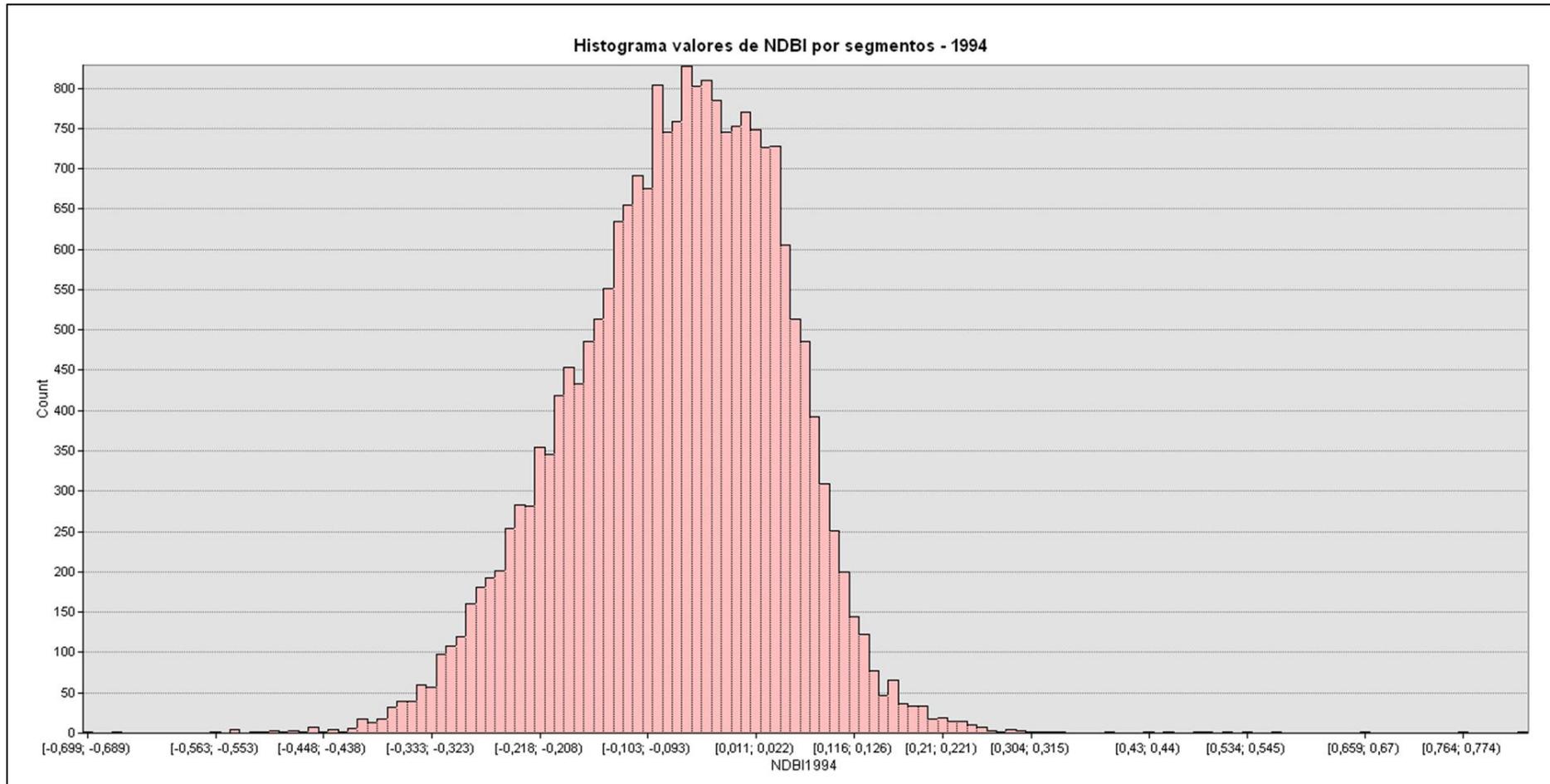


Fonte: elaboração própria.

Na figura 14 é possível compreender o comportamento do NDBI para o ano de 1994 dentro do limite das áreas construídas, também antes de realizar qualquer procedimento de refinamento dos segmentos. Observa-se que o valor mínimo do índice encontrado nesse ano é de -0,6992 e o valor máximo é de 0,8371, valores bem próximos aos apresentados para o ano de 2010. A média encontrada analisando todos esses segmentos foi de -0,0675 e ao analisar a concentração dos valores apresentados no histograma, nota-se que o índice se concentrou no intervalo de -0,300 a 0,100, aproximadamente.

Comparado ao ano de 2010, percebe-se uma diminuição tanto do valor médio quanto do intervalo de concentração dos valores do índice. Porém, ainda assim, é possível perceber uma grande quantidade de valores negativos, que também pode ser explicada pela mistura espectral da cobertura vegetal com as áreas construídas. Outro ponto que merece destaque é a quantidade de segmentos apresentados, sendo maior em 2010 do que em 1994. Isso pode ser atribuído à área ocupada pelos limites das áreas construídas utilizados, que é maior em 2010 do que em 1994.

Figura 14: Histograma com valores de NDBI por segmentos obtidos para o ano de 1994.



Fonte: elaboração própria.

De forma resumida, a Tabela 2 apresenta os valores mínimos, máximos e médios de NDBI por segmentos, bem como os intervalos de concentração dos valores do índice para cada ano analisado.

Tabela 2: Tabela resumo com valores de NDBI por segmentos para os anos de 1994 e 2010.

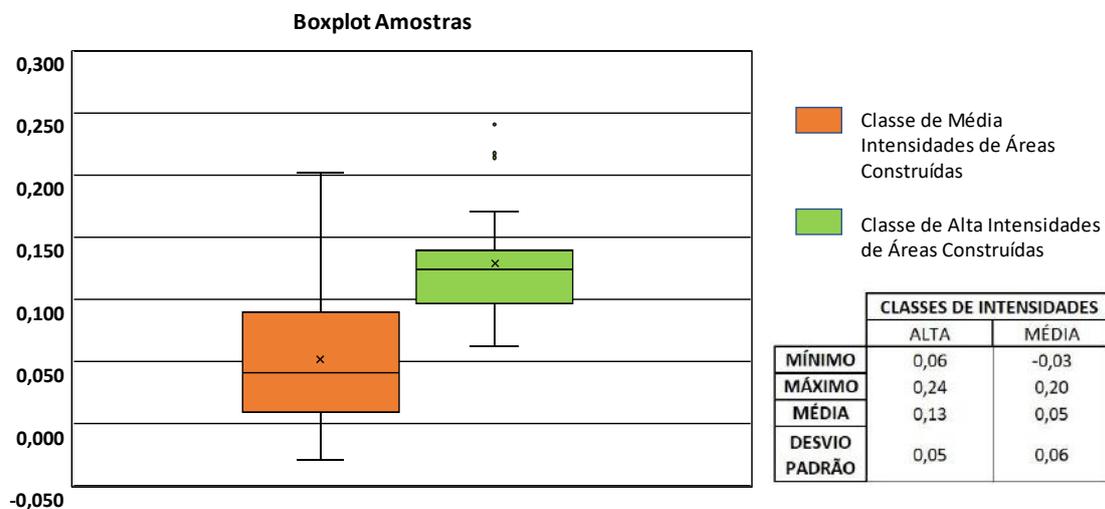
<b>NDBI</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>	<b>Valor Médio</b>	<b>Intervalo Concentração de valores</b>
<b>2010</b>	-0,6123	0,8253	-0,0791	-0,300 até 0,150
<b>1994</b>	-0,6992	0,8371	0,0675	-0,300 até 0,100

Fonte: elaboração própria.

Depois de visualizado o comportamento do índice de uma forma geral para as duas datas, foram extraídos e tabulados os valores médios de NDBI para cada amostra coletada, considerando o ano de 2010. Na figura 8 está apresentado o boxplot dos valores dos 23 segmentos coletados das classes de média e alta intensidade de área construída e seus respectivos valores mínimos, máximos, média e desvio padrão. A partir desses dados foi possível identificar os intervalos encontrados em cada classe. As amostras da classe de baixa intensidade de áreas construídas não serviram como referência na identificação dos limiares, por isso, não foram demonstradas no boxplot.

Os valores extremos, máximos e mínimos, foram utilizados como base na diferenciação das classes de intensidades, como dito anteriormente. Dessa forma, os limiares finais definidos foram embasados a partir do intervalo de -0,03 a 0,20 da classe de média intensidade e do intervalo de 0,06 a 0,24 da classe de alta intensidade. Os ajustes necessários foram realizados a partir desses intervalos, fundamentados sempre na definição de cada classe de intensidade e na interpretação visual das imagens do satélite Landsat 5/TM e das imagens disponíveis na plataforma Google Earth.

Figura 15: Valores do índice NDBI extraídos das amostras coletadas para as classes de média e alta intensidade de áreas construídas.



Fonte: elaboração própria.

Com base no conteúdo apresentado na figura 15, foram determinados os limiares e então mapeadas as intensidades de áreas construídas para cada ano. Assim, definiu-se que o melhor limiar para diferenciar as classes é: de -1 a -0,05 para a classe de baixa intensidade de área construída, de -0,05 a 0,12 para a classe de média intensidade de área construída e de 0,12 a 1 para a classe de alta intensidade de área construída (Tabela 3 e Figura 15).

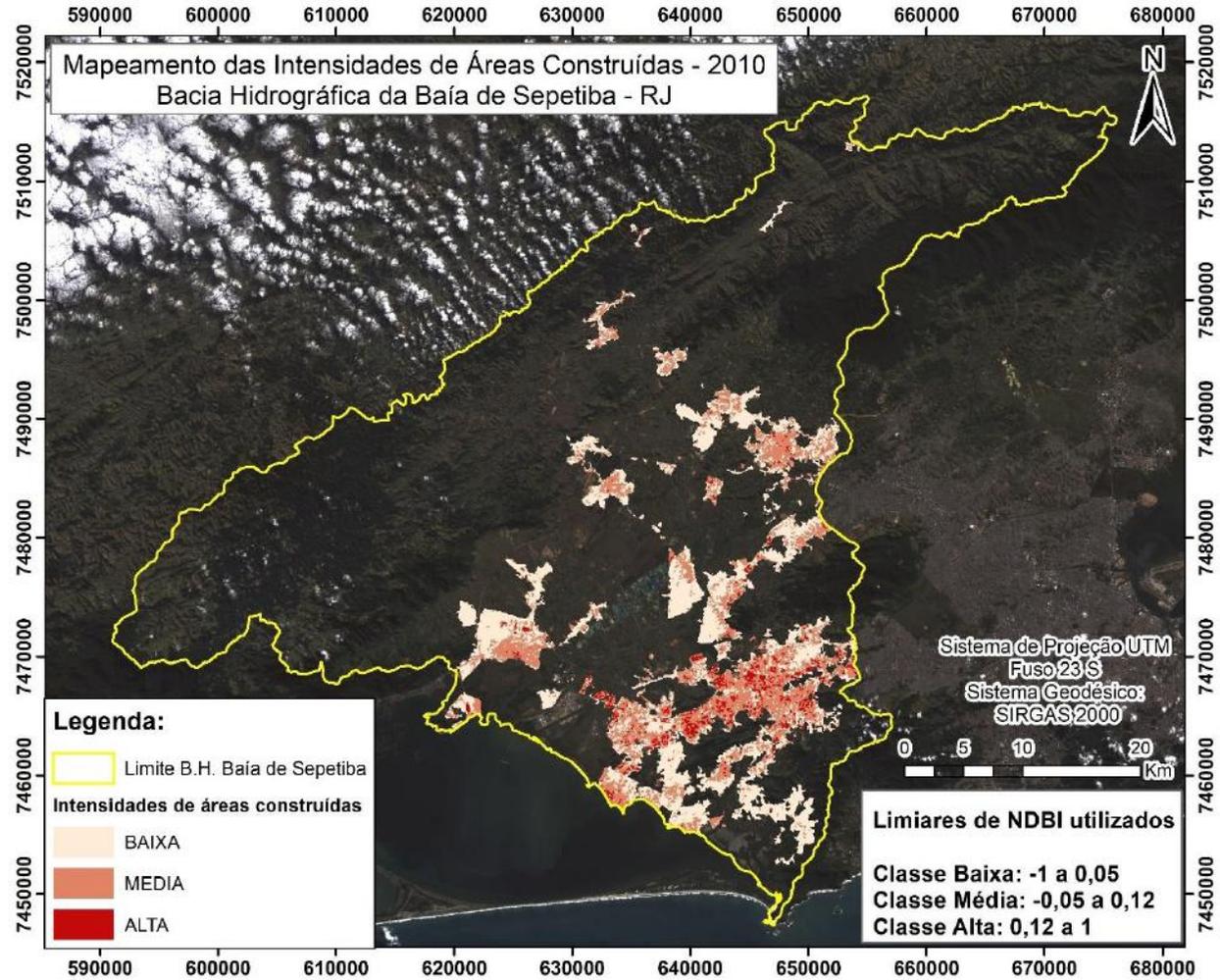
Tabela 3: Limiares definidos para cada classe de intensidade de área construída.

ÁREAS CONSTRUÍDAS	LIMIARES
Baixa Intensidade	-1 a -0,05
Média Intensidade	-0,05 a 0,12
Alta Intensidade	0,12 a 1

Fonte: elaboração própria.

O resultado do mapeamento do ano de 2010 se mostrou satisfatório, conseguindo diferenciar os três tipos de intensidades de áreas construídas desejados inicialmente (figura 16 e 17).

Figura 16: Mapa das intensidades de áreas construídas da bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba - RJ para o ano de 2010.



Fonte: elaboração própria.

Figura 17: Recortes do mapeamento de intensidades de áreas construídas para o ano de 2010.

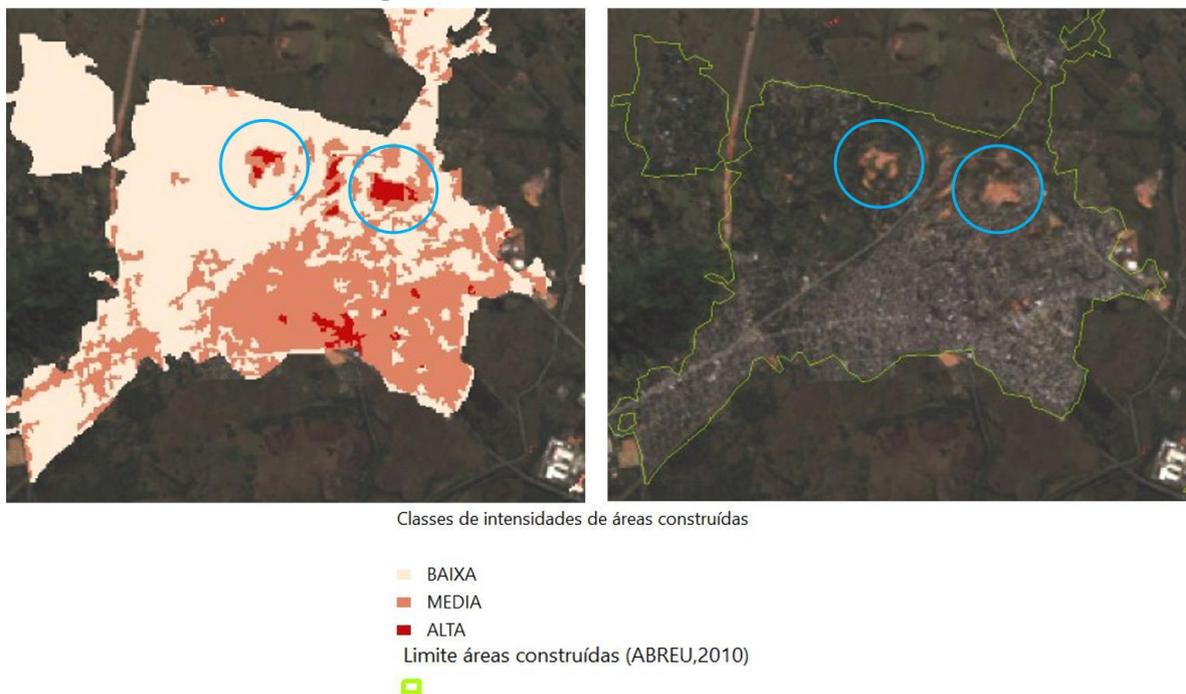


Fonte: elaboração própria.

Após a classificação, optou-se por não realizar nenhuma edição manual, para que o processo de geração do mapeamento fosse o mais automatizado possível. Mas a partir dessa decisão algumas áreas com a presença de solo exposto foram classificadas como de alta intensidade de área construída e em outros locais como de média intensidade, quando havia mistura de cobertura vegetal. De certa forma, isso não é considerado um erro de cálculo do índice, uma vez que esse tipo de cobertura da terra possui alta reflectância de superfície, assim como as áreas construídas e, segundo Zha et al. (2003) demonstra em seu artigo, esse tipo de cobertura tem um comportamento do índice NDBI muito parecido com as áreas construídas. De qualquer forma é um inconveniente para o mapeamento.

Na figura 18, estão circulados em azul, exemplos de áreas de solo exposto classificadas como alta intensidade e uma pequena parte do seu entorno como média intensidade de áreas construídas. Entretanto, na mesma figura é possível verificar a boa classificação das áreas de baixa e média intensidade, respeitando a definição da classe elaborada inicialmente.

Figura 18: Recorte do mapeamento de intensidades de áreas construídas do ano de 2010 visualizado ao lado de uma imagem Landsat 5/TM de 2010.



Fonte: elaboração própria.

Na figura 19 é possível confirmar o que foi dito anteriormente a partir da análise visual de imagens de alta resolução espacial disponibilizadas na plataforma *Google Earth*. Os polígonos classificados como alta, e uma pequena parte como média intensidade, são realmente áreas com solo exposto, então de fato ocorreu essa confusão da cobertura da terra.

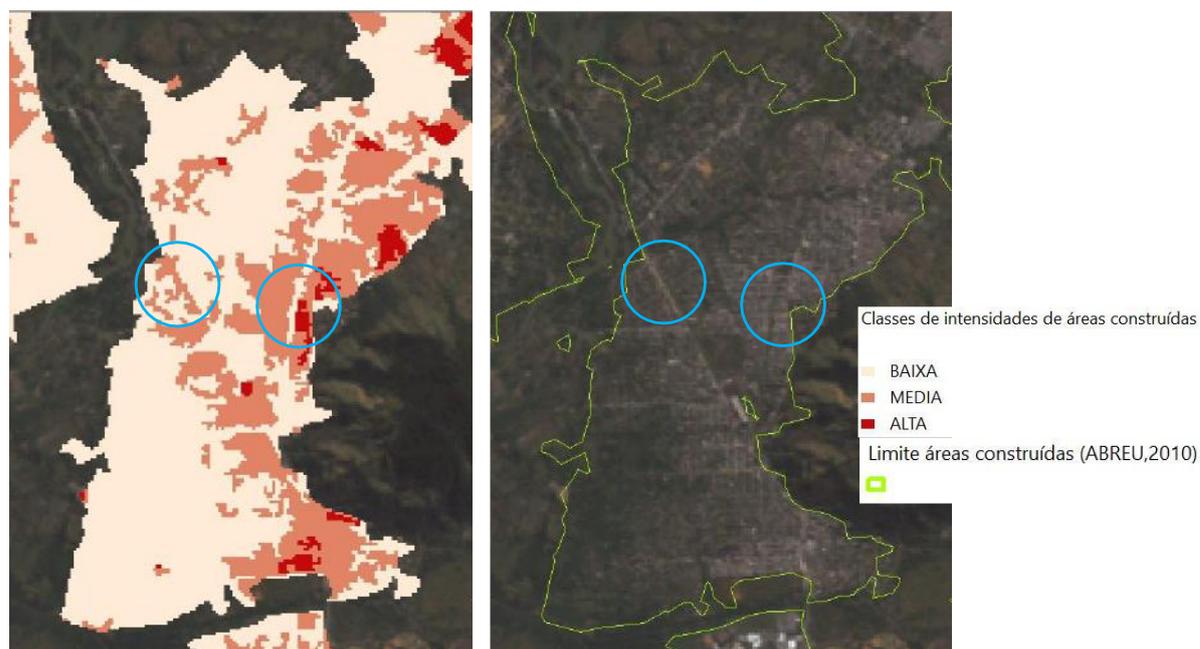
Figura 19: Recorte de uma imagem de alta resolução de 2010 pela plataforma Google Earth.



Fonte: elaboração própria.

Na figura 19 percebe-se a divisão das classes de intensidades ao analisar uma imagem Landsat 5/TM de 2010, respeitando as concentrações de áreas construídas e suas respectivas classes. Novamente, mostrando que na classe de baixa intensidade pode haver a mistura espectral da cobertura vegetal. A classe de alta intensidade está nas áreas de maior concentração de áreas construídas e a média nas áreas com menos concentração comparada à classe alta e maior concentração comparada a classe de baixa intensidade. Pode-se destacar também que o índice conseguiu dar um realce nos padrões lineares das rodovias ou até mesmo corredores com cobertura vegetal, como circulado em azul na figura 20 abaixo.

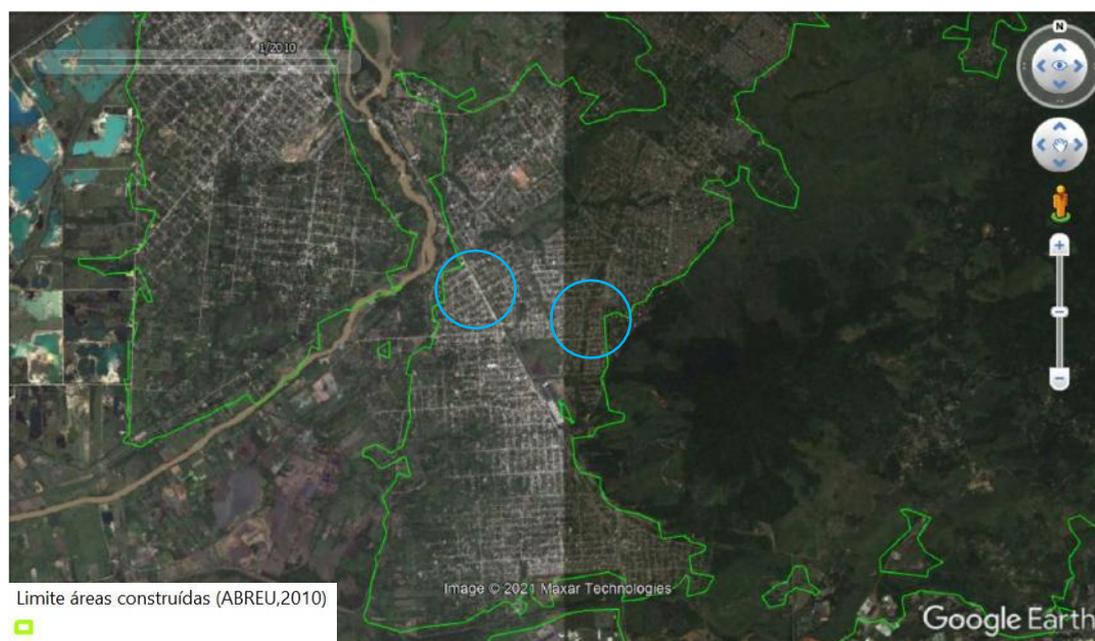
Figura 20: Outro recorte do mapeamento de intensidades de áreas construídas do ano de 2010 visualizado ao lado de uma imagem Landsat 5/TM de 2010.



Fonte: elaboração própria.

Para corroborar o que foi percebido na figura 20, foi realizada a verificação a partir da análise visual, utilizando um recorte correspondente ao mesmo ano em uma imagem de alta resolução disponível na plataforma Google Earth (Figura 21). Essa análise confirmou que as intensidades foram adequadamente mapeadas.

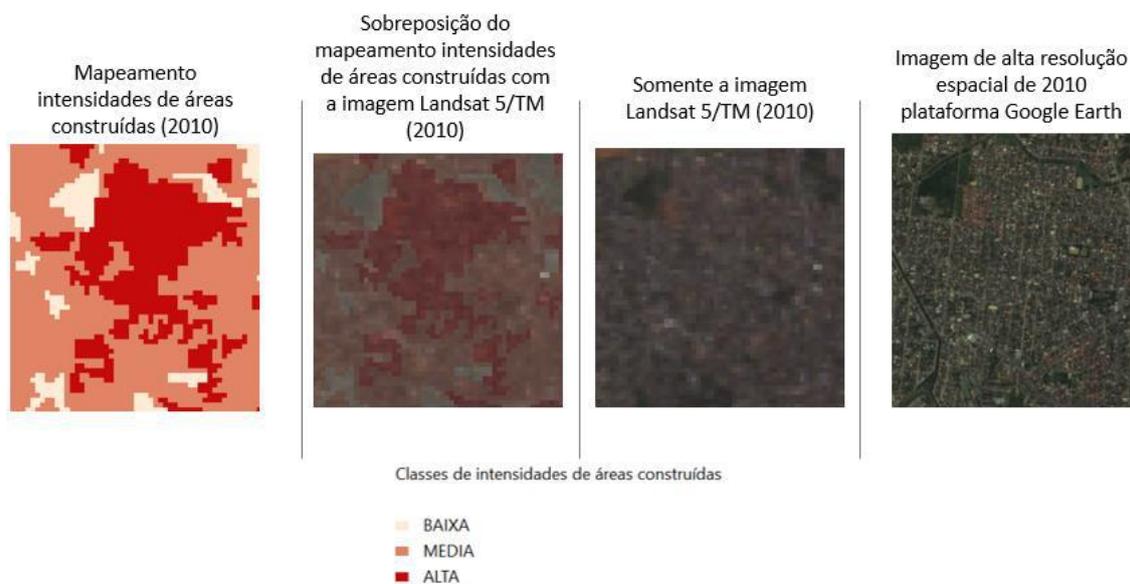
Figura 21: Recorte de uma imagem de alta resolução de 2010 pela plataforma Google Earth.



Fonte: elaboração própria.

