

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**DIEGO PERUCHI TREVISAN**

**ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM,  
POR MEIO DA CONECTIVIDADE DE COMPARTIMENTOS  
FÍSICO-AMBIENTAIS NA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE  
RECURSOS HÍDRICOS TIETÊ-JACARÉ**

SÃO CARLOS - SP

2021

DIEGO PERUCHI TREVISAN

ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM,  
POR MEIO DA CONECTIVIDADE DE COMPARTIMENTOS  
FÍSICO-AMBIENTAIS NA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE  
RECURSOS HÍDRICOS TIETÊ-JACARÉ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Moschini

SÃO CARLOS - SP

2021

Peruchi Trevisan, Diego

Análise da integração dos elementos da paisagem, por meio da conectividade de compartimentos físico-ambientais na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré / Diego Peruchi Trevisan -- 2021. 212f.

Tese de Doutorado - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos  
Orientador (a): Luiz Eduardo Moschini  
Banca Examinadora: Luiz Eduardo Moschini, Frederico Yuri Hanai, Dayana Almeida, Jozrael Henriques Rezende, Polyanna da Conceição Bispo  
Bibliografia

1. Análise de redes. 2. Conectividade da paisagem. 3. Planejamento de bacias hidrográficas . I. Peruchi Trevisan, Diego. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325



# UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

---

## Folha de Aprovação

---

Defesa de Tese de Doutorado do candidato Diego Peruchi Trevisan, realizada em 10/02/2021.

### Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Luiz Eduardo Moschini (UFSCar)

Prof. Dr. Frederico Yuri Hanai (UFSCar)

Profa. Dra. Dayana Almeida (UFSCar)

Prof. Dr. Jozrael Henriques Rezende (FATEC)

Profa. Dra. Polyanna da Conceição Bispo (UOM)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.



### **Dedicatória**

O amor de uma família é o combustível que capacita o ser humano a fazer o impossível. Dedico este trabalho em agradecimento a meu pai Antônio Roberto Trevisan, minha mãe Madalena Peruchi Trevisan e a meu irmão Bruno Peruchi Trevisan pelo apoio e pelos bons exemplos ao longo dessa jornada.

## AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e aos colegas do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos.

Ao grande amigo, professor e orientador Luiz Eduardo Moschini por todas as oportunidades concedidas, pela amizade e pelos conselhos ao longo de todos estes anos, e a sua esposa Rose, por todo o carinho. A professora e amiga Erica Pugliesi, pelos conselhos e pelas preocupações em todos estes anos.

Ao professor Heiko Balzter e a amiga e coorientadora Polyanna Da Conceição Bispo, pela oportunidade e pelo apoio em meu intercâmbio junto a Universidade de Leicester - UK. A primeira turma do curso de graduação em Gestão e Análise Ambiental da Universidade Federal de São Carlos, em especial aos amigos: Júlia Grise, Rafael Ogeda, Thiago Karaski e Thaynara Tavares.

A todos os meus amigos e principalmente aos queridos: Antônio Trevisan, André Chiva, Beto Bertude, Carlos André Donatoni, Cristina Peruchi, Danilo Sansão, Danielli Golinelli, Daniela Giacomo, Diego Mestre, Douglas Fernando, Edésio Almeida, Everton Campanini, Eduardo e Rafael Deval, Evandro Miarelli, Fabiana Garcia, Guilherme Otavio, Guilherme Trevisan, Guilherme Henrique, Isabela Camilo, Jennie Rodi, João Haisler, Marco Ferreira, Marcos Thomazzi, Maria Camila Peruchi, Mateus Trevizan, Mateus Silva, Maikon da Silva, Liliane Ramos, Luiza Peruchi, Lucas Ferreira, Lucas Mendes, Leticia e Natalia Zechin, Rejane Matos, Rinaldo Trevisan, Raphael Perez, Rafaela e Beatriz Matos (e toda sua família), Rose Penzani, Sergio de Mello, Tiago Correa, Tiago Bueno, Thiago Ramos, Victor e Priscila Mascagna, Vinícius Zotesso e Weber Araújo.

A toda a família Peruchi e a toda a família Trevisan, principalmente a tia Isabel Peruchi Deval e ao tio Augusto Deval por nos acolher como família. A minha companheira de vida Tatiane Faisting pela parceria, incentivo e paciência e a sua mãe Rosemeire Faisting por todo o carinho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo número 2015/19918-3. "As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP"

"A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo."

Nelson Mandela

## RESUMO

A estrutura da paisagem é modificada principalmente como resultado das interações entre natureza e sociedade, as quais produzem uma configuração caracterizada pela fragmentação ou conexão entre seus elementos. Esta estrutura é reflexo da influência entre as forças físicas, biológicas, políticas, econômicas e sociais. Uma das formas mais eficazes para realização do planejamento regional no Brasil é por meio das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que junto aos comitês de bacia hidrográfica, dão suporte legal a tais unidades. O modelo de comunidade de rede é a área de investigação científica que busca compreender a complexidade dos diversos sistemas, sendo uma ferramenta importante no gerenciamento e planejamento local e regional, podendo ser aplicado em diferentes sistemas, como viários, hidrológicos e ecológicos. Este trabalho teve como objetivo avaliar os indicadores de desempenho das paisagens antrópicas e naturais baseando-se na perspectiva de integração da conectividade entre as redes viária, hidrológica e estrutural da paisagem, presentes na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - SP. Este objetivo envolveu a caracterização ambiental da paisagem e o diagnóstico do uso e cobertura da terra em 2007 e 2017, com ênfase na disposição e conectividade dos elementos existentes por meio da aplicação dos índices de Integração, Sintaxe Espacial, Conectividade Hidrológica, Conectividade Ecológica e dos índices métricos de Conectividade e Fragmentação da Paisagem. A região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré possui alto potencial para o desenvolvimento de atividades agrícolas, principalmente pela evidência de baixas declividades e pelas características dos solos presentes, as quais foram confirmadas pela classificação do uso e cobertura da terra, que demonstrou o predomínio de tais atividades em todas as regiões da bacia, culminando também na expansão da malha viária ao longo dos anos, a qual é um importante fator para o escoamento dessa produção. A região teve crescimento de 38,43% de malha viária e aumento de 22% da conectividade destas regiões, contando com um decréscimo de 2,34% da rede de drenagem e decréscimo de 25,53% da conectividade destas regiões. As áreas de vegetação sofreram uma redução de 2,72%, com uma redução de conectividade de 18,50%. Desta forma, considerando os três fatores analisados, a média da alteração da conectividade e fragmentação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré entre 2007 e 2017 foi de 22,01%. Os índices de conectividade, fragmentação e integração, ao expressarem o estado de configuração da paisagem, apresentaram-se como ferramentas importantes no diagnóstico voltado a conservação dos ecossistemas, possibilitando uma análise precisa dos elementos que as compõe. Tais índices permitiram também a comparação não apenas dos fragmentos naturais, mas de todas as classes de uso e cobertura da terra, o que é essencial no planejamento regional, como o caso de bacia hidrográficas. Os mesmos evidenciaram a perda da qualidade ambiental, junto ao crescimento de impactos negativos, como a redução das áreas de vegetação e da rede de drenagem e o aumento da concentração de estradas. Isto resultou no decréscimo das conexões das áreas de drenagem e vegetacionais e no aumento das conexões viárias que conseqüentemente culminaram em mudanças nos padrões de conectividade, tendo as classes de uso urbano e a cana-de-açúcar como predominantes. Faz-se essencial a preocupação não apenas da condição atual da região, mas com as tendências que se solidificam ao passar dos anos, como a perda de áreas naturais e as mudanças no padrão e organização da paisagem em decorrência da expansão das atividades antrópicas. Os ecossistemas, com seus bens e serviços ambientais, subsidiam diversas atividades antrópicas e socioeconômicas, e quando sobrecarregados além de sua capacidade suporte, podem comprometer o atendimento das necessidades humanas. Desta forma, o fortalecimento dos espaços de participação, por meio da mobilização da população e de sua representatividade deve ser uma premissa da administração municipal, estadual e federal, para a formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano.

**Palavras-chave:** Análise de redes; Conectividade da paisagem; Gestão da paisagem; Planejamento Regional.

## ABSTRACT

The landscape structure is modified mainly as a result between nature and society, which produce a configuration characterized by the fragmentation or connection between its elements. This structure reflects the influence of physical, biological, political, economic, and social forces. One of the most effective forms of regional planning in Brazil is through the Water Resources Management Units, which with the river basin committees, provide legal support for such units. The network community model is the area of scientific research that seeks to understand the complexity of the various systems, being an essential tool in local and regional planning and management, applied in different systems, such as road, hydrological and ecological. The objective of this study was to evaluate the urban and natural landscapes performances indicators based on the integration of connectivity between road, hydrological, and landscape structural networks in the Tietê-Jacaré Hydrographic Basin - SP. This objective involved the environmental characterization of the landscape and the diagnosis of land use and land cover in 2007 and 2017, with an emphasis on the layout and connectivity of existing elements through the indices application of Integration, Spatial Syntax, Hydrological Connectivity, Ecological Connectivity, and metric indexes of Connectivity and Landscape Fragmentation. The Tietê-Jacaré Hydrographic Basin has a high potential for the development of agricultural activities, mainly due to the evidence of low slopes and the characteristics of the present soils, which were confirmed by the classification of land use and land cover, which demonstrated the predominance of such activities in all regions of the basin, also culminating in the expansion of the road network over the years, which is an essential factor for the flow of this production. The region had a 38.43% growth in the road network and a 22% increase in connectivity, with a 2.34% decrease in the drainage network and a 25.53% decrease in connectivity. The vegetation areas were reduced by 2.72%, with a reduction in the connectivity of 18.50%. Thus, considering the three factors analyzed, the average change in connectivity and fragmentation of the Tietê-Jacaré Watershed between 2007 and 2017 was 22.01%. The fragmentation and integration indexes, when expressing the state of configuration of the landscapes, were presented as crucial tools in the diagnosis aimed at the conservation of ecosystems, allowing precise analysis of the elements that compose them. These indices also allowed the comparison not only of the natural fragments but of all classes of land use, which is essential in regional planning, such as in the case of hydrographic basins. The indices also allowed the comparison not only of natural fragments but of all classes of land use and land cover, which is essential in regional planning, such as the case of watersheds. These evidenced the loss of environmental quality, along with the growth of negative impacts, with the reduction of vegetation areas and drainage network and increased the roads concentration. This resulted in reduced drainage and vegetation connections and increased road connections that eventually culminated in changes in connectivity patterns, having the classes of urban and as predominant. The concern is not only about the current situation of the region, but also with the trends that have solidified over the years, such as the loss of natural areas and changes in the pattern and organization of the landscape as a result of the expansion of human activities. The ecosystems, with their environmental goods and services, subsidize various anthropic and socioeconomic activities, and when overloaded beyond their carrying capacity, can compromise the fulfillment of human needs. In this way, the strengthening of participation spaces, through the mobilization of the population and their representativeness, should be a premise of the municipal, state and federal administration, for the formulation, execution, and monitoring of urban development plans, programs, and projects.

**Keywords:** Network analysis; Landscape connectivity; Landscape management; Regional Planning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	10
Figura 1.2 Distribuição das unidades geológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	13
Figura 1.3 Distribuição das unidades de relevo da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	16
Figura 1.4 Modelo digital de relevo da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	17
Figura 1.5 Distribuição das classes hipsométricas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	18
Figura 1.6 Distribuição das classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	21
Figura 1.7 Distribuição das unidades pedológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	23
Figura 1.8 Distribuição das unidades aquíferas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	25
Figura: 1.9 Classificação climática da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	29
Figura: 1.10 Precipitação média anual da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré entre 1976 e 2017	32
Figura 1.11 Unidades de conservação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	34
Figura 1.12 Distribuição populacional da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2020	37
Figura 2.1 Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	58
Figura 2.2 Fluxograma de trabalho	59
Figura 2.3 Malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	63
Figura 2.4 Rodovias principais da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	63
Figura 2.5 Atualização da malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	66
Figura 2.6 Sintaxe Espacial da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	67
Figura 2.7 Número de interações da malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	69
Figura 3.1 Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	80
Figura 3.2 Fluxograma de trabalho	81
Figura 3.3 Rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	84
Figura 3.4 Distribuição das Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	84
Figura 3.5 Atualização da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	86
Figura 3.6 Conectividade Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	87
Figura 3.7 Número de interações da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	90

Figura 4.1 Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	103
Figura 4.2 Fluxograma de trabalho	104
Figura 4.3 Vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	109
Figura 4.4 Conectividade dos fragmentos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.	110
Figura 4.5: Número de interações dos fragmentos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.	111
Figura 5.1 Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	123
Figura 5.2 Fluxograma de trabalho	125
Figura 5.3 Malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (2007 e 2017)	132
Figura 5.4 Rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (2007 e 2017)	132
Figura 5.5 Uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	133
Figura 5.6 Índices de integração, conectividade e fragmentação da paisagem para a Bacia Hidrográfica do Tietê- Jacaré	142
Figura 7.1 Região central do município de Ibaté (-21°57'15.88", -47°59'48.84") – 05/09/2019	158
Figura 7.2 Cana-de-açúcar em proximidade a área urbana no município de Ibaté (-21°57'15.80"; -47°59'48.80") – 05/09/2019	158
Figura 7.3 Cana-de-açúcar e solo exposto no município de Ibaté (-21°58'45.16"; -48°0'5.21") – 05/09/2019	159
Figura 7.4 Nascente próxima a cana-de-açúcar no município de Ibaté (-21°58'44.80"; -48°0'5.27") – 05/09/2019	159
Figura 7.5 Vegetação e silvicultura no município de Ibaté (-21°55'49.19"; -47°59'8.55") – 05/09/2019	159
Figura 7.6 Pastagem e silvicultura no município de Ibaté (-21°55'8.89"; -48°1'51.17") – 05/09/2019	160
Figura 7.7 Remanescente vegetacional no município de Ibaté (-21°55'4.66"; -48°2'15.38") – 05/09/2019	160
Figura 7.8 Região central do município de São Carlos (-22°01'04.61"; -47°53'22.76") – 19/09/2019	160
Figura 7.9 Canalização de córrego urbano no município de São Carlos (-22°00'13.11"; -47°53'46.36") – 19/09/2019	161
Figura 7.10 Erosão marginal de córrego urbano no município de São Carlos (-22°00'56.92"; -47°54'40.11") – 19/09/2019	161

Figura 7.11 Remanescente vegetacional no município de São Carlos (-22°00'56.92"; - 47°54'40.11") – 19/09/2019	161
Figura 7.12 Remanescente vegetacional e silvicultura no município de São Carlos (-22°07'06.25"; -47°48'32.17") – 19/09/2019	162
Figura 7.13 Citricultura no município de São Carlos (-22°07'06.24"; -47°48'31.92") – 19/09/2019	162
Figura 7.14 Remanescente vegetacional no município de São Carlos (-22°58'37.17"; -47°52'51.73") – 19/09/2019	162
Figura 7.15 Remanescente vegetacional no município de Itirapina (-22°08'21.70"; -47°52'45.45") – 19/09/2019	163
Figura 7.16 Represa do Broa no município de Itirapina (-22°08'21.71"; -47°52'45.45") – 19/09/2019	163
Figura 7.17 Rio Jacaré-Guaçu no município de Ibitinga (-21°49'33.91"; -48°49'50.36") – 23/11/2019	163
Figura 7.18 Hidrelétrica de Ibitinga (-21°45'37.86", -48°59'26.31") – 23/11/2019 (Fonte: MAPIO, 2019)	164
Figura 7.19 Citricultura no município de Torrinha (-22°22'47.27"; -48°07'33.26") – 10/10/2019	164
Figura 7.20 Região central do município de Torrinha (-22°25'34.84"; -48°10'11.92") – 10/10/2019	164
Figura 7.21 Estação férrea no município de Torrinha (-22°25'28.36"; -48°10'25.96") – 10/10/2019	165
Figura 7.22 Córrego urbano no município de Torrinha (-22°25'30.51"; -48°10'22.79") – 10/10/2019	165
Figura 7.23 Transição entre pasto e silvicultura no município de Torrinha (-22°25'42.12"; -48°10'54.29") – 10/10/2019	165
Figura 7.24 Transição entre cana-de-açúcar e silvicultura no município de Torrinha (-22°22'47.27"; -48°07'33.26") – 10/10/2019	166
Figura 7.25 Transição entre vegetação, solo exposto e silvicultura no município de Brotas (-22°17'27.84"; -48°02'33.25") – 11/10/2019	166
Figura 7.26 Cana-de-açúcar no município de Brotas (-22°20'7.26"; -48°06'31.35") – 11/10/2019	166
Figura 7.27 Região central do município de Brotas (-22°17'14.62"; -48°07'35.78") – 11/10/2019	167