Um exemplo do mapeamento da classe de alta intensidade de áreas construídas juntamente com seus recortes, pode ser observado na figura 23. Nessa figura, uma mesma área é representada, e da esquerda para a direita são apresentados: o mapeamento das intensidades das áreas construídas; a sobreposição desse mapeamento com a imagem Landsat 5/TM do mesmo ano; a imagem Landsat 5/TM sem a sobreposição com o mapeamento; e um recorte da mesma área a partir de uma imagem de alta resolução visualizada na plataforma *Google Earth*.

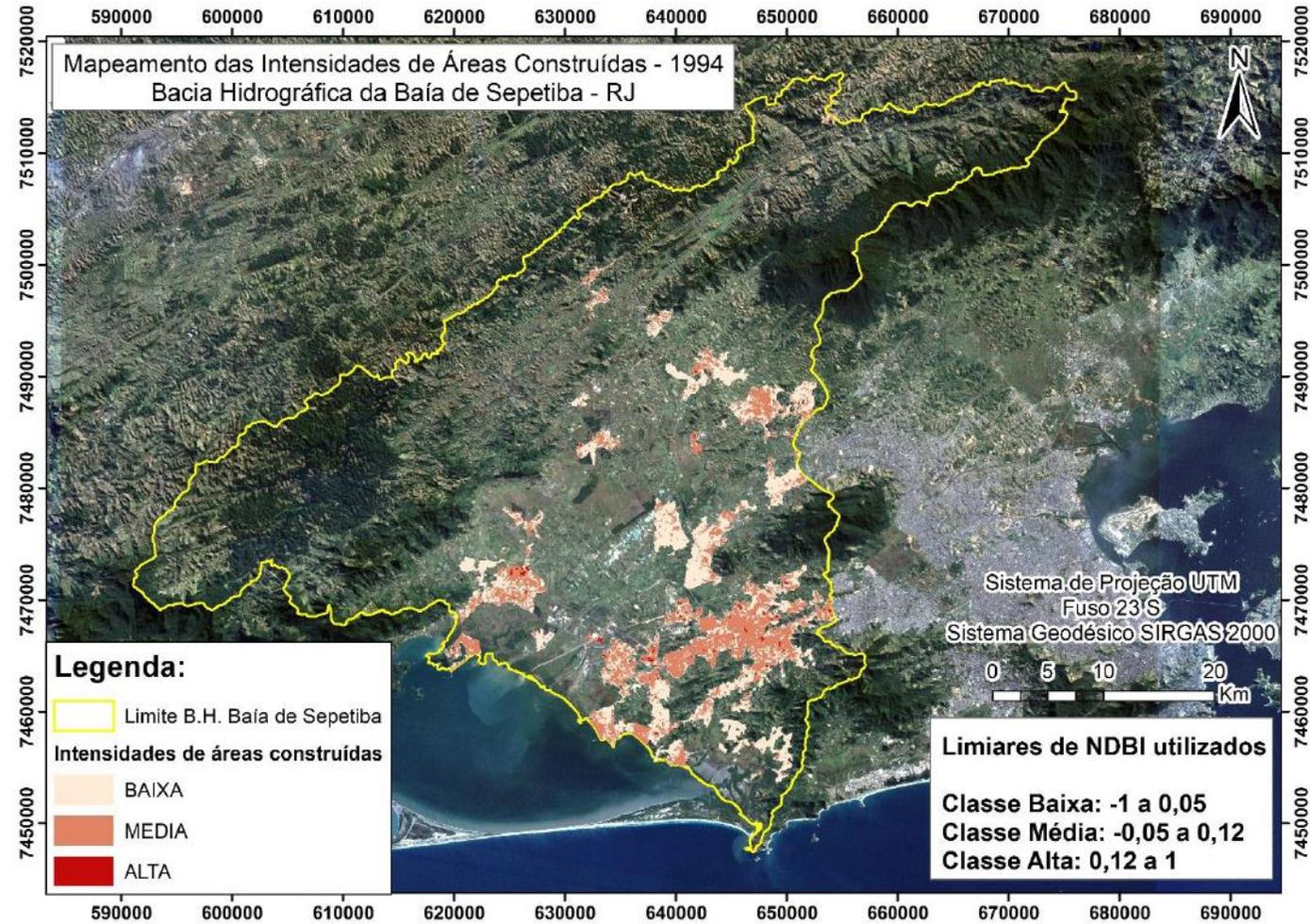
Figura 22: Exemplo do mapeamento da classe de alta intensidade de áreas construídas para o ano de 2010.



Fonte: elaboração própria.

Para o ano de 1994, como dito anteriormente, o mapeamento das intensidades de áreas construídas (figura 23) foi elaborado a partir dos mesmos intervalos de NDBI definidos a partir do ano de 2010. Assim como para o ano de 2010, não houve edição manual do resultado do mapeamento para o ano de 1994.

Figura 23: Mapa das intensidades de áreas construídas da bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba - RJ para o ano de 1994.



Fonte: elaboração própria.

De uma maneira geral, assim como para o ano de 2010, o resultado do mapeamento realizado para o ano de 1994 foi satisfatório para a divisão interna das áreas construídas (figura 24).

Figura 24: Recortes do mapeamento de intensidades de áreas construídas para o ano de 1994



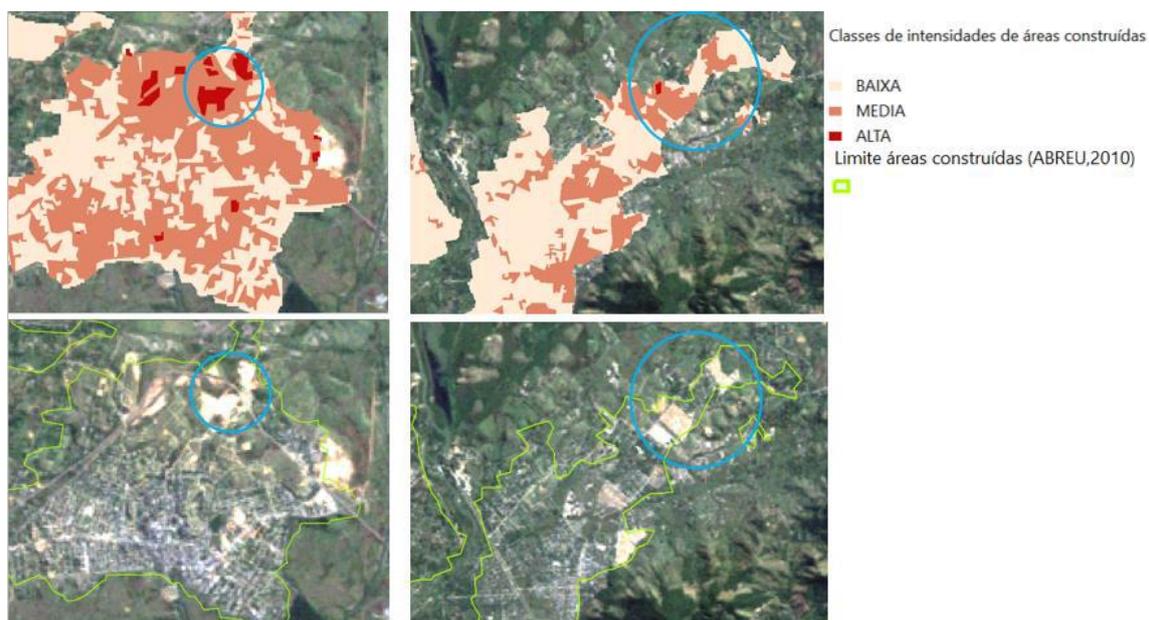
Fonte: elaboração própria.

Para o ano de 1994, foi constatado que a classe de alta intensidade de área construída apresentou a menor representatividade no mapeamento, o que pode ser confirmado ao analisar o histograma dos valores de NDBI para esse ano. O limiar estabelecido para a classe de alta intensidade (0,12 a 1) está fora do intervalo de maior frequência de valores de NDBI para essa data.

As áreas com presença de solo exposto foram classificadas como áreas de alta e média intensidade de área construída. Em 1994, em particular, a presença de terra desnuda ou de solo exposto é maior do que foi encontrado no ano de 2010, podendo ser explicado pela expansão urbana.

A figura 25 mostra dois exemplos: um deles é a classificação de áreas de solo exposto como polígonos da classe de alta intensidade (recortes do lado esquerdo) e da classe de média intensidade (recortes do lado direito).

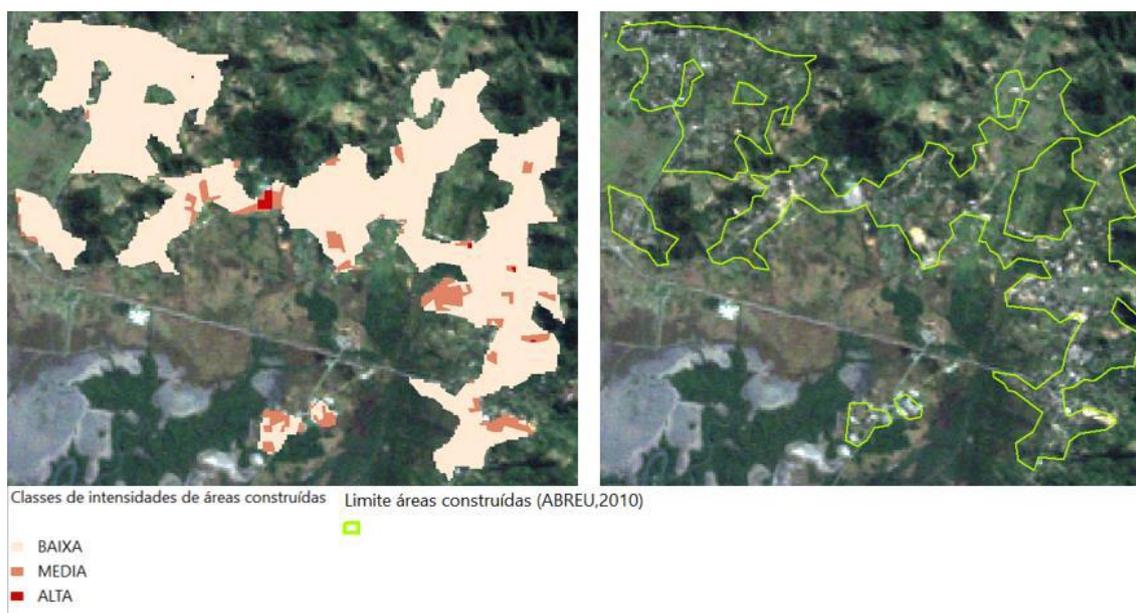
Figura 25: Recorte do mapeamento das classes de alta e média intensidades de áreas construídas do ano de 1994 visualizado ao lado de uma imagem Landsat 5/TM de 1994.



Fonte: elaboração própria.

As áreas com presença de vegetação foram classificadas como de baixa intensidade de áreas construídas, o que pode ser atribuído à mistura espectral entre a vegetação e as áreas construídas, resultando em valores mais baixos para o índice NDBI.

Figura 26: Recorte do mapeamento da classe de baixa intensidade de área construída do ano de 1994 visualizado ao lado de uma imagem Landsat 5/TM de 1994.



Fonte: elaboração própria.

Em 1994 ainda não existiam imagens de alta resolução espacial que pudessem servir como mais um parâmetro de análise e validação do mapeamento final das intensidades de áreas construídas. Por esse motivo, o mapeamento de 1994 pôde ser comparado apenas com a imagem Landsat 5/TM com resolução espacial de 30 metros. As imagens de alta resolução foram usadas apenas para verificar algumas questões de coerência: como por exemplo, verificar se áreas de alta intensidade em 1994 não poderiam ser de baixa intensidade em 2010, dependendo da situação.

Na figura 27 se percebe a divisão das classes de intensidades comparado à imagem Landsat 5/TM de 1994, respeitando as concentrações de áreas construídas e suas respectivas classes. A classe de alta intensidade está nas áreas de maior concentração de áreas construídas, mesmo que em pequenos polígonos, enquanto a média intensidade foi observada nas áreas com menos concentração quando comparada à classe de alta intensidade e de maior concentração quando comparada à classe de baixa intensidade.

Figura 27: Outro recorte do mapeamento de intensidades de áreas construídas do ano de 1994 visualizado ao lado de uma imagem Landsat 5/TM de 1994.



Fonte: elaboração própria.

De forma resumida, na tabela 4, estão representadas as áreas ocupadas por cada classe mapeada e seu respectivo ano de mapeamento. Pode-se destacar que a classe de alta intensidade teve um aumento de área de 1994 para 2010, mas permaneceu como a classe de menor ocupação comparada às classes de média e baixa intensidade. Na classe de baixa intensidade de áreas construídas permaneceu como a classe de maior ocupação, havendo o aumento de um ano para o outro. A classe de média intensidade houve um aumento de ocupação, porém não tão expressivo, que pode ser explicado pela expansão urbana, transformando a classe de média intensidade em alta intensidade de áreas construídas.

Tabela 4: Tabela com as áreas ocupadas por cada classe de mapeamento para os anos de 1994 e 2010.

ANO	Classe Baixa (%)	Classe Média (%)	Classe Alta (%)	Classe Baixa (ha)	Classe Média (ha)	Classe Alta (ha)	Total (ha)
2010	56,07	37,85	6,09	17825,61	12032,87	1934,86	31793,34
1994	54,85	44,04	1,11	12746,92	10235,78	257,28	23239,98

Fonte: elaboração própria.

### 3.4. Conclusões:

Os resultados encontrados se mostraram condizentes com o esperado. A utilização do mesmo limiar de valores do índice NDBI para a separação das classes de intensidade de áreas construídas permitiu que os produtos obtidos fossem comparados, demonstrando assim a eficiência do uso do índice NDBI para o objetivo deste capítulo de investigação do comportamento do índice.

O índice espectral NDBI se mostrou eficiente e rápido na sua utilização. Ele também conseguiu ser eficaz na diferenciação interna da classe de áreas construídas de acordo com suas intensidades. Mas cabe destacar que nesse estudo o índice foi utilizado dentro de um limite pré-definido de áreas construídas, onde o que estava presente dentro desse limite foi considerado área construída. Dessa forma, facilitou ainda mais essa diferenciação através do índice NDBI, uma vez que não foi necessário diferenciar a classe de área construída de outras coberturas da terra como água ou vegetação, por exemplo. Caso não houvesse o limite das áreas construídas, o desafio de diferenciar essa classe internamente provavelmente seria maior.

O mapeamento realizado por Abreu (2010) possuía a diferenciação das intensidades de áreas construídas. Mas como foi realizado no contexto de todo o estado do Rio de Janeiro optou-se por tentar melhor diferenciá-lo a partir do índice NDBI. Com os resultados obtidos, entende-se que o uso desse índice conseguiu caracterizar essas classes de intensidades levando em consideração o contextual espacial da bacia hidrográfica. Isso ocorreu mesmo com a aplicação de um limite geral predefinido para a classe de áreas construídas.

Como dito por Chen et al. (2006), esse índice não se comporta de forma homogênea em toda superfície terrestre, mas ele cumpre seu papel de diferenciar a classe de áreas construídas de outras classes de cobertura da terra. O presente estudo conseguiu comprovar que esse índice também pode ser utilizado na diferenciação interna da classe construída, porém é necessário entender que os valores dos limiares para cada classe podem variar de acordo com a data escolhida e a área a ser mapeada.

A validação ideal para esse tipo de mapeamento sem dúvidas seria com trabalho de campo em conjunto com outros mapeamentos já existentes. Porém, o mapeamento de intensidades de áreas construídas não é amplamente realizado para todo o território

nacional e nem disponibilizado gratuitamente. O trabalho de campo não foi possível de ser realizado pois o trabalho foi desenvolvido durante a pandemia de COVID-19 e com distanciamento social obrigatório. Além disso, as imagens utilizadas são de datas pretéritas, impossibilitando assim a validação a partir do trabalho de campo. Por isso, os mapeamentos gerados foram comparados às imagens Landsat 5/TM e às imagens de alta resolução espacial, quando existentes, na plataforma *Google Earth*.

É importante mencionar que além do índice NDBI ter permitido a diferenciação entre as classes de intensidade de áreas construídas, foi possível notar o avanço da expansão das áreas construídas na área de estudo, uma vez que houve um aumento de área ocupada por cada classe.

#### **4. CAPÍTULO 4 – ESTIMATIVA E LOCALIZAÇÃO DE POPULAÇÃO – UMA APLICAÇÃO DO MODELO PEOPLE IN PIXEL**

##### **4.1. Introdução:**

Frente ao cenário de crise ambiental e a necessidade de mitigação dos impactos das práticas e ações sociais, estudos relacionados ao crescimento e o adensamento populacional têm sido cada vez mais frequentes, em parte pela importância desse enfoque para planejamento e gestão territorial. Um exemplo, é como a estimativa da população pode ser uma boa ferramenta para entender a dinâmica da população no território (SOUZA, 2019), principalmente em lugares tensionados pelo crescimento populacional.

A bacia hidrográfica da baía de Sepetiba é um bom exemplo de região tensionada por esse crescimento e de mudanças na paisagem a ela relacionadas. Parte da bacia está inserida no município do Rio de Janeiro, o mais populoso do estado do Rio de Janeiro, e a outra porção faz parte da fronteira de crescimento da região metropolitana. Essa localização faz com que estudos populacionais e também de transformação da paisagem sejam indicativos das pressões antrópicas existentes, mostrando assim a importância desses estudos.

Para essas análises de transformação da paisagem e de diferenciação da cobertura terrestre, o sensoriamento remoto tem sido uma das ferramentas mais utilizadas em estudos de grande escala geográfica. Em evolução a esse cenário os mapeamentos de

cobertura e uso da terra obtidas por sensoriamento remoto podem ser analisados em conjunto com estudos referentes ao adensamento populacional e assim se entender ainda mais a dinâmica do território relacionado à estimativa da população (SEABRA et al., 2015).

As informações demográficas, em sua grande maioria disponibilizadas por levantamentos socioeconômicos do IBGE, são de grande importância para serem utilizadas como ferramenta no planejamento e tomada de decisão em diversos sentidos. A unidade espacial com o maior detalhamento dessas informações é o setor censitário. Porém, para a estudos relativos à distribuição da população em determinadas áreas, por exemplo, esta unidade espacial não permite observar a sua verdadeira espacialização, podendo abranger áreas com alta e baixa concentração de população dentro de um mesmo setor. Dessa forma, uma possibilidade de solução dessa questão é a integração do sensoriamento remoto com os dados censitários, mais especificamente, através da utilização da metodologia *People in Pixel*.

Segundo CARREÑO & CRUZ (2011) e TAVARES et al. (2013), nessa metodologia após obtido um mapa de intensidades de áreas construídas é aplicado um modelo matemático simples. Este modelo considera o pixel – unidade mínima de uma imagem – para estimar o número de habitantes em cada pixel da imagem, tendo em consideração as classes que correspondem às áreas construídas e utilizando dados demográficos do Censo. Essa metodologia é chamada *People in Pixel* (CRUZ, 2007).

Este modelo possibilita a espacialização das heterogeneidades internas, normalmente existentes, em uma unidade político-administrativa ou em qualquer outro tipo de unidade espacial. Ademais, as informações disponibilizadas nessas unidades político-administrativas dificultam ou impossibilitam a desagregação dos dados socioeconômicos em outras unidades como as naturais ou físicas, tais como as bacias hidrográficas.

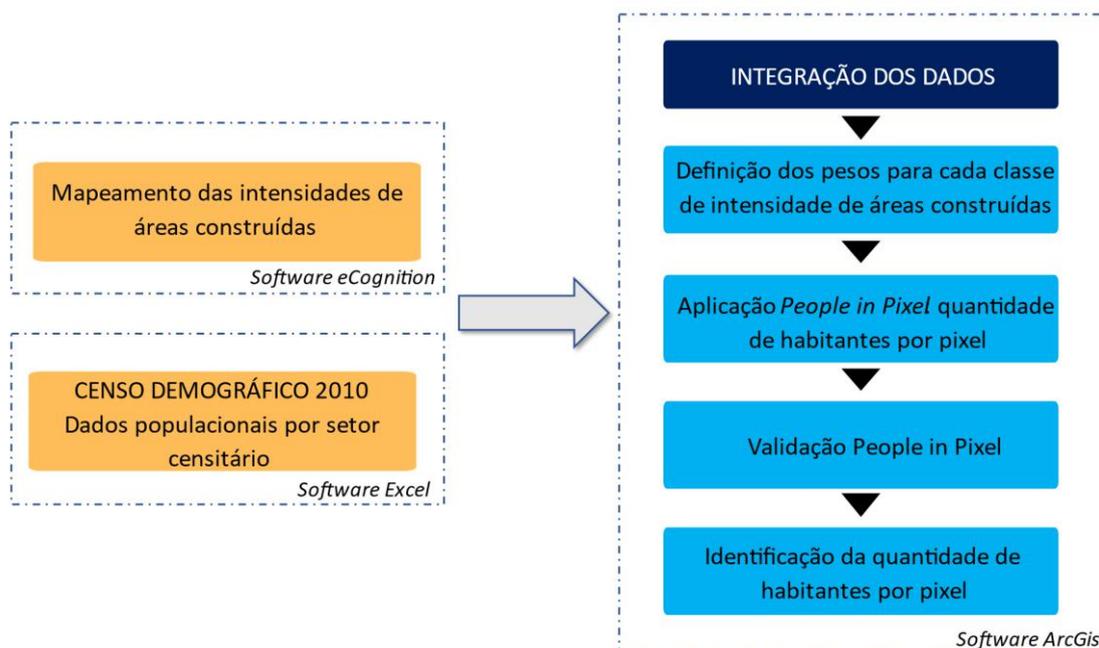
Diante do exposto, o objetivo deste capítulo é estimar a população existente na bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba, através da aplicação do modelo *People in Pixel* e apoiada por uma classificação baseada exclusivamente no índice espectral NDBI, realizada no capítulo anterior dessa dissertação.

#### **4.2. Materiais e métodos:**

Como dito no capítulo anterior, o mapeamento de áreas construídas realizado para o ano de 2010 a partir do índice espectral NDBI foi utilizado como um dos materiais para

a aplicação do modelo *People in Pixel*. Dessa forma, o fluxograma da metodologia empregada nesse capítulo pode ser demonstrado pela figura 28.

Figura 28: Fluxograma metodológico para aplicação do modelo *People in Pixel*.



Fonte: elaboração própria.

Para o cálculo do *People in Pixel* foi necessária a aquisição dos dados da população residente e a malha territorial de setores censitários do censo demográfico de 2010 do IBGE, sendo estes unidos (*join*) e recortados, considerando somente aqueles setores censitários completamente inseridos dentro do limite da bacia hidrográfica. Essa escolha precisou ser feita por estar sendo utilizado um limite natural, como o da bacia hidrográfica, em conjunto com outro dado que não possui os mesmos limites, como o setor censitário. Dessa forma, foram selecionados 27.777 setores, sendo 60 deles setores sem informação populacional. Após esses procedimentos, foi então calculada a área em metros quadrados de cada setor censitário.

Com os arquivos vetoriais do mapeamento de intensidades de áreas construídas e dos setores censitários com as informações de população e área do setor, foi utilizada a ferramenta *intersect* a fim de encontrar as áreas de sobreposição com cada classe mapeada e então calculada sua nova área. A partir disso, foi realizada a proporção da área original

do setor e a nova área calculada, a fim de selecionar as maiores proporções para definição dos pesos de cada classe de mapeamento. Foram selecionadas 30 amostras de cada classe (baixa, média e alta intensidade de área construída) que tivessem a maior proporção de área possível e calculadas as densidades demográficas médias para cada classe a partir dessas amostras. A classe de baixa intensidade teve amostras com proporções de área de 100% a 97,8%; a classe de média intensidade teve apenas amostras de 100% e a classe de alta intensidade teve amostras com valores de 100% a 90,8%. Baseado nessas amostras foram então definidos os pesos de cada classe (tabela 5):

Tabela 5: Definição dos pesos utilizados na aplicação do People in Pixel.

<b>Classes de Intensidades</b>	<b>Baixa</b>	<b>Média</b>	<b>Alta</b>
<b>Média da densidade populacional dos setores (hab/m<sup>2</sup>)</b>	0,0082	0,0163	0,0222
<b>Pesos</b>	1	2,0	2,7

Fonte: elaboração própria.

Foi realizada a conversão dos setores censitários e do mapeamento de intensidades para arquivos tipo *raster* pelo *ArcGIS* com o intuito de realizar a operação *combine* no mesmo *software*, que gera um novo *raster* com a sobreposição dos dois *raster* (mapeamento e setores censitários). A tabela de atributos dessa operação foi então exportada para ser manipulada no *software Excel* a fim de realizar a união das informações e os cálculos para o *People in Pixel*. Abaixo, na equação 5, apresenta-se a fórmula do *People in Pixel*.

Equação 5: Cálculo do modelo People in Pixel.

$$Hab / pix_{ij} = (totpop_j * peso_i) / \sum_1^n (peso_i * totpix_{ij})$$

Fonte: CRUZ et al., 2010.

Onde  $i$  é a classe de ocupação,  $j$  é a unidade territorial,  $\text{totpop}_j$  é o total populacional da unidade territorial  $j$ ,  $\text{pesoi}$  é o peso relativo à classe  $i$  e  $\text{totpix}_j$  é o total de pixels pertencentes a uma dada classe  $i$  em uma unidade territorial  $j$ .

A tabela 6, a seguir, demonstra as colunas de cada informação fundamental para o cálculo dos habitantes por pixel, sendo a coluna “PEOPLE\_IN\_PIXEL” com a informação do cálculo final e a coluna “TOTAL\_POP\_SETOR\_PIP” com a informação da população por pixel presente em todo o setor censitário.

Tabela 6: Geração do People in Pixel.

Value	Count	rasterSetor	rasterClass	CLASSE	PESOS	COD_SETORES	POP_RESIDENTE	NUMERADOR	PESO_TOTPIX	SOMATORIO_DENOMINADOR	PEOPLE_IN_PIXEL	TOTAL_POP_SETOR_PIP
1	113	315	1	MEDIA	2	330290810000004	876	1752	226	364	4,813186813	543,8901099
2	138	315	2	BAIXA	1	330290810000004	876	876	138	364	2,406593407	332,1098901
3	112	317	2	BAIXA	1	330290810000012	293	293	112	198	1,47979798	165,7373737
4	43	317	1	MEDIA	2	330290810000012	293	586	86	198	2,95959596	127,2626263
5	504	312	2	BAIXA	1	330290807000002	643	643	504	518	1,241312741	625,6216216
6	7	312	1	MEDIA	2	330290807000002	643	1286	14	518	2,482625483	17,37837838
7	495	311	2	BAIXA	1	330290807000001	930	930	495	503	1,848906561	915,2087475
8	4	311	1	MEDIA	2	330290807000001	930	1860	8	503	3,697813121	14,79125249
9	145	9	2	BAIXA	1	330180105000009	691	691	145	199	3,472361809	503,4924623
10	26	11	2	BAIXA	1	330180105000014	318	318	26	28	11,35714286	295,2857143
11	1	11	1	MEDIA	2	330180105000014	318	636	2	28	22,71428571	22,71428571
12	27	1	1	MEDIA	2	330180105000001	583	1166	54	100,2	11,63672655	314,1916168
13	27	9	1	MEDIA	2	330180105000009	691	1382	54	199	6,944723618	187,5075377
14	30	1	2	BAIXA	1	330180105000001	583	583	30	100,2	5,818363273	174,5508982
15	84	5	2	BAIXA	1	330180105000005	677	677	84	150,1	4,510326449	378,8674217
16	10	4	2	BAIXA	1	330180105000004	763	763	10	10	76,3	763
17	6	1	3	ALTA	2,7	330180105000001	583	1574,1	16,2	100,2	15,70958084	94,25748503
18	42	2	2	BAIXA	1	330180105000002	457	457	42	68,7	6,652110626	279,3886463
19	122	313	2	BAIXA	1	330290807000003	371	371	122	138	2,688405797	327,9855072
20	83	6	2	BAIXA	1	330180105000006	336	336	83	126,5	2,656126482	220,458498

Fonte: elaboração própria.

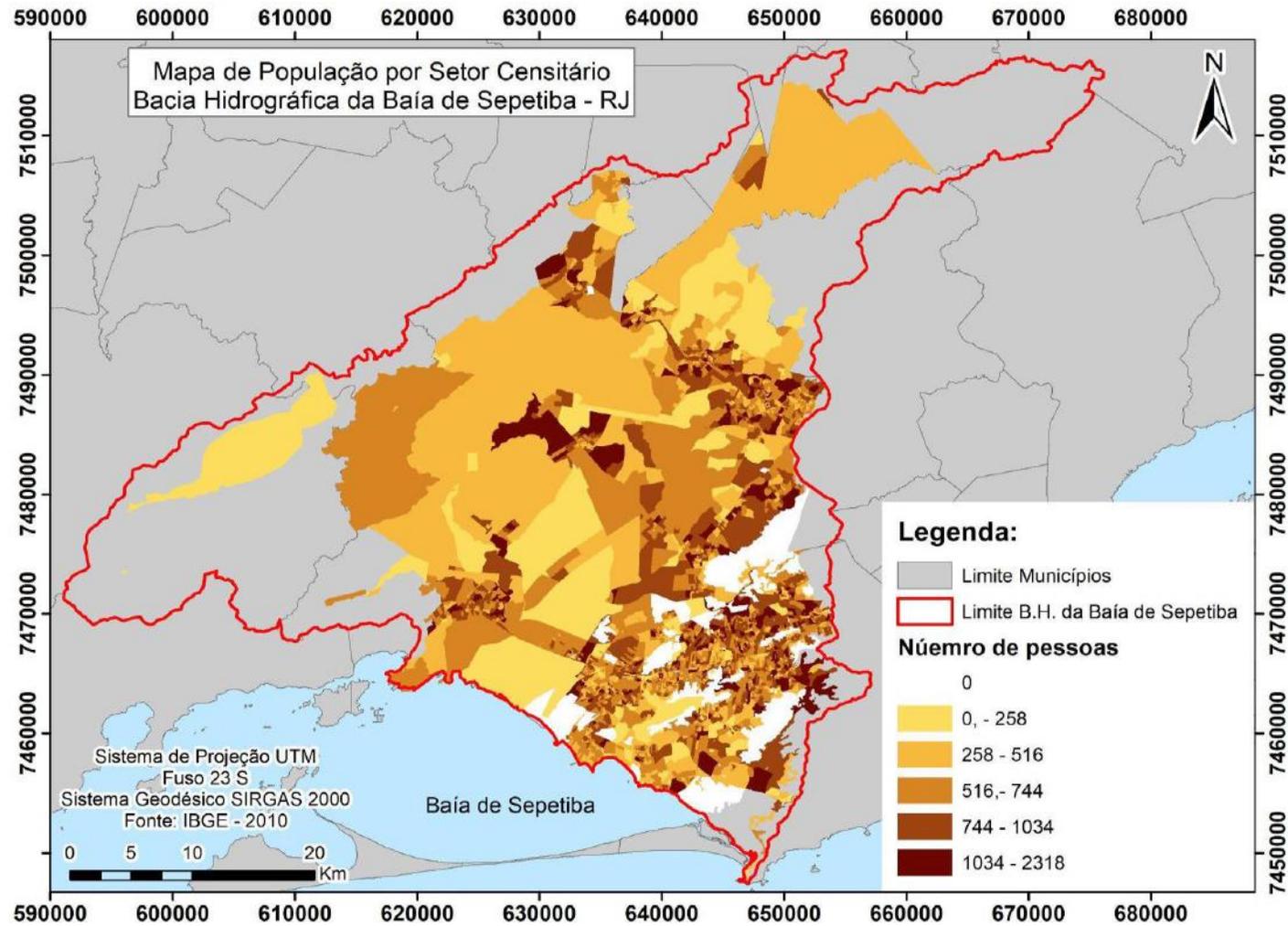
Posteriormente, essa tabela foi retornada ao arquivo *raster* no *ArcGis* a fim de ser possível a espacialização da informação de habitantes por pixel e assim serem gerados os mapas. Para validação do resultado, foi feita a soma total da população do *raster* gerado e feita a comparação com número original da população obtidos pelo Censo.

### 4.3. Resultados:

Para ajustar o modelo *People in Pixel* e obter a estimativa da população por pixel, além do mapeamento de áreas construídas (apresentado no capítulo anterior), também se fez necessário ter a informação da população residente para cada setor censitário utilizado. Na figura 29 é possível ver a distribuição da população nos setores censitários selecionados para ajuste e aplicação do *People in Pixel*, ou seja, apenas os setores que estavam totalmente inseridos dentro do limite da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba.

Como todo mapa coroplético, a representação da distribuição da população por setor censitário se dá de forma contínua e homogênea dentro de cada setor censitário.

Figura 29: Mapa da população dos setores censitários totalmente inseridos dentro da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba.

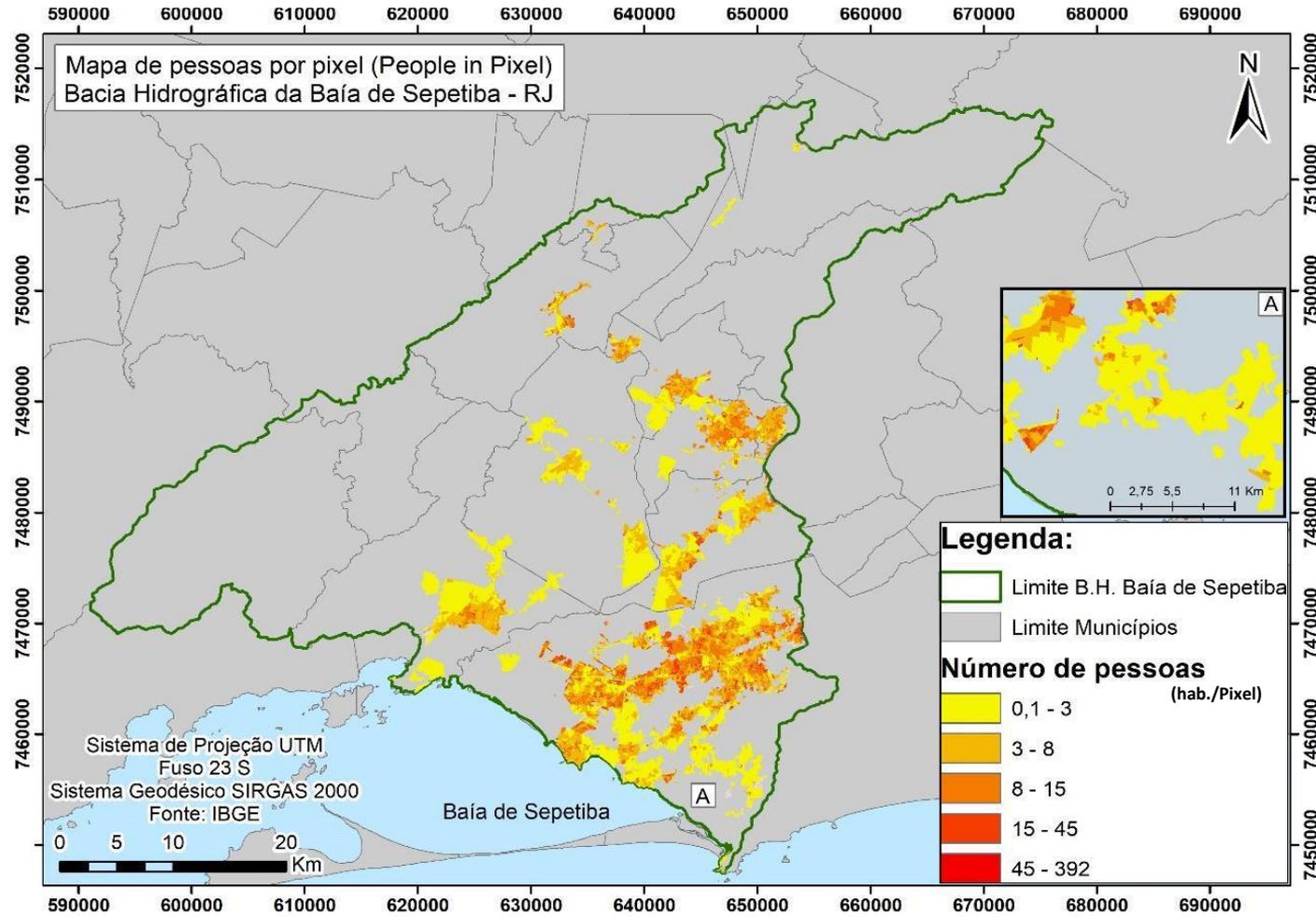


Fonte: elaboração própria.

Na prática, esse tipo de representação dá a entender que os setores com elevado número de população estão completamente ocupados, o que pode não acontecer na realidade, uma vez que a população pode estar concentrada em apenas uma parte do setor tendo outras áreas ocupadas por feições naturais ou por outras classes de cobertura da terra.

Com a integração dos dois produtos (intensidades de áreas construídas e população por setor censitário) foi então viável estimar a população em cada parte do setor e gerar um mapa com a quantidade de pessoas por pixel para a bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (figura 30). O detalhe A, presente na figura 30, indica a localização na área de estudo dos exemplos apresentados nas figuras 33 e 34.

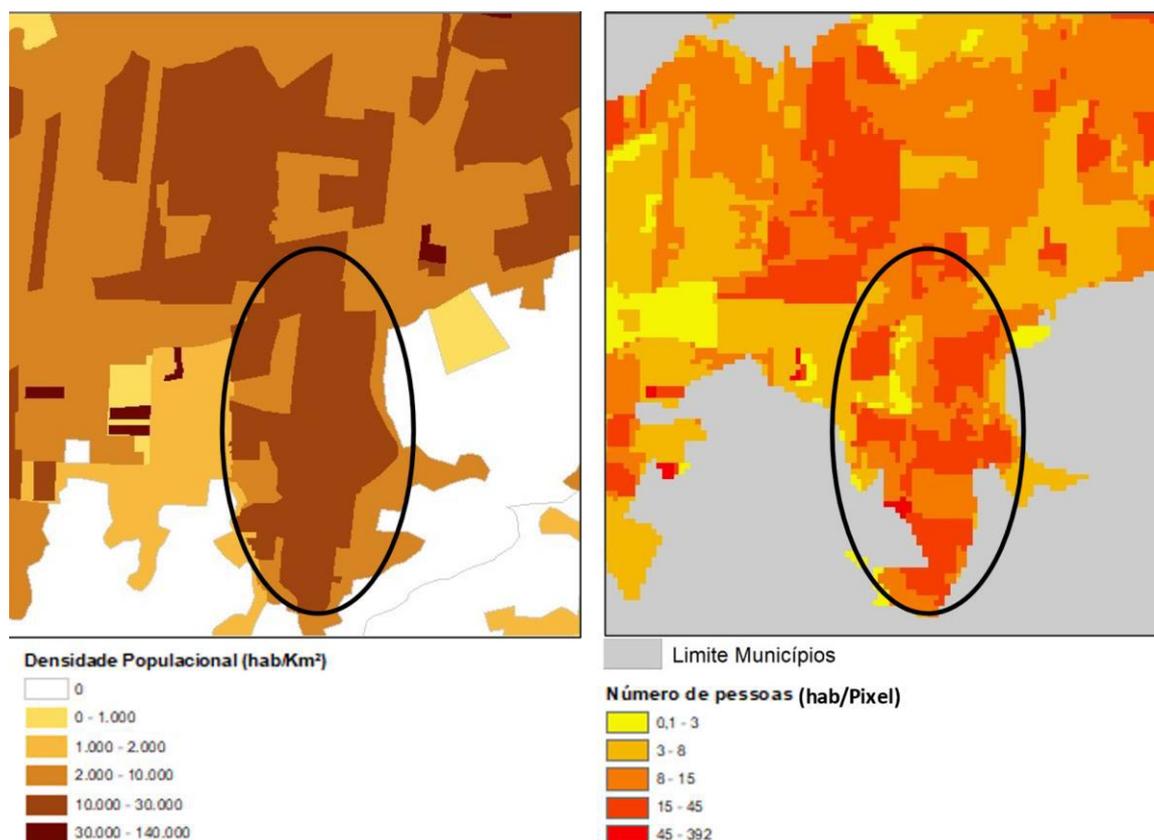
Figura 30: Mapa de pessoa por pixel (People in Pixel) para a bacia hidrográfica da baía de Sepetiba.



Fonte: elaboração própria.

Se fosse analisada apenas a espacialização da informação de população por setor censitário a partir dos dados do censo, seria conhecido o total de habitantes em cada unidade de representação, mas não seria possível saber, de fato, quais são as áreas ocupadas por pessoas dentro de cada unidade (setor censitário). E analisando somente o mapa de cobertura e uso da terra é possível distinguir onde estão localizadas as classes de ocupação, porém não é possível quantificar o número de pessoas existentes. Com o mapa do *People in Pixel* gerado pode-se ver as áreas que pareçam muito ocupadas, pelo mapa da população por setor censitário, na realidade, possuem uma ocupação com intensidade variável dentro do setor (Figura 31). Dessa forma é possível evidenciar as áreas que não são ocupadas e as áreas em que realmente existem ocupações mostrando, assim, uma menor generalização das ocupações para se chegar a uma espacialização mais condizente com a realidade.

Figura 31: Exemplo de classes de maiores densidades populacionais e suas variações de intensidade ocupação após aplicado o *People in Pixel*.

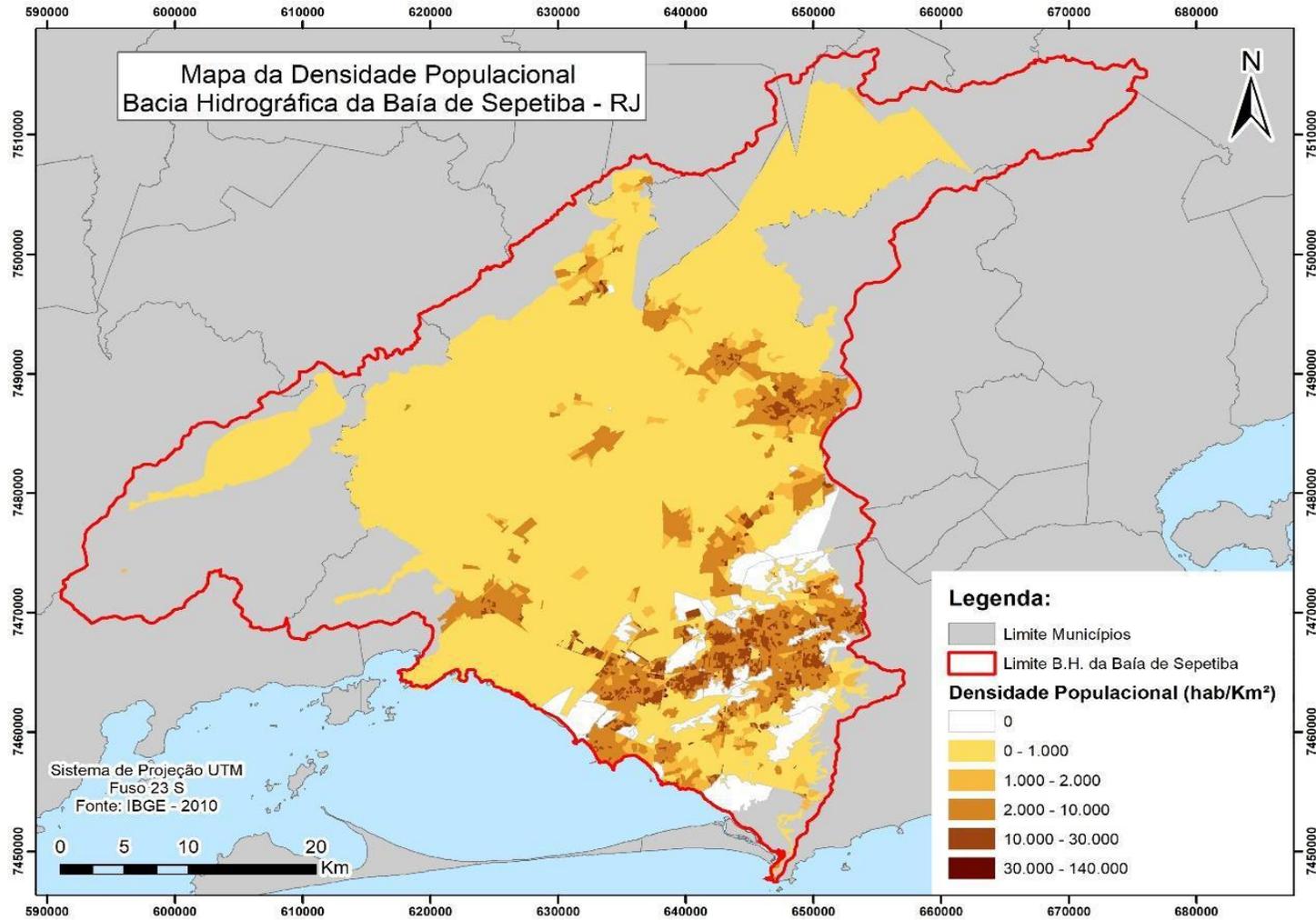


Fonte: elaboração própria.

Para a validação dessa metodologia, foi feita a soma total da população espacialmente distribuída (modelo *People in Pixel*) e da população nos setores envolvidos. Teve-se como resultado que o total de população estimado pelo modelo foi de 1.667.014 pessoas, com uma diferença de apenas 29.397 (ou 1,7%) em relação ao número original de 1.696.411 de pessoas oriundo dos dados do censo. Essa diferença de menos de 2% no somatório da população pode ser explicada pela resolução espacial da imagem Landsat 5/TM utilizada (30m), deixando de identificar áreas menores que 900m<sup>2</sup> e que poderiam conter população mesmo que em pouca concentração e quantidade. A utilização de uma imagem com maior resolução espacial possibilitaria o mapeamento de uma classe de intensidade “rarefeita”, o que provavelmente melhoraria esses cálculos. Outra possibilidade são os pequenos erros de estimativa de intensidades de áreas construídas, uma vez que todo o procedimento foi feito sem edição manual, o que pode ter gerado algum resquício no resultado do *People in Pixel*.

Para ajudar na compreensão do resultado do *People in Pixel*, pode-se comparar, também, seu resultado com a distribuição da densidade populacional da área de estudo (figura 32).

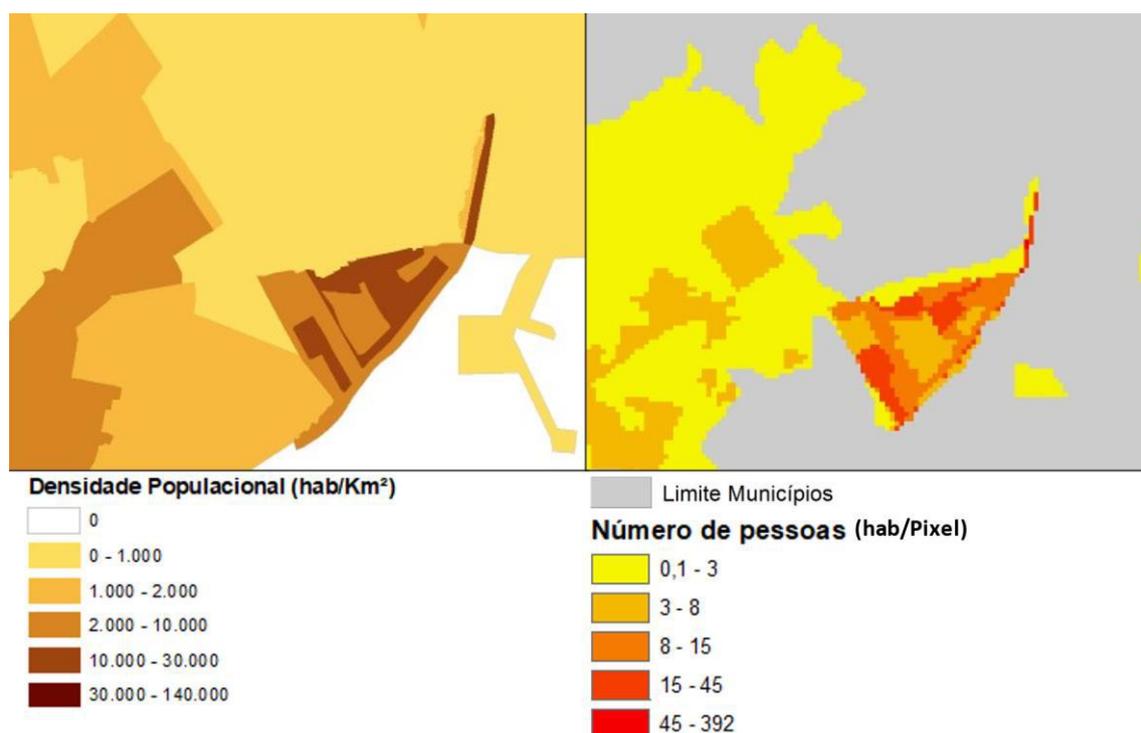
Figura 32: Mapa da densidade populacional para a bacia hidrográfica da baía de Sepetiba – RJ.



Fonte: elaboração própria.

Ao analisar o mapa da figura 32, nota-se que as classes de maiores densidades populacionais (e também as demais) acompanham as classes de maiores concentrações de pessoas por pixel, ainda que o mapeamento coroplético sofra com a questão da homogeneização, como mencionado anteriormente. Na figura 33, é possível ver um exemplo disso.

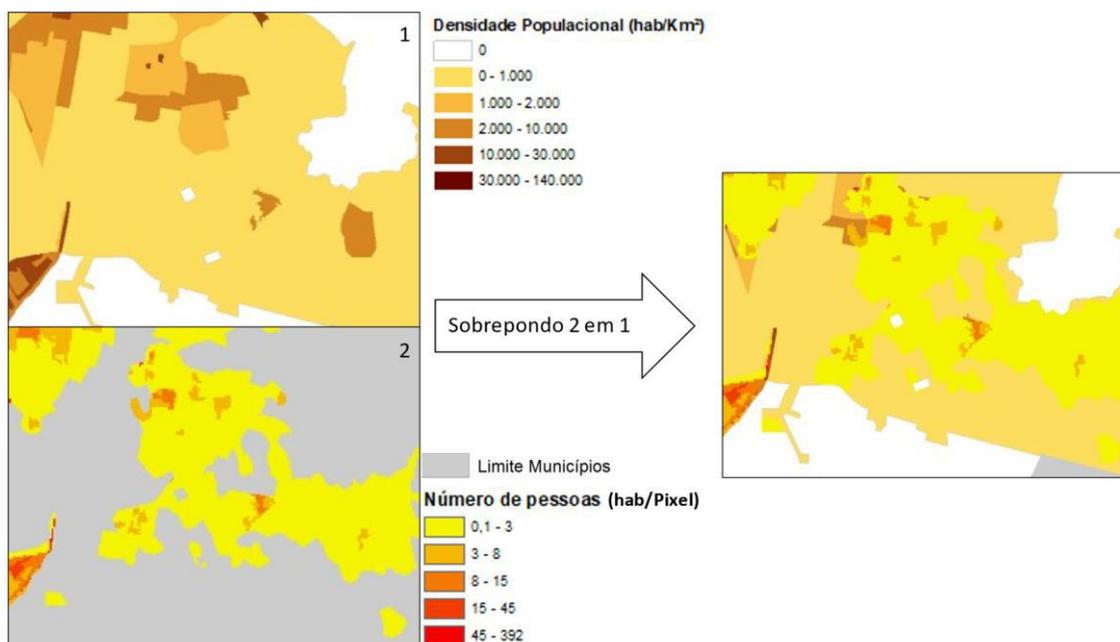
Figura 33: Exemplo de classes de maiores densidades populacionais acompanhando as classes de maiores concentrações de pessoas por pixel, mas mostrando variações internas.



Fonte: elaboração própria.

Pode-se destacar, também, a classe de baixa densidade populacional abrangendo áreas bem maiores, se comparadas ao mapeamento de pessoas por pixel (figura 34). Isso evidencia ainda mais que o modelo *People in Pixel* consegue identificar com mais precisão onde está localizada a população, mostrando que na realidade essa população se distribui de modo heterogêneo, ao contrário da forma mostrada nos mapas de população e de densidade populacional por setor censitário.

Figura 34: Exemplo de classe de baixa densidade populacional no mapa coroplético abrangendo áreas maiores se comparado ao mapeamento de pessoas por pixel.