Figura 7.28 Rio Jacaré-Pepira no município de Brotas (-22°17'33.67"; -48°07'46.08") – 11/10/2019	167
Figura 7.29 Córrego canalizado no município de Brotas (-22°17'1.65"; -48°07'47.47") – 11/10/2019	167
Figura 7.30 Recanto das cachoeiras no município de Brotas (-22°24'10.01"; -48°02'33.87") – 11/10/2019	168
Figura 7.31 Rio Tietê no município de Barra Bonita (-22°29'54.71"; -48°33'40.06") – 19/10/2019	168
Figura 7.32 Região central do município de Barra Bonita (-22°29'54.71"; -48°33'39.97") – 19/10/2019	168
Figura 7.33 Barragem do Rio Tietê no município de Barra Bonita (-22°31'10"; -48°32'.04"): Fonte (BARRA BONITA, 2019)	169
Figura 7.34: Região central do município de Jaú (-22°17'51"; -48°33'.27") – 16/12/2020	169
Figura 7.35 Região central do município de Igarapu do Tietê (-22°30'38.70"; -48°33'28.74") – 20/10/2019	169
Figura 7.36 Rio Tietê no município de Igarapu do Tietê (-22°30'20.97"; -48°34'46.45") – 20/10/2019	170
Figura 7.37 Mirante do Vale no município de Igarapu do Tietê (-22°30'41.48"; -48°32'51.75") – 20/10/2019	170
Figura 7.38 Reserva Ecológica Sociedade Beneficente Dr. Enéas Carvalho Aguiar no município de Bauru (-22°20'1.07"; -49°0'57.11") – 16/11/2019	170
Figura 7.39 Região Central do município de Bauru (-22°19'21.72"; -49°4'23.72") – 16/11/2019	171
Figura 7.40 Igreja Tenrikyo – sede brasileira no município de Bauru (-22°20'7.33"; -49°5'12.56") – 16/11/2019 (SOCIAL BAURU, 2019)	171
Figura 7.41 Jardim Botânico Municipal de Bauru (-22°20'33.18"; -49°0'59.41") – 16/11/2019	171
Figura 7.42 Transição entre pastagem e vegetação no município de Arealva (-22°2'37.34"; -48°55'57.03") – 23/11/2019	172
Figura 7.43 Região central do município Arealva (-22°1'42.39"; -48°54'37.93") – 23/11/2019	172
Figura 7.44 Margem do Rio Tietê no município de Arealva (-22°1'29.97"; -48°53'19.21") – 23/11/2019	172
Figura 7.45 Rio Tietê no município de Arealva (-22°1'29.97"; -48°53'19.21") – 23/11/2019	173

Figura 7.46: Atualização da malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	195
Figura 7.47: Atualização da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	196
Figura 7.48: Vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	197
Figura 7.49: Uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	198
Figura 7.50 Sintaxe Espacial da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	199
Figura 7.51 Conectividade Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	200
Figura 7.52 Conectividade dos fragmentos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	201

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 Distribuição das unidades geológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	14
Tabela 1.2 Distribuição das unidades de relevo da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	18
Tabela 1.3 Distribuição das classes hipsométricas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	19
Tabela 1.4 Caracterização física da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	19
Tabela 1.5 Distribuição das classes de declividade, de acordo com a classificação, graus de limitação e considerações para cada uma das classes	20
Tabela 1.6 Distribuição das classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	22
Tabela 1.7 Distribuição das unidades pedológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	24
Tabela 1.8 Distribuição das unidades aquíferas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	26
Tabela 1.9 Distribuição das classes climáticas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	29
Tabela 1.10 Precipitação média anual da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré entre 1976 e 2017	30
Tabela 1.11 Distribuição das unidades de conservação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	35
Tabela 1.12 Dados sociais dos municípios que contemplam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2020	38
Tabela 1.13 Principais atividades econômicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	39
Tabela 1.14 Dados socioeconômicos dos municípios que contemplam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2020	40
Tabela 2.1 Distribuição das rodovias da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	64
Tabela 2.2 Crescimento da malha viária na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	65
Tabela 2.3 Distribuição do número de interações na malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	68
Tabela 3.1 Distribuição das Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	85
Tabela 3.2 Distribuição do número de interações entre represas e lagoas na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	88
Tabela 3.3 Distribuição do número de interações entre rios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	88
Tabela 3.4 Distribuição do número de interações entre represas, lagoas e rios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	89

Tabela 4.1 Descrição das classes de uso e cobertura da terra	105
Tabela 4.2 Distribuição da vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	108
Tabela 4.3 Distribuição do número de interações dos fragmentos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	110
Tabela 5.1 Descrição das classes de uso e cobertura da terra	126
Tabela 5.2 Índices para avaliação do grau de conectividade e fragmentação da paisagem	128
Tabela 5.3 Distribuição das classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	133
Tabela 5.4 Transição das classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	135
Tabela 5.5 Transição das classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	136
Tabela 5.6 Índices de integração e conectividade da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	137
Tabela 5.7 Índices de conectividade e fragmentação por classe de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	138
Tabela 7.1 Variação da rede viária por ordem de nós da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	174
Tabela 7.2 Aumento da rede viária por ordem de nós da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	175
Tabela 7.3 Variação da rede de drenagem por ordem de rios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	176
Tabela 7.4 Diminuição da rede de drenagem por ordem de rios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	177
Tabela 7.5 Variação dos fragmentos de vegetação por ordem de integração da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	178
Tabela 7.6 Redução ou aumento dos fragmentos de vegetação por ordem de integração da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	179
Tabela 7.7 Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu em 2007 e 2017	180
Tabela 7.8 Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira em 2007 e 2017	180
Tabela 7.9 Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jaú em 2007 e 2017	181
Tabela 7.10 Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Lençóis em 2007 e 2017	181
Tabela 7.11 Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Claro em 2007 e 2017	182

Tabela 7.12 Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Bauru em 2007 e 2017	182
Tabela 7.13 Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu em 2007 e 2017	183
Tabela 7.14 Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira em 2007 e 2017	184
Tabela 7.15 Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Jaú em 2007 e 2017	185
Tabela 7.16 Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Lençóis em 2007 e 2017	186
Tabela 7.17 Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Claro em 2007 e 2017	187
Tabela 7.18 Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Bauru em 2007 e 2017	188
Tabela 7.19 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu em 2007 e 2017	189
Tabela 7.20 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira em 2007 e 2017	190
Tabela 7.21 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jaú em 2007 e 2017	191
Tabela 7.22 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Lençóis em 2007 e 2017	192
Tabela 7.23 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Claro em 2007 e 2017	193
Tabela 7.24 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Bauru em 2007 e 2017	194

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>01</b>
1.1 Objetivos e estrutura da tese	04
1.1.1 Objetivo geral	04
1.1.2 Objetivos específicos	05
1.1.3 Estrutura da tese	05
1.2 Caracterização ambiental e socioeconômica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	06
1.2.1 Aquisição da base de dados para caracterização ambiental e socioeconômica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	06
1.2.1.1 Unidades geológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	07
1.2.1.2 Unidades de relevo e modelo digital de relevo da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	07
1.2.1.3 Classes hipsométricas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	07
1.2.1.4 Classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	07
1.2.1.5 Unidades pedológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	08
1.2.1.6 Unidades aquíferas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	08
1.2.1.7 Classificação climática e precipitação média anual da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	08
1.2.1.8 Unidades de conservação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	09
1.2.1.9 Levantamento de dados socioeconômicos dos municípios que contemplam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	09
1.2.2 Caracterização histórica, ambiental e socioeconômica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	09
1.2.2.1 Histórico da região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	11
1.2.2.2 Unidades geológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	12
1.2.2.3 Unidades de relevo e modelo digital de relevo da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	15
1.2.2.4 Classes hipsométricas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	18
1.2.2.5 Classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	20
1.2.2.6 Unidades pedológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	22
1.2.2.7 Unidades aquíferas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	25
1.2.2.8 Classificação climática da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	28
1.2.2.8.1 Precipitação média anual da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	30

1.2.2.9 Unidades de conservação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	33
1.2.2.10 Conjuntura socioeconômica dos municípios que contemplam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.	37
1.3 Referências	42
<b>2. ANÁLISE DA CONECTIVIDADE VIÁRIA: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-JACARÉ – SP, BRASIL</b>	<b>55</b>
2.1 Introdução	56
2.2 Material e métodos	57
2.2.1 Área de estudo	57
2.2.2 Metodologia	59
2.2.3 Análise da rede viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	60
2.3 Resultados e discussões	63
2.3.1 Malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	63
2.3.2 Conectividade viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	65
2.4 Considerações finais	70
2.5 Referências	71
<b>3. ANÁLISE DA CONECTIVIDADE HIDROLÓGICA: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-JACARÉ – SP, BRASIL</b>	<b>76</b>
3.1 Introdução	77
3.2 Material e métodos	79
3.2.1 Área de estudo	79
3.2.2 Metodologia	80
3.2.3 Análise da rede hidrológica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	82
3.3 Resultados e discussões	83
3.3.1 Rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	83
3.3.2 Conectividade Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	86
3.4 Considerações finais	91
3.5 Referências	92
<b>4. ANÁLISE DA CONECTIVIDADE DOS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-JACARÉ - SP, BRASIL</b>	<b>99</b>
4.1 Introdução	101
4.2 Material e métodos	102
4.2.1 Área de estudo	102

4.2.2 Metodologia	104
4.2.3 Análise da conectividade e fragmentação dos fragmentos da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	106
4.3 Resultados e discussões	107
4.3.1 Fragmentos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	107
4.3.2 Análise da conectividade e fragmentação dos fragmentos da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	109
4.4 Considerações finais	112
4.5 Referências	113
<b>5. INTERAÇÕES ENTRE REDES: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-JACARÉ – SP, BRASIL</b>	<b>119</b>
5.1 Introdução	121
5.2 Material e métodos	122
5.2.1 Área de estudo	122
5.2.2 Metodologia	124
5.2.3 Integração entre as redes da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	127
5.3 Resultados e discussões	131
5.3.1 Malha viária, rede de drenagem e uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	131
5.3.2 Integração entre as redes da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	137
5.4 Considerações finais	144
5.5 Referências	145
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>151</b>
6.1 Referências	155
<b>7. APÊNDICES</b>	<b>158</b>
7.1 Visita a campo na região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré	158
7.1.1 Visita a campo na sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu	158
7.1.2 Visita a campo na sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira	164
7.1.3 Visita a campo na sub-bacia do Rio Jaú	168
7.1.4 Visita a campo na sub-bacia do Rio Lençóis	169
7.1.5 Visita a campo na sub-bacia do Rio Bauru	170
7.1.6 Visita a campo na sub-bacia do Rio Claro	172



7.2 Variação da rede viária por ordem de nós e sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	174
7.3 Variação da rede de drenagem por ordem de rios e sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	176
7.4 Variação da vegetação por ordem de integração e sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	178
7.5 Variação da vegetação por ordem de integração e sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	180
7.6 Métricas da paisagem por sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	183
7.6.1 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra e sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017	189
7.7 Mapas temáticos de conectividade da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em alta resolução para 2007 e 2017	195
7.8 Referências	202
7.9 Glossário	202

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

---

A estrutura da paisagem é modificada principalmente pelo resultado das interações a curto e longo prazo entre forças físicas, biológicas, políticas, econômicas e sociais, em decorrência das interações entre natureza e sociedade, as quais produzem uma configuração caracterizada pela fragmentação ou conexão entre seus elementos (GOERL et al., 2011; SILVA, 2014).

Os processos que alteram estas relações definem os usos e cobertura da terra, os quais influenciam no padrão espacial e estrutural das paisagens. Estes, quando não realizados de forma planejada, resultam na degradação dos habitats, na perda de solos e dos ecossistemas. Tais impactos negativos comprometem a estrutura das paisagens e conseqüentemente sua estabilidade ao modificarem negativamente o capital natural (DOS SANTOS, 2011; CHAICHI; DAIM, 2018).

O rápido crescimento da população humana, com projeção de 8 a 10.5 bilhões em 2050, (UNITED NATIONS, 2017) e a crescente demanda por terras agrícolas, são um dos principais fatores de modificações das paisagens naturais, as quais promovem a conversão das mesmas para paisagens agrícolas ou urbanas (HANSEN et al., 2013).

A análise da estrutura das paisagens é fundamental para definir as diferentes composições espaciais que estão presentes nos fragmentos e mosaicos de suas unidades, sendo utilizadas na compreensão e projeção de impactos e de alterações antrópicas sobre os ecossistemas (TIESKENS et al., 2017). As questões relacionadas a estrutura das paisagens e sua integração com os fatores antrópicos e a estabilidade das comunidades e dos ecossistemas, tem sido objeto de debate em todas as esferas da sociedade, o que vem influenciando o desenvolvimento da ecologia e produzindo uma fundamentação teórica e prática sobre a estrutura e função dos ecossistemas (VILLA; MCLEOD, 2002; DONG; HAUSCHILD, 2017).

Nas últimas duas décadas, tem havido uma grande busca por métodos quantitativos e qualitativos que possam analisar padrões, determinar a importância de processos espaciais e desenvolver modelos para análise de paisagens. A utilização das métricas e dos índices são uma das formas mais utilizadas para quantificar-se os atributos espaciais das paisagens (LI; WU, 2004; VAN ZANTEN et al., 2016). A reunião de diversos índices permite realizar a quantificação da estrutura, fragmentação e conectividade das paisagens, elementos principais na elaboração de estratégias de manejo local e regional, permitindo obter informações sobre estrutura da paisagem e de suas características espaciais (FAN; MYINT, 2014).

Desta forma, a modelagem vem se firmando como um excelente método para a obtenção de conhecimento e geração de hipóteses para análise das paisagens. Vários autores têm desenvolvido índices e medidas descritivas dos padrões espaciais das paisagens (ROLIM, 2007; ZELLWEGER et al., 2014; TOPPING et al., 2016; AUFFRET et al., 2017; MALCOLM; LEHMAN, 2017). Entre os temas mais abordados em modelos estão as questões populacionais, os efeitos de fragmentação e conectividade, a importância de corredores e as mudanças temporais do uso e cobertura da terra.

Essas medidas têm sido utilizadas para avaliar mudanças temporais nos usos da terra, para comparar a composição e a estrutura de unidades de paisagens e para observar os efeitos de diferentes configurações impostas por práticas de manejo alternativas sob a probabilidade de ocorrência de perturbações (O'NEILL et al., 1988; TURNER; SIMARD, 2017). Os estudos relacionados as paisagens urbanas e hidrológicas complementam o entendimento sobre as paisagens naturais por meio da compreensão de suas interligações e inter-relações com o meio natural. Tais pesquisas, fortalecem e direcionam as ações voltadas a manutenção e recuperação dos ecossistemas naturais e conseqüentemente dos próprios ecossistemas urbanos e hídricos nas ações de planejamento.

Por exemplo, o trabalho desenvolvido por Lima et al., (2019) objetivou analisar a distribuição do uso e cobertura da terra, o padrão espacial da fragmentação e conectividade da paisagem das bacias hidrográficas do alto Paraíba e do Taperoá – PB, sendo possível avaliar as regiões com maiores números de fragmentos, assim como quantificar a conectividade entre os mesmos, em busca de informações para o planejamento regional da regiões estudadas.

Desta forma, compreender as áreas urbanizadas, hidrológicas e ambientais como um território complexo, onde as questões sociais interagem com os elementos biofísicos, pressupõe analisar não apenas a ordenação e regulação dos usos da terra em seus diferentes espaços interurbanos e ecológicos, mas também, a contextualizar as suas dimensões espaciais e temporais, considerando as interações entre os processos naturais e sociais em suas múltiplas escalas (TURNER; SIMARD, 2017).

A análise das paisagens em seus contextos geográficos locais, regionais e globais, tanto quanto o estudo das estruturas urbanas, hidrológicas e ecológicas, são fundamentais no planejamento e estabelecimento de formas de crescimento compatíveis com as metas de desenvolvimento sustentável (OLIVEIRA et al., 2004; MARINO et al., 2015), onde tais planos precisam ter fortes e organizadas articulações com capacidade de gestão e com efetiva

implementação de suas diretrizes (MORETTI, 2007; AZEVEDO, 2013). Determinar tais mudanças possibilitará a avaliação da dimensão temporal dos diversos impactos ambientais, conduzindo os resultados para aplicação de convenções e programas de ação, tanto nacionais quanto internacionais (OECD, 2017; LIANG et al., 2017).

No Brasil, umas das formas mais eficazes para gerenciar-se o planejamento regional integrado se desenvolve por meio das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) e dos comitês de bacia hidrográfica. Por intermédio legislativo, estes corroboram com o planejamento físico e socioeconômico das regiões, principalmente porque, no país, o planejamento é realizado localmente, onde cada município, apesar de respeitar a hierarquia legislativa tanto estadual quanto federal, gerencia seu território de maneira local, que em muitos casos é insuficiente, especialmente quando esta gestão se relaciona com as questões de conservação dos recursos naturais.

Conforme as Leis Estaduais n.7.663 de 30/12/91 e n.9.034 de 27/12/1994 (SÃO PAULO, 1991, 1994) e recentemente com a Lei nº 16.337 de 14/12/2016 (SÃO PAULO, 2016):

[...] as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos constituem unidades territoriais com dimensões e características que permitam e justifiquem o gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos e, em geral, são formadas por partes de bacias hidrográficas ou por um conjunto delas [...]

Diante a esta busca pelo planejamento regional, os modelos de integração entre redes destacam-se como uma área da investigação científica que busca a compreensão dos diferentes complexos urbanos e naturais por intermédio do uso da metáfora das redes e da interligação entre as diferentes paisagens (PORTA et al., 2006; O'SULLIVAN et al., 2018), sendo uma ferramenta importante para o gerenciamento e planejamento local e regional.

Entende-se por rede como o sistema de interligações das paisagens naturais e antrópicas que são conduzidas com o intuito de proteger ou restabelecer as funções ecológicas e sociais e com o objetivo de conservar a biodiversidade e as relações humanas em consequência do uso sustentável dos serviços ecossistêmicos (MAGRAMA, 2019). Estas relações constituem as diversas conexões presentes nas paisagens por meio das infraestruturas urbanas, dos corpos hídricos, dos fragmentos vegetacionais e das suas interações entre si e com as populações humanas.

A conectividade estabelece o grau de capacidade que os elementos se deslocam entre as unidades de paisagem. As atividades voltadas para sua manutenção ou recuperação são fundamentais no que tange a proteção da biodiversidade e dos ecossistemas naturais, atuando em

consequência da prevenção e da diminuição da perda de habitat e de sua consequente fragmentação, podendo tanto aumentar como reduzir a resiliência dos sistemas socioecológicos e dos serviços ecossistêmicos que produzem. (HILTY et al., 2012; MAGRAMA, 2019).