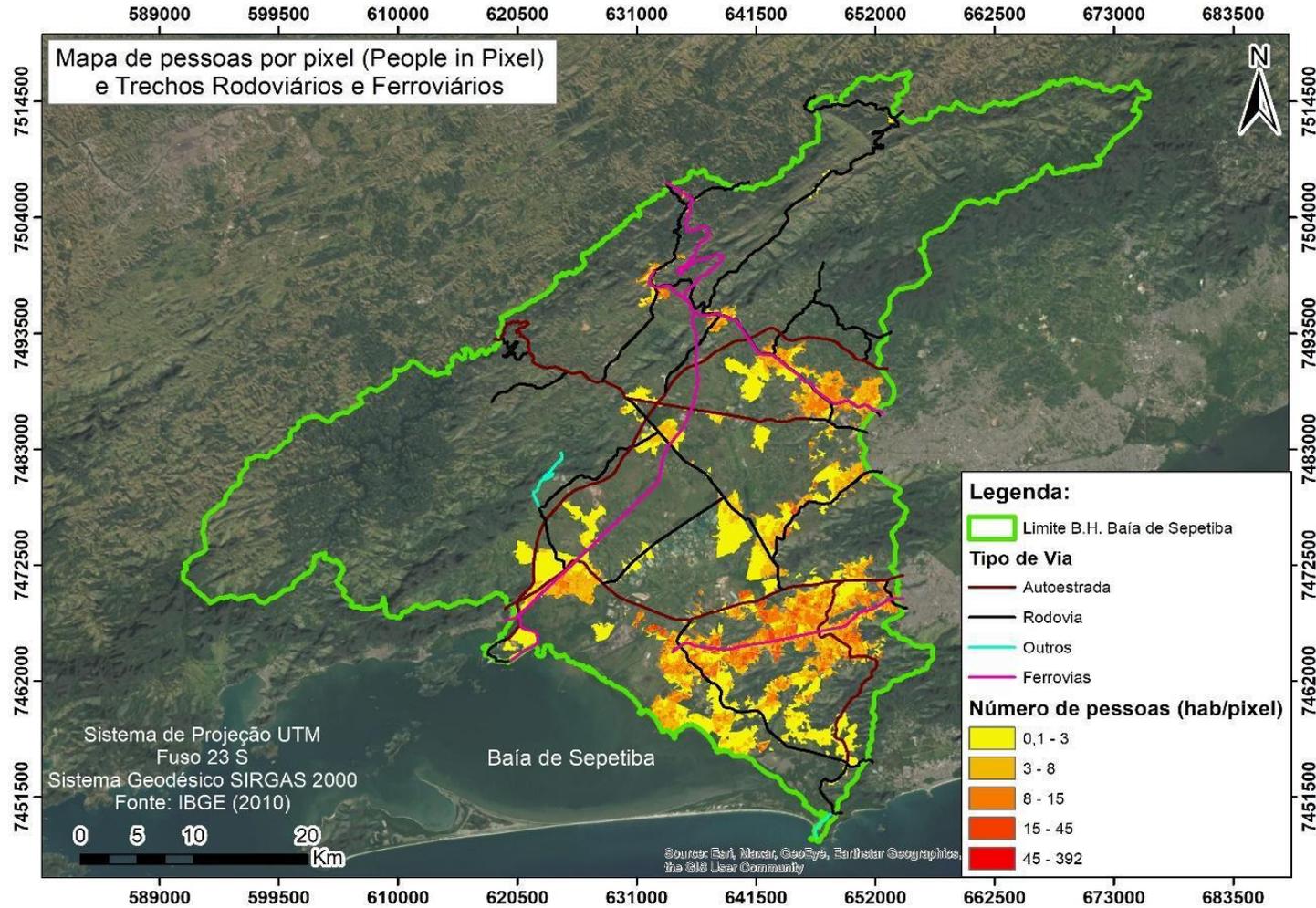
Fonte: elaboração própria.

Como dito antes, a aplicação do modelo *People in Pixel* permite integrar a informação qualitativa do mapeamento das diferentes intensidades de áreas construídas (delimitadas espacialmente a nível dos pixels) com a informação quantitativa dos totais populacionais dos setores censitários (que não têm como compromisso em apontar em quais partes do setor a população está situada).

Estudos que se baseiam na densidade populacional se tornam mais exatos, pois conforme a área analisada vai sendo reduzida e o número da população se mantém, a densidade aumenta. Pode-se perceber isso analisando o valor máximo de pessoas por pixel na figura 3 (aproximadamente 392 pessoas por pixel) e na figura 5 (um valor de aproximadamente 140.000 habitantes por quilômetro quadrado). Mesmo sendo unidades diferentes – um por pixel e o outro por quilômetro quadrado – é possível entender que são valores bem discrepantes, o que pode levar a tomadas de decisões diferentes quando essas informações são utilizadas para determinados planejamentos que dependam do número de habitantes, como a instalação de novos serviços, por exemplo.

Analisando a distribuição de pessoas por pixel em conjunto com a base cartográfica de 2010 de trechos rodoviários e ferroviários, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é possível identificar que as ocupações populacionais acompanham o entorno das autoestradas, rodovias e ferrovias (Figura 35).

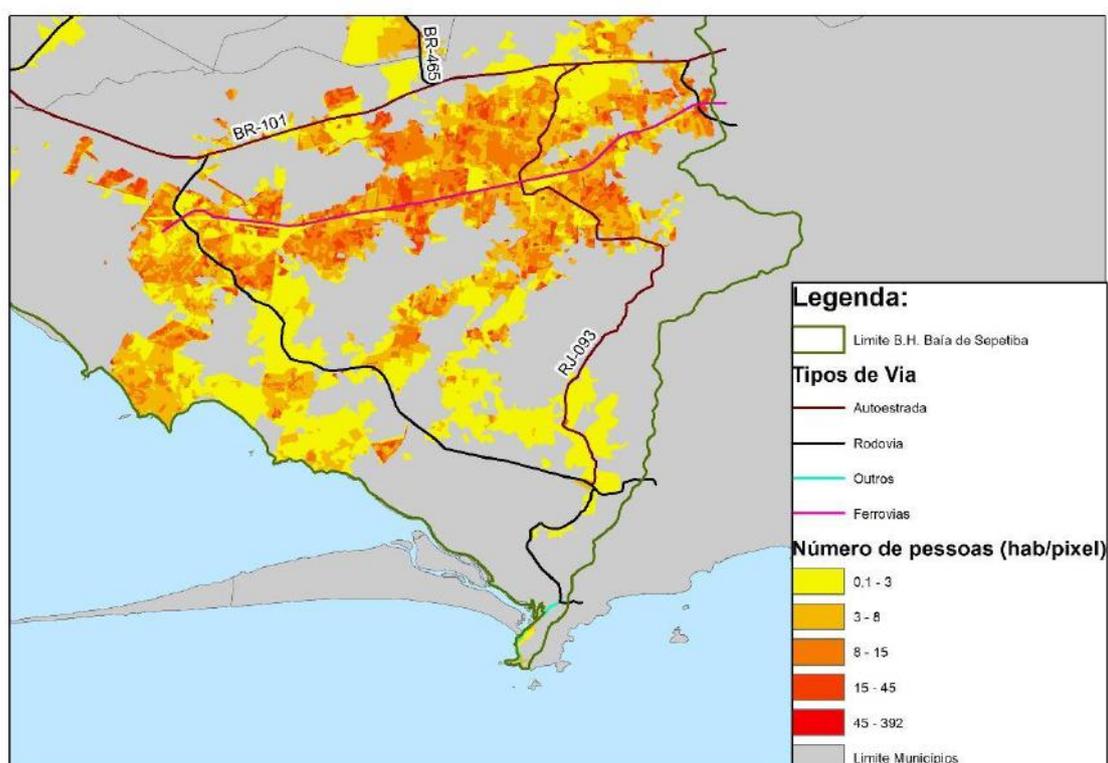
Figura 35: Mapa de pessoas por pixel e trechos rodoviários na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba – RJ.



Fonte: elaboração própria.

Na porção sudeste da bacia hidrográfica, onde estão presentes as maiores concentrações de ocupação populacional, nota-se que elas acompanham rodovias como a BR-101 e RJ-093 e um trecho de ferrovia que corta essa parte da bacia de leste à oeste (Figura 36). A BR-101 é uma rodovia de jurisdição federal que se estende praticamente de norte a sul do país, sempre próxima ao litoral brasileiro, sendo de grande importância. Já a RJ-093 é uma rodovia do estado do Rio de Janeiro que começa no município de Nova Iguaçu e atravessa os municípios de Queimados, Japeri e Paracambi.

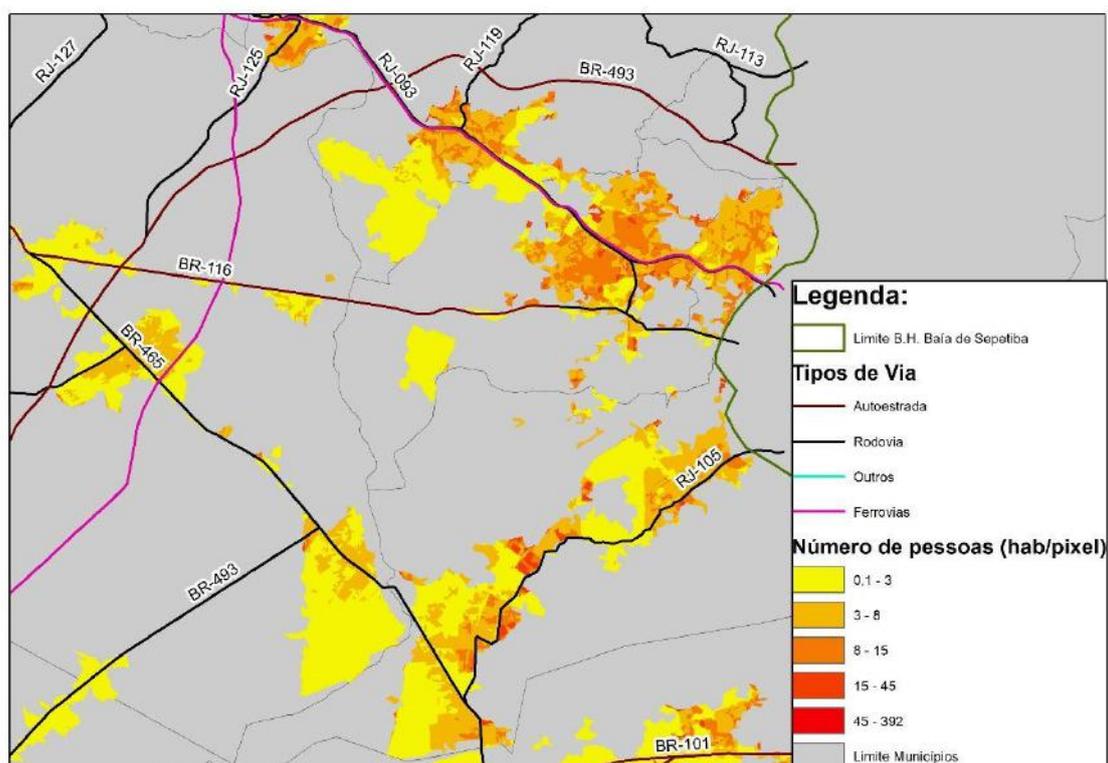
Figura 36: Porção sudeste da bacia hidrográfica e seus respectivos trechos rodoviários.



Fonte: elaboração própria.

É importante ressaltar que as áreas de menor ocupação populacional também estão no entorno ou muito próximas tanto das rodovias quanto das ferrovias. Essas áreas se localizam na parte central da bacia hidrográfica e estão representadas na figura 37.

Figura 37: Porção central da bacia hidrográfica e seus respectivos trechos rodoviários.



Fonte: elaboração própria.

Com a informação de pessoas por pixel, ainda é possível analisar a estimativa de população em outras unidades de análise, como as partes dos municípios e as sub-bacias presentes dentro da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba. Por isso, através da sobreposição da informação de pessoas por pixel e essas unidades territoriais obteve-se um quantitativo de população (Tabela 7):

Tabela 7: Estimativas de população a partir de outras unidades territoriais.

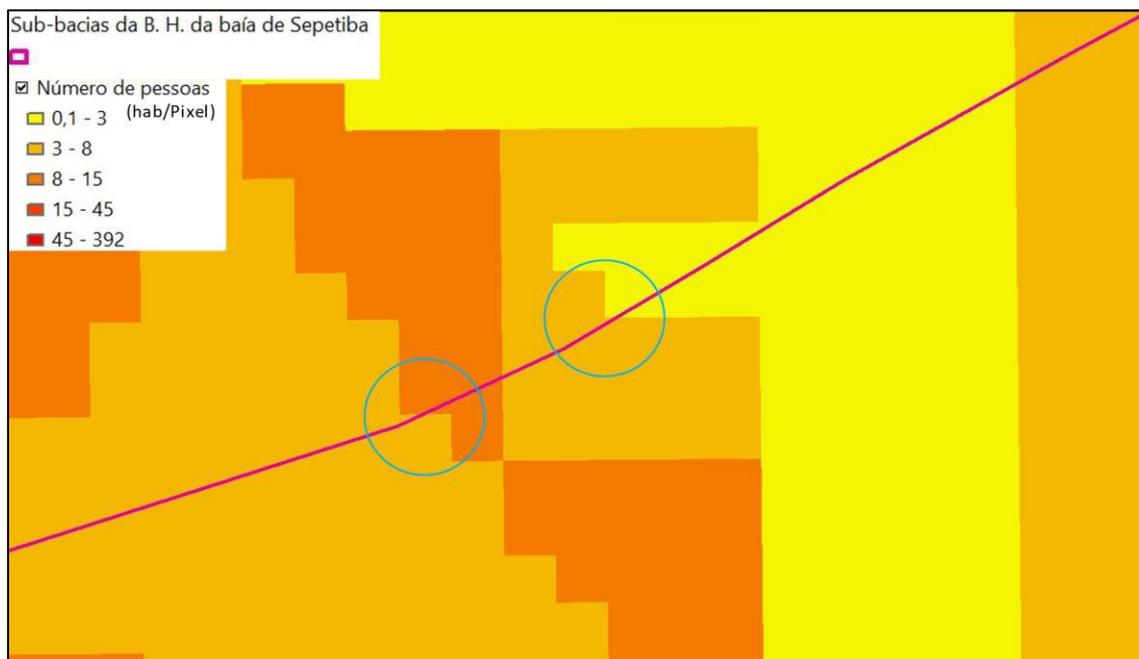
Municípios	Número População (PIP)	Número População (CENSO)	Sub - bacias	Número População (PIP)	Número População (CENSO)
Rio de Janeiro	1.038.566,39	1.048.817,00	CANAL DO GUANDU	485.019,32	510.275,00
Nova Iguaçu	185.069,40	186.651,00	GUANDU (CANAL DE SAO FRANCISCO)	352.797,79	380.183,00
Queimados	135.073,09	137.025,00	CANAL DO ITA	301.420,26	319.568,00
Itaguaí	100.186,01	97.652,00	PIRAQUE OU CABUCU	235.062,60	248.947,00
Japeri	88.937,22	93.252,00	RIO DA GUARDA	125.000,55	138.079,00
Seropédica	69.886,67	77.495,00	PONTO	76.389,57	87.910,00
Paracambi	40.855,77	43.948,00	MACACO	42.716,77	49.080,00
Engenheiro Paulo de Frontin	5.181,23	6.772,00	MAZOMBA	26.148,52	32.039,00
Miguel Pereira	3.113,00	3.577,00	PORTINHO	12.322,80	15.385,00
<b>TOTAL:</b>	<b>1.666.868,78</b>	<b>1.695.189,00</b>	SANTANA	6.768,32	13.389,00
			RIBEIRAO DAS LAJES	3.320,23	18.922,00
			<b>TOTAL:</b>	<b>1.666.966,74</b>	<b>1.813.777,00</b>

Fonte: elaboração própria.

Vale ressaltar que apenas os municípios de Japeri, Paracambi, Queimados e Seropédica estão completamente inseridos na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba. Os outros municípios presentes na tabela 7 estão inseridos parcialmente, por isso, os valores não condizem com o total populacional dos municípios. Com o *People in Pixel* é possível ter uma boa aproximação dos totais populacionais das partes de cada município dentro da bacia hidrográfica. Destacando o município do Rio de Janeiro e a sub-bacia do Canal do Guandu como as maiores estimativas de população e o município de Miguel Pereira e a sub-bacia de Ribeirão das Lajes com as menores estimativas de população.

Nota-se que o total populacional obtido utilizando outras unidades territoriais (municípios e sub-bacias) são diferentes entre si, e ainda, diferente do total mencionado anteriormente na validação do modelo *People in Pixel* (1.667.014 pessoas). Analisando os municípios vê-se uma diferença de aproximadamente 145 pessoas comparado à validação do modelo, já no somatório das sub-bacias a diferença é de aproximadamente 47 pessoas apenas. Isso pode ser explicado pela divergente representação espacial de cada dado. O valor de população por pixel é representado por um conjunto de pixels (uma matriz) e os limites de municípios e das sub-bacias estão representados por linhas. E como dito anteriormente, essas representações não seguem o mesmo padrão de definição e não são 100% compatíveis. Por isso, alguns pixels podem não ter sido contabilizados por não estarem completamente inseridos dentro do limite das unidades territoriais, como se pode ver na figura 38.

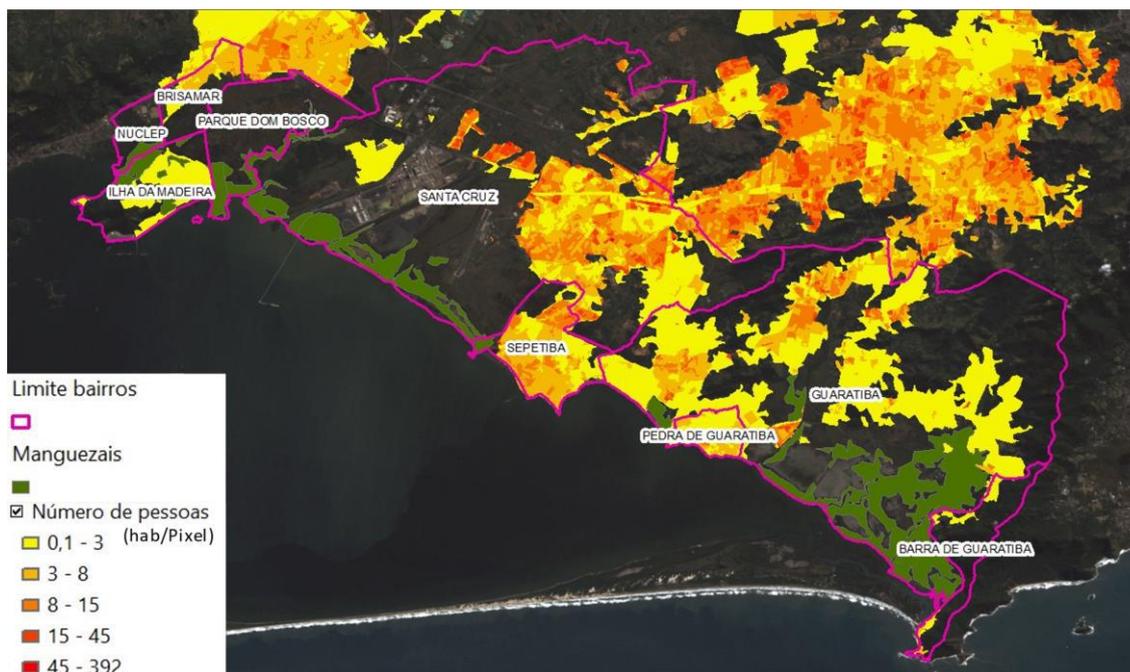
Figura 38: Exemplo das pequenas divergências entre as representações espaciais do limite das sub-bacias e da população por pixel.



Fonte: elaboração própria.

Explorando os resultados também pode-se analisar os valores de população em conjunto com o mapeamento dos manguezais presentes na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba, a partir do mapeamento realizado por Abreu (2010). Na figura 39 estão evidenciados os bairros onde estão inseridos os manguezais presentes na bacia de Sepetiba, que fazem parte dos municípios de Itaguaí (Brisamar, Nuclep, Ilha da Madeira e Parque Dom Bosco) e Rio de Janeiro (Santa Cruz, Sepetiba, Pedra de Guaratiba, Guaratiba e Barra de Guaratiba), além do número de pessoas por pixel.

Figura 39: Cartograma com os limites de bairros onde estão inseridos os manguezais da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba.



Fonte: elaboração própria.

Com a sobreposição da informação de habitantes por pixel e os bairros onde há a presença de mangue, é possível estimar a quantidade de pessoas e sua localização para cada bairro e com isso identificar os bairros com maior e menor concentração de população. A partir da tabela 8 identificou-se que Santa Cruz, Guaratiba e Sepetiba foram os bairros com maior número de habitantes, tanto para os valores encontrados a partir do PIP quanto para os valores do Censo.

Na figura 39 é possível perceber que esses três bairros, apesar de serem mais populosos, exercem diferentes pressões sobre os manguezais. O bairro de Sepetiba, por exemplo, é composto predominantemente por áreas construídas, tendo contato com uma pequena parcela do manguezal apenas em sua extremidade oeste, ao lado do bairro Santa Cruz. Já o bairro de Santa Cruz, por sua vez, abriga o maior número populacional, porém está mais distante dos manguezais, não havendo um contato direto com esse ecossistema. No entanto, é importante ressaltar que a ausência de contato direto não implica necessariamente na ausência de pressão antrópica sobre os manguezais. De fato, isso deve ser um ponto de atenção, uma vez que há a possibilidade de ocorrer expansão populacional e posteriormente remoção da vegetação, resultando em pressões diretas

sobre os manguezais. E ainda seria interessante entender se a possibilidade da densificação populacional poderia causar mais pressão.

O bairro de Guaratiba apresenta características semelhantes aos bairros mencionados anteriormente, com parte da população em contato direto com os manguezais e outra parte mais afastada desse ecossistema. Além disso, ainda pode ser destacado que a mancha de mangue presente no bairro de Sepetiba, situada à oeste do bairro Pedra de Guaratiba, é circundada por habitantes em todo seu entorno. Portanto, mesmo que o bairro de Pedra de Guaratiba não seja um dos mais densamente povoados, ele também está em contato direto com o manguezal em sua porção oeste, contribuindo assim, para a pressão exercida sobre esse ecossistema.

Assim como o município do Rio de Janeiro foi o município de maior estimativa de população, os bairros pertencentes a esse município demonstraram estimativas de habitantes superiores aos bairros do município de Itaguaí. Pode-se ainda destacar que o bairro “Nuclep” do município de Itaguaí foi desconsiderado por conter valor de população abaixo de 1, apesar de conter áreas com manguezal em seu interior.

Tabela 8: Estimativa de população para os bairros onde há presença de manguezais.

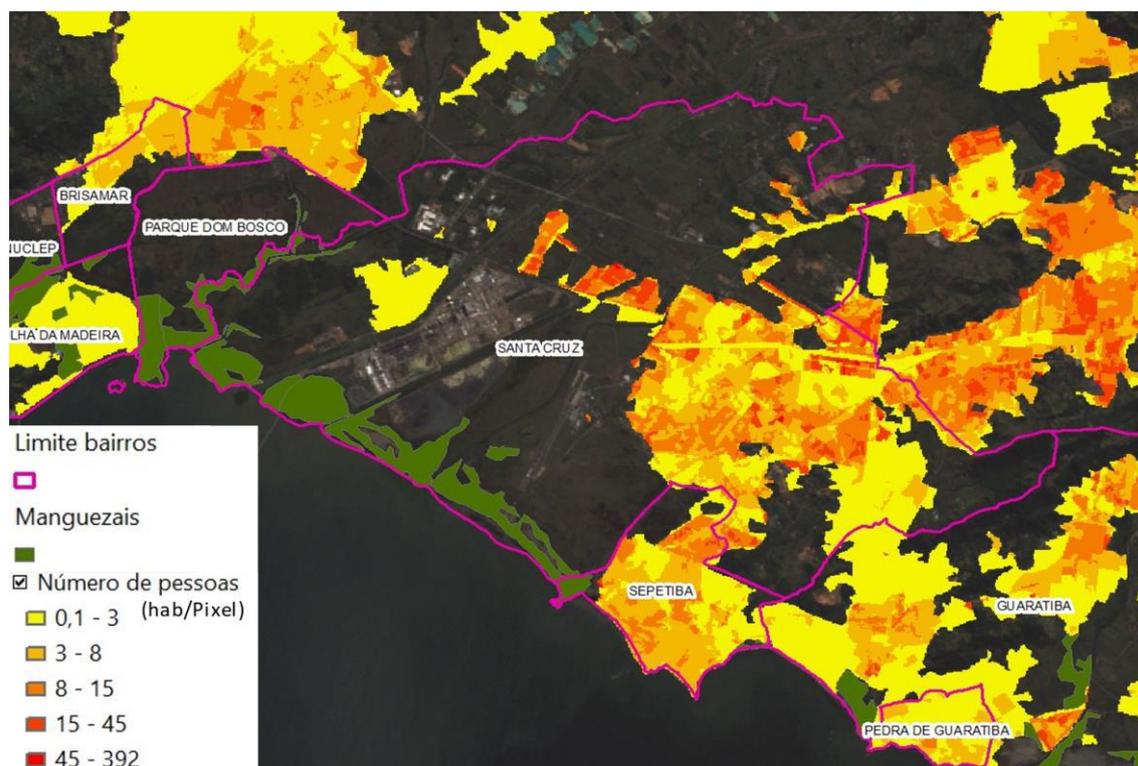
<b>Bairros</b>	<b>Número População (PIP)</b>	<b>Número População (CENSO)</b>
SANTA CRUZ	216.274,85	217.333,00
GUARATIBA	108.271,56	110.049,00
SEPETIBA	55.233,84	56.575,00
BRISAMAR	9.666,60	9.666,60
PEDRA DE GUARATIBA	9.493,06	9.488,00
BARRA DE GUARATIBA	2.641,73	3.577,00
ILHA DA MADEIRA	1.252,80	1.252,80
PARQUE DOM BOSCO	181,06	181,06
<b>TOTAL:</b>	<b>403.015,50</b>	<b>408.122,46</b>

Fonte: Elaboração própria.

Explorando os bairros com maior número de habitantes, a partir da figura 40 é observada a distribuição do número de pessoas por pixel nos bairros de Santa Cruz e

Sepetiba. Percebe-se que Santa Cruz é um bairro com maior extensão territorial que Sepetiba e ainda possui maior concentração de pessoas, atingindo a última classe (45 a 392 hab/pixel) em algumas áreas do bairro. Santa Cruz é um bairro conhecido pelas suas atividades industriais, com a presença de grandes empresas dos ramos siderúrgico e metalúrgico. Uma das empresas de maior porte é a siderúrgica Ternium Brasil (antiga TKCSA) que é responsável pela fabricação e comercialização de placas de aço. Por ser um bairro de atividades industriais fica evidente que essa atividade pode influenciar diretamente no ecossistema manguezal presente na bacia hidrográfica. Já o bairro de Sepetiba apesar de possuir menor extensão territorial e número de pessoas comparado à Santa Cruz e Guaratiba, ele possui maior parte de sua extensão ocupada por população (aproximadamente metade da população presente em Guaratiba), o que pode causar alteração na dinâmica dos manguezais que estão presentes no seu entorno.

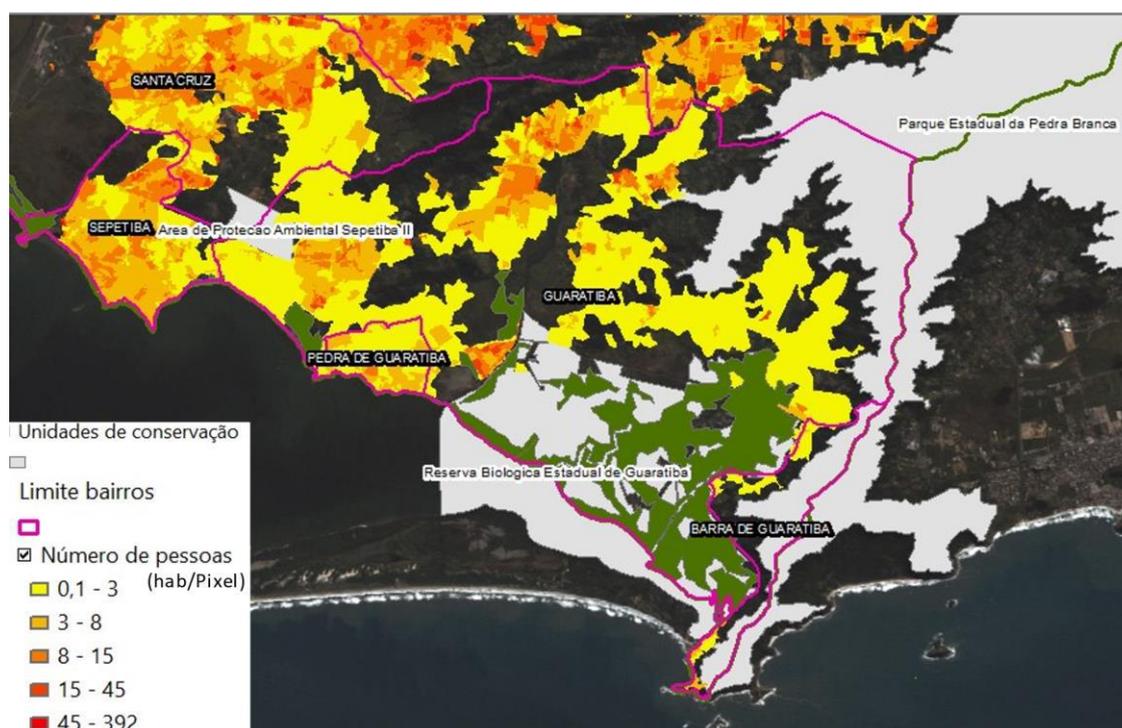
Figura 40: Cartograma com os bairros de Santa Cruz e Sepetiba e a distribuição de pessoas por pixel.



Fonte: elaboração própria.

Nesses bairros com presença de mangue também há unidades de conservação estaduais, como a Reserva Biológica Estadual de Guaratiba, o Parque Estadual da Pedra Branca e a Área de Proteção Ambiental Sepetiba II (Figura 41). A Reserva Biológica e o Parque Estadual são de proteção integral e ocupam parte do bairro de Guaratiba, já o bairro de Barra de Guaratiba é praticamente ocupado pelo Parque Estadual da Pedra Branca. Devido à importância dessas áreas de conservação é importante estimar a quantidade de habitantes presentes nesses bairros e, a partir da tabela 8, sabe-se que Guaratiba (108.271 pessoas) é o segundo bairro com maior número de habitantes, demonstrando assim que esse bairro deve ser analisado com bastante atenção, uma vez que esses habitantes podem gerar alterações na paisagem e na dinâmica dos ecossistemas presentes, principalmente os manguezais.

Figura 41: Cartograma com as unidades de conservação estaduais nos bairros com presença de manguezais.



Fonte: elaboração própria.

#### 4.4. Conclusões:

A metodologia do *People in Pixel* se mostrou eficiente no seu papel de estimar e localizar a população por pixel. Isso é confirmado pela validação, que mostrou uma

diferença de menos de 2% no somatório da população estimada quando comparada com a população contabilizada pelo Censo Demográfico na área de estudo. Além disso, essa metodologia pôde ser aplicada em um limite natural como a bacia hidrográfica juntamente com uma delimitação político-administrativa, mostrando um resultado de estimativa apropriado.

A integração dos dados do mapeamento de intensidades de áreas construídas e do censo demográfico de 2010 permitiu uma visão menos generalizada das ocupações presentes na bacia hidrográfica, algo que não era possível quando esses dados eram analisados separadamente. Com isso, obteve-se a informação da localização e da concentração da população presente nessa área.

A estimativa da população analisada em conjunto com as áreas de manguezais, possibilitou a determinação dos bairros onde havia o maior número de pessoas e onde essas concentrações de habitantes estavam localizadas a partir da sua espacialização. Isso auxilia na identificação de áreas com maior ou menor pressão sobre o ecossistema manguezal, podendo ainda ser replicado para outros ecossistemas que necessitem de atenção para monitoramento e conservação.

No contexto desta pesquisa, destacam-se os bairros de Santa Cruz, Guaratiba e Sepetiba como os bairros de maior concentração de população e que podem influenciar diretamente no funcionamento e estado do ecossistema manguezal da baía de Sepetiba. Esses bairros pertencem ao município do Rio de Janeiro, que também possui a maior quantidade de pessoas em comparação com outros municípios presentes na bacia hidrográfica.

O resultado obtido através do modelo People in Pixel tem diversas aplicabilidades, como por exemplo, o planejamento e gestão de todo o território e em diversas áreas do conhecimento. Na geografia esse modelo é de grande importância, podendo ser associado a outros dados e demandas, como o geomarketing, para determinar áreas prioritárias para novas instalações públicas de saúde, educação, dentre outros. Além disso, esse produto de estimativa e localização da população mostra-se uma ferramenta útil para estudos de análise de pressões antrópicas, uma vez que estas estão diretamente ligadas ao adensamento populacional.

## 5. CAPÍTULO 5 – QUANTIFICAÇÃO DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS A PARTIR DO ÍNDICE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA (ITA)

### 5.1. Introdução:

Desde o início do povoamento no Brasil, as regiões costeiras são alvo de ocupação e posterior expansão da população. Essas expansões, de uma maneira geral, não ocorrem de forma planejada e ordenada. Dessa forma, o crescimento urbano tem ocorrido ocasionando impactos negativos nos ecossistemas não só litorâneos como os ecossistemas em geral. Os impactos em um ambiente ou ecossistema gerados a partir de atividades humanas, que interfiram no funcionamento natural, são chamadas de ação antrópica (SUHOGUSOFF E PILLACKAS, 2007).

Os ecossistemas costeiros, como o manguezal, vêm apresentando destaque como o principal ecossistema que está sendo transformado e degradado, devido a ações que afetam o seu funcionamento (ALMEIDA, 2010). Essas ações se dão por meio da especulação imobiliária, de atividades de uso de seus recursos do mau uso da bacia hidrográfica (SUHOGUSOFF E PILLACKAS, 2007). Segundo Friess *et al.* (2020) a degradação dos manguezais pode acontecer, muitas vezes, por consequência da dependência da população dos recursos que são disponibilizados por esse ecossistema.

De acordo com o exposto, constata-se então que os manguezais estão de fato sofrendo pressões antrópicas ao longo dos anos. E para que possam ser tomadas medidas mais assertivas para a identificação e a recuperação das áreas mais degradadas pela ação humana, se faz necessário quantificar o nível dessa degradação.

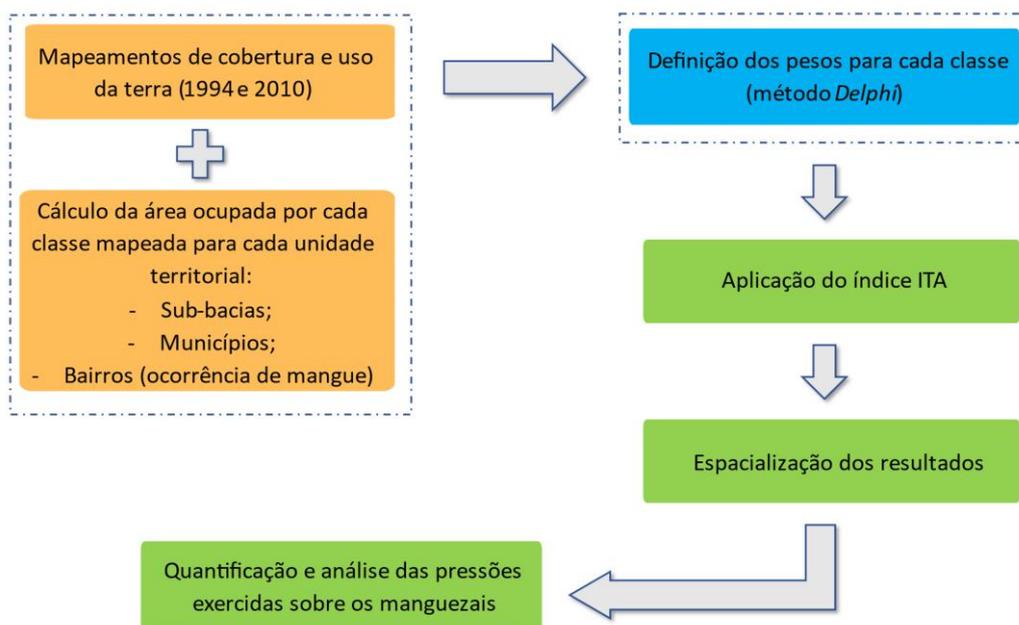
Nesse contexto, o Índice de Transformação Antrópica (ITA), desenvolvido em 1982 por Lèmechev e adaptado por Mateo em 1991, foi criado para determinar essa carga antropogênica que a paisagem sofreu. Esse cálculo é possível a partir do percentual de área ocupada pelos tipos de uso e cobertura da terra presentes na paisagem e do peso, que é determinado de acordo com seu grau de antropização (CRUZ *et al.*, 1998; ROCHA E CRUZ, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2017).

Dessa forma, o objetivo deste capítulo é quantificar as pressões antrópicas exercidas sobre os manguezais presentes na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba nos anos de 1994 e 2010, a partir da realização do Índice de Transformação Antrópica (ITA) e dos mapeamentos de cobertura e uso da terra.

## 5.2. Materiais e métodos:

Para conseguir atingir o objetivo de quantificar as pressões antrópicas exercidas sobre os remanescentes de manguezais da área de estudo, foi necessário realizar as atividades sintetizadas no fluxograma metodológico abaixo (Figura 42), que será detalhado em seguida.

Figura 42: Resumo do fluxograma metodológico utilizado.



Fonte: elaboração própria.

Um dos materiais utilizados para a aplicação do índice ITA foram os mapeamentos de cobertura e uso da terra adaptados para os anos de 1994 e 2010. Esses mapeamentos foram elaborados a partir da combinação dos resultados do capítulo 3, o mapeamento das intensidades de áreas construídas, e do mapeamento de cobertura e uso da terra realizado por Abreu (2010). O cálculo do Índice de Transformação Antrópica (ITA) se dá através da equação 6, onde o USO é a área em valores percentuais ocupada por cada classe de cobertura e uso da terra e o PESO é o valor dado para cada tipo de cobertura e uso da terra, variando de 1 a 10, de acordo com seu grau de transformação antrópica.

Equação 6: Índice de Transformação Antrópica (ITA).

$$\sum \left( \frac{\% USO * PESO}{100} \right)$$

Fonte: Cruz *et al* (1998).

A partir dos mapeamentos de cobertura e uso da terra para cada ano (1994 e 2010), foram calculadas as áreas (em Km<sup>2</sup>) ocupadas por cada classe mapeada de acordo com a unidade territorial analisada. As unidades territoriais utilizadas foram: sub-bacias, municípios e bairros em que havia ocorrência de manguezal.

Após o cálculo das áreas, definiu-se pesos para cada classe mapeada, variando de 1 a 10, a fim de determinar o quanto cada tipo de cobertura e uso da terra é antropizado ou natural. Dessa forma, o peso de valor 1 indica um tipo de cobertura mais natural e o peso de valor 10 indica maior modificação antrópica.

Os pesos foram definidos a partir do método *Delphi*, para o qual foram consultados 17 especialistas com conhecimento em análises da cobertura e uso da terra. A consulta aos especialistas ocorreu por meio de questionários enviados via *Google Forms*. Esses questionários continham um cabeçalho que explicava o objetivo do trabalho e o procedimento de preenchimento. No primeiro questionário enviado havia figuras representativas para cada classe de cobertura e uso da terra, onde o entrevistado deveria preencher com um único valor, de 1 a 10, que melhor representasse o grau de intensidade de antropização daquela classe. Com os resultados do primeiro questionário de cada especialista foi então calculada uma média ponderada dos valores recebidos para as classes de cobertura e uso da terra, onde a ponderação foi dada a partir da quantidade de vezes que o peso foi indicado dentre os 17 especialistas.

No segundo questionário, enviado individualmente, houve a necessidade de esclarecer e explicar as classes de água, eucalipto plantado e vegetação em estágio inicial, pois na definição dos pesos dessas classes houve uma maior discrepância dos valores. Aqui, foi enviado também a média ponderada dos pesos obtidos, o desvio padrão e os pesos que o entrevistado determinou para cada classe, com o intuito do especialista avaliar

se ele gostaria de alterar ou manter algum dos pesos, ou ainda concordar com a média ponderada obtida a partir dos primeiros resultados.

Feitas as duas rodadas do questionário, foram então definidos os pesos para cada classe de cobertura e uso da terra presentes nos mapeamentos de 1994 e 2010 (Tabela 9).

Tabela 9: Tabela com os pesos definidos para cada classe de cobertura e uso da terra.

<b>CLASSES</b>	<b>PESOS</b>
Agricultura	<b>8</b>
Água	<b>3</b>
Alta intensidade de áreas construídas	<b>10</b>
Apicum	<b>1</b>
Baixa intensidade de áreas construídas	<b>8</b>
Floresta	<b>1</b>
Mangue	<b>1</b>
Média intensidade de áreas construídas	<b>9</b>
Pastagem	<b>7</b>
Eucalipto Plantado	<b>7</b>
Solo Exposto	<b>8</b>
Várzea	<b>1</b>
Vegetação em estágio inicial	<b>3</b>

Fonte: elaboração própria.

Com os pesos definidos, foi possível calcular o índice ITA para cada unidade territorial e assim espacializar os resultados obtidos. As classificações usadas para representar os valores de ITA se diferenciam de acordo com a unidade territorial (Tabela 10). Na unidade de bairros com ocorrência de mangue foi utilizada a classificação apresentada por Cruz et al (1998) e para as unidades de municípios e sub-bacias essa classificação foi adaptada baseada numa análise estatística dos valores do índice obtidos a partir do método de classificação de quebras naturais de *Jenks*.

Tabela 10: Classificação utilizada para a espacialização dos resultados da aplicação do índice ITA para cada unidade territorial.

UNIDADE TERRITORIAL: BAIRROS		UNIDADE TERRITORIAL: MUNICÍPIOS E SUB-BACIAS	
Intervalos ITA	Classificação	Intervalos ITA	Classificação
0 a 2,5	Baixa degradação	0 a 2,5	Baixa degradação
2,5 a 5	Média degradação	2,5 a 4	Média-Baixa degradação
5 a 7,5	Alta degradação	4 a 5	Média-Alta degradação
7,5 a 10	Muito Alta degradação	5 a 6,25	Alta-Baixa degradação
		6,25 a 7,5	Alta-Alta degradação
		7,5 a 10	Muito Alta degradação

Fonte: elaboração própria.

### 5.3. Resultados:

Os resultados desse capítulo estão separados em duas partes: os resultados tabelados do índice ITA para cada unidade territorial e para cada ano, e em um segundo momento são demonstrados os resultados do índice espacializados a partir de mapas.

Os primeiros resultados podem então ser representados pelas tabelas 3 e 4, onde estão demonstrados os valores da porcentagem de área ocupada por cada classe em cada sub-bacia e os seus respectivos valores de ITA nos anos de 1994 e 2010.

No ano de 1994 (Tabela 11), a sub-bacia com maior valor do índice ITA é a do Ponto com o valor de 7,01. Nessa sub-bacia, destaca-se a presença das classes de baixa intensidade de áreas construídas (35,30%) e pastagem (33,27%), que possuem pesos 8 e 7, respectivamente, e ocupam as maiores proporções. A segunda sub-bacia com maior valor é o Canal do Ita com valor do índice de 5,82, uma diferença de 1,19 para a sub-bacia do Ponto. As classes de pastagem (38,40%) e várzea (20,19%), com pesos 7 e 1, respectivamente, apresentam as maiores porcentagens de ocupação nessa sub-bacia.

As sub-bacias do Rio da Guarda, Canal do Guandu e Guandu tiveram valores do índice ITA bem próximos ao valor obtido para o Canal do Ita, e a classe de pastagem se manteve como a classe de maior ocupação dessas sub-bacias. Além disso, é importante destacar que as sub-bacias de São Pedro e a Contribuintes da Represa de Ribeirão das Lajes apresentam os menores valores do índice, com 2,40 e 2,54 respectivamente. A

classe de maior ocupação dessas sub-bacias é a classe floresta (peso 1), ocupando aproximadamente 70% dessas sub-bacias.

A sub-bacia com maior área ocupada pela classe manguezal é a do Portinho, ocupando 22,85% da área da sub-bacia. No entanto, seu valor do índice ITA é de 3,09, o terceiro menor valor do índice entre as sub-bacias analisadas. Além da classe manguezal, esta sub-bacia possui como classes predominantes as classes de floresta e pastagem.

Tabela 11: Tabela com as informações de área por classe e resultados do ITA por sub-bacias para o ano de 1994.

1994		Área ocupada (%)													ITA
SUB-BACIAS	AREA KM²	Agricultura	Água	Alta intensidade de áreas construídas	Apicum	Baixa intensidade de áreas construídas	Floresta	Mangue	Média intensidade de áreas construídas	Pastagem	Eucalipto Plantado	Solo Exposto	Várzea	Vegetação em estágio inicial	
<b>PONTO</b>	29,20	0,00	0,00	5,11	0,00	35,30	10,34	0,00	12,41	33,27	0,00	0,60	0,54	2,44	<b>7,01</b>
<b>CANAL DO ITA</b>	97,21	2,80	0,17	3,10	1,58	15,28	1,93	3,75	10,55	38,40	0,00	1,48	20,19	0,78	<b>5,82</b>
<b>RIO DA GUARDA</b>	334,49	0,84	0,27	0,40	0,00	5,92	10,38	1,27	1,92	64,46	2,21	1,55	10,17	0,62	<b>5,79</b>
<b>CANAL DO GUANDU</b>	174,94	1,19	0,15	2,50	0,04	19,62	16,57	1,11	10,67	33,56	0,11	0,41	11,26	2,82	<b>5,64</b>
<b>GUANDU (CANAL DE SAO FRANCISCO)</b>	323,14	0,02	0,54	0,81	0,00	12,44	17,35	0,24	2,96	55,74	0,37	0,08	7,81	1,63	<b>5,60</b>
<b>PIRAQUE OU CABUCU</b>	108,03	0,00	0,00	1,00	2,36	21,70	31,72	2,50	6,91	29,23	0,07	0,24	2,76	1,53	<b>4,97</b>
<b>RIBEIRAO DAS LAJES</b>	266,84	0,00	0,47	0,00	0,00	0,07	39,81	0,00	0,04	54,76	0,00	0,00	3,17	1,67	<b>4,34</b>
<b>SANTANA</b>	320,18	0,00	0,00	0,03	0,00	0,14	54,74	0,00	0,05	40,66	0,00	0,00	4,37	0,00	<b>3,46</b>
<b>MACACO</b>	73,08	0,00	0,00	0,46	0,00	2,27	61,75	0,00	1,74	32,57	0,00	0,00	0,31	0,89	<b>3,31</b>
<b>MAZOMBA</b>	95,62	1,50	0,16	1,01	0,00	8,12	52,62	3,30	2,36	19,58	0,00	0,23	10,51	0,61	<b>3,16</b>
<b>PORTINHO</b>	63,27	0,00	0,09	0,17	7,37	11,52	36,97	22,85	0,43	20,54	0,00	0,00	0,08	0,00	<b>3,09</b>
<b>CONTRIBUINTES A REPRESA DE RIBEIRAO DAS LAJES</b>	315,19	0,00	6,83	0,00	0,00	0,00	69,67	0,00	0,00	23,41	0,00	0,00	0,00	0,09	<b>2,54</b>
<b>SAO PEDRO</b>	92,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	72,81	0,00	0,00	23,38	0,00	0,00	3,82	0,00	<b>2,40</b>

Fonte: elaboração própria.

Na tabela 12 estão demonstrados os valores do índice ITA para o ano de 2010. A sub-bacia de maior valor de ITA se manteve a mesma do ano de 1994, a sub-bacia do Ponto, com valor de 7,25 de índice. Além das classes de baixa intensidade de áreas construídas e pastagem, a classe de média intensidade de área construída (peso 9) também apresentou alta porcentagem de ocupação, alcançando 23,30% em relação às outras classes mapeadas.

Em segundo lugar está a sub-bacia do Rio da Guarda, com índice de 5,90, seguida pela sub-bacia do Canal do Ita, com índice ITA no valor de 5,89. Em comparação com 1994, nota-se que essas duas posições se inverteram de colocação de um ano para o outro. As classes de maior ocupação na sub-bacia do Rio da Guarda foram as classes de pastagem (peso 7) e várzea (peso 1), enquanto na sub-bacia do Canal do Ita as classes de eucalipto plantado (peso 7), Várzea (peso 1) e pastagem (peso 7).

Nas sub-bacias de menor valor do índice, a sub-bacia São Pedro, Contribuintes da Represa de Ribeirão das Lajes e Portinho mantiveram-se com os menores valores de índice ITA, porém com valores diferentes do apresentado em 1994. A sub-bacia do Portinho teve uma diminuição de 0,2 no índice apresentado em 2010. Já as sub-bacias São Pedro e Contribuintes da Represa de Ribeirão das Lajes tiveram um aumento de 0,02 e 0,38 no valor do índice ITA, respectivamente. Vale destacar que, para essas três últimas sub-bacias citadas, a classe de floresta (peso 1) se manteve como a classe de maior ocupação, embora com porcentagens diferentes em comparação com 1994.

Assim como em 1994, a sub-bacia com maior área ocupada pela classe manguezal foi a sub-bacia do Portinho. Porém o valor da área ocupada por essa classe diminuiu para 22,75%, uma diferença de 0,10% comparado ao ano de 1994.

Tabela 12: Tabela com as informações de área por classe e resultados do ITA por sub-bacias para o ano de 2010.

2010		Área ocupada (%)													ITA
SUB-BACIAS	AREA KM²	Agricultura	Água	Alta intensidade de áreas construídas	Apicum	Baixa intensidade de áreas construídas	Floresta	Mangue	Média intensidade de áreas construídas	Pastagem	Eucalipto Plantado	Solo Exposto	Várzea	Vegetação em estágio inicial	
PONTO	29,17	0,00	0,16	2,42	0,00	42,46	6,68	2,53	23,34	18,74	0,00	0,00	0,53	3,14	<b>7,25</b>
RIO DA GUARDA	334,47	1,43	1,40	0,26	0,00	8,73	9,66	0,83	4,10	54,63	2,49	5,13	10,16	1,18	<b>5,90</b>
CANAL DO ITA	97,24	0,51	0,55	5,10	0,01	16,01	0,00	2,29	3,45	19,74	28,77	0,21	20,11	3,24	<b>5,89</b>
CANAL DO GUANDU	175,00	1,74	0,07	5,02	0,07	16,89	18,40	1,01	18,39	24,70	0,06	0,48	11,22	1,95	<b>5,79</b>
GUANDU (CANAL DE SAO FRANCISCO)	323,19	0,23	1,06	0,35	0,02	13,76	17,01	0,11	8,05	48,27	0,76	0,04	7,78	2,56	<b>5,67</b>
PIRAQUE OU CABUCU	107,91	0,02	0,27	2,30	2,75	21,42	32,89	1,67	14,61	19,31	0,00	0,26	2,73	1,77	<b>5,09</b>
RIBEIRAO DAS LAJES	266,84	0,02	1,06	0,00	0,00	0,03	35,97	0,00	0,05	58,56	0,03	0,00	3,18	1,09	<b>4,57</b>
SANTANA	320,18	0,03	0,01	0,01	0,00	0,56	48,77	0,00	0,13	43,88	0,07	0,00	4,37	2,17	<b>3,73</b>
MACACO	73,08	0,11	0,02	0,15	0,00	4,71	58,88	0,00	3,30	30,52	0,07	0,00	0,31	1,92	<b>3,49</b>
MAZOMBA	95,71	3,55	0,20	0,28	0,00	9,84	49,87	3,07	4,27	17,89	0,00	0,16	10,49	0,39	<b>3,40</b>
PORTINHO	63,04	0,36	0,23	0,08	11,17	19,03	36,62	22,75	0,87	6,89	0,00	0,00	0,07	1,94	<b>2,89</b>
CONTRIBUINTES A REPRESA DE RIBEIRAO DAS LAJES	315,19	0,00	7,45	0,00	0,00	0,00	63,48	0,00	0,00	28,83	0,00	0,00	0,00	0,25	<b>2,88</b>
SAO PEDRO	92,29	2,15	0,00	0,00	0,00	0,00	72,12	0,00	0,00	20,80	0,00	0,00	3,82	1,11	<b>2,42</b>

Fonte: elaboração própria.