Para conciliar a conservação da natureza com as demandas sociais e naturais, Saito et al. (2016) destacam os corredores ecológicos e os *stepping stones* enquanto unidades de planejamento regional, os quais permitem integrar os fragmentos de habitat em áreas que abrangem os ambientes modificados pelas atividades antrópicas, de modo a garantir o uso sustentável dos usos da terra.

A utilização dos índices e métricas complementados pelo uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) têm facilitado as análises e as atividades relacionadas à caracterização, ao diagnóstico e ao planejamento ambiental e urbano. Tais atividades tem auxiliado em tarefas como a simulação do espaço geográfico, dos processos naturais e na integração de informações espaciais (NICOLETTI; FERREIRA, 2015). Permitindo analisar os diversos fatores, como as intervenções antrópicas na paisagem, o grau de análise espacial como suporte ao planejamento ambiental e as mudanças ambientais em uma escala temporal (VALLE et al., 2016).

Portanto, é necessário considerar que os processos culturais que transformam as paisagens compõem a integração dos elementos naturais, culturais e antrópicos, e que o ambiente natural proporciona benefícios para a sociedade ao preservar a estrutura, diversidade e função dos ecossistemas (BALMFORD et al., 2002; TREVISAN et al., 2017). E estes benefícios devem motivar a conservação da natureza diante das crescentes pressões econômicas sobre o ambiente natural, mesmo que sua avaliação socioeconômica seja complexa (SANTOS et al., 2001; INKOOOM et al., 2018) e não seja incorporada na atividade econômica convencional baseada na análise de mercado. A exploração econômica dos recursos naturais deve combinar o desenvolvimento e as práticas de conservação para resguardar a qualidade ambiental das diversas paisagens.

## **1.1 Objetivos e estrutura da tese**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Este trabalho teve como objetivo avaliar a conectividade entre as redes viária, hidrológica e estrutural da paisagem presentes na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré – SP por meio dos indicadores de desempenho das paisagens antrópicas e naturais. Este objetivo envolveu a caracterização ambiental da paisagem e o diagnóstico do uso e cobertura da terra nos períodos de 2007 e 2017, com ênfase na disposição, fragmentação e conectividade dos elementos presentes na paisagem, por meio da aplicação dos índices de Integração, Sintaxe Espacial, Conectividade

Hidrológica, Conectividade Ecológica e dos índices métricos de Conectividade e Fragmentação da Paisagem.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar quantitativamente e qualitativamente a dinâmica temporal dos usos e cobertura da terra em 2007 e 2017;
- Avaliar a conectividade e fragmentação das redes viária, hidrológica, ecológica e estrutural da paisagem, por meio da aplicação índices de Integração, Sintaxe Espacial, Conectividade Hidrológica, Conectividade Ecológica e dos índices métricos de Conectividade e Fragmentação da Paisagem;
- Avaliar os principais fatores que influenciam na conectividade da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, por intermédio da análise da integração entre as redes e da dinâmica temporal do uso e cobertura da terra.

### 1.1.3 Estrutura da tese

A presente tese está estruturada em quatro artigos científicos independentes, mas correlacionados no contexto da pesquisa, cada qual com uma introdução ao assunto abordado, descrição metodológica adotada, discussão dos resultados obtidos e respectivas considerações finais. Esses artigos estão antecedidos pela introdução geral e pela caracterização ambiental da área de estudo, que elucidam as contribuições desta pesquisa e apresentam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Após os artigos, são apresentadas as considerações finais dos resultados da tese, os apêndices e o Glossário.

Primeiro artigo: **“Análise da conectividade viária: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré – SP, Brasil”** com o objetivo de avaliar o processo dinâmico e temporal das infraestruturas viárias em 2007 e 2017, este trabalho contempla a avaliação das conectividades viárias presentes no território da bacia hidrográfica, por meio da aplicação dos índices de Integração e Sintaxe Espacial.

Segundo artigo: **“Análise da conectividade hidrológica: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré – SP, Brasil”** com o objetivo de avaliar o processo dinâmico e temporal das estruturas hidrológicas em 2007 e 2017, este trabalho contempla a avaliação das conectividades hídricas presentes no território da bacia hidrográfica, por meio da aplicação dos índices de Integração e Conectividade Hidrológica.

Terceiro artigo: “**Análise da conectividade dos fragmentos de vegetação: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - SP, Brasil**” com o objetivo de avaliar o processo dinâmico e temporal dos fragmentos de vegetação em 2007 e 2017, este trabalho contempla a avaliação das conectividades dos fragmentos de vegetação da paisagem presentes no território da bacia hidrográfica, por meio da aplicação dos índices de Integração e Conectividade Ecológica.

Quarto artigo: “**Interações entre redes: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré – SP, Brasil**” com o objetivo de avaliar o processo dinâmico e temporal das interações entre as redes em 2007 e 2017, este trabalho contempla a avaliação das interações entre as conectividades viárias, hidrológicas e estruturais da paisagem presentes no território da bacia hidrográfica, por meio da aplicação dos índices métricos de Integração, Fragmentação e Conectividade da Paisagem.

## **1.2 Caracterização ambiental e socioeconômica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

### **1.2.1 Aquisição da base de dados para caracterização ambiental e socioeconômica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

As informações obtidas para a delimitação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré foram adquiridas da base de dados digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), malha digital dos municípios brasileiros, versão 2015. Todo o plano de informação foi georreferenciado no sistema de projeção geográfica latitude/longitude, *datum* SIRGAS2000, utilizando-se o software ArcGis 10.5. Os procedimentos metodológicos apresentados são oriundos de técnicas de geoprocessamento realizadas em conjunto com a utilização de bases de dados e aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), onde elas foram selecionadas por estarem disponíveis gratuitamente para aplicação e utilização.

Foram utilizadas as cartas planialtimétricas do IBGE, adquiridas em meio analógico na escala 1:50.000, folhas: SF-22-X-D-IV-2; SF-22-X-D-IV-4; SF-22-X-D-V-1; SF-22-X-D-V-2; SF-22-X-D-V-3; SF-22-X-D-V-4; SF-22-X-D-VI-1; SF-22-X-D-VI-2; SF-22-X-D-VI-3; SF-22-X-D-VI-4; SF-22-Z-B-I-2; SF-22-Z-B-I-4; SF-22-Z-B-II-1; SF-22-Z-B-II-2; SF-22-Z-B-II-3; SF-22-Z-B-II-4; SF-22-Z-B-III-1; SF-22-Z-B-III-2; SF-22-Z-B-III-3; SF-22-Z-B-III-4; SF-22-Z-B-IV-2; SF-22-Z-B-V-1; SF-22-Z-B-V-2; SF-22-Z-B-V-3; SF-22-Z-B-V-4; SF-23-V-C-IV-3; SF-23-Y-A-I-1; SF-23-Y-A-I-2; SF-23-Y-A-I-3; SF-23-Y-A-IV-1 (IBGE, 1971).

As informações foram estruturadas para cada categoria temática, sendo elaboradas as informações de Unidades geológicas; Unidades de relevo e modelo digital de relevo; Classes

hipsométricas; Classes de declividade; Unidades pedológicas; Unidades aquíferas; Classificação climática e pluviosidade anual média; Unidades de conservação e Levantamento de dados socioeconômicos dos municípios que contemplam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

#### **1.2.1.1 Unidades geológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

O mapa temático das unidades geológicas foi obtido por meio das informações de Unidades Básicas de Compartimentação do Meio Físico do estado de São Paulo, disponibilizadas pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental do estado de São Paulo (CPA, 2017), na escala 1:75.000. As feições utilizadas para representação das unidades foram categorizadas conforme o Manual Técnico de Geologia do IBGE (IBGE, 1998).

#### **1.2.1.2 Unidades de relevo e modelo digital de relevo da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

O mapa temático das unidades de relevo foi obtido por meio das informações de Unidades Básicas de Compartimentação do Meio Físico do estado de São Paulo, disponibilizadas pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental do estado de São Paulo (CPA, 2017), na escala 1:250.000. As feições utilizadas para representação das unidades foram categorizadas conforme o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (IBGE, 2009). O modelo digital de relevo (modelo digital de terreno – MDT) foi gerado com base no mapa de classes hipsométricas em por meio do modelo *Topo To Raster (3D analyst)* do software ArcGis 10.5.

#### **1.2.1.3 Classes hipsométricas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

O mapa temático das classes hipsométricas foi obtido a partir das curvas de nível das cartas planialtimétricas do IBGE (IBGE, 1971), por meio da digitalização em tela para geração da imagem *Raster – TIN*, por meio do módulo “*3D Analyst – Create/Modify TIN – Create TIN From Feature*”.

#### **1.2.1.4 Classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

O mapa temático das classes de declividade foi elaborado a partir do mapa temático de classes hipsométricas. As cotas altimétricas foram agrupadas em classes de 20 em 20 metros, com posterior realização dos cálculos estatísticos por meio da função “*Face Slope With Graduated Color Ramp – Add – Dismiss*” do software ArcGis 10.5, considerando fórmula de declividade (Equação 1):

$$\text{Tangente } Tg \alpha = \text{Encaminhamento vertical } E_v / \text{Encaminhamento horizontal } E_h \quad (1)$$



### **1.2.1.5 Unidades pedológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

O mapa temático das unidades pedológicas foi obtido por meio da digitalização em tela baseando-se no Mapa Pedológico do estado de São Paulo, elaborado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC, 1999), na escala 1:500.000. As feições utilizadas para representação das unidades foram categorizadas conforme o Manual Técnico de Pedologia do IBGE (IBGE, 2015).

### **1.2.1.6 Unidades aquíferas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

O mapa temático unidades aquíferas foi obtido por meio da digitalização baseando-se no Mapa de Águas Subterrâneas estado de São Paulo de 2007, elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2007), na escala 1:1.000.000. As feições utilizadas para representação das unidades aquíferas foram categorizadas conforme pré-determinado no respectivo mapa utilizado.

### **1.2.1.7 Classificação climática e precipitação média anual da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

O mapa temático de classificação climática foi obtido por meio da digitalização em tela baseando-se no Mapa de Classificação do Clima pelo Sistema Internacional de Köppen de 1951 – 2000 (IBGE, 2002). As feições utilizadas para representação das classes foram selecionadas conforme o Sistema Internacional de Köppen de 1951 – 2000 (KOTTERK, 2006).

Para realização da precipitação média anual da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, foram utilizadas as informações disponibilizadas pelo Portal do Departamento de Águas e Energia do estado de São Paulo (DAEE, 2018), referentes as estações pluviométricas instaladas pelo estado. Para contemplar toda a região da bacia hidrográfica, possibilitando uma média precisa, foram selecionados seis municípios representando cada região da bacia hidrografia de acordo com a subdivisão em sub-bacias hidrográficas.

Foram selecionadas as informações de 1976 a 2017, pois são datas que todas as regiões possuem informações, possibilitando o cálculo da média de precipitação média anual. Desta forma foi selecionado o município de Araraquara (C5 - 017) representando a sub-bacia do Jacaré-Guaçu, o município de São Manuel (D5 - 047) representando a sub-bacia do Rio Lençóis, o município de Ibitinga (C5 - 081) representando a sub-bacia do Rio Claro, o município de Torrinha (D5 - 06) representando a sub-bacia do Jacaré-Pepira, o município de Jaú (D5 - 084) representando a sub-bacia do Rio Jaú e o município de Pederneiras (D5 - 018) representando a sub-bacia do Rio Bauru.

O cálculo da precipitação média anual, foi realizado por meio da soma das médias mensais dividido pelo total de observações ao longo de todo o período, sendo realizado para cada região (sub-bacia) e para a bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré como um todo.

#### **1.2.1.8 Unidades de conservação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

A realização do mapa temático das unidades de conservação foi obtida por meio da digitalização em tela baseando-se no Mapa de Unidades de Conservação do estado de São Paulo, elaborado pela Fundação Florestal na escala 1:2.750.000 (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2008).

#### **1.2.1.9 Levantamento de dados socioeconômicos dos municípios que contemplam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

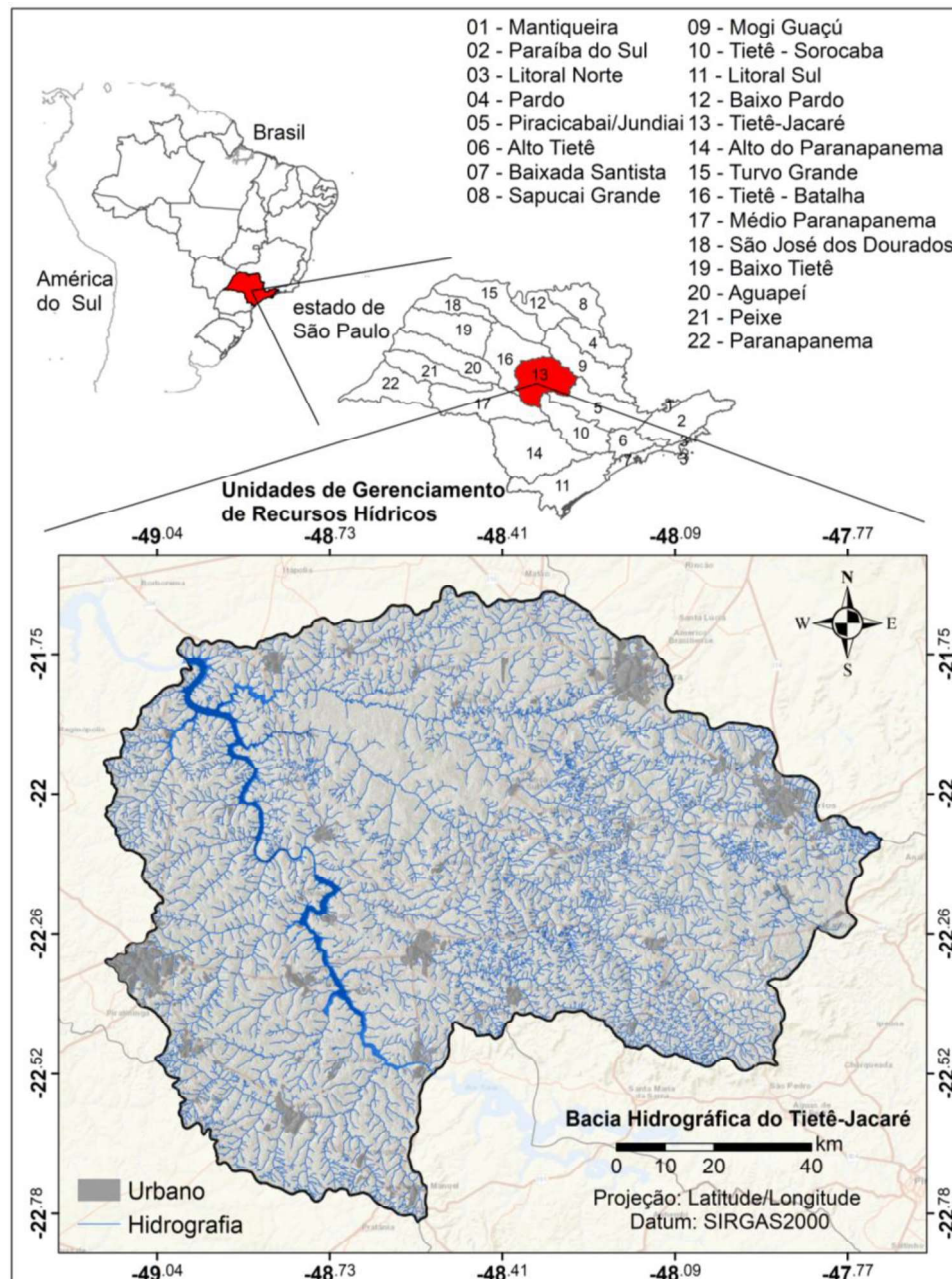
O levantamento socioeconômico da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré ocorreu por meio dos dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré e pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE, 2020). A pesquisa ocorreu em novembro de 2017 e foi atualizada em novembro de 2020, já com a projeção de informações para 2021.

#### **1.2.2 Caracterização histórica, ambiental e socioeconômica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

As Leis Estaduais n.7.663 de 30/12/91, n.9.034 de 27/12/1994 e nº 16.337 de 14/12/2016 (SÃO PAULO, 1991, 1994 e 2016) instituem o gerenciamento de recursos hídricos no estado de São Paulo, que é realizado por meio de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs). O estado possui vinte-e-duas UGRHIs, delimitadas a partir do conceito de bacia hidrográfica, segundo o qual, cada unidade engloba os recursos hídricos que convergem para um corpo d'água principal, necessitando de articulação entre pesquisa, gerenciamento e inovações (CBH-SM, 2015).

A **Figura 1.1** destaca a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré (conhecida na literatura também como UGRHI 13, Bacia do Tietê-Jacaré ou Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, termo que foi utilizado neste trabalho), com área total de 11.810,9km<sup>2</sup>, englobando 37 municípios: Agudos, Analândia, Araraquara, Arealva, Areiópolis, Bariri, Barra Bonita, Bauru, Boa Esperança do Sul, Bocaina, Boracéia, Borebi, Brotas, Dois Córregos, Dourado, Gavião Peixoto, Iacanga, Ibaté, Ibitinga, Igarapu do Tietê, Itaju, Itapuí, Itirapina, Jaú, Lençóis Paulistas, Macatuba, Matão, Mineiros do Tietê, Nova Europa, Pederneiras, Ribeirão Bonito, São Carlos, São Manuel, Tabatinga, Torrinha e Trabiju (**Apêndice 7.1**)

A bacia hidrográfica está localizada no centro do estado de São Paulo, entre as coordenadas 21°37' e 22°51' Sul e 49°32' e 47°30' Oeste. Com rede de drenagem de 8.686,42Km, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré engloba três rios principais: O Rio Tietê, o Rio Jacaré-Guaçu e o Rio Jacaré Pepira e os reservatórios de Bariri, Ibitinga e Carlos Botelho (Lobo/Broa) (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019).