Já na tabela 13 estão expostos os valores da variação percentual dos valores do índice ITA entre os anos de 1994 e 2010 para as unidades territoriais das sub-bacias. As variações em vermelho indicam que houve um aumento do valor do índice de 1994 para 2010 e a variação em verde indica a diminuição do valor do índice. De uma maneira geral, as variações percentuais de aumento do índice não se mostraram tão expressivas, com valores abaixo de 10%. Porém, destaca-se a sub-bacia dos Contribuintes da Represa de Ribeirão das Lajes com uma variação percentual de 11,81%, a mais alta entre todas as sub-bacias. A sub-bacia do Portinho apresentou uma variação percentual negativa, ou seja, houve uma diminuição do índice ITA em 6,90% do ano de 1994 para 2010. Essa diminuição pode ser justificada pela diminuição da porcentagem de 20,54% em 1994 para 6,89% em 2010 da classe de pastagem (peso 7).

Tabela 13: Tabela com a variação percentual de ITA entre os anos de 1994 e 2010 para unidade de sub-bacias.

SUB-BACIAS	ITA		
	1994	2010	Varição (%)
CANAL DO GUANDU	5,64	5,79	2,47%
CANAL DO ITA	5,82	5,89	1,32%
GUANDU (CANAL DE SAO FRANCISCO)	5,60	5,67	1,30%
MACACO	3,31	3,49	5,10%
MAZOMBA	3,16	3,40	7,08%
PIRAQUE OU CABUCU	4,97	5,09	2,53%
PONTO	7,01	7,25	3,29%
PORTINHO	3,09	2,89	-6,90%
RIBEIRAO DAS LAJES	4,34	4,57	5,03%
RIO DA GUARDA	5,79	5,90	1,90%
SANTANA	3,46	3,73	7,40%
SAO PEDRO	2,40	2,42	0,77%
CONTRIB. REPRESA DE RIBEIRAO DAS LAJES	2,54	2,88	11,81%

Fonte: elaboração própria.

Já para a unidade territorial dos municípios, nas tabelas 14 e 15 estão representados os valores do percentual de área ocupada por classe e os valores do índice ITA para cada município. Vale ressaltar que nem todos os municípios estão totalmente inseridos na bacia hidrográfica: apenas os municípios de Japeri, Paracambi, Queimados e Seropédica estão totalmente inseridos. Portanto, nos municípios que estão parcialmente inseridos na bacia hidrográfica, foram considerados para o cálculo do índice somente as áreas que estavam inseridas dentro da mesma, desconsiderando as áreas que estavam fora do limite da bacia.

Para o ano de 1994 (Tabela 14) os municípios com maior valor de ITA foram Japeri e Queimados com valores de 6,32 e 6,31, respectivamente. Esses dois municípios tiveram valores muito próximos do índice ITA e possuem a mesma classe de maior ocupação: a classe de pastagem (peso 7). Os dois municípios que tiveram os menores valores de ITA foram Rio Claro e Engenheiro Paulo de Frontin, com valores de 2,55 e 2,45, respectivamente. Da mesma forma, a classe de maior ocupação nesses dois municípios foi a mesma, a classe de floresta (peso 1), ocupando aproximadamente 70% dos dois municípios.

Analisando especificamente a classe de mangue, nota-se que os municípios do Rio de Janeiro e Itaguaí são os únicos municípios com presença dessa cobertura, uma vez que são os municípios da bacia hidrográfica que estão no litoral. O Rio de Janeiro tem 5,93% da sua área dentro da bacia ocupada por essa classe, enquanto Itaguaí possui apenas 1,64% de ocupação de mangue, também considerando a parte de seu território que se encontra no interior da bacia.

Tabela 14: Tabela com as informações de área por classe e resultados do ITA por municípios para o ano de 1994.

MUNICÍPIOS	AREA KM²	Agricultura	Água	Alta intensidade de áreas construídas	Apicum	Baixa intensidade de áreas construídas	Floresta	Mangue	Média intensidade de áreas construídas	Pastagem	Eucalipto Plantado	Solo Exposto	Várzea	Vegetação em estágio inicial	ITA
Japerí	81,67	0,00	0,03	0,03	0,00	11,60	6,35	0,00	4,28	69,00	0,00	0,08	7,91	0,71	6,32
Queimados	75,91	0,00	0,14	0,15	0,00	10,16	3,27	0,00	9,90	62,50	0,00	0,09	11,87	1,91	6,31
Seropédica	265,09	0,44	0,53	0,01	0,00	5,14	7,67	0,00	1,55	72,83	2,76	1,72	7,16	0,20	6,19
Rio de Janeiro	446,88	1,09	0,21	0,41	1,97	13,46	17,13	5,93	14,45	31,21	0,06	0,66	11,54	1,88	5,18
Itaguaí	258,87	1,19	0,06	0,20	0,00	5,25	35,71	1,64	5,10	39,81	0,03	0,16	9,90	0,95	4,30
Vassouras	9,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,09	0,00	0,00	54,91	0,00	0,00	0,00	0,00	4,29
Paracambi	190,34	0,00	0,14	0,00	0,00	0,74	39,92	0,00	0,87	51,06	0,00	0,00	6,39	0,87	4,21
Nova Iguaçu	259,43	0,00	0,28	0,02	0,00	8,67	48,61	0,00	3,03	33,88	0,47	0,08	3,18	1,77	3,96
Piraí	109,19	0,00	1,97	0,00	0,00	0,00	52,47	0,00	0,00	44,44	0,00	0,00	0,09	1,02	3,73
Miguel Pereira	250,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	57,56	0,00	0,12	40,81	0,00	0,00	1,37	0,00	3,47
Rio Claro	304,61	0,00	6,67	0,00	0,00	0,00	69,71	0,00	0,00	23,52	0,00	0,00	0,00	0,10	2,55
Engenheiro Paulo de Frontin	38,92	0,00	0,00	0,01	0,00	0,64	69,29	0,00	0,39	22,62	0,00	0,00	6,26	0,79	2,45

Fonte: elaboração própria.

Para o ano de 2010 (Tabela 15) o município de Queimados teve o maior valor de ITA com 6,50 e Japeri veio logo em seguida com 6,42. A classe de maior ocupação se manteve: foi a classe de pastagem (peso 7), porém com um percentual menor do que em 1994. Para o município de Queimados houve também um aumento do percentual da classe de média intensidade de áreas construídas: em 1994 ocupava 9,90% de área e em 2010 passou a ocupar 14,55%. Essa diferença do percentual de ocupação pode ter contribuído para o aumento do índice ITA para esse município, uma vez que o peso definido para esta classe foi 9.

Os municípios com os menores valores de ITA também se mantiveram, porém com um aumento de valor. Rio Claro apresentou um valor de 2,92 e Engenheiro Paulo de Frontin um valor de 2,65. O aumento do índice para esses municípios pode ser justificado pelo aumento da classe de pastagem, que possui peso 7, e pela diminuição da classe de floresta, com peso 1.

Tabela 15: Tabela com as informações de área por classe e resultados do ITA por municípios para o ano de 2010.

2010		Área ocupada (%)													ITA
MUNICÍPIOS	AREA KM <sup>2</sup>	Agricultura	Água	Alta intensidade de áreas construídas	Apicum	Baixa intensidade de áreas construídas	Floresta	Mangue	Média intensidade de áreas construídas	Pastagem	Eucalipto Plantado	Solo Exposto	Várzea	Vegetação em estágio inicial	
Queimados	75,91	0,00	0,25	0,87	0,00	13,23	3,21	0,00	14,55	55,11	0,12	0,00	11,86	0,80	<b>6,50</b>
Japeri	81,67	2,49	0,43	0,08	0,00	15,73	5,24	0,00	6,48	59,22	0,00	0,15	7,87	2,30	<b>6,42</b>
Seropédica	265,09	0,99	1,80	0,12	0,00	8,09	6,71	0,00	2,77	62,89	3,14	5,88	7,17	0,43	<b>6,29</b>
Rio de Janeiro	446,66	0,95	0,53	3,68	2,28	18,64	17,91	5,40	15,69	20,81	0,02	0,30	11,50	2,28	<b>5,28</b>
Vassouras	9,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,64	0,00	0,00	60,31	0,00	0,00	0,00	1,06	<b>4,64</b>
Itaguaí	258,96	2,02	0,42	0,34	0,00	9,35	33,19	1,48	4,73	37,19	0,00	0,66	9,88	0,74	<b>4,51</b>
Paracambi	190,34	0,09	0,51	0,05	0,00	1,51	36,98	0,00	1,22	51,49	0,04	0,00	6,40	1,70	<b>4,35</b>
Nova Iguaçu	259,43	0,23	0,43	0,36	0,00	9,32	48,31	0,00	4,81	29,19	0,91	0,00	3,14	3,30	<b>3,97</b>
Piraí	109,19	0,00	2,68	0,00	0,00	0,00	49,23	0,00	0,00	46,45	0,06	0,00	0,09	1,49	<b>3,87</b>
Miguel Pereira	250,57	0,03	0,01	0,00	0,00	0,59	51,39	0,00	0,11	44,19	0,09	0,00	1,37	2,23	<b>3,75</b>
Rio Claro	304,61	0,00	7,22	0,00	0,00	0,00	63,01	0,00	0,00	29,54	0,00	0,00	0,00	0,23	<b>2,92</b>
Engenheiro Paulo de Frontin	38,92	0,00	0,00	0,05	0,00	1,63	65,59	0,00	0,59	24,07	0,00	0,00	6,26	1,81	<b>2,65</b>

Fonte: elaboração própria.

Na tabela 16 estão explicitadas as variações percentuais do índice ITA para a unidade territorial de municípios. Percebe-se que o município de Nova Iguaçu teve uma variação percentual de 0,17% apenas, o que demonstra um valor insignificante comparado aos outros municípios analisados. Assim como em 1994, de uma maneira geral, as variações percentuais não apresentaram valores tão altos. Porém, vale destacar o município de Rio Claro que teve a maior variação percentual, apresentando 12,82% de aumento do índice de 1994 para 2010.

Tabela 16: Tabela com a variação percentual de ITA entre os anos de 1994 e 2010 para unidade de municípios.

MUNICÍPIOS	ITA		Variação (%)
	1994	2010	
Engenheiro Paulo de Frontin	2,45	2,65	7,42%
Itaguaí	4,30	4,51	4,59%
Japeri	6,32	6,42	1,58%
Miguel Pereira	3,47	3,75	7,61%
Nova Iguaçu	3,96	3,97	0,17%
Paracambi	4,21	4,35	3,34%
Piraí	3,73	3,87	3,81%
Queimados	6,31	6,50	2,91%
Rio Claro	2,55	2,92	12,82%
Rio de Janeiro	5,18	5,28	2,06%
Seropédica	6,19	6,29	1,61%
Vassouras	4,29	4,64	7,44%

Fonte: elaboração própria.

Os bairros com ocorrência de manguezal também foram analisados da mesma maneira que as unidades territoriais das sub-bacias e dos municípios. É importante ressaltar que o bairro Nuclep ocupa uma área de parque industrial pertencente à NUCLEP (Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A.). Neste parque são produzidos equipamentos pesados e estratégicos para diversos setores da indústria. Sua entrada é na divisa com o bairro de Brisamar, porém não faz parte desse bairro.

Para o ano de 1994 (Tabela 17) os dois bairros com maior índice ITA foram Pedra de Guaratiba e Sepetiba, com valor do ITA de 7,65 e 7,20, respectivamente. A classe de maior ocupação nesses dois bairros foi a de baixa intensidade de áreas construídas (peso 8). Já os bairros com o menor índice para esse ano foram Parque Dom Bosco e Barra de Guaratiba com valores de 1,27 e 2,64, respectivamente. O bairro Parque Dom Bosco teve aproximadamente 80% da sua área ocupada pela classe várzea (peso 1), já o bairro de Barra de Guaratiba teve como maior ocupação a classe de floresta, com aproximadamente 68% da área ocupada.

Cabe ressaltar que o bairro com maior porcentagem da classe mangue (peso 1) está representado pelo bairro Nuclep com 36,59% de sua área ocupada. Mas é importante mencionar que a área total desse bairro é de apenas 1,43km<sup>2</sup>, um valor muito baixo comparado aos outros bairros. Portanto, a partir da tabela 18 que possui valores de área ocupada em km<sup>2</sup>, nota-se que o bairro com maior ocupação da classe mangue é Guaratiba, ocupando uma área de 16,72km<sup>2</sup>.

Tabela 17: Tabela com as informações de área em porcentagem por classe e resultados do ITA por bairros com ocorrência de manguezal para o ano de 1994.

1994		Área ocupada (%)													ITA
BAIRROS	AREA KM <sup>2</sup>	Agricultura	Água	Alta intensidade de áreas construídas	Apicum	Baixa intensidade de áreas construídas	Floresta	Mangue	Média intensidade de áreas construídas	Pastagem	Eucalipto Plantado	Solo Exposto	Várzea	Vegetação em estágio inicial	
PEDRA DE GUARATIBA	3,52	0,00	0,00	0,01	0,00	43,03	9,10	0,00	38,46	9,41	0,00	0,00	0,00	0,00	7,65
SEPETIBA	11,52	0,00	0,00	0,00	0,20	31,88	2,57	2,67	26,68	30,55	0,00	0,00	5,33	0,13	7,20
BRISAMAR	5,66	0,00	0,00	0,32	0,00	29,41	0,00	0,08	19,96	3,45	0,00	0,00	46,78	0,00	4,89
ILHA DA MADEIRA	10,03	0,00	1,60	0,59	0,00	7,80	23,67	15,87	29,02	8,89	0,00	2,21	10,35	0,00	4,64
SANTA CRUZ	123,31	3,96	0,57	0,44	1,27	8,55	1,98	7,31	8,51	29,66	0,00	1,15	34,18	2,40	4,52
GUARATIBA	119,00	0,00	0,05	0,11	6,06	17,87	25,08	14,05	4,94	28,19	0,00	0,00	2,56	1,10	4,37
NUCLEP	1,43	0,00	0,00	0,23	0,00	1,93	0,83	36,59	6,50	25,56	0,00	0,00	28,58	0,00	3,21
BARRA DE GUARATIBA	8,32	0,00	0,00	0,00	0,00	2,71	68,45	4,82	0,48	23,54	0,00	0,00	0,00	0,00	2,64
PARQUE DOM BOSCO	13,48	0,74	0,00	0,00	0,00	1,13	0,00	15,61	0,04	2,30	0,00	0,00	80,19	0,00	1,27

Fonte: elaboração própria

Tabela 18: Tabela com as informações de área em km<sup>2</sup> por classe e resultados do ITA por bairros com ocorrência de manguezal para o ano de 1994.

1994		Área ocupada (km <sup>2</sup> )													ITA
BAIROS	AREA KM <sup>2</sup>	Agricultura	Água	Alta intensidade de áreas construídas	Apicum	Baixa intensidade de áreas construídas	Floresta	Mangue	Média intensidade de áreas construídas	Pastagem	Reflorestamento Eucalipto	Solo Exposto	Várzea	Vegetação em estágio inicial	
PEDRA DE GUARATIBA	3,52	0,00	0,00	0,00	0,00	1,51	0,32	0,00	1,35	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>7,65</b>
SEPETIBA	11,52	0,00	0,00	0,00	0,02	3,67	0,30	0,31	3,07	3,52	0,00	0,00	0,61	0,02	<b>7,20</b>
BRISAMAR	5,66	0,00	0,00	0,02	0,00	1,66	0,00	0,00	1,13	0,20	0,00	0,00	2,65	0,00	<b>4,89</b>
ILHA DA MADEIRA	10,03	0,00	0,16	0,06	0,00	0,78	2,37	1,59	2,91	0,89	0,00	0,22	1,04	0,00	<b>4,64</b>
SANTA CRUZ	123,31	4,89	0,71	0,55	1,57	10,54	2,44	9,01	10,49	36,58	0,00	1,42	42,15	2,96	<b>4,52</b>
GUARATIBA	119,00	0,00	0,06	0,13	7,21	21,27	29,85	16,72	5,88	33,55	0,00	0,00	3,04	1,31	<b>4,37</b>
NUCLEP	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,52	0,09	0,37	0,00	0,00	0,41	0,00	<b>3,21</b>
BARRA DE GUARATIBA	8,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	5,70	0,40	0,04	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>2,64</b>
PARQUE DOM BOSCO	13,48	0,10	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	2,10	0,01	0,31	0,00	0,00	10,81	0,00	<b>1,27</b>

Fonte: elaboração própria.

Com o auxílio da tabela 19, foi possível perceber que os bairros Pedra de Guaratiba e Sepetiba se mantiveram nos dois primeiros lugares com os maiores valores do índice ITA. Ambos os bairros mantiveram a classe de baixa intensidade de área construída (peso 8) como a classe de maior ocupação. O bairro Parque Dom Bosco permaneceu na última posição, com o valor mais baixo do índice.

Houve uma inversão das posições dos bairros de Barra de Guaratiba e Nuclep, ou seja, houve uma diminuição do índice ITA para o bairro Nuclep e aumento do índice ITA para o bairro Barra de Guaratiba. O aumento de aproximadamente 13% da ocupação da classe de baixa intensidade de áreas construídas (peso 8) pode justificar esse aumento do índice ITA registrado em 2010.

Além disso, o aumento da classe floresta no bairro Nuclep, de aproximadamente 22%, juntamente com a diminuição de aproximadamente na classe de pastagem, pode justificar a redução do índice ITA em 2010, uma vez que essas classes possuem pesos 1 e 7, respectivamente.

Como mencionado anteriormente, apesar do bairro Nuclep ter a maior porcentagem de ocupação comparado aos outros bairros, ao analisarmos a área ocupada em km<sup>2</sup> da classe mangue (peso 1) nota-se que o bairro de Guaratiba é o bairro que possui maior área ocupada pela classe (Tabela 20).

Tabela 19: Tabela com as informações de área em porcentagem por classe e resultados do ITA por bairros com ocorrência de manguezal para o ano de 2010.

2010		Área ocupada (%)													ITA
BAIROS	AREA KM <sup>2</sup>	Agricultura	Água	Alta intensidade de áreas construídas	Apicum	Baixa intensidade de áreas construídas	Floresta	Mangue	Média intensidade de áreas construídas	Pastagem	Eucalipto Plantado	Solo Exposto	Várzea	Vegetação em estágio inicial	
PEDRA DE GUARATIBA	3,52	0,00	0,00	0,79	0,00	63,25	0,45	0,03	35,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>8,34</b>
SEPETIBA	11,50	0,00	0,34	6,26	0,00	32,68	0,00	3,07	41,31	10,66	0,00	0,00	5,19	0,49	<b>7,81</b>
BRISAMAR	5,66	0,00	0,00	0,00	0,00	36,76	0,36	0,02	16,42	0,01	0,00	0,00	46,43	0,00	<b>4,89</b>
ILHA DA MADEIRA	10,08	0,00	1,86	2,65	0,00	23,44	23,16	14,19	17,53	5,32	0,00	1,52	10,33	0,00	<b>4,74</b>
SANTA CRUZ	123,46	2,45	1,54	2,69	0,16	12,84	2,35	5,55	10,59	24,40	0,00	0,33	34,08	3,01	<b>4,74</b>
GUARATIBA	118,61	0,21	0,37	0,36	8,36	26,90	24,48	14,02	6,85	14,72	0,00	0,00	2,53	1,19	<b>4,39</b>
BARRA DE GUARATIBA	8,35	0,00	0,02	0,00	1,18	15,72	71,47	1,43	1,18	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>2,73</b>
NUCLEP	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	5,72	23,16	37,74	4,67	0,03	0,00	0,00	28,67	0,00	<b>1,78</b>
PARQUE DOM BOSCO	13,49	0,00	0,51	0,00	0,00	0,37	0,48	14,36	0,14	3,93	0,00	0,00	80,20	0,00	<b>1,28</b>

Fonte: elaboração própria

Tabela 20: Tabela com as informações de área em km<sup>2</sup> por classe e resultados do ITA por bairros com ocorrência de manguezal para o ano de 2010.

2010		Área ocupada (km <sup>2</sup> )													ITA
BAIRROS	AREA KM <sup>2</sup>	Agricultura	Água	Alta intensidade de áreas construídas	Apicum	Baixa intensidade de áreas construídas	Floresta	Mangue	Média intensidade de áreas construídas	Pastagem	Eucalipto Plantado	Solo Exposto	Várzea	Vegetação em estágio inicial	
PEDRA DE GUARATIBA	3,52	0,00	0,00	0,03	0,00	2,22	0,02	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>8,34</b>
SEPETIBA	11,50	0,00	0,04	0,72	0,00	3,76	0,00	0,35	4,75	1,23	0,00	0,00	0,60	0,06	<b>7,81</b>
BRISAMAR	5,66	0,00	0,00	0,00	0,00	2,08	0,02	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	2,63	0,00	<b>4,89</b>
ILHA DA MADEIRA	10,08	0,00	0,19	0,27	0,00	2,36	2,33	1,43	1,77	0,54	0,00	0,15	1,04	0,00	<b>4,74</b>
SANTA CRUZ	123,46	3,03	1,91	3,32	0,20	15,85	2,90	6,86	13,08	30,12	0,00	0,40	42,08	3,72	<b>4,74</b>
GUARATIBA	118,61	0,25	0,43	0,43	9,91	31,91	29,03	16,63	8,13	17,46	0,00	0,00	3,00	1,41	<b>4,39</b>
BARRA DE GUARATIBA	8,35	0,00	0,00	0,00	0,10	1,31	5,97	0,12	0,10	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>2,73</b>
NUCLEP	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,33	0,54	0,07	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	<b>1,78</b>
PARQUE DOM BOSCO	13,49	0,00	0,07	0,00	0,00	0,05	0,07	1,94	0,02	0,53	0,00	0,00	10,82	0,00	<b>1,28</b>

Fonte: elaboração própria.

Semelhante ao ocorrido com os municípios e as sub-bacias, a variação percentual do índice ITA nos bairros também apresentou valores não muito significativos, de uma forma geral. Destaca-se que Pedra de Guaratiba foi o bairro com maior aumento do índice, com 8,20% de variação percentual entre os anos de 1994 e 2010. Já Guaratiba, bairro com maior área ocupada pela classe de mangue (peso 1), teve uma variação percentual muito pequena, abaixo de 1%.

Para o bairro Brisamar, embora tenha havido uma variação percentual indicando um aumento do índice ITA, pode-se considerar que o índice permaneceu praticamente o mesmo entre os dois anos estudados, uma vez que a variação percentual foi de -0,07% (tabela 21).

Como exposto anteriormente, o bairro Nuclep teve um aumento expressivo da classe de floresta e uma conseqüente diminuição significativa da classe de pastagem, por esse motivo, a variação percentual desse bairro foi de 80,83%. O que era classe de pastagem em 1994 foi classificada como a classe floresta em 2010, justificando assim a diminuição do valor do ITA e conseqüente aumento da variação percentual.

Tabela 21: Tabela com a variação percentual de ITA entre os anos de 1994 e 2010 para os bairros com ocorrência de manguezal.

BAIRROS	ITA		Variação (%)
	1994	2010	
BARRA DE GUARATIBA	2,64	2,73	3,47%
BRISAMAR	4,89	4,89	-0,07%
GUARATIBA	4,37	4,39	0,54%
ILHA DA MADEIRA	4,64	4,74	2,20%
NUCLEP	3,21	1,78	-80,83%
PARQUE DOM BOSCO	1,27	1,28	0,93%
PEDRA DE GUARATIBA	7,65	8,34	8,20%
SANTA CRUZ	4,52	4,74	4,66%
SEPETIBA	7,20	7,81	7,81%

Fonte: elaboração própria.

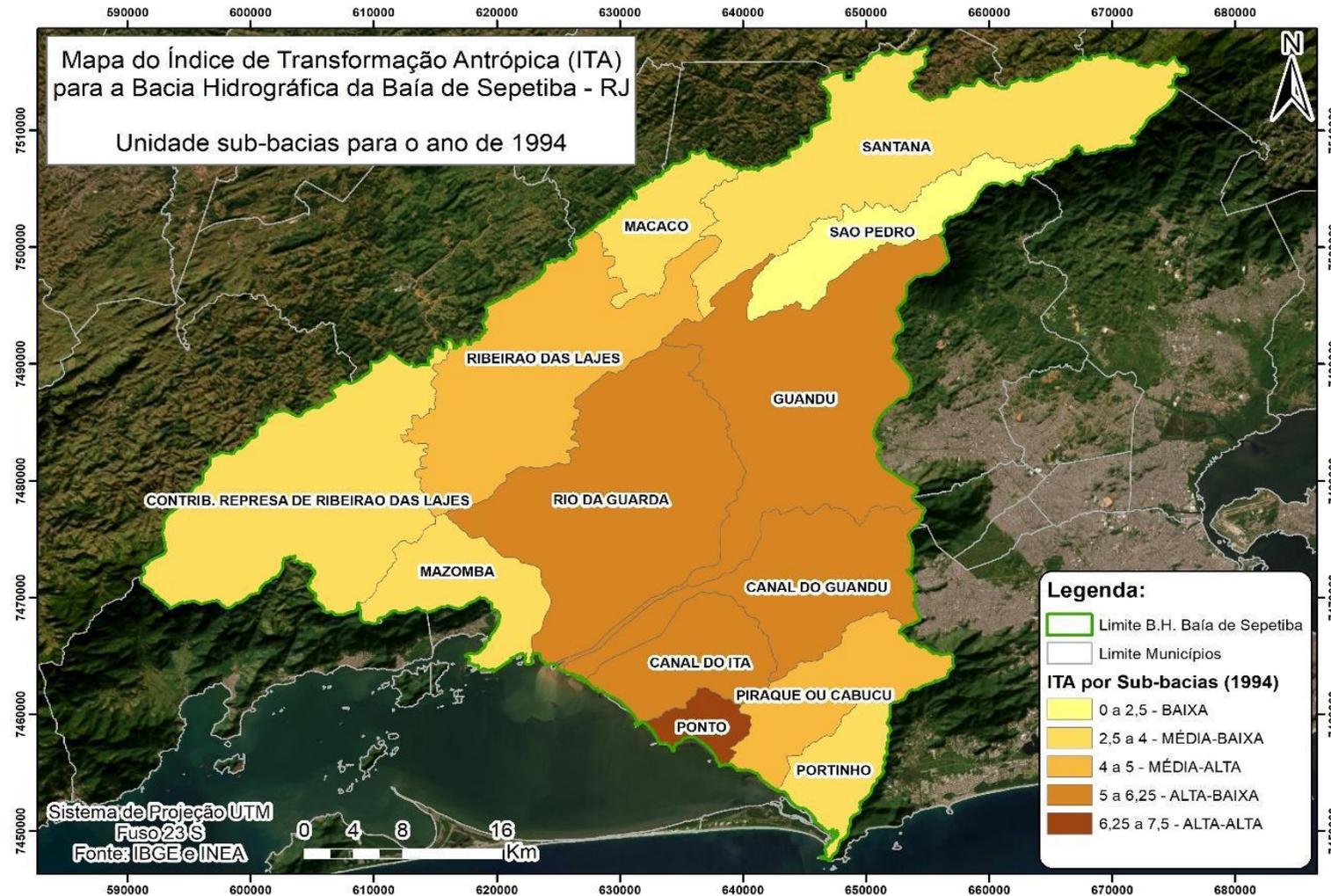
Na segunda fase de análise dos resultados, são apresentados, por meio de mapas, os valores obtidos nas tabelas anteriores e classificados por nível de degradação. Assim, a partir da figura 43 é possível analisar a representação do ITA dividido por sub-bacias para o ano de 1994.

Nota-se, a partir da figura 43, que a sub-bacia do Ponto apresenta o maior nível de degradação, sendo classificada como classe ALTA-ALTA, de acordo com a classificação indicada no início desse capítulo. Na porção central da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba, encontram-se as sub-bacias com nível de degradação ALTA-BAIXA, sendo elas: Rio da Guarda, Guandu, Canal de Guandu e Canal do Ita. Por outro lado, nas porções sudeste, noroeste e nordeste estão localizadas as sub-bacias com menor nível de degradação.

Vale ressaltar que as sub-bacias com maior nível de degradação possuem contato direto com o litoral da bacia hidrográfica. Além disso, é importante mencionar que a classe de degradação MUITO ALTA, que seria representada por valores de índice ITA entre 7,5 e 10, não está representada na legenda do mapa uma vez que nenhuma sub-bacia obteve valores nesse intervalo.

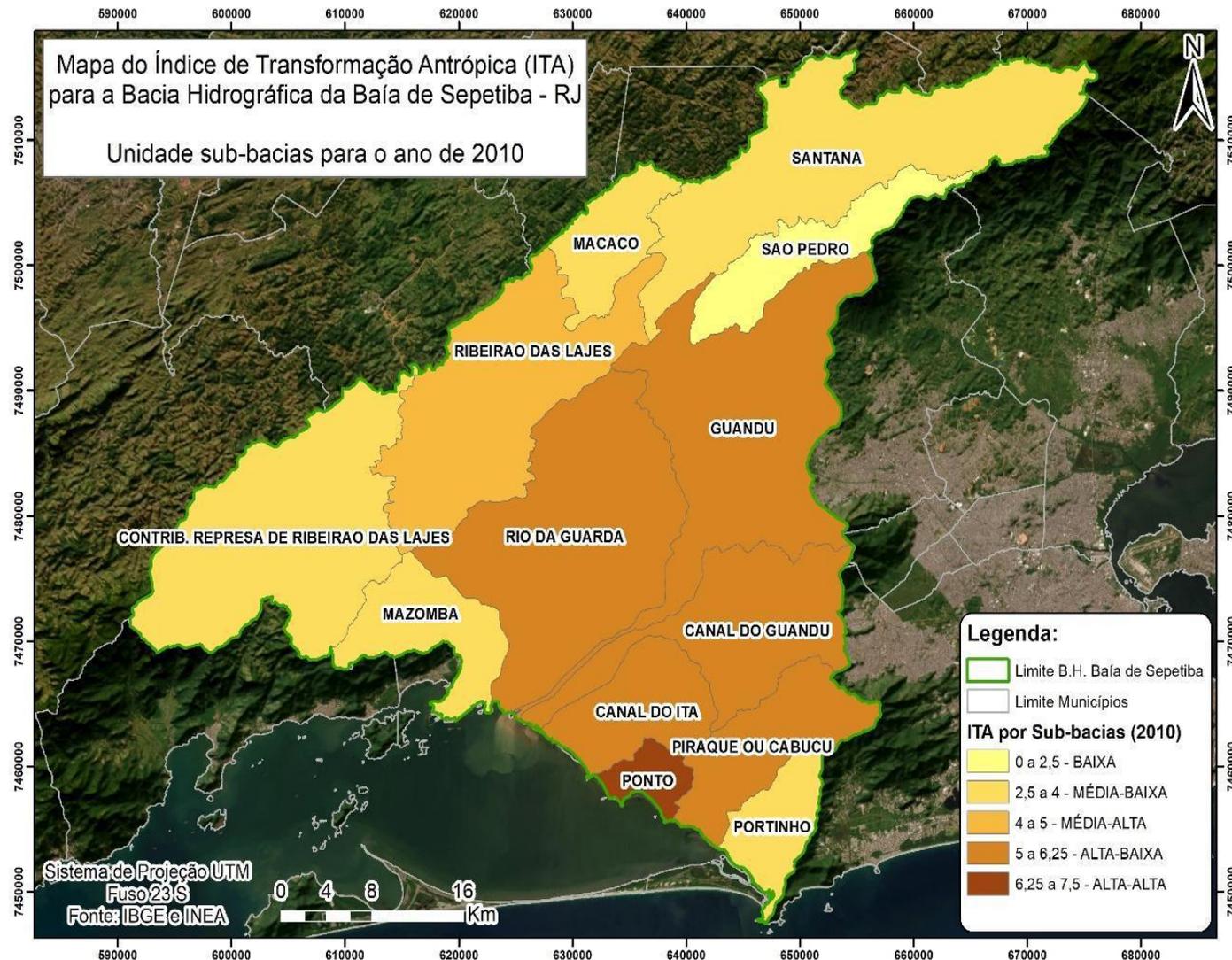
Já para o ano de 2010, a partir da figura 44, pode-se observar que as considerações feitas para o ano de 1994 também são aplicáveis. As sub-bacias que apresentavam maior degradação em 1994 permaneceram nas mesmas classes. No entanto, ao analisar as sub-bacias com menores níveis de degradação, nota-se que a sub-bacia Piraque ou Cabuçu, que estava classificada com degradação MÉDIA-ALTA em 1994, passou a ser classificada como ALTA-BAIXA em 2010. Isso contribuiu para a identificação de mais uma sub-bacia com elevado nível de degradação, que possui contato direto com o litoral da bacia hidrográfica.

Figura 43: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de sub-bacias no ano de 1994.



Fonte: elaboração própria.

Figura 44: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de sub-bacias no ano de 2010.

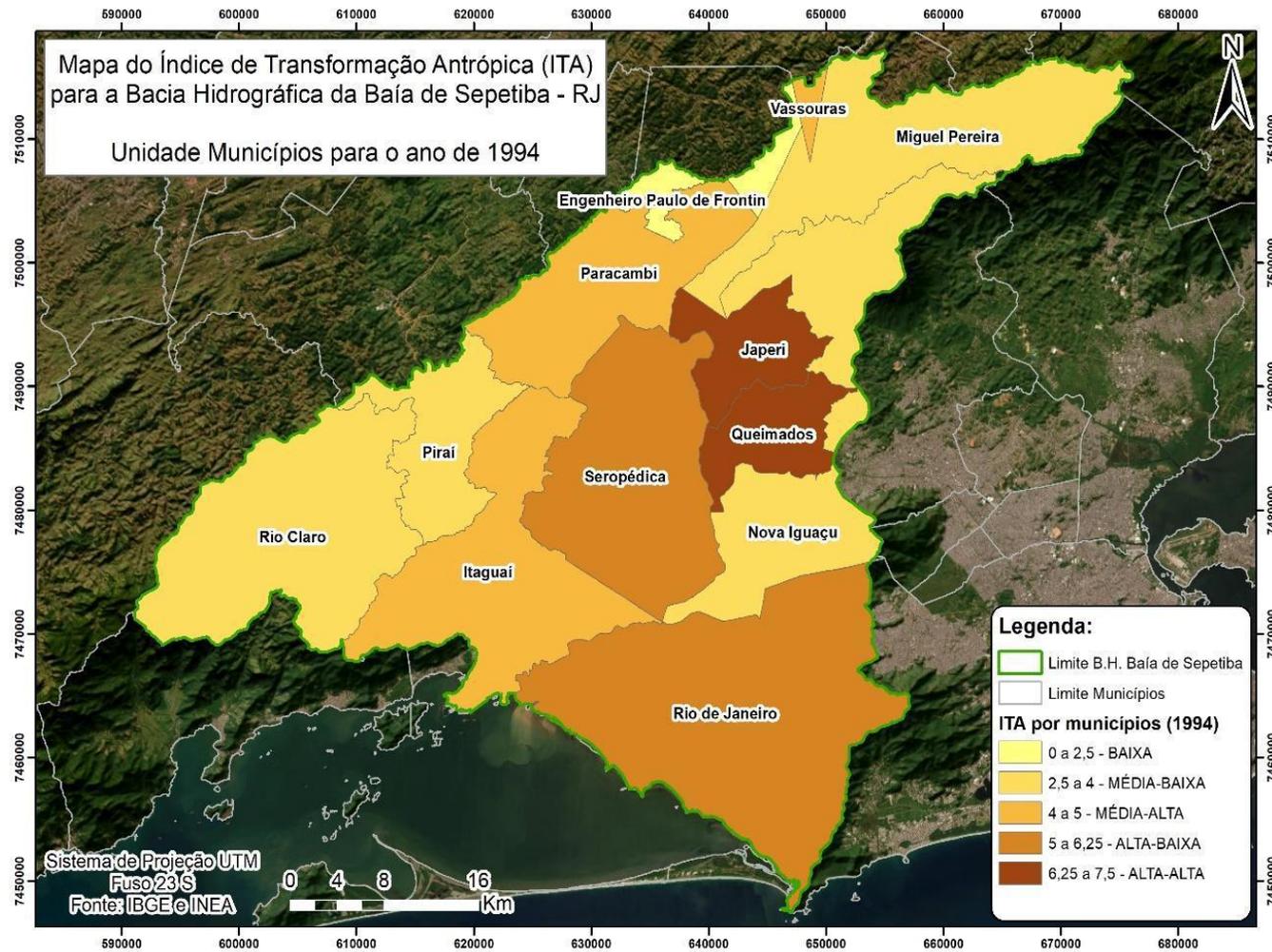


Fonte: elaboração própria.

Na divisão territorial dos municípios para o ano de 1994, conforme ilustrado na figura 45, nota-se que Japeri e Queimados apresentam classe de degradação ALTA-ALTA. Em seguida, na classe ALTA-BAIXA, estão os municípios do Rio de Janeiro e Seropédica. Cabe destacar que o município do Rio de Janeiro não está totalmente inserido na bacia hidrográfica em questão. No entanto, os municípios de Seropédica, Japeri e Queimados estão totalmente inseridos na bacia hidrográfica. Além dos municípios citados, o município de Paracambi também está totalmente inserido na bacia hidrográfica e é classificado com uma degradação MÉDIA-ALTA.

O município Engenheiro Paulo de Frontin apresenta a menor classe de degradação. Mas é importante mencionar que esse município possui uma pequena porção inserida dentro da bacia hidrográfica. Outro município que possui apenas uma pequena porção inserida na bacia é o município de Vassouras, com classe de degradação MÉDIA-ALTA.

Figura 45: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de municípios no ano de 1994.



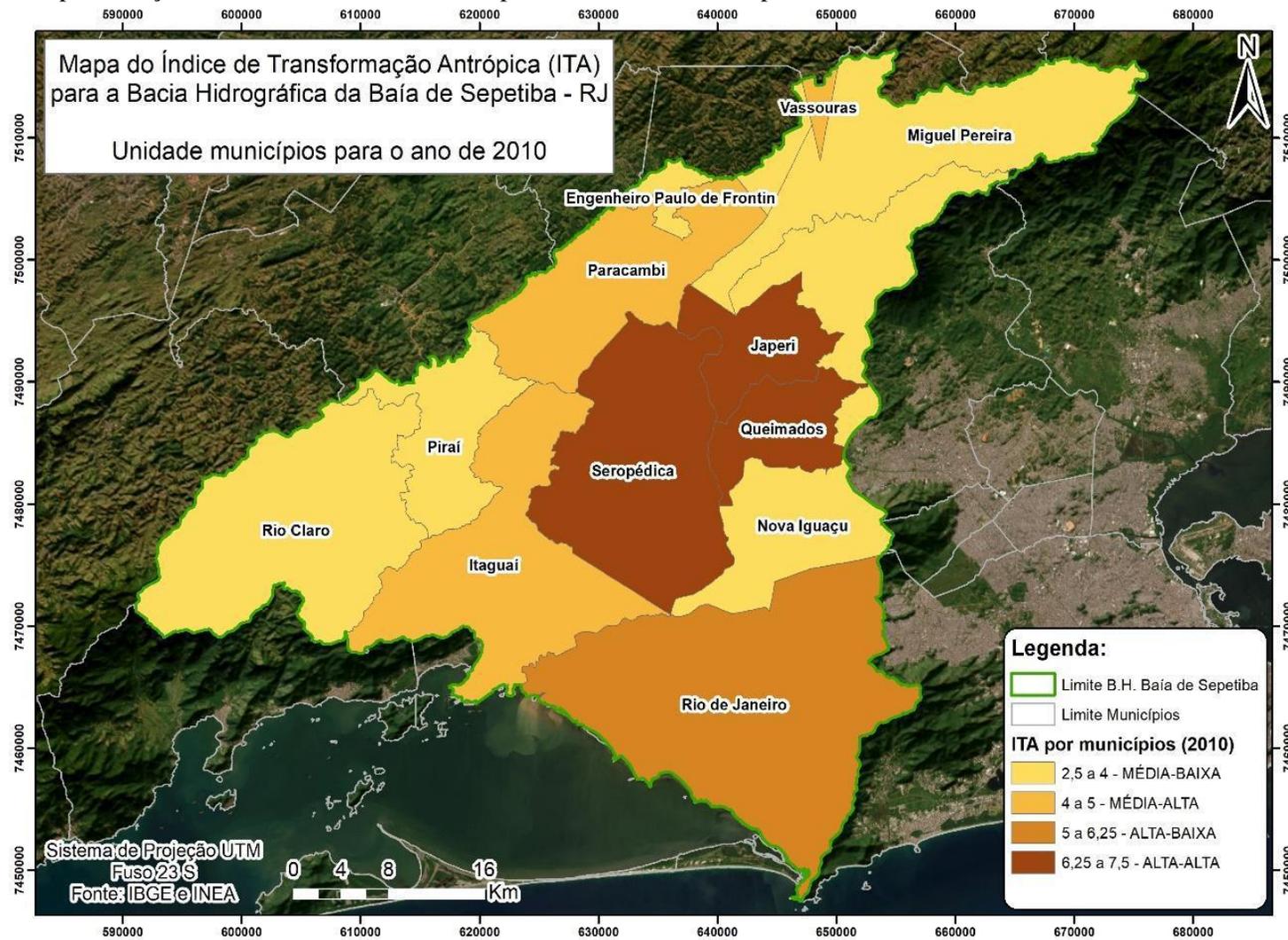
Fonte: elaboração própria.

É perceptível que no ano de 2010, conforme a figura 46, o município de Seropédica mudou sua classe de degradação. Em 1994 sua classe era ALTA-BAIXA e em 2010 o nível de degradação evoluiu tornando-se a classe ALTA-ALTA. O município Engenheiro Paulo de Frontin também teve aumento do nível de degradação, classificando-se com uma degradação MÉDIA-BAIXA.

Os outros municípios analisados permaneceram com as classes de nível de degradação encontradas em 1994. No entanto, é importante ressaltar que em 2010 a classe BAIXA já não está mais presente, uma vez que o município Engenheiro Paulo de Frontin evoluiu para a classe acima.

Outra questão que pode ser pontuada é que as porções noroeste e nordeste da bacia hidrográfica apresentam as classes de menor transformação antrópica. Já as porções central e sudeste apresentam níveis de transformação mais altos, apresentando as classes ALTA-BAIXA e ALTA-ALTA.

Figura 46: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de municípios no ano de 2010.



Fonte: elaboração própria.

Analisando especificamente os bairros com presença da classe manguezal, foco desta pesquisa, podemos perceber que, de uma forma geral, os bairros citados anteriormente apresentaram valores do índice ITA não tão altos. Com exceção dos bairros de Sepetiba e Pedra de Guaratiba, que obtiveram valores acima de 7 para o índice.

Então, ao explorarmos a figura 47, vê-se que em 1994 os dois bairros com as classes MUITO ALTA e ALTA são os bairros de Pedra de Guaratiba e Sepetiba, respectivamente. Esses bairros possuíam um percentual de cobertura da classe mangue muito baixa comparada às outras classes presentes. Pedra de Guaratiba, de acordo com a tabela 20 apresentada, possui um valor de área em km<sup>2</sup> tão pequeno que o valor total arredondado está igual a zero, conforme a tabela. Já o bairro de Sepetiba possuía apenas 2,67% de ocupação da classe mangue. Porém, isso não significa que apesar do baixo percentual de ocupação da classe manguezal, não se deva ter a preocupação de analisar esses bairros. Além do que a classe do índice ITA para esses bairros foram altos.

Analisando o bairro de Guaratiba que possui a maior presença de mangue entre os bairros examinados, percebe-se que ele possui um nível de transformação, de acordo com índice ITA, classificado como MÉDIO. Porém, esse bairro está contíguo aos bairros de maior nível de degradação que foram citados anteriormente: os bairros de Sepetiba e Pedra de Guaratiba.

Já o bairro com menor classificação de degradação é o bairro Parque Dom Bosco, que está contíguo aos bairros com classe MÉDIA de degradação.

Figura 47: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de bairros no ano de 1994.



Fonte: elaboração própria.

Repetindo a análise do mapeamento do índice de transformação antrópica para o ano de 2010, percebe-se que houve mudanças em apenas dois bairros, de acordo com a figura 48. O bairro NUCLEP teve uma diminuição do valor do índice ITA e por esse motivo sua classe de degradação regrediu para a classe BAIXA. Isso ocorreu a partir da mudança da classe de pastagem para a classe floresta de 1994 para 2010. Já o bairro de Sepetiba teve o caminho inverso, uma vez que houve o aumento do valor índice calculado e por esse motivo em 2010 classificou-se como MUITO ALTA. O aumento do índice se deu pela mudança da classe de pastagem para as classes de alta e média intensidade de áreas construídas.

Com o bairro de Sepetiba evoluindo para a classe MUITO ALTA e juntamente com o bairro de Pedra de Guaratiba possuindo a mesma classe, estima-se que o bairro de Guaratiba possa sofrer influências negativas, justamente por estar contíguo a esses bairros e por possuir a maior área de manguezal dentre todos os bairros analisados.

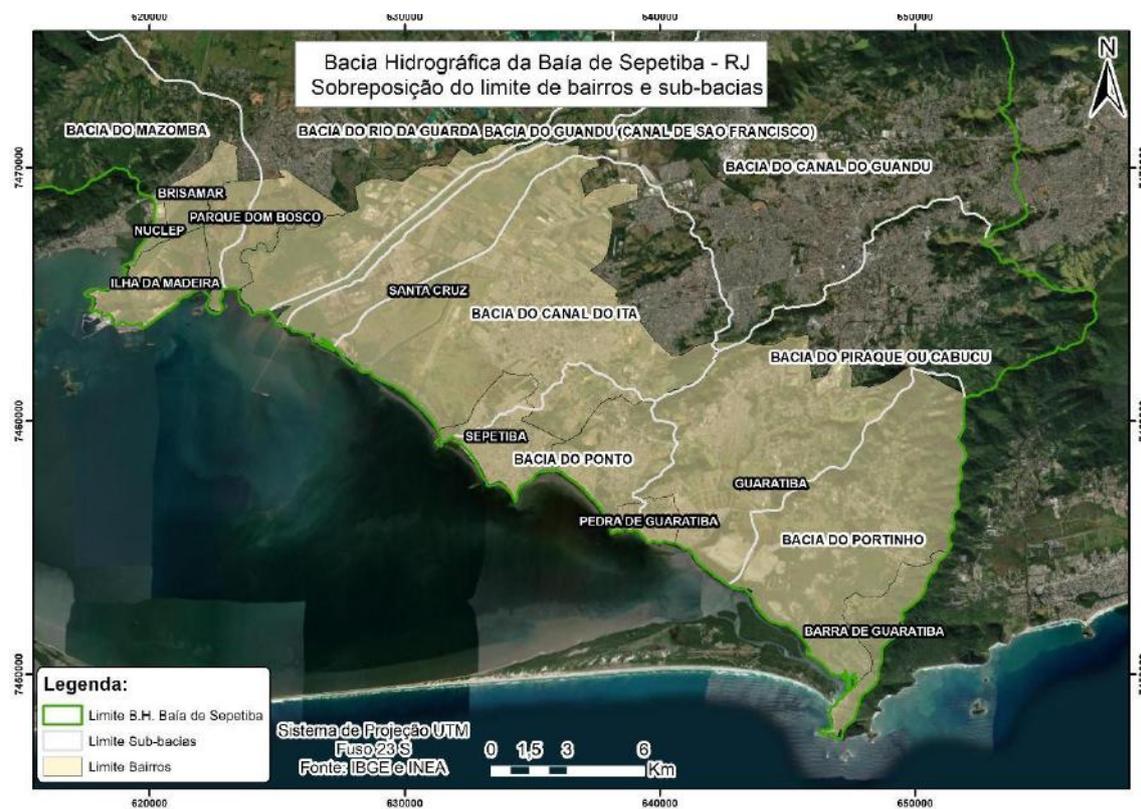
Figura 48: Mapa da espacialização dos resultados do índice ITA para a unidade de bairros no ano de 2010.



Fonte: elaboração própria.

A partir da figura 49, pode-se analisar a sobreposição entre o limite dos bairros e das sub-bacias da bacia hidrográfica. A sub-bacia do Ponto consegue abarcar os bairros de Sepetiba, Guaratiba e Pedra de Guaratiba. Essa sub-bacia é a que obteve maior valor de transformação antrópica tanto para o ano de 1994 quanto para 2010, assim como os bairros de Sepetiba e Pedra de Guaratiba. O bairro de Guaratiba, apesar de não ter a maior classe de degradação, possuía uma classe MÉDIA nas duas datas estudadas.

Figura 49: Mapa da sobreposição dos resultados do índice ITA para as unidades de bairros e sub-bacias no ano de 1994.



Fonte: elaboração própria.

Pensando em uma análise mais integrada dos resultados, na figura 50 está representada a sobreposição do resultado do PIP, obtido no capítulo 4, e os resultados dos cálculos do índice ITA para o ano de 2010. Nota-se que a localização das maiores concentração de população estão condizentes tanto com as sub-bacias quanto os municípios de maiores índices ITA. Pode-se destacar os municípios do Rio de Janeiro, Seropédica, Queimados e Japeri e as sub-bacias do Ponto, Rio da Guarda, Canal do Ita, Canal do Guandu, Guandu e do Piraque ou Cabuçu.

Usando como referência o trabalho de Oliveira *et. al* (2019), onde foi calculado o índice ITA em diferentes raios de distâncias a fim de identificar as pressões antrópicas sobre os manguezais da baía de Sepetiba, foi gerada a figura 51. Nessa figura estão representados os resultados do ITA para o limite de sub-bacias em conjunto com o resultado do PIP, a classe de manguezais e o raio de distância de 5km sobre os manguezais.

A partir desta figura é possível identificar que nesse raio de 5km as sub-bacias com elevados valores de ITA está sobrepostas com parte das áreas de maior concentração de pessoas de acordo com o PIP. Nota-se que mesmo fora desse raio de 5km, nas sub-bacias do Canal do Ita, Canal do Guandu e Piraque ou Cabuçu, estão presentes grande parte da concentração da população. Isso pode indicar que ainda que fora desse raio de análise, a alta concentração de pessoas permanece nessas sub-bacias, podendo gerar influências mesmo que indiretamente ao ecossistema manguezal.

A sub-bacia do Ponto, apesar de não ter a maior concentração de pessoas comparado às outras sub-bacias, grande parte dela está ocupada por pessoas. Além disso, ela está contígua às áreas de maior concentração da população.

Fazendo o somatório de pessoas por pixel dentro do raio de 5km tem-se um total de 10.892 pessoas. E considerando o limite das sub-bacias dentro desse raio de 5km tem-se um quantitativo de pessoas por pixel de 11.345. Essa diferença de 453 pessoas por pixel, como explicitado no capítulo anterior, pode ser explicada pela diferença de representação entre os dados das sub-bacias (vetorial), raio de 5km (vetorial) e das pessoas por pixel (matricial). Dessa forma, ao fazer a sobreposição entre os dados de pessoas por pixel e o raio de 5km, alguns pixels podem não ser contabilizados por não estarem totalmente inseridos dentro do limite estabelecido. Abaixo está representada a

tabela 22 com os valores de pessoas por pixel dentro do raio de 5km e dividido pelas unidades das sub-bacias.