**Figura 1.1:** Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

Por apresentar histórico de crescimento e características de desenvolvimento consolidadas, que integram municípios com elevado grau de urbanização e potenciais industriais e agrícolas, que necessitam de uma rede viária integrada e consequentemente de uma rede hidrológica que comporte todo esse desenvolvimento, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré torna-se uma área potencial para

análise das relações de conectividade entre os compartimentos da paisagem e suas inter-relações com o desenvolvimento antrópico e as áreas naturais, avaliando suas influências na conservação dos ecossistemas.

Por estas características, a região é estudada por diversas áreas do conhecimento: Nascimento (2003), Lopes (2007), Tundisi (2008), Luzia (2009), Peres; Silva (2013), Araldi et al., (2016) e Tanajura et al., (2017), além da realização de relatórios técnicos como o Relatório de Situação de Recursos Hídricos do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2016), o Diagnóstico da Situação Atual dos Recursos Hídricos e Estabelecimento de Diretrizes Técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH – TJ, 2000, 2013 e 2017) e o Guia de Restauração de Matas Ciliares para a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (ATTANASIO et al., 2014).

### **1.2.2.1 Histórico da região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

A região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré apresenta, desde o século XVIII, um perfil agrícola e industrial. Na época, a criação de gado e a produção açucareira eram as duas principais atividades econômicas do estado de São Paulo. Durante o século XIX, o café tornou-se a grande fonte de renda do país e do estado, substituindo por certo período, a cana-de-açúcar no topo das exportações brasileiras (adaptado de MOSCHINI, 2008; DAEE, 2019).

A rede de drenagem também foi e continua sendo importante no processo de ocupação e desenvolvimento da região e de todo o estado. Atualmente, por meio da Hidrovia Tietê-Paraná são transportados produtos com cana-de-açúcar, material de construção, calcário, farelo, soja, grãos, madeira e fertilizantes, numa extensão de 2.400km (ATTANASIO et al., 2014).

O século XIX foi um período de desenvolvimento da região da bacia hidrográfica, devido a construção e abertura de ferrovias para escoamento das produções. As ferrovias foram o fator principal da consolidação do ciclo econômico e da rede urbana, atraindo crescimento de cidades ao entorno das estações. Ao final do ciclo cafeeiro, a rede urbana atual já se encontrava consolidada e localizada nas principais concentrações ferroviárias como São Carlos, Araraquara, Jaú e Bauru (SMA; 1995; ATTANASIO et al., 2014).

As primeiras décadas do século XX foram marcados por crises de superprodução, devido principalmente a diminuição das demandas externas em consequência da crise econômica de 1929. Em resposta a crise do mercado exportador de café, verificou-se a intensificação da produção de culturas alimentícias, da pecuária, algodão e cana-de-açúcar. Entre 1931 a 1945, a cana-de-açúcar

teve sua produção elevada em 570%, consolidando o estado de São Paulo como o maior produtor do Brasil, fato também presente atualmente (adaptado de MOSCHINI, 2008; DAEE, 2019).

Entre as décadas de 1960 e 1970 ocorreu o desenvolvimento das infraestruturas e dos equipamentos de saúde e educação, com a instalação de hospitais e escolas de nível superior. Outros segmentos agroindustriais expandiram-se neste período, como óleos vegetais, soja, carne e derivados de leite, com destaque para o ramo de sucos cítricos (adaptado de MOSCHINI, 2008; DAEE, 2019).

A modernização das atividades agropecuárias e a rede viária e hídrica regional influenciaram o crescimento das instalações agroindustriais e das indústrias produtoras de insumos químicos, implementos agrícolas e equipamentos para usinas e destilarias, o que contribuiu para o processo de expansão da região, intensificado nas décadas de 1980 e 1990. Neste período, a população urbana dos pequenos e médios municípios cresceu, abrigando os trabalhadores em busca de trabalho no campo e nas lavouras de cana-de-açúcar e de laranja, que ainda atuam como as principais atividades econômicas da região (CASTRO, 2007; MACEDO, 2013).

Atualmente, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré apresenta uma economia diversificada, com destaque para o complexo sucro-alcooleiro, que se estende por toda a região, e o plantio e processamento de cítricos, que ocorre principalmente em São Carlos, Araraquara e Jaú, os quais representam grande parte da população da UGRHI. Nas regiões dos municípios de Agudos, Araraquara e Bauru destacam-se os setores de bebidas e papel, em Jaú a indústria calçadista, em São Carlos os tecidos e a metal mecânica, em Ibitinga os bordados e em Barra Bonita, Igarapé do Tietê e Brotas o turismo (ATTANASIO et al., 2014).

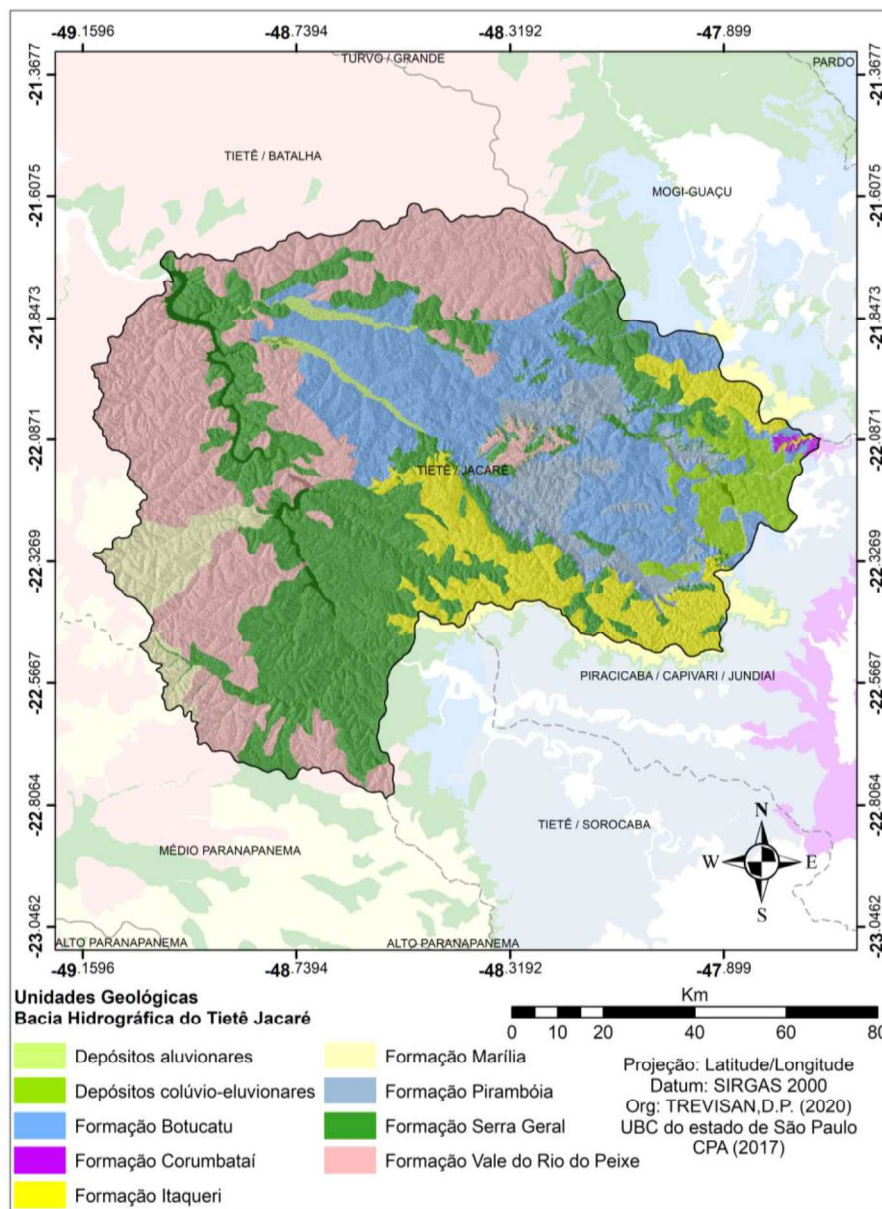
#### **1.2.2.2 Unidades geológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

A região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré é distribuída em nove unidades geológicas (**Figura 1.2 e Tabela 1.1**), tendo as formações Botucatu, Serra Geral e Vale do Rio Peixe como as mais representativas em área.

A região da formação Botucatu é composta por arenitos finos e médios e corresponde a área de recarga do Aquífero Guarani, maior manancial de água doce subterrânea transfronteiriço do mundo, compreendendo as bacias hidrográficas do Tietê-Jacaré e Mogi-Guaçu (BIOTA FAPESP, 2014), onde a espessura total das exposições no estado de São Paulo, pode chegar a 100m. Esta formação caracteriza-se pela coloração vermelha, rósea ou amarelo-clara, com a presença de estratificação de grande porte, podendo alcançar espessuras de 20m (MACHADO, 2017). Nessas

regiões, os solos, que são formados a partir do intemperismo das rochas da Formação Botucatu, possuem forte relação com sua granulometria, sendo geralmente arenosos e profundos. Destacam-se alguns tipos de solos em decorrência do intemperismo dessas rochas, como Neossolos, Argissolos e Latossolos (EMBRAPA, 1999; SOUZA et al., 2017).

Os sedimentos arenosos da Formação Pirambóia afloram na região de Ribeirão Bonito em duas manchas principais, ao longo da sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu. As manchas menores são observadas a leste e sudeste, geralmente junto aos vales das drenagens, onde já foram erodidas as unidades superiores. Esta formação é composta por uma sucessão de camadas arenosas de coloração avermelhada a esbranquiçada com espessuras da ordem de 100m (CORRÊA, 1996; SIMON, 2017), destacando-se os Neossolos, Argissolos e Latossolos.



**Figura 1.2:** Distribuição das unidades geológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

A região da Formação Serra Geral está constituída predominantemente por basaltos e basalto-andesitos, os quais contrastam com riolitos e riolitos aflorantes e que caracterizam uma associação litológica entre basalto e riolito, destacando-se solos como Nitossolos e Latossolos (COSTA et al., 2016; CPRM, 2019). As rochas eruptivas desta formação constituem um conjunto de derrames de basaltos de espessura individual bastante variável, desde poucos metros a mais de 50m, e uma extensão que pode ultrapassar dez quilômetros. Nesta formação, intercalam-se arenitos com as mesmas características dos arenitos da Formação Botucatu, a maioria com estruturas típicas de dunas (TROPMAIR, 1998; SIMON, 2017).

**Tabela 1.1.** Distribuição das unidades geológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

<b>Unidade geológica</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Depósitos aluvionáres	14.350,07	1,21
Depósitos coluvio - eluvionares	40.250,60	3,41
Formação Botucatu	235.099,00	19,91
Formação Corumbataí	2.048,83	0,17
Formação Itaqueri	106.017,00	8,98
Formação Marília	45.297,00	3,84
Formação Pirambóia	63.582,60	5,38
Formação Serra Geral	339.433,00	28,74
Formação Vale do Peixe	335.011,90	28,36
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,00</b>

A Formação Vale do Rio do Peixe corresponde aos sedimentos da Formação Adamantina e é composta por arenitos interpolados com siltitos ou lamitos arenosos, sendo predominante o surgimento de Latossolos e Argissolos. Esta é a unidade geológica que apresenta a maior área de exposição na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, contornando-a desde o extremo sudoeste, na região de São Manuel, pelas cabeceiras dos afluentes da margem esquerda do Rio Tietê, até o extremo noroeste, nas proximidades da barragem de Ibitinga, de onde segue para leste-nordeste, até a região de Araraquara (TROPMAIR, 1998; ARALDI, 2016).

A Formação Marília é representada apenas em seu flanco sudoeste, nas cabeceiras dos afluentes da margem esquerda do Rio Tietê, na região das cidades de Bauru, Agudos e Borebi, e numa pequena mancha a sul da cidade de São Manuel. Estes sedimentos podem atingir 180m de espessura (CORRÊA., 1996; SAMPAIO et al., 2017). Nesta região, o grupo rochoso mais evidente, pertencente à Bacia do Paraná é o Grupo Bauru, que é representado pelas formações Adamantina, Uberaba, Caiuá, Santo Anastácio e Marília, destacando-se os Latossolos e Argissolos.



A Formação Itaqueri constitui-se de um pacote de até 120m de espessura, de camadas alternadas de arenitos com cimento argiloso, folhelhos e conglomerados. Os arenitos são de granulação variada e podem ser argilosos e apresentar intensa silicificação e os clastos dos conglomerados são de composição variada, provenientes de fora da bacia de deposição (CBH-TJ, 2000; SILVA et al., 2017). Esta formação ocorre na porção sudeste da bacia hidrográfica, que se estende desde as serras de Itaqueri e de São Pedro, nas cabeceiras do Rio Jacaré-Pepira, a leste, até as proximidades de Jaú, a oeste, estendendo-se até Bocaina, pelo flanco norte, e até a região de Mineiros do Tietê, pelo Sul (CBH-TJ, 2000; SILVA et al., 2017), destacando-se os Neossolos, Argissolos, Latossolos e Nitossolos.

Os Depósitos Cenozóicos abrangem os Depósitos aluvionáres e os Depósitos Colúvio – Eluvionares e são representados pelas coberturas sedimentares da Serra de São Carlos e pelos depósitos quaternários. As coberturas da Serra de São Carlos são observadas na região de São Carlos, ocupando o topo do divisor de águas do Rio Jacaré-Guaçu, na UGRHI-13 e o Rio Mogi-Guaçu (UGRHI-9) e estende-se desde o sudeste de São Carlos até a região a oeste de Ibaté (CORRÊA, 1996; FLORES, 2017). Nestas regiões destacam-se os Neossolos, Argissolos, Latossolos e Nitossolos e Organossolos.

Os depósitos quaternários constituem-se essencialmente por depósitos aluvionares, colúvios e elúvios, cuja distribuição é conduzida pelos grandes cursos d'água e pela evolução do relevo. Na área da bacia hidrográfica, estão presentes nos vales dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira (CORRÊA, 1996; FLORES, 2017).

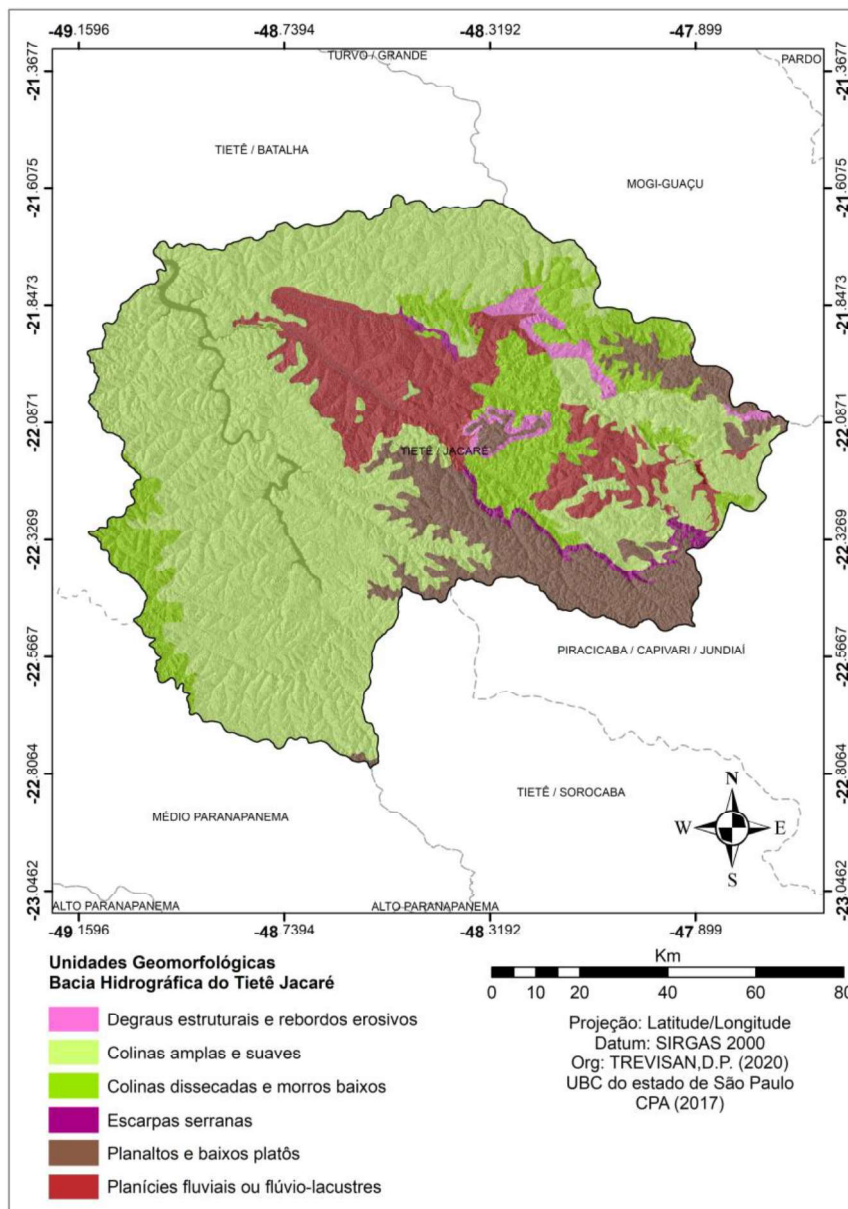
Os Depósitos Colúvionares são caracterizados por areno-silto-argilosos, avermelhados, com linha de seixos na base. Ocorrem frequentemente a meia encosta, enquanto os depósitos eluviais e solos residuais arenosos são mais frequentes nas áreas colinosas e topos de interflúvio. Tais depósitos são bastante significativos nas áreas dos arenitos das formações Pirambóia e Botucatu, pela facilidade com que estes sedimentos se alteram e podem ser movimentados (CORRÊA, 1996; FLORES, 2017).

### **1.2.2.3 Unidades de relevo e modelo digital de relevo da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

A Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré está inserida principalmente no Planalto Ocidental Paulista e nas Cuestas Basálticas com características de declive suaves em direção ao rio Paraná (CBH-TJ, 2000; ATTANASIO et al., 2014). A representação das unidades de relevo (**Figura 1.3**) e do modelo digital de relevo da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (**Figura 1.4**), demonstra as



diversas classificações e características do relevo resultantes dos processos erosivos, principalmente caracterizados pelas colinas amplas e suaves (59,82%) (Tabela 1.2).



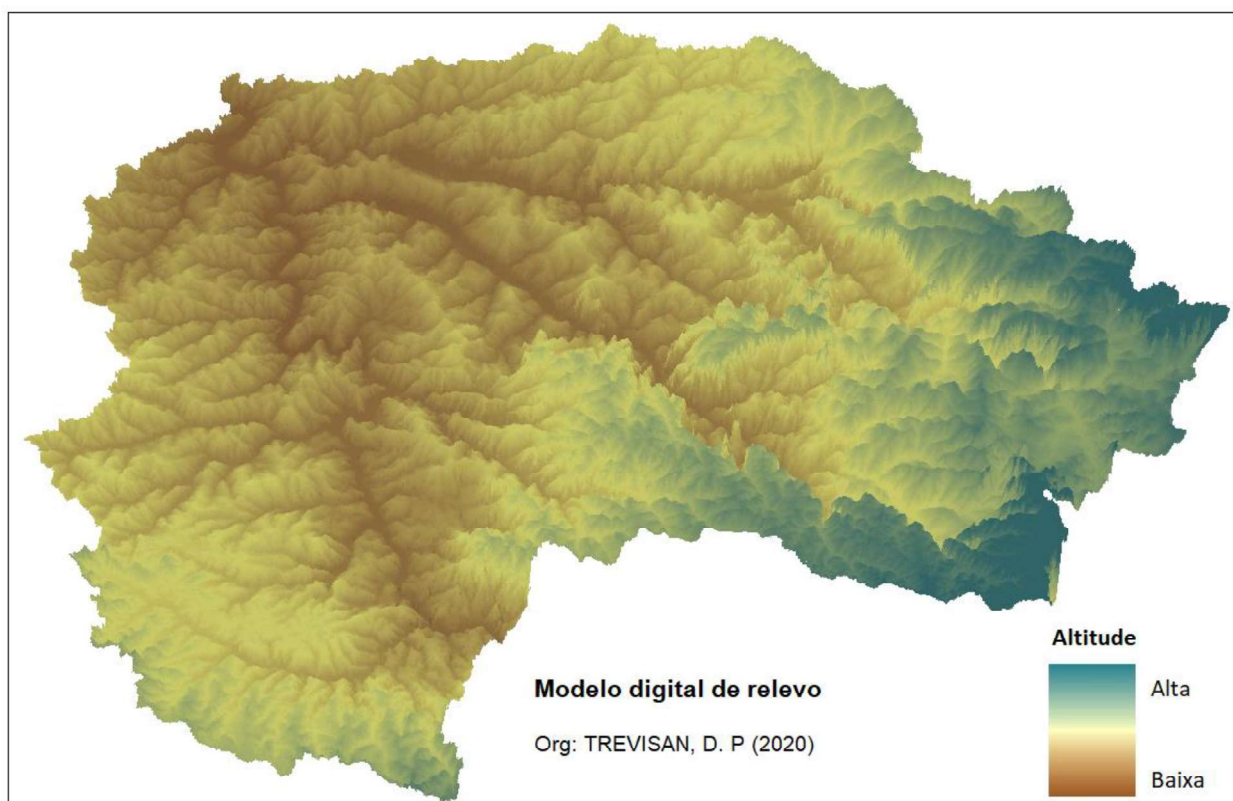
**Figura 1.3:** Distribuição das unidades de relevo da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

As Planícies fluviais são planícies de inundação com declividade média de 2%, alto lençol freático, localizadas nas principais regiões hidrográficas da bacia. As Colinas Suaves possuem baixa densidade de drenagem e ocorrência de lagoas localizadas nas regiões das sub-bacias do baixo e alto Jacaré-Guaçu. Os Morros Baixos possuem baixa densidade de drenagem que estão associadas as formações Pirambóia, Botucatu, Serra Geral e Itaqueri, localizadas principalmente na sub-bacia no médio Jacaré-Guaçu (CBH-TJ, 2000; IBGE, 2009).

**Tabela 1.2.** Distribuição das unidades de relevo da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

<b>Unidade de relevo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Colinas amplas e suaves	706.473,00	59,82
Colinas dissecadas e morros baixos	148.611,00	12,58
Degraus estruturais e rebordos erosivos	21.404,90	1,81
Escarpas serranas	13.127,10	1,11
Planaltos e baixos platôs	136.090,00	11,52
Planícies fluviais	155.384,00	13,16
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,000</b>

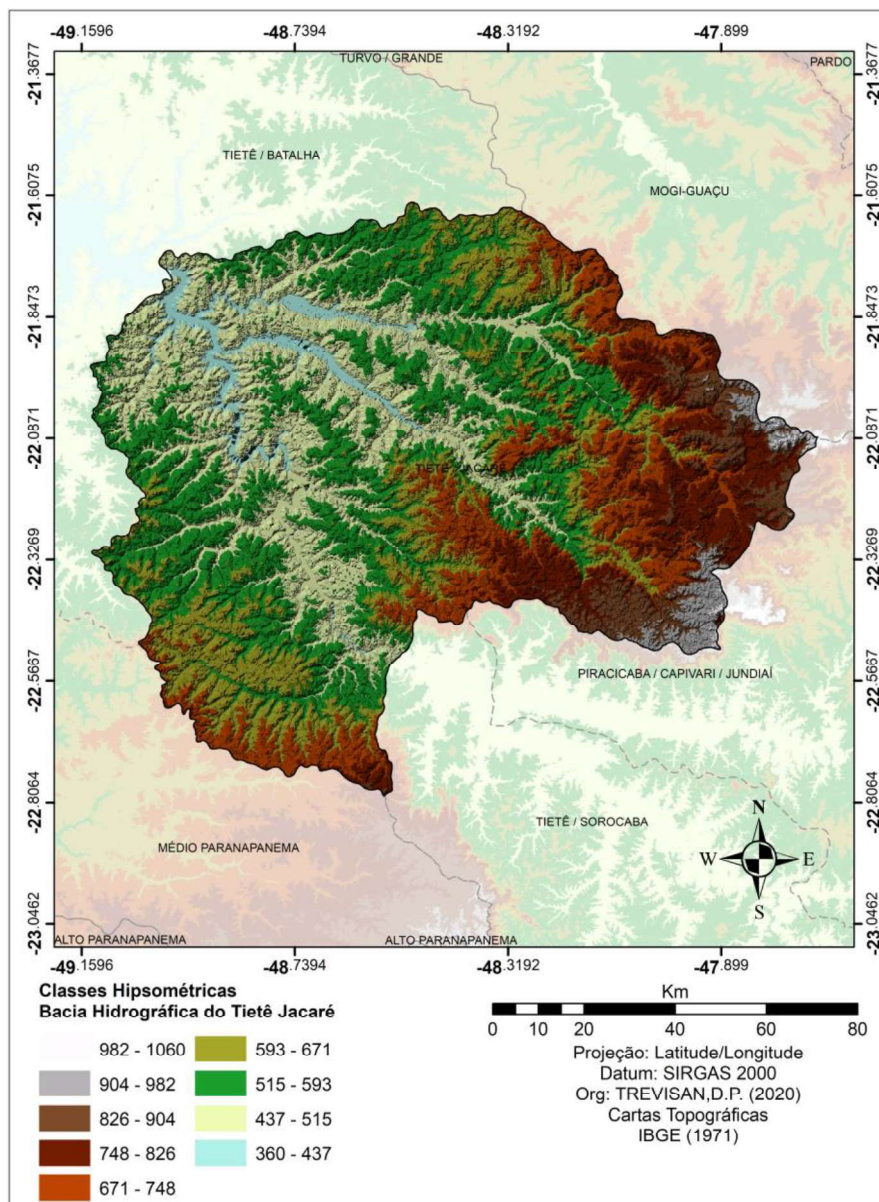
As Escarpas Serranas possuem drenagem de média densidade e estão associadas as formações Itaqueri e Botucatu localizadas na região de cabeceiras do Rio Jacaré-Guaçu. Os Baixos Platôs também possuem média densidade de drenagem e estão associadas a Formação Pirambóia, localizadas na sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu. Os Degraus Estruturais possuem média densidade de drenagem e são caracterizados pelas nascentes do Rio Jacaré-Guaçu localizadas no município de São Carlos (CBH-TJ, 2000, IBGE, 2009).



**Figura 1.4:** Modelo digital de relevo da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

### 1.2.2.4 Classes hipsométricas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

As classes hipsométricas foram distribuídas em nove classes, entre os valores de 360m e 1.060m, em uma amplitude de 700m. O intervalo de 437 à 515m apresenta a maior extensão da bacia hidrográfica com cerca de 239.852,00ha (20,31%) (Figura 1.5 e Tabela 1.3).



**Figura 1.5:** Distribuição das classes hipsométricas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

As cotas mais baixas estão localizadas ao noroeste da bacia hidrográfica, principalmente na região da Represa de Ibitinga e dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira e as cotas mais altas estão localizadas no perímetro urbano do município de São Carlos, com pico de 1.060m.

**Tabela 1.3.** Distribuição das classes hipsométricas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

<b>Cotas (m)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
360 - 437	134.225,00	11,36
437 - 515	239.852,00	20,31
515 - 593	222.257,00	18,82
593 - 671	175.798,00	14,88
671 - 748	133.516,00	11,30
748 - 826	107.087,00	9,07
826 - 904	82.562,00	6,99
904 - 982	60.493,00	5,12
982 - 1060	25.300,00	2,14
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,000</b>

Corrêa (1996) realizou a caracterização física da bacia hidrográfica, observando que a região está pouco sujeita a ocorrência de enchentes (índice de compacidade) e com baixa velocidade de escoamento (índice de conformação) (**Tabela 1.4**).

**Tabela 1.4.** Caracterização física da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

<b>Índices</b>	<b>Valores obtidos</b>
Índice de compacidade	1,71
Índice de conformação	0,24

Fonte: Adaptado de CORRÊA (1996)

O Coeficiente de Compacidade (KC) é um índice de forma que relaciona o perímetro da bacia hidrográfica a uma circunferência (perímetro) de um círculo de mesma área, podendo ser resumido da seguinte forma: 1,00 - 1,25: bacia com alta propensão a grandes enchentes; 1,25 – 1,50: bacia com tendência mediana a grandes enchentes; e > 1,50: bacia não sujeita a grandes enchentes (CARVALHO et al., 2018).

O Índice de Conformação (IC) é resultado da relação entre a área da bacia hidrográfica e um quadrado de lado igual ao comprimento axial da bacia, expressando a capacidade do sistema em gerar enchentes. Quanto mais próximo de 1, maior a propensão a enchentes, pois a região fica cada vez mais próxima de um quadrado (CARVALHO et al., 2018).

### 1.2.2.5 Classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

As classes de declividade foram distribuídas em seis intervalos conforme discutido por Ramalho Filho; Beek (1995). Em muitos casos, a topografia do terreno, especialmente a declividade é o principal condicionador de atividades desenvolvidas (**Tabela 1.5**) principalmente relacionadas as atividades agrícolas e adensamento populacional.

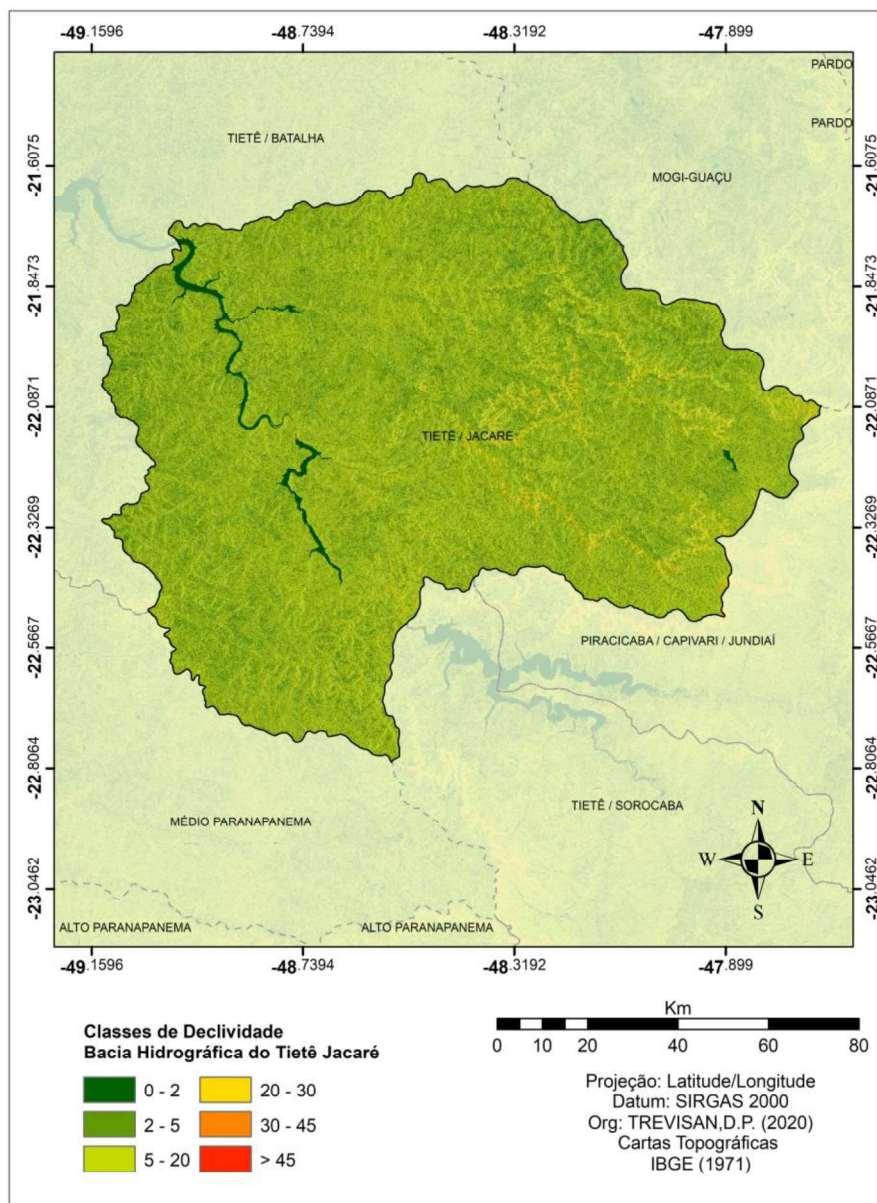
**Tabela 1.5.** Distribuição das classes de declividade, de acordo com a classificação, graus de limitação e considerações para cada uma das classes.

<b>Declividade</b>	<b>Classe</b>	<b>Grau de limitação</b>	<b>Considerações</b>
0 – 2°	Plano/ praticamente Plano	Nulo	Terras não suscetíveis à erosão. Geralmente ocorrem em solo plano e boa permeabilidade. Podem apresentar erosão ligeira, que pode ser controlada com práticas simples de manejo.
2 – 5°	Suave ondulado	Ligeiro	Terras que apresentam pouco suscetibilidade à erosão. Possuem boas propriedades físicas. Quando utilizadas com lavouras por um período de 10 a 20 anos, mostram normalmente uma perda de 25% ou mais do horizonte superficial.
5 – 20°	Moderado/ ondulado	Moderado	Terras que apresentam moderada suscetibilidade à erosão. Se utilizadas fora dos princípios ideais, podem apresentar sulcos e voçorocas.
20 – 30°	Ondulado	Forte	Terras que apresentam forte suscetibilidade à erosão. Ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado, os quais podem ser maiores ou menores, dependendo de suas condições físicas.
30 – 45°	Forte ondulado	Muito Forte	Terras com suscetibilidade maior que o grau forte, tendo o seu uso agrícola muito restrito. Na maioria dos casos o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico.
> 45°	Montanhoso	Extremamente Forte	Terras que apresentam severa suscetibilidade à erosão.

**Fonte:** Adaptado de RAMALHO FILHO; BEEK (1995)



Devido as suas características, com áreas de relevo plano e com suaves ondulações, cerca de 89% da bacia hidrográfica (**Figura 1.6 e Tabela 1.6**) apresenta condições para a prática de agricultura intensiva e utilização de maquinário.



**Figura 1.6:** Distribuição das classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

Esta predominância agrícola concretiza-se na prática ao analisar-se os dados disponibilizados pelo Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ, 2013; CBH-TJ, 2017), o qual afirma que a região apresenta alto potencial de carga orgânica industrial, devido essencialmente ao predomínio do setor sucroalcooleiro. Como é observado, 29% da área da bacia hidrográfica encontra-se nas classes de 0 a 2°, 35% nas de 2 a 5°, 20% nas de 5 a 20° e 10% nas de 20 a 30°, totalizando 89%.

**Tabela 1.6.** Distribuição das classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

<b>Declividade</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
0 a 2°	342.516,10	29,00
2 a 5°	413.381,50	35,00
5 a 20°	236.218,00	20,00
20 a 30°	118.109,00	10,00
30 a 45°	47.243,60	4,00
> 45°	23.621,80	2,00
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,00</b>

#### **1.2.2.6 Unidades pedológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

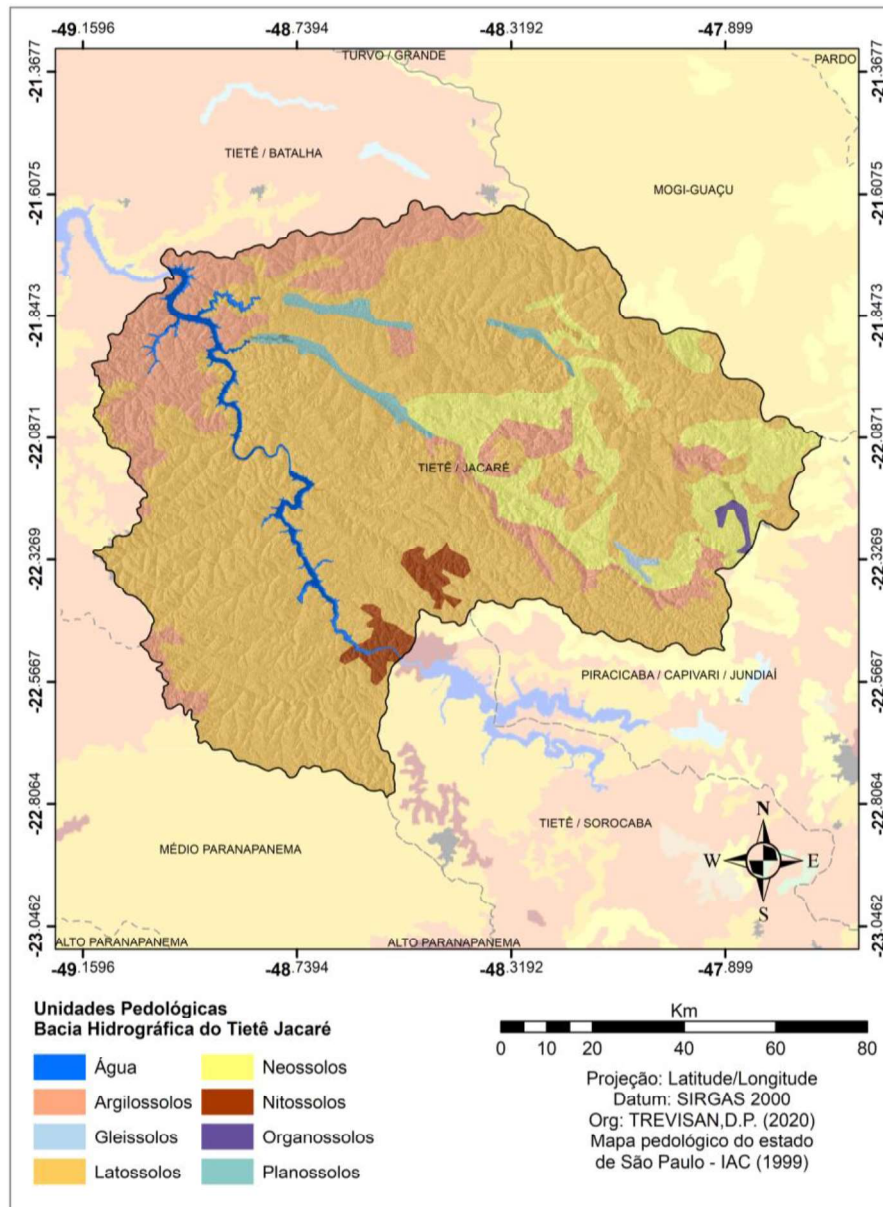
A região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré possui sete classes de solos (**Figura 1.7** e **Tabela 1.7**). Aproximadamente 70% da área é ocupada por Latossolos, os quais distribuem-se em áreas de relevo pouco acidentado, constituído por colinas amplas ou nos topos aplainados, como as colinas médias e os morros. São solos com pouca diferenciação entre os horizontes, reconhecidos pela cor quase homogênea do solo com a profundidade (TAVARES et al., 2017) e normalmente, estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que não ultrapassa 7%, sendo profundos, porosos, drenados, permeáveis e de fácil preparo (TEIXEIRA et al., 2000; TAVARES et al., 2017).

Os latossolos apresentam baixa fertilidade, exceto quando são originados de rochas mais ricas em minerais, acidez e teor de alumínio elevados. Possuem boas condições físicas para o desenvolvimento agrícola e estão associados a uma boa permeabilidade por serem estruturados e porosos. Porém, devido aos mesmos aspectos físicos, possuem baixa retenção de umidade, principalmente quando formados com texturas mais grosseiras em climas mais secos (CBH-TJ, 2000; TAVARES et al., 2017).

Outra classe de solo predominante na região são os Argissolos, os quais ocorrem em diferentes condições climáticas, sendo solos minerais com nítida diferenciação entre os horizontes. Podem ser arenosos, de textura média ou argilosos no horizonte mais superficial e apresentam cor mais forte (amarelada ou avermelhada), maior coesão e maior plasticidade e pegajosidade em profundidade, devido ao maior teor de argila (CAMPOS, 2011; AGEITEC, 2019a).

A fertilidade dos Argissolos é variável, dependente do seu material de origem e sua retenção de água é maior nos horizontes abaixo da superfície, que podem se constituir em um

reservatório de água para as plantas. Com boas condições físicas e em relevos mais suaves apresentam maior potencial para uso agrícola (CAMPOS, 2011; AGEITEC, 2019a). Sua ocorrência está relacionada as paisagens de relevos mais acidentados, com superfícies menos suaves e suas limitações estão relacionadas a baixa fertilidade, acidez, teores elevados de alumínio e a suscetibilidade aos processos erosivos, principalmente quando ocorrem em relevos movimentados (CAMPOS, 2011; AGEITEC, 2019a).



**Figura 1.7:** Distribuição das unidades pedológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

Os Neossolos também são predominantes na região, principalmente os de maiores fertilidades, profundidades e que apresentam potencial para o uso agrícola. Os solos de baixa fertilidade natural são mais ácidos e mais dependentes do uso de adubação e de calagem para correção da acidez (VILLAÇA et al., 2017; AGEITEC, 2019b). Estes, são solos caracterizados pelas



pequenas profundidades, pelo predomínio de areias quartzosas ou pela presença de camadas distintas herdadas dos materiais de origem (VILLAÇA et al., 2017; AGEITEC, 2019b). Na bacia hidrográfica, estes solos encontram-se associados a relevos movimentados, em vertentes de alta declividade (CBH-TJ, 2000; VILLAÇA et al., 2017).

**Tabela 1.7.** Distribuição das unidades pedológicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

<b>Unidade pedológica</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Argilossolos	173.682,00	14,71
Gleissolos	2.355,00	0,20
Latosolos	829.687,00	70,25
Neossolos	134.457,00	11,38
Nitossolos	10.516,00	0,89
Organossolos	11.139,00	0,94
Planossolos	19.254,00	1,63
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,00</b>

Os demais solos possuem baixa distribuição na paisagem da bacia hidrográfica, porém também apresentam potenciais agrícolas, como os Gleissolos que são solos minerais formados em condições de saturação com água, presentes principalmente em planícies ou várzeas inundáveis. São mais cultivados com cana-de-açúcar e, em menores proporções, com arroz, algumas culturas de subsistência, pecuária de bovinos, caprinos e bubalinos, que tem como suporte alimentar as pastagens naturais ou plantadas (CBH-TJ, 2000; IAC, 2019).

Os Planossolos são solos que geralmente ocorrem próximos aos rios ou riachos, sendo solos com grandes quantidades de minerais primários facilmente intemperizáveis, o que lhes confere grande capacidade de fornecer nutrientes às plantas devido ao relevo plano ou suave ondulado não existe empecilho à motomecanização agrícola (CBH-TJ, 2000; IAC, 2019).

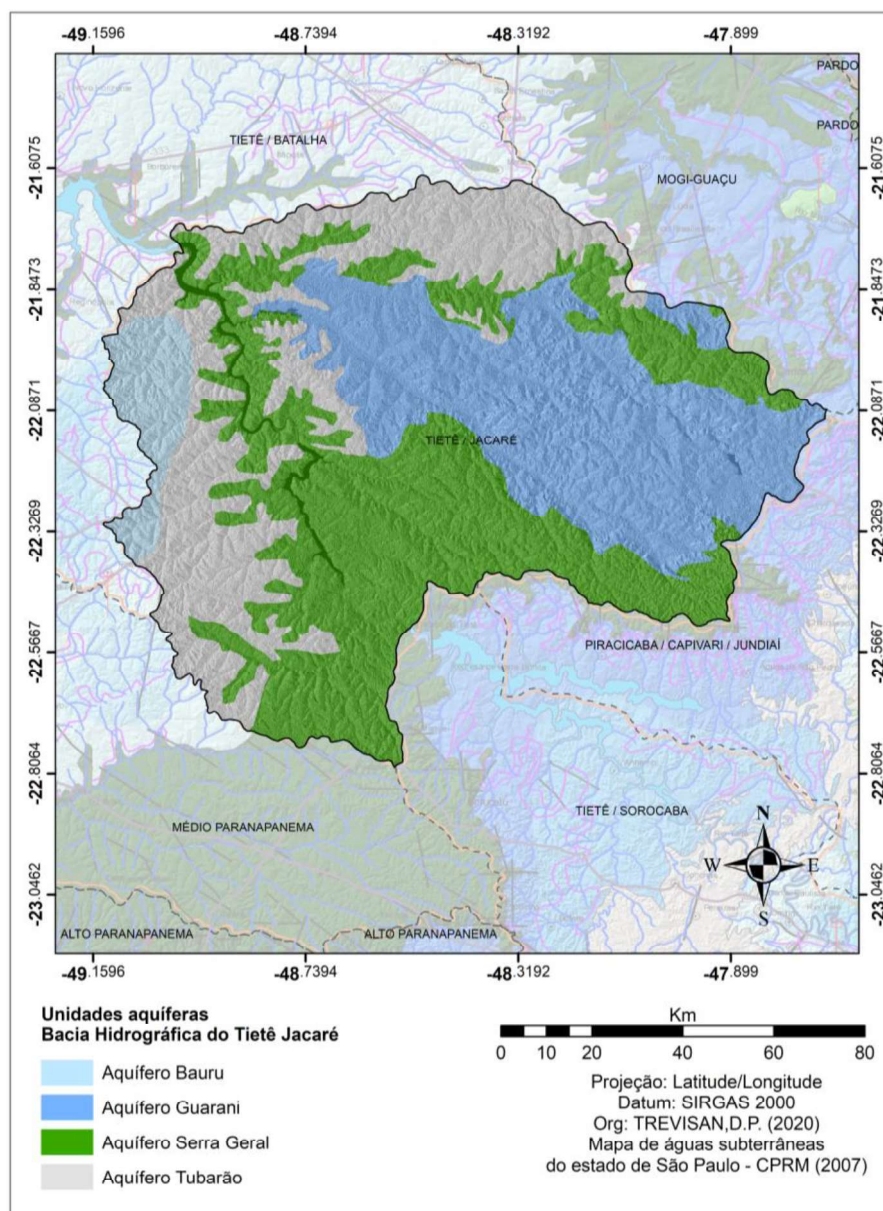
Os Nitossolos são solos minerais homogêneos, os quais possuem pequena ou nenhuma diferenciação de cor com a profundidade. São solos argilosos com estrutura que favorece a retenção de água, mas que mantêm boa drenagem, propriedades físicas extremamente desejáveis em condições de sazonalidade climática e estação seca prolongada, apresentando-se altamente produtivos por longos anos (SILVA et al., 2017).

Os Organossolos são solos orgânicos, com presença de restos vegetais não decompostos ou semidecompostos, formados quase que exclusivamente em condições de saturação com água, e, por isso, estão presentes principalmente nas planícies ou várzeas inundáveis. As principais limitações atribuídas aos Organossolos no estado de São Paulo relacionam-se à elevada frequência

de inundação, a acidez excessiva e a presença de sulfetos naqueles na planície costeira (SANTOS; RODRIGUES, 2017).

### 1.2.2.7 Unidades aquíferas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

A região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré está distribuída em quatro unidades aquíferas (**Figura 1.8 e Tabela 1.8**), com vazão total de aproximadamente  $350\text{m}^3/\text{h}$ . O aquífero Guarani encontra-se nos arenitos das formações Pirambóia e Botucatu, o aquífero Serra Geral está sobreposto ao anterior nos basaltos da Serra Geral, o aquífero Bauru, na transição da Formação Marília e Vale do Rio do Peixe e o aquífero Tubarão está presente nos arenitos intercalados com siltitos e das composições arenosas da Formação Vale do Rio do Peixe (KAISER, 2006; SMA-SP, 2019).



**Figura 1.8:** Distribuição das unidades aquíferas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

O aquífero Bauru estende-se por uma área de 96.900km<sup>2</sup>, desde a região de Barretos e Bauru até o Rio Paraná, sendo composto por sedimentos arenosos, areno-argilosos e siltosos, formados há mais de 65 milhões de anos, depositados em ambiente desértico e fluvial (SILVA; CHANG, 2010; SMA-SP, 2019). Sua espessura é irregular e atinge cotas altimétricas superiores a 300m na região do Planalto de Marília, apresentando-se de forma extensiva e contínua em todo o Planalto Ocidental do estado de São Paulo, ocupando pouco mais de 40% da área do estado (VELASQUEZ et al., 2017; SMA-SP, 2019).

O aquífero Bauru é um aquífero freático e sua recarga é feita diretamente pela precipitação pluvial, tendo drenagem dos rios Paranapanema, Tietê, Grande e Paraná e sua produtividade é de média a boa, sendo importante para o abastecimento da região de São José do Rio Preto (SILVA; CHANG, 2010; VELASQUEZ et al., 2017; CETESB, 2019).

**Tabela 1.8.** Distribuição das unidades aquíferas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

<b>Unidade aquífera</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Potencial hídrico (m<sup>3</sup>/h)</b>
Aquífero Bauru	54.590,79	4,62	10 a 20
Aquífero Guarani	364.692,01	30,88	80 a 120
Aquífero Serra geral	470.041,50	39,80	7 a 100
Aquífero Tubarão	29.1765,70	24,70	Até 10
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,00</b>	-

Fonte: CPRM (2007)

O aquífero Serra Geral é do tipo fraturado, onde o armazenamento da água subterrânea ocorre nas fraturas das rochas. Este aquífero é formado por rochas impermeáveis, constituído por uma sequência de derrames de lava vulcânica que originaram as rochas basálticas, formadas entre 138 e 127 milhões de anos atrás (VELASQUEZ et al., 2017; SMA-SP, 2019).

Os basaltos afloram numa extensão de cerca de 20.000km<sup>2</sup>, estendendo-se por toda a região oeste e central do estado de São Paulo, localizadas em camadas inferiores aos sedimentos do Grupo Bauru, com espessura variando desde poucos metros, aumentando para oeste, até 1.000m. A porção que aflora em superfície corresponde a uma área de 31.900km<sup>2</sup>, que se estende pelas cidades de Franca, Jaú e Ourinhos, sendo importante para o abastecimento das cidades de Sales de Oliveira, Serra Azul e outras (MANASSES et al., 2011, CETESB, 2019). Sua recarga ocorre por meio da precipitação pluvial sobre os solos basálticos, que atingem as regiões fissuradas da rocha matriz,

ocorrendo também um grande intercâmbio de água com o aquífero Bauru, localizado acima, e com o aquífero Guarani localizado abaixo (MANASSES et al., 2011, CETESB, 2019).

O Aquífero Guarani é constituído pelas formações Botucatu e Pirambóia, sendo o maior aquífero sedimentar da América do Sul, com área de 1.200.000km<sup>2</sup> que se estende pela Argentina, Brasil, Uruguai e Paraguai. Cerca de 70% do aquífero está em território brasileiro, abrangendo os estados de Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (SILVA; CHANG, 2010; SMA-SP, 2019).

No estado de São Paulo, a porção que aflora em superfície corresponde a uma faixa de 16.000km<sup>2</sup> na região de Ribeirão Preto e Botucatu, onde a maior parte deste aquífero, cerca 174.000 km<sup>2</sup>, está coberta pelos aquíferos Bauru e Serra Geral. É constituído por arenitos e em menor proporção, por sedimentos depositados em ambientes de rios e lagos, sendo importante para o abastecendo de diversas regiões como Ribeirão Preto, São José do Rio Preto e Presidente Prudente (SILVA; CHANG, 2010; SMA-SP, 2019).

A recarga do aquífero está limitada por meio da drenagem de zonas de fissuras dos basaltos locais situados no interior da bacia hidrográfica. A água infiltrada para o aquífero apresenta um fluxo geral para oeste e para os basaltos localizados na área imediatamente superior. Entretanto, a maior parte do escoamento subterrâneo é drenada para os rios como escoamento básico, ainda na área de recarga (BORGES et al., 2015; CETESB, 2019). Sua região de afloramento está relacionada com os rios Tietê, Piracicaba, Mogi-Guaçu, Pardo e Paranapanema (SIMONATO et al., 2017; CETESB, 2019).

O Aquífero Tubarão possui características sedimentares e é constituído por sedimentos arenosos, siltosos e argilosos formados há mais de 250 milhões, de origem predominantemente glacial. É formado por rochas com características bastante heterogêneas, datadas do Carbonífero Superior, o que torna seu comportamento como aquífero extremamente irregular e de difícil definição dos parâmetros hidrogeológicos (JUNQUEIRA, 2017; CETESB, 2019).

O aquífero estende-se pelo oeste do estado de São Paulo e atinge grandes profundidades, dificultando sua utilização. Sua espessura é variável, podendo atingir até 800m em sua porção aflorante. Seu uso atual restringe-se à porção superficial, que aflora em uma área de 20.700km<sup>2</sup> nas regiões dos municípios de Casa Branca até Itapetininga e Itararé, contribuindo para o abastecimento de municípios da região de Americana, Limeira, Itapetininga, Porto Feliz e Tietê (MONTANHEIRO, 2016; SMA-SP, 2019). É caracterizado como granular, de porosidade primária e em condições de confinamento ou semiconfinamento. A circulação e o armazenamento de água

estão associados tanto aos poros das rochas como às suas descontinuidades estruturais, tais como juntas, fraturas ou falhas (porosidade secundária) (MONTANHEIRO, 2016; CETESB, 2019).

#### 1.2.2.8 Classificação climática da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

Ao longo do ano ocorrem diferentes condições climáticas, em decorrência dos avanços e recuos das massas de ar. Os anos de pluviosidade mais elevada estão diretamente relacionados com a atividade das massas polares, os anos mais secos resultam de maior atuação das massas intertropicais e os de pluviosidade média correspondem a um equilíbrio entre os dois sistemas (CBH-TJ, 2000; YNOUE et al., 2017).

A distribuição pluviométrica do estado de São Paulo está associada principalmente ao domínio das massas tropicais continentais, marítimas e das massas polares, com correntes de sul e leste, da disposição do relevo e da proximidade ou não do mar. O estado recebe chuvas com índices anuais entre 1.100 a 2.000mm. Existem pequenas localidades com índices inferiores a 1.100mm e, outras, associadas às áreas serranas do litoral com os índices mais elevados em torno de 4.500mm (CBH-TJ, 2000; YNOUE et al., 2017).

No estado, o Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) opera uma rede básica com cerca de 1.000 pluviômetros e 130 pluviógrafos, resultando em uma densidade média de 1 posto a cada 250km<sup>2</sup>. A rede da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré está distribuída com 38 pluviômetros e 6 pluviógrafos, com densidade de 310km<sup>2</sup> por pluviômetro, ou de um posto para cada 268km<sup>2</sup> se forem considerados pluviômetros e pluviógrafos (CBH-TJ, 2000; DAEE, 2018).

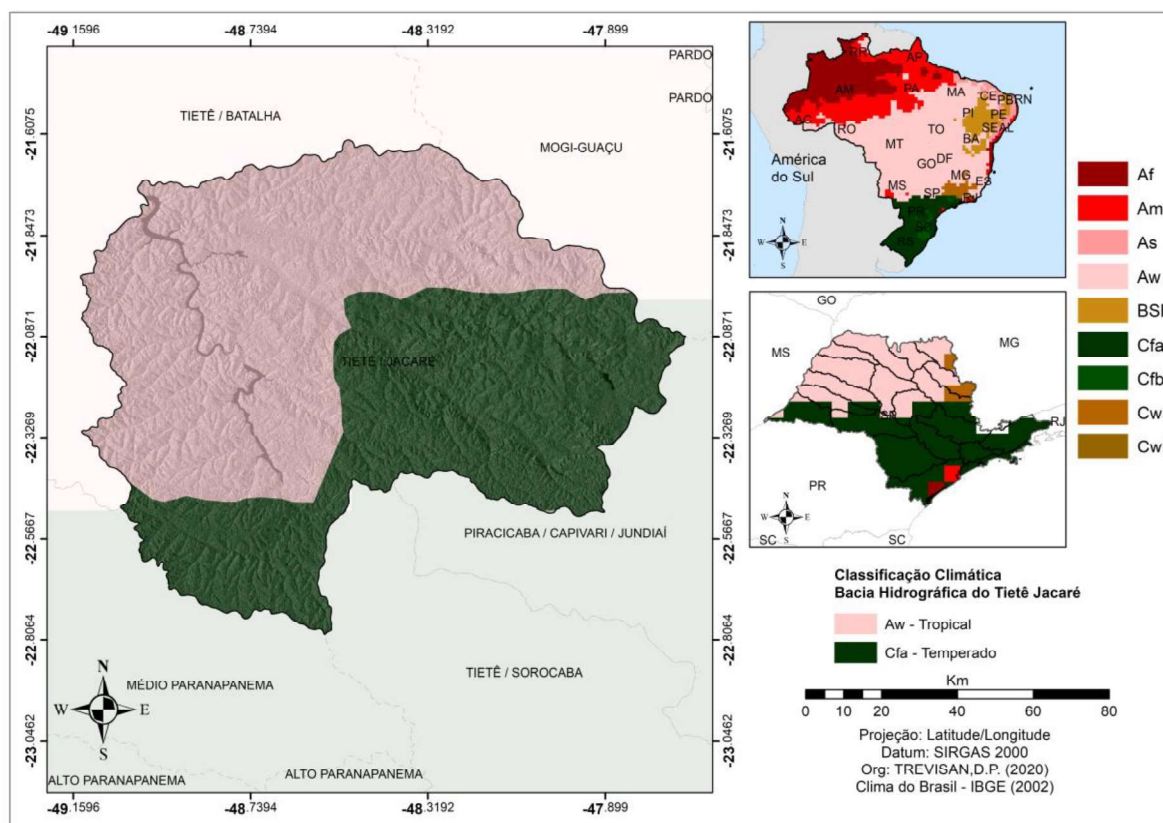
Conforme a classificação climática de Köppen relacionada aos dados de precipitação entre 1951 – 2000 (KOTTERK et al., 2006; BATISTA et al., 2018), numa escala mundial<sup>1</sup>, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré possui duas classificações climáticas (**Figura 1.9** e **Tabela 1.9**), as quais situam a região entre clima tropical úmido (de outubro a março) e inverno seco (de abril a setembro).

O Clima tropical (Aw) possui estação seca e é a designação dada aos climas do grupo A da classificação climática de Köppen-Geiger, onde todos os meses do ano têm temperatura média mensal superior a 18°C, mas pelo menos um dos meses do ano tem precipitação média total inferior a 60mm (KOTTERK et al., 2006; BATISTA et al., 2018).

---

<sup>1</sup> Existem outras classificações de clima para a região baseadas em escalas nacionais ou estaduais. O presente trabalhou optou por considerar a escala global (KOTTERK et al., 2006) a título de comparação com outras regiões.

O Clima oceânico é também conhecido como clima temperado (Cfa, Cfb, Cwb e Cfc), é um tipo de clima que ocorre em regiões afastadas das massas continentais e nas margens ocidentais situadas nas latitudes médias e altas. Nas regiões com clima oceânico, as chuvas são abundantes e bem distribuídas ao longo de todo o ano, sendo o verão bastante fresco e úmido (KOTTERK et al., 2006; BATISTA et al., 2018).



**Figura: 1.9:** Classificação climática da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

Na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, como na maior parte do estado, o período mais chuvoso ocorre de outubro a março, sendo o trimestre mais chuvoso de dezembro a fevereiro. O período mais seco vai de abril a setembro, com o trimestre mais seco entre junho e agosto. As temperaturas são condicionadas pela altitude e latitude de cada lugar. No estado de São Paulo, as temperaturas diminuem de norte a noroeste para sul a sudoeste, sendo mais baixas nas porções serranas e aumentam em direção a baixada litorânea (CBH-TJ, 2000; ALVAREZ et al., 2014).

**Tabela 1.9.** Distribuição das classes climáticas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

Declividade	Área (ha)	%
Aw – Tropical	659.183,00	55,81
Cfa - Temperado	521.907,00	44,19
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,00</b>

As temperaturas médias anuais variam de 21 a 23°C, as médias máximas em janeiro situam-se entre 29 a 32° e a média mínimas em julho variam de 11 a 13°C. Na porção da Serra de São Carlos, as temperaturas são mais baixas, podendo chegar a 1 e 2°C abaixo da média da UGRHI, tanto para os valores de máximas como para os de mínimas (CBH-TJ, 2000; ALVAREZ et al., 2014; CEPAGRI, 2019).

#### 1.2.2.8.1 Precipitação média anual da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

Conforme os dados disponibilizados pelo Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH-TJ, 2000; DAEE, 2018), a rede de monitoramento da UGRHI 13 é composta por 15 estações fluviométricas, 10 estações de qualidade da água e 109 estações pluviométricas. Por meio da análise das informações pluviométricas disponibilizadas pelo Departamento de Água e Energia (DAEE, 2018), de janeiro de 1976 a dezembro de 2017, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré apresentou uma média de 119,36mm mensais, totalizando uma média de 1.432,32mm anuais, corroborando com os dados informados nos estudos do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH-TJ, 2000, 2013, 2015; YNOUE et al., 2017).

Essa média é similar as médias de todas as regiões da bacia hidrográfica, as quais apresentam homogeneidade, quando comparadas. A região de São Manuel (130,20mm) e Torrinha (128,99mm) apresentam as maiores médias, seguidos por Araraquara (119,72mm), Jaú (119,91mm), Ibitinga (118,37mm) e Pederneiras (113,70mm). A **Figura 1.10** e **Tabela 1.10** trazem o detalhamento das medições e das médias mensais ao longo dos períodos analisados. Conforme observado em conjunto com as características demonstradas por meio do mapa de classificação climática é possível ressaltar que os meses de outubro a março são os meses com as maiores precipitações e os meses de abril a setembro com os menores valores.

**Tabela 1.10.** Precipitação média anual da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré entre 1976 e 2017.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>1976</b>	183,8	234,4	170,8	78,1	130,7	82,1	80,7	111,2	146,6	145,9	187,7	246,8
<b>1977</b>	364,7	97,0	206,8	150,0	8,3	52,3	20,0	33,3	86,1	75,0	167,5	378,3
<b>1978</b>	156,6	113,5	197,8	11,2	127,2	25,8	112,5	1,9	85,1	86,7	180,9	240,3
<b>1979</b>	115,0	113,8	81,9	66,0	100,0	0,5	40,8	62,1	127,3	95,8	98,0	269,4
<b>1980</b>	178,1	263,6	80,8	135,6	35,7	101,6	1,1	15,2	81,5	77,7	222,2	324,2
<b>1981</b>	239,7	82,2	108,6	65,8	28,1	92,8	3,3	10,5	16,7	218,6	186,0	212,6
<b>1982</b>	274,0	246,9	241,8	76,5	86,6	112,7	41,2	22,3	31,5	244,3	134,8	252,0

<b>1983</b>	376,8	184,0	168,5	156,7	276,1	135,9	19,6	2,2	227,3	122,1	167,6	286,3
<b>1984</b>	169,2	77,1	90,1	70,8	52,7	0,3	3,9	114,2	112,7	39,4	102,8	180,5
<b>1985</b>	214,9	139,0	190,3	192,9	45,0	20,6	8,9	9,3	52,6	38,6	193,1	135,9
<b>1986</b>	157,8	221,1	197,3	59,8	87,5	0,1	22,8	131,0	40,2	59,6	118,4	373,0
<b>1987</b>	276,3	165,1	77,8	45,2	138,5	73,6	18,0	9,4	92,4	105,1	208,9	183,5
<b>1988</b>	259,6	195,0	169,3	135,7	77,7	18,6	0,5	0,0	16,6	183,7	135,1	205,4
<b>1989</b>	313,4	211,1	140,3	49,6	30,2	61,9	109,0	34,7	105,8	56,5	111,6	310,5
<b>1990</b>	364,0	108,5	230,2	57,3	58,7	12,6	40,7	64,1	59,7	124,1	156,0	193,8
<b>1991</b>	210,5	221,0	354,9	146,2	48,6	42,2	44,2	3,9	29,0	112,9	65,4	237,3
<b>1992</b>	107,5	217,5	205,8	153,6	124,8	20,3	23,0	19,5	135,9	154,1	126,3	166,0
<b>1993</b>	203,5	316,0	114,2	130,2	84,6	83,9	11,5	43,2	197,5	52,3	106,0	166,4
<b>1994</b>	277,5	121,9	158,9	54,8	37,2	29,5	22,5	0,1	0,5	138,6	171,9	232,8
<b>1995</b>	265,6	478,4	137,9	134,2	72,5	26,6	41,2	0,0	46,4	145,2	94,3	231,7
<b>1996</b>	225,4	151,9	212,1	52,8	47,1	19,0	2,5	32,6	160,7	125,4	167,1	182,2
<b>1997</b>	400,4	164,0	55,3	63,0	100,3	187,4	30,5	3,2	78,1	119,0	228,8	143,1
<b>1998</b>	107,5	240,0	202,4	89,2	94,1	17,6	7,3	43,7	101,5	189,4	46,0	333,5
<b>1999</b>	424,4	247,3	120,8	90,2	60,3	81,8	8,1	0,0	83,8	55,6	44,1	225,6
<b>2000</b>	274,9	226,8	170,8	6,7	7,4	5,5	58,3	58,3	107,3	57,2	257,1	277,2
<b>2001</b>	157,9	172,6	139,4	32,0	70,7	29,7	23,5	51,6	66,2	172,3	177,9	228,9
<b>2002</b>	325,5	237,3	139,9	15,6	88,9	0,3	16,8	76,5	50,2	41,4	140,1	224,1
<b>2003</b>	397,3	155,7	151,6	98,5	45,5	16,4	8,9	22,5	13,2	120,5	131,5	242,2
<b>2004</b>	274,8	238,9	92,8	101,1	140,9	42,6	65,2	0,1	13,7	133,5	140,6	183,2
<b>2005</b>	366,2	92,3	169,7	44,5	79,1	40,4	6,1	15,9	50,1	125,9	78,9	202,3
<b>2006</b>	189,5	247,9	161,8	28,1	7,5	12,8	22,4	15,0	66,6	115,4	91,4	165,0
<b>2007</b>	317,3	143,4	101,7	55,7	62,7	11,3	166,3	0,0	3,8	65,3	170,7	213,0
<b>2008</b>	192,8	146,2	166,0	128,4	60,9	41,6	0,0	52,5	34,4	130,5	66,6	168,3
<b>2009</b>	280,7	190,2	105,4	53,0	43,1	40,6	74,0	122,6	142,2	114,9	214,9	289,2
<b>2010</b>	352,7	145,6	172,4	96,8	27,0	26,5	47,5	0,0	75,4	115,8	81,9	313,9
<b>2011</b>	422,8	217,4	235,7	130,4	17,9	44,9	4,8	17,6	13,9	174,6	101,1	142,4
<b>2012</b>	259,5	116,5	69,9	136,0	72,9	190,2	22,8	0,0	93,3	104,6	99,4	199,9
<b>2013</b>	260,6	174,8	185,5	109,0	177,0	75,6	32,3	2,7	47,5	100,5	147,3	159,6
<b>2014</b>	139,2	117,1	131,4	69,7	61,9	1,3	26,3	6,8	102,3	23,6	174,1	227,4
<b>2015</b>	168,0	197,7	199,1	22,5	108,8	25,6	78,8	18,7	149,2	79,2	275,0	197,6
<b>2016</b>	368,9	176,5	152,3	22,0	141,3	112,0	4,1	47,8	25,7	151,9	120,0	176,8



<b>2017</b>	286,8	87,1	148,4	137,3	179,4	13,0	0,0	49,8	17,6	100,5	134,8	108,3
-------------	-------	------	-------	-------	-------	------	-----	------	------	-------	-------	-------

Fonte: DAEE (2018)

Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro apresentam os maiores picos ao longo dos anos, como 378,3mm em dezembro de 1978, 376,8 em janeiro de 1983, 478mm em fevereiro de 1995 e 368,9mm em janeiro de 2016. Os meses de julho e agosto apresentam os menores picos ao longo dos anos, como 0mm em agosto de 1999, 2007 e julho de 2017.

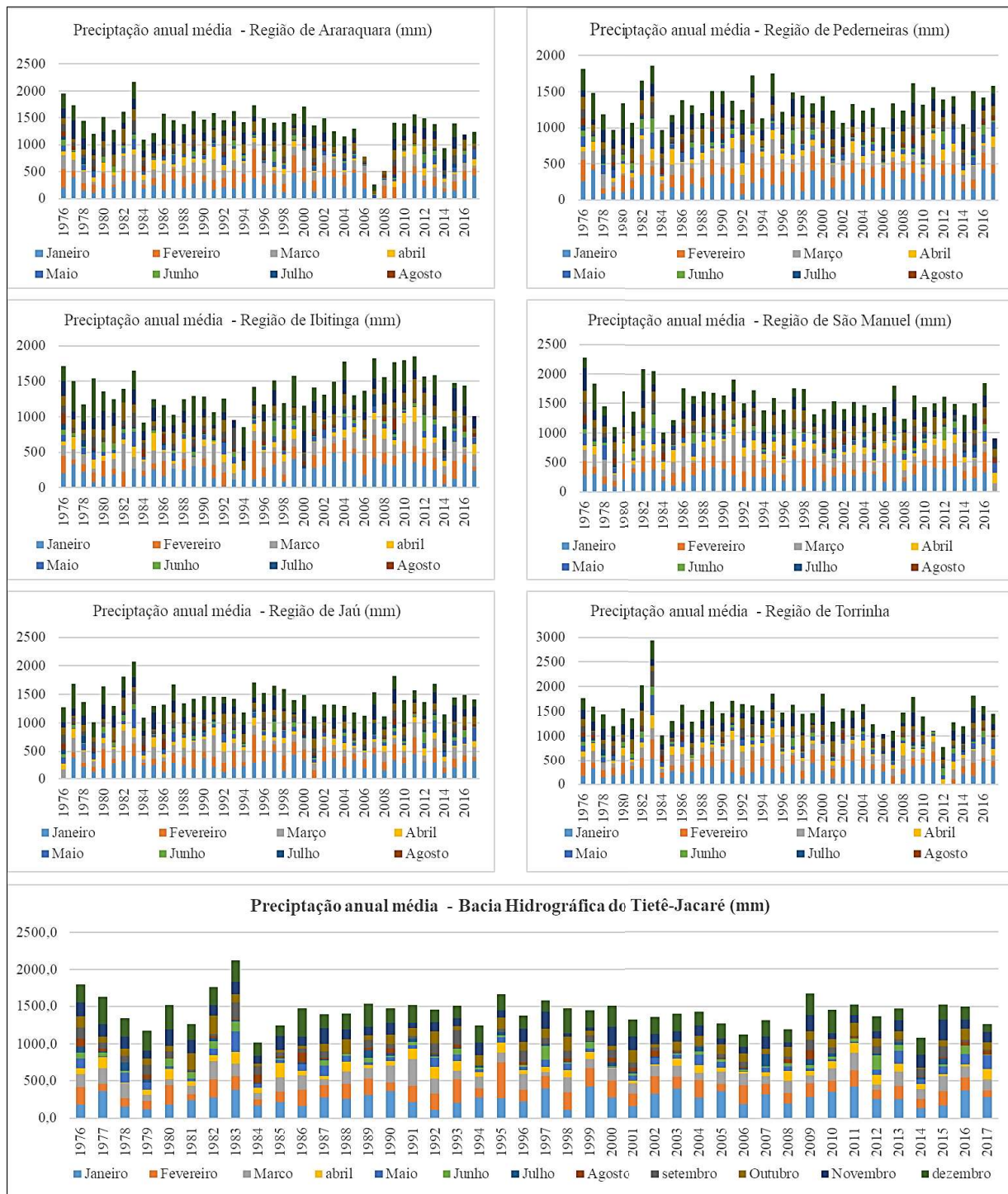


Figura 1.10: Precipitação média anual da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré entre 1976 e 2017.

Observa-se a homogeneidade pluviométrica entre as regiões da bacia hidrográfica, entretanto, nos anos de 2007 e 2008, na região de Araraquara aparecem valores muito baixos devido à falta de medições em tais períodos, assim como 1993 e 1994 em Ibitinga, e 2011 e 2012 em Torrinha (a falta de tais informações não é justificada pelo DAEE em seu portal). A maior precipitação anual da bacia hidrográfica foi no ano de 1982, totalizando 2.123,10mm e as menores medições em 1984 com 1.013,10mm e 1.080,90mm em 2014.

Apesar da homogeneidade das médias pluviométricas apresentadas ao longo dos anos, o Relatório de Gestão de Recursos Hídricos do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH-TJ, 2017) apresenta resultados negativos sobre a disponibilidade das águas e demanda na região, devido ao aumento da utilização de tais recursos.

“A exploração de água subterrânea já alcançou níveis críticos na Bacia Tietê-Jacaré. A situação é pior no maior município da UGRHI, Bauru, onde a demanda é de 164,1% sobre as reservas exploráveis, enquanto em Araraquara e Gavião Peixoto, a demanda não é menos alarmante, estando em 139,3% e 107,9%, respectivamente.

Em se tratando de águas superficiais, apesar da relação entre demanda e disponibilidade estar em uma situação confortável na UGRHI, quando analisamos esse parâmetro nas sub-bacias, percebemos que na sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu a demanda já atingiu 49,3% da disponibilidade, muito perto do nível crítico, que é de 50%. Essa sub-bacia tem fortes características rurais, que representam 67% do total, enquanto o setor industrial é responsável por 29%.

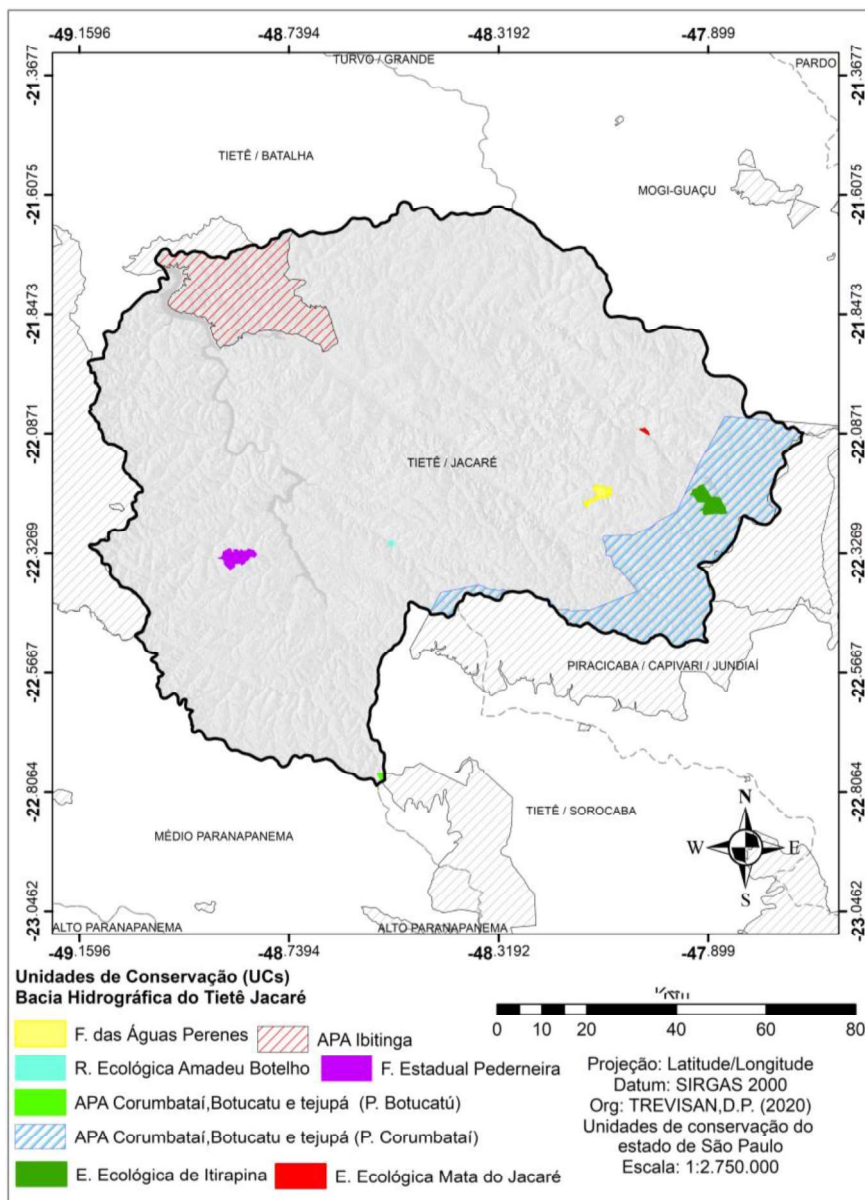
A sub-bacia do Rio Jaú também merece atenção especial, pois a demanda já chega a 43% da disponibilidade, apresentando, portanto, quadro de stress hídrico. Na UGRHI 13 os recursos hídricos superficiais são utilizados principalmente no setor rural, que corresponde a 58% do total da vazão captada, enquanto o setor industrial é responsável por 35% desta.”

### 1.2.2.9 Unidades de conservação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

A região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré possui oito unidades de conservação, sendo três Áreas de Proteção Ambiental (APA), duas Estações Ecológicas, duas Reservas de Patrimônio Particular (RPPN) e uma Floresta Estadual, totalizando 158.279,68ha de áreas protegidas (**Figura 1.11 e Tabela 1.11**), onde predominam fragmentos de Cerrado (*brazilian savanna*) e Floresta Estacional Semidecidual (CBH-TJ, 2013).

A cobertura vegetal nativa da região corresponde à vegetação que sucede à derrubada seletiva das matas primárias, onde encontram-se florestas naturais alteradas ou em estado de regeneração. É composta por espécies típicas do cerrado que invadem as áreas devastadas, apresentando desde porte arbustivo até arbóreo que englobam as categorias das matas de galeria e

que correspondem a pequenos maciços preservados principalmente ao longo de cursos de água (KAISER, 2006; ATTANASIO, 2006).



**Figura 1.11:** Unidades de conservação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

Do total de áreas protegidas presentes na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, destaca-se a APA Corumbataí, Botucatu e Tejuapá (Perímetro Corumbataí), com aproximadamente 64% da área. A APA Corumbataí, Botucatu e Tejuapá foi criada por meio do Decreto Estadual n.20.960 de 08 de junho de 1983, com o objetivo de proteger as Cuestas Basálticas, os Morros Testemunhos, os fragmentos da flora e fauna regional, o sistema Aquífero Guarani e o patrimônio arqueológico e cultural da região (CORVALÁN, 2009; FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2019). O uso e cobertura da terra na região é pouco diverso, além dos fragmentos de vegetação, há predominância do cultivo da

cana-de-açúcar e dos cultivos de laranja, café e silvicultura de eucalipto (CORVALÁN, 2009; FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2019).

A Área de Proteção Ambiental Ibitinga é a Unidade de Conservação de Uso Sustentável que abrange o município de Ibitinga. A APA foi criada pela Lei Estadual n.5.536, de 20 de janeiro de 1987, com o objetivo de proteger as várzeas formadas pelos rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu, abrangendo área de 64.900ha. Nessas áreas, ocorrem importantes remanescentes de vegetação em estágio avançado de regeneração e a fauna a ela associada (APA IBITINGA, 2013; COSTA, 2016). Atualmente, apenas parte das áreas de foz dos Rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira encontram-se em condições legalmente protegidas. Além disso, essa área apresenta problemas de com a instalação da barragem para a Usina Hidrelétrica de Ibitinga, construída em 1969 (COELHO et al., 2006).

**Tabela 1.11.** Distribuição das unidades de conservação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

<b>Unidade de conservação (UC)</b>	<b>Tipo de UC</b>	<b>Área na Bacia (ha)</b>	<b>%</b>
APA Corumbataí, Botucatu e Tejupá (Perímetro Botucatu)	Reserva de proteção ambiental	182,59	0,12
APA Corumbataí, Botucatu e Tejupá (Perímetro Corumbataí)	Reserva de proteção ambiental	101.472,00	64,11
APA Ibitinga	Reserva de proteção ambiental	51.447,20	32,50
Estação Ecológica de Itirapina	Estação Ecológica	2.208,79	1,40
Estação Ecológica Mata do Jacaré	Estação Ecológica	82,82	0,05
Floresta das Águas Perenes	Reserva Particular do Patrimônio Natural	796,85	0,50
Floresta Estadual Pederneiras	Florestal estadual	1.946,60	1,23
Reserva Ecológica Amadeu Botelho	Reserva Particular do Patrimônio Natural	142,88	0,090
<b>Total</b>		<b>158.279,68</b>	<b>100,00</b>

A Estação Experimental e a Estação Ecológica de Itirapina estão localizadas nos municípios de Itirapina e Brotas, no sudeste paulista, as quais são administradas pelo Instituto Florestal, órgão da Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo (CABRAL et al., 2006, INSTITUTO FLORESTAL, 2019). A Estação Ecológica de Itirapina tem 94% de suas áreas cobertas pelo Cerrado, principalmente campo sujo, campo úmido, campo cerrado e campo limpo.

Já a Estação Experimental possui área reflorestada com *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.*, onde são desenvolvidas atividades de resinagem, produção florestal e conservação da natureza (CABRAL et al., 2006, INSTITUTO FLORESTAL, 2019).

A estação ecológica Mata do Jacaré (anteriormente denominada estação ecológica de São Carlos) é uma unidade de conservação de proteção integral situada no município de Brotas predominantemente ocupada por um fragmento de floresta estacional Semidecidual, com área de 75,26ha. Foi criada com a finalidade de proteção ao ambiente natural, para a realização de pesquisas básicas e aplicadas e ao desenvolvimento de programas de educação conservacionista. Limita-se ao norte com a Represa Santana e pelo Rio Jacaré-Guaçu, na divisa com o município de São Carlos, nas demais localidades interage com plantações de cana-de-açúcar e áreas de pastagem (DOS SANTOS et al., 2003).

Segundo Pires (1995) diversos problemas ambientais associados ao uso e cobertura da terra do entorno e atividades da estação ecológica Mata do Jacaré, como a caça recreacional, a pesca, a contaminação e eliminação biológica pela deriva de agroquímicos, os riscos de incêndios devido as práticas agrícolas no entorno, a fragmentação e perda de habitats na paisagem e a mineração de areia por meio de dragagens no rio Mogi-Guaçu.

A Reserva Ecológica Amadeu Botelho tem uma área de 143 hectares e situa-se à 2 Km da cidade de Jaú. A Reserva é uma floresta classificada como estacional semidecidual com alta biodiversidade. Conta com mais de 169 espécies de árvores estudadas, 24 mamíferos conhecidos e 174 espécies de pássaros registrados (SIGAM, 2019).

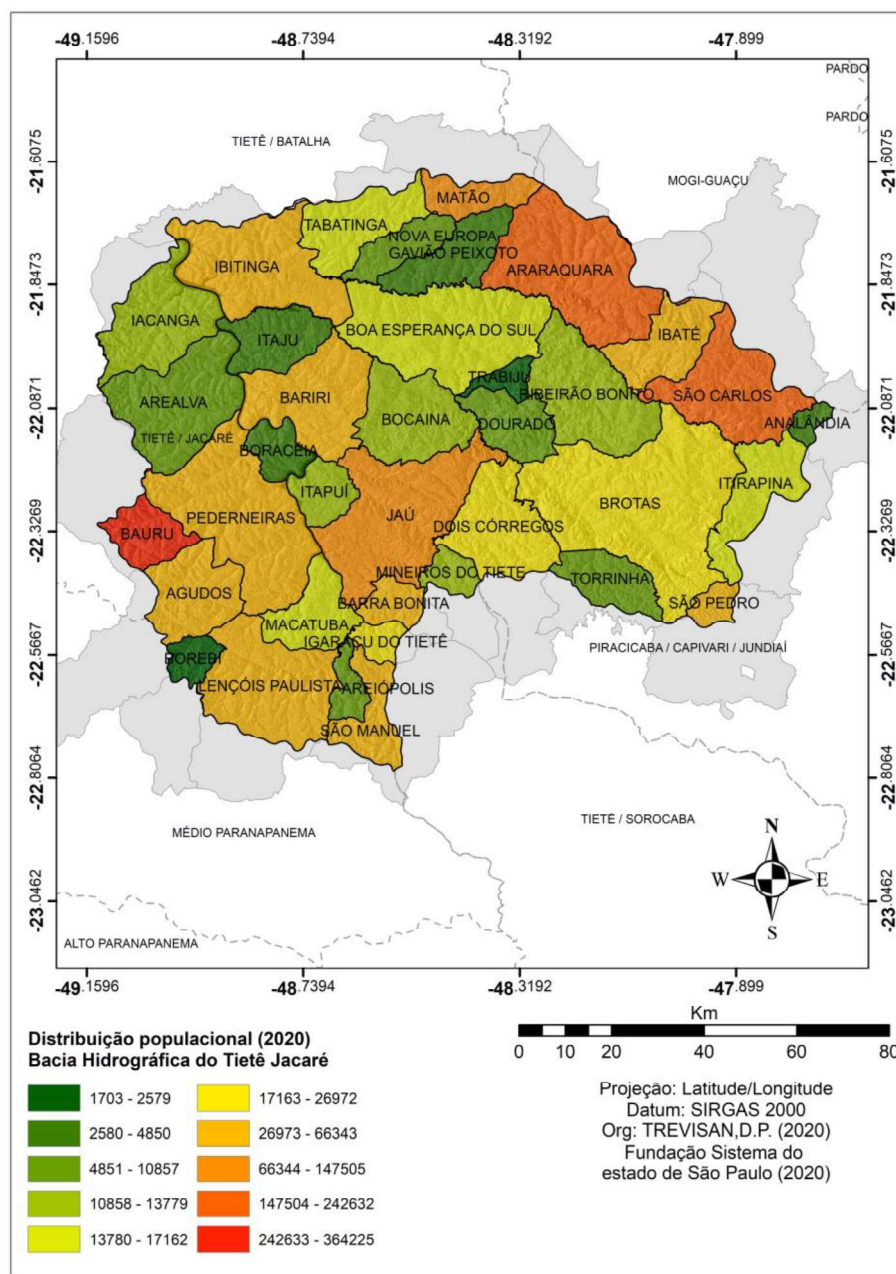
A Floresta das Águas Perenes possui 793ha de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), criado com o objetivo de conservar a biodiversidade da região. A área foi criada por meio da Resolução número 76 da Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Apresenta área cultivada por eucalipto de forma sustentável, com a finalidade de possibilitar a regeneração natural das áreas de Cerrado ali presentes (SIGAM, 2019).

A Floresta Estadual de Pederneiras foi criada pelo Decreto n.34.085 de 28/11/58 e pelo Decreto n.47.099 de 18/09/2002. Localiza-se no município de Pederneiras, com uma área de 1.975ha, com relevo de Colinas Amplas, com altitude média de 500m e relevo levemente ondulado. A região é coberta pela vegetação de Mata Atlântica – Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado com plantio de pinus e eucalipto (INSTITUTO FLORESTAL, 2019).



### 1.2.2.10 Conjuntura socioeconômica dos municípios que contemplam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. <sup>2</sup>

Conforme os dados disponibilizados pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE, 2020), existe uma heterogeneidade entre os municípios presentes na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, que conta com uma população total de 1.718.433 habitantes. Observa-se municípios de maior porte com grandes áreas territoriais e com alta população como São Carlos, Araraquara e Bauru e de pequeno porte como Trabiju e Boracéia (Tabela 1.12 e Figura 1.12).



**Figura 1.12:** Distribuição populacional da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2020.

<sup>2</sup> Os municípios de Analândia, Matão e São Pedro não fazem parte do CBH-TJ, muito embora parte de seu território esteja inserida na UGRHI-TJ. Para efeito de informação esses municípios também foram inseridos neste trabalho.

Esta heterogeneidade, se caracteriza também economicamente, contando com municípios de aporte econômico voltado para a produção de bens e serviços e com economias estabelecidas em polos industriais e agrícolas, como São Carlos, Araraquara e Jaú e municípios caracterizados