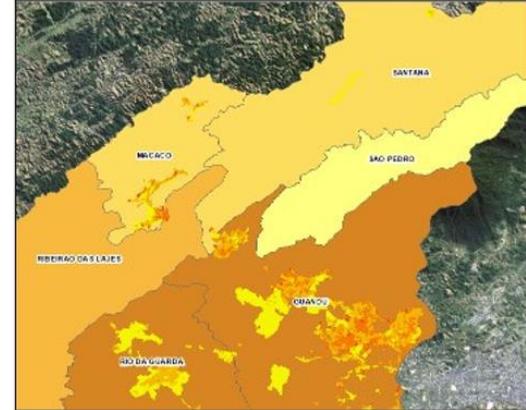
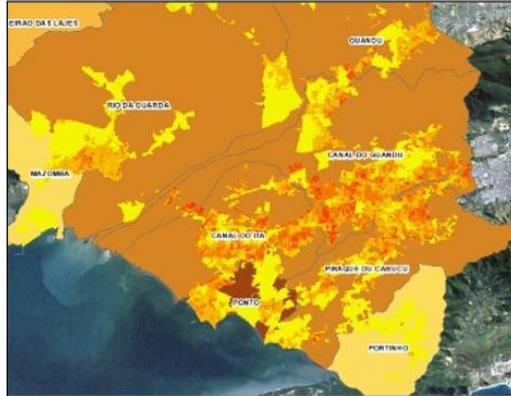
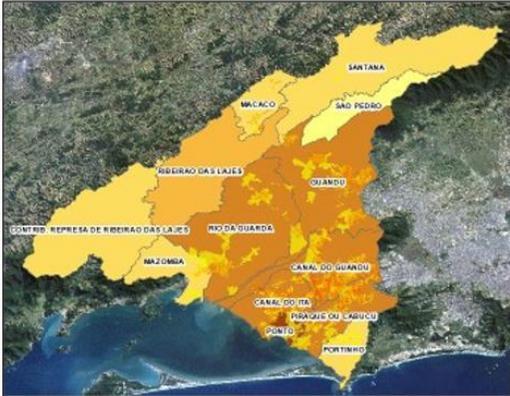
Tabela 22: Tabela com os valores de população por pixel dentro do raio de 5km sobre os manguezais, separados por sub-bacias.

<b>SUB-BACIAS</b>	<b>População por pixel</b>
<b>CANAL DO ITA</b>	4189
<b>PIRAQUE OU CABUCU</b>	2173
<b>PONTO</b>	2140
<b>CANAL DO GUANDU</b>	1203
<b>RIO DA GUARDA</b>	1039
<b>MAZOMBA</b>	410
<b>PORTINHO</b>	136
<b>GUANDU (CANAL DE SAO FRANCISCO)</b>	54
<b>TOTAL</b>	<b>11345</b>

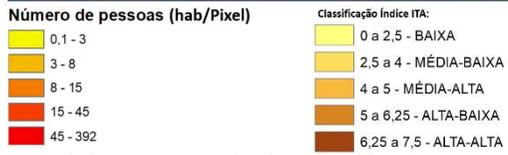
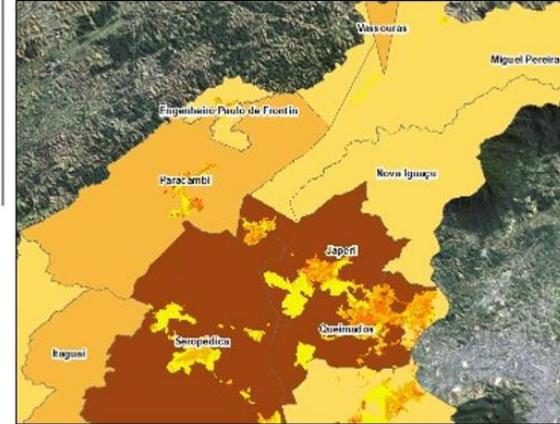
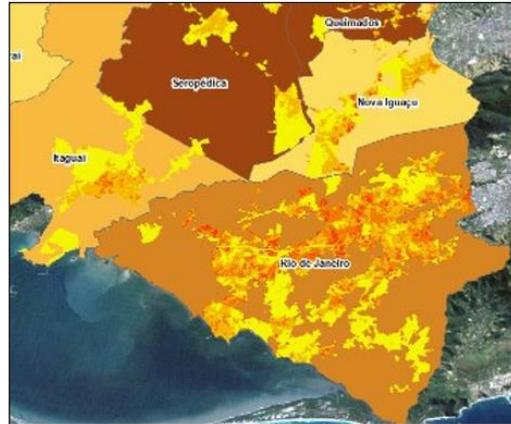
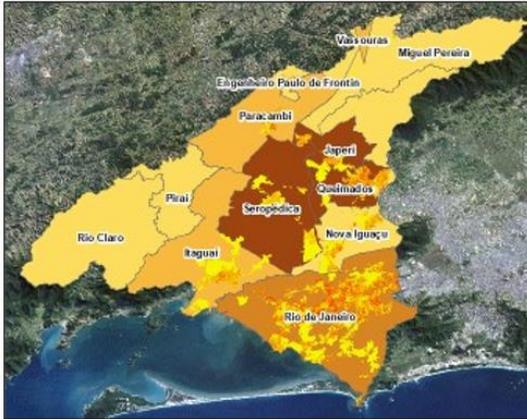
Fonte: elaboração própria.

Figura 50: Recortes da sobreposição dos resultados do ITA e do PIP para o ano de 2010.

**Sub-bacias - 2010**

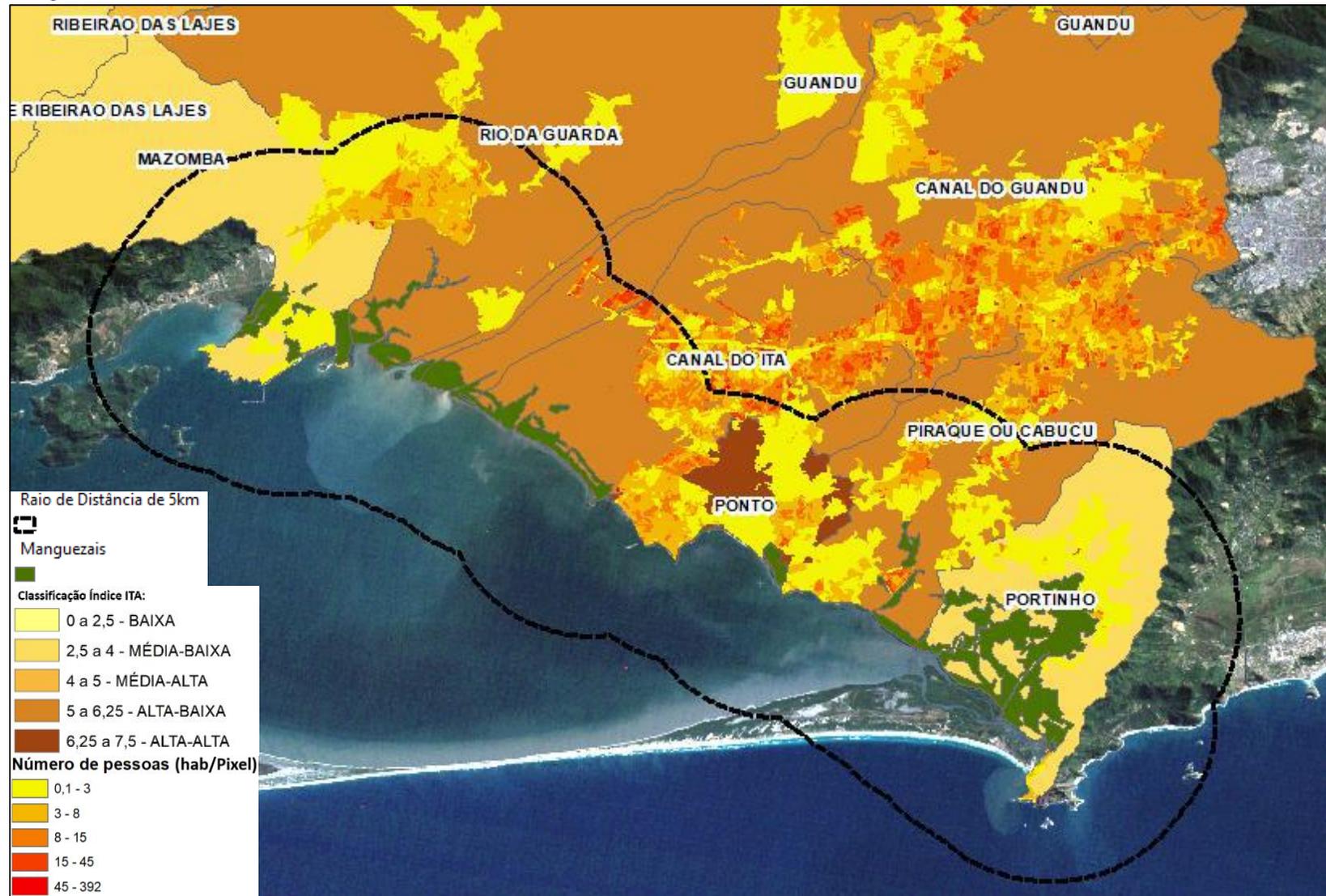


**Municípios - 2010**



Fonte: elaboração própria.

Figura 51: Recorte da sobreposição dos resultados do ITA para sub-bacias e do PIP para o ano de 2010, utilizando um raio de distância de 5km dos manguezais.



Fonte: elaboração própria.

#### 5.4. Conclusões:

O índice de transformação antrópica conseguiu exercer o seu papel de mensurar as transformações antrópicas observadas na paisagem. Estas transformações podem ser entendidas como pressões exercidas sobre os manguezais da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba. No entanto, foi possível não só avaliar a pressão sobre os manguezais, mas também avaliar o nível de degradação da bacia hidrográfica como um todo no período de tempo estudado. Isso foi possível a partir da utilização de diferentes limites político-administrativos, como as sub-bacias, municípios e bairros.

Ao se analisar o índice utilizando os limites das sub-bacias, foi perceptível que a porção central e sul da bacia hidrográfica é a região mais crítica, com classes de nível de transformação elevados. Essas sub-bacias com os valores mais elevados de ITA, abrangem boa parte da bacia hidrográfica e possuem contato direto com o litoral onde há a presença de mangue. Destaca-se a sub-bacia do Ponto classificada com uma degradação ALTA-ALTA está presente nas áreas de maior ocorrência da classe mangue.

Analisando os valores do índice para os limites dos municípios da bacia hidrográfica, nota-se que, de certa forma, a localização das áreas mais críticas de degradação se manteve quando comparado aos resultados obtidos para os limites das sub-bacias. A porção central da bacia e o litoral com a presença de manguezal mantiveram as classes de maior transformação, ou seja, as classes ALTA-BAIXA (Rio de Janeiro) e ALTA-ALTA (Japeri, Seropédica e Queimados). É no município do Rio de Janeiro que está localizada a maior parte do mangue desta bacia.

Ao colocar em foco as áreas com presença de mangue e calcular o índice para o limite dos bairros, percebeu-se que as classes de transformação antrópica foram muito compatíveis com as classificações obtidas nas sub-bacias. A sub-bacia de maior classe de degradação (sub-bacia do Ponto) é condizente com os bairros de elevado grau de transformação antrópica: os bairros de Sepetiba e Pedra de Guaratiba. Além disso, como mostrado na figura 8 apresentada anteriormente, o bairro de Guaratiba também sobrepõe a sub-bacia do Ponto e está contíguo aos bairros de maior índice de transformação, ou seja, pode sofrer influência mesmo que sua classe não tenha sido alterada ao longo dos anos.

De uma maneira geral, o uso do índice para identificar as áreas com maior pressão antrópica foi condizente com o esperado. A metodologia utilizada mostrou-se eficaz, uma vez que os resultados obtidos utilizando diferentes limites políticos-administrativos foram capazes de identificar as mesmas áreas críticas ou não em relação à transformação antrópica.

De fato, as mudanças que ocorreram ao longo do período de 16 anos estudado não demonstram grandes alterações na bacia hidrográfica como um todo. No entanto, as poucas mudanças que ocorreram, podem representar influências, mesmo que de forma isolada.

## **6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS:**

Em concordância com o que foi apresentado ao longo desta pesquisa, sabe-se que o avanço da expansão urbana, especialmente nas áreas costeiras, nem sempre ocorre de forma organizada e ordenada, podendo acarretar impactos sobre os ecossistemas de maneira direta ou indireta. Por isso, a determinação das pressões antrópicas que um dado ecossistema costeiro sofre pode ajudar no gerenciamento e manejo costeiro.

Diante disso, o objetivo principal da dissertação consistiu em analisar as pressões antrópicas exercidas sobre os remanescentes de manguezal na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba, com o auxílio de técnicas e ferramentas para identificação e quantificação das transformações antrópicas ocorridas entre 1994 e 2010. Essa análise foi possível a partir dos resultados de cada capítulo elaborado nesta pesquisa.

Inicialmente, foi realizada a caracterização das classes de intensidade de áreas construídas da bacia hidrográfica a fim de identificar as áreas com maior potencial de adensamento populacional e, conseqüentemente, áreas mais propensas a gerar impactos nos remanescentes de mangue. O índice NDBI se mostrou rápido e eficaz para a caracterização dessas classes, além de ser adequado para a replicação da mesma metodologia em imagens de satélite de diferentes anos. Observou-se, então, que houve, de fato, um aumento esperado nas classes de intensidade de áreas construídas entre 1994 e 2010.

A partir da estimativa da população por meio da técnica do People in Pixel apenas para o ano de 2010, constatou-se que as áreas mais críticas, ou seja, aquelas com maior concentração populacional e de alta intensidade de áreas construídas, coincidem entre si. Adicionalmente, notou-se que as áreas com maior adensamento populacional estavam localizadas nas proximidades das grandes rodovias estaduais e federais, o que facilita a interligação entre os municípios.

Posteriormente, a quantificação da pressão antrópica foi elaborada baseada no índice ITA, que utiliza a cobertura e o uso da terra como principal ferramenta. Ao analisar a distribuição espacial das transformações antrópicas nas datas estudadas, juntamente com a identificação e estimativa da população, pôde-se notar que de fato as áreas com maior grau de transformação estavam condizentes com as áreas de maior adensamento populacional. Além disso, utilizando diferentes divisões territoriais para representar a distribuição espacial das transformações, percebeu-se que essas áreas se mantinham consistentes.

Portanto, foi possível confirmar a hipótese de que as áreas com alta intensidade de áreas construídas em conjunto com as áreas de grande ocupação populacional, são identificadas como locais de elevada transformação antropogênica. Na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba, essas áreas de intensa transformação antrópica encontravam-se ao longo da faixa litorânea e na porção central da bacia. Em seu litoral, elas estavam contíguas e também coincidiam com a ocorrência do ecossistema de manguezal. Além disso, na porção central da bacia estão os principais contribuintes das drenagens da baía de Sepetiba, ou seja, o que pode afetar os remanescentes de manguezais mesmo que de forma indireta.

Para complementar esta pesquisa, como mencionado anteriormente, seria desejável realizar trabalhos de campo para uma validação mais precisa dos resultados apresentados. Além disso, a utilização de imagens de satélite com sensores de alta resolução espacial poderia enriquecer a análise, permitindo um mapeamento das classes de cobertura e uso da terra com menor generalização. Adicionalmente, a incorporação dos dados populacionais do censo demográfico de 2022 seria valiosa para o modelo People in Pixel, contribuindo assim para a análise temporal da estimativa populacional na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABREU, M.B. **Análise Espaço temporal da Cobertura e Uso da Terra no Estado do Rio de Janeiro de 1994 até 2007**. Dissertação de Mestrado em Geografia, PPGG, UFRJ. Rio de Janeiro, 2010. 134 p.

ALMEIDA, P. M. M. **Análise espaço-temporal da área ocupada por florestas de mangue em Guaratiba (Rio de Janeiro, RJ) de 1985 até 2006 e sua relação com as variações climáticas**. Universidade Federal do Rio de Janeiro–UFRJ. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Dissertação de Mestrado em Geografia, 2010.

BARBOSA, L. M. **“Prioridades para a pesquisa ambiental em São Paulo”**. Integração: Ensino, Pesquisa e Extensão, ano VII, nº 26, agosto de 2001, pp. 229-31.

CABRAL, R. B. G. **Biologia reprodutiva de Ardeidae em uma colônia no Manguezal da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro**. 2016. 33 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

CBH – GUANDU, Comitê da Bacia Hidrográfica do Guandu. **Relatório de Situação 2017**: Comitê Guandu. Resende: Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - Agevap, 2017.

CHAPMAN, V.J. 1975. Mangrove biogeography. In: Walsh, G.; Snedaker, S.; Teas, H., eds. **Proceedings of international symposium on biology and management of mangroves**. Gainesville, FL: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida; 3-22.C

CHEN, Xiao-Ling et al. **Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes**. Remote sensing of environment, v. 104, n. 2, p. 133-146, 2006.

CARREÑO, P. M. L. P.; CRUZ, C.B.M. **Aperfeiçoamento do modelo People in Pixel: Estudo aplicado a Região dos Lagos no estado do Rio de Janeiro**. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, 2011.

COSTA, E. C. P.; AUGUSTO, R. C.; SEABRA, V. S. **Análise da eficiência dos índices Built-up e NDBI para classificação de áreas urbanas em imagens Landsat 8 OLI.** XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto v. 18, p. 6632-6639, 2017.

CRUZ, C. B. M. et al. **Carga antrópica da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 9, p. 99-109, 1998.

CRUZ, C. B. M.; BARROS, R. S.; FERREIRA, F. L.; TEIXEIRA, A. J. A. **A espacialização de dados socioeconômicos em superfície com o apoio de sensoriamento remoto – distribuição populacional no município do Rio de Janeiro.** IN: Anais X SBSR, Foz do Iguaçu, 21-26 abril de 2001, INPE, p. 431-435, Sessão Poster.

CRUZ, C. B. M., Faber, O. A., Reis, R. B., da Rocha, E. M. F., & Nogueira, C. R. **Sensoriamento Remoto como estratégia alternativa para distribuição e mensuração da população–Estudo de caso no município do Rio de Janeiro.** IN: Revista Espaço e Geografia, v. 10, n. 1, 2007.

DEUS, R. A. S. G. et al. **Análise multitemporal da expansão urbana do município de Garanhuns–PE, através do sensoriamento remoto.** Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas/Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1535-1544, 2015.

DINIZ C, CORTINHAS L, NERINO G, RODRIGUES J, SADECK L, ADAMI M, SOUZA-FILHO PWM. **Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis. Remote Sensing.** 2019; 11(7):808. <https://doi.org/10.3390/rs11070808>

DUARTE, G. S. **Geografia e Geomarketing: Um estudo de caso para localização de padarias no município do Rio de Janeiro.** 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

ELACHI, C. **Introduction to Physics and Techniques of Remote Sensing.** New York. Wiley & Sons., 1987.p.412.

ESTRADA, G. C. D. et al. **Analysis of the structural variability of mangrove forests through the physiographic types approach.** Aquatic Botany, v. 111, p. 135-143, 2013.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos. 2002.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ª Ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FLORENZANO, T. G. **Geotecnologia aplicada ao estudo de objetos e fenômenos do meio físico**. Revista Geonorte, Manaus, v. 4, n. 4, 2012.

FRANÇA, A. F. de; TAVARES-JÚNIOR, J. R.; MOREIRA-FILHO, J. C. C. **Índices NDVI, NDWI e NDBI como ferramentas ao mapeamento temático do entorno da lagoa Olho D'Água, em Jaboatão dos Guararapes – PE**. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, p. 001-009, 2012.

FREITAS, F. R.; CAPETI, K. G.; SAMPAIO, C. R. **Uso e ocupação dos manguezais da área urbana de Paranaguá: uma abordagem histórica e socioambiental**. Unisanta BioScience, v. 6, n. 2, p. 93-100, 2017.

FRIESS, Daniel A. et al. WITHDRAWN: **Mangroves and people: impacts and interactions**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2020.

GIRI, C.; PENGRA, B.; ZHU, Z.; SINGH, A.; TIESZEN, L. L.. **Monitoring mangrove forest dynamics of the Sundarbans in Bangladesh and India using multi-temporal satellite data from 1973 to 2000**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 73(1), 91-100, 2007.

GOLDBERG L, LAGOMASINO D, THOMAS N, FATOYINBO T. **Global declines in human-driven mangrove loss**. Glob Change Biol. 2020; 26:5844–5855.  
<https://doi.org/10.1111/gcb.15275>

GONZALEZ, R. C.; WOODS R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. Tradução R. M. CESAR JUNIOR e L. F. COSTA. Edgard Blucher, 2000, 509 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**, IBGE., 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha de Setores Censitários**, IBGE, 2023. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas->

[territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=o-que-e](https://territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=o-que-e)>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

ICMBIO; MMA. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília: MMA, 2018. 179 p.

LAGE, C. A., BAPTISTA, G. M. M. **Avaliação da expansão de áreas urbanas brasileiras e seus impactos socioambientais por meio da integração dos índices NTL e NDVI**. XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017.

LEE, S. Y. et al. **Impact of urbanization on coastal wetland structure and function**. *Austral Ecology*, v. 31, n. 2, p. 149-163, 2006.

MACAROF, P.; STATESCU, F. **Comparation of NDBI and NDVI as indicators of surface urban heat island effect in landsat 8 imagery: a case study of Iasi**. *Present Environment and Sustainable Development*, n. 2, p. 141-150, 2017.

MACHADO FILHO, H. **Documentos temáticos: objetivos de desenvolvimento sustentável 1, 2, 3, 5, 9, 14**. Brasília, DF: ONUBR, 2017.

MMA (Ministério do Meio Ambiente) - SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação). MMA, SNUC, Brasília. 2000.

MARGALHO, E. S. et al. **Influência da Mudança do Uso e Cobertura do Solo sobre a Temperatura da Superfície Continental na Área Urbana de Belém-PA**. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 43, n. 2, 2020.

MARTINS, P. T. A.; WANDERLEY, L. L. **Dinâmica de ocupação espacial de áreas contíguas (período 1987-2008) e sua relação com tensores de origem antrópica no manguezal do Rio Cachoeira, Ilhéus, Bahia**. *Sociedade & Natureza*, v. 21, n. 2, p. 77-89, 2009.

MARTINS, Patrick Thomaz de Aquino; WANDERLEY, Lilian de Lins. **Dinâmica de ocupação espacial de áreas contíguas (período 1987-2008) e sua relação com tensores de origem antrópica no manguezal do Rio Cachoeira, Ilhéus, Bahia**. *Sociedade & Natureza*, v. 21, p. 77-89, 2009.

MATEO, J. **Geoecologia de los Paisajes**. Universidad Central de Caracas. Monografía, 1991.

NU. Nações Unidas Brasil. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. In: Disponível em: <

<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods14/>>. Acesso em 15 de Janeiro de 2020.

OLIVEIRA, A. C. A. C. et al. **Mapeamento do uso e cobertura da terra no entorno da baía de Sepetiba em apoio à identificação de pressões sobre os Manguezais**.

Mares: Revista de Geografia e Etnociências, v. 1, n. 2, p. 93-105, 2019.

OLIVEIRA, A. C. A. C. **PARA ALÉM DAS PRESSÕES NA FLORESTA: panorama socioambiental na baía de sepetiba**. 2021. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

PACS - Instituto Políticas Alternativas para o Cone Sul (org.). **Baía de Sepetiba: fronteira do desenvolvimentismo e os limites para a construção de alternativas**. Rio de Janeiro: Pacs - Instituto Políticas Alternativas Para O Cone Sul, 2015.

PETRONE, P. 1970. **Povoamento e colonização**, p.127-158. In: Azevedo A. (ed.). Brasil a Terra e o Homem. Vol. 2. Companhia Editora Nacional.

PIRES, I.O. **Manguezais da região do recôncavo da Baía de Guanabara: revisita através dos mapas**. Revista da Gestão Costeira Integrada Número Especial 2, Manguezais do Brasil, 2010.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. In: A economia da natureza. Guanabara Koogan, 2003.

SEMADS. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião Ambiental 2 - Bacia da Baía de Sepetiba**. Rio de Janeiro: SEMADS, Maio/2001. 79p.: il. Planágua Vol. 4. ISBN 85-87206-07-9. (Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Projeto PLANÁGUA-SEMADS/GTZ)

SMALL, C.; NICHOLLS, R. J. **A global analysis of human settlement in coastal zones**. Journal of coastal research, p. 584-599, 2003.

SOUZA, L. M. et al. **Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação People in Pixel**. Revista Continentes, n. 13, p. 97-116, 2019.

SUHOGUSOFF, V. G.; PILIACKAS, J. M. **Breve histórico da ação antrópica sobre os ecossistemas costeiros do Brasil, com ênfase nos manguezais do estado de São Paulo**. Integração, Butantã, n. 51, p. 343-351, 2007.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRÓN, G. 1986. **Guia para estudo de área de manguezais: estrutura, função e flora**. Caribbean Ecological Research. São Paulo, 150 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1999. **Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum**. São Paulo.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Mangue e Manguezal**. In: ICMBIO; MMA. Atlas dos Manguezais do Brasil. Brasília: MMA, 2018. p. 1521.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & JUNIOR, C. C. **A diversidade do ecossistema manguezal**. In: ICMBIO; MMA. Atlas dos Manguezais do Brasil. Brasília: MMA, 2018. p. 2336.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & VALE, C. C. **A Zona Costeira do Brasil e os manguezais**. In: ICMBIO; MMA. Atlas dos Manguezais do Brasil. Brasília: MMA, 2018. p. 3756.

SOARES, M. L. G. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil - análise de modelos**. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 2 vol. 560, 1997.

SOARES, M.L.G., CHAVES, F.O., CORRÊA, F.M., SILVA JR., C.M.G., 2003, **Diversidade estrutural de bosques de mangue e sua relação com distúrbios de origem antrópica: o caso da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro)**. Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ, v. 26, pp. 101-116.

TAVARES, A.C.A.; SOUZA, E.M.F.R.; CRUZ, C.B.M.; ROSÁRIO, L.S. **Distribuição espacial da população nas sub-bacias hidrográficas do entorno do COMPERJ, com o apoio do sensoriamento remoto: Uma aplicação do People in Pixel**. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu, 2013.

VIEIRA, S. M. D. R.; OLIVEIRA, V. F.; ALMEIDA, P. M. M. **Ecologia da Paisagem Aplicada aos Manguezais no Entorno da Baía de Sepetiba (RJ) no Ano de 2020**. Espaço Aberto, v. 13, n. 1, p. 59-72.

WALSH, G. E. **Mangroves: a review**. In: Ecology of halophytes, p. 51-174, 1974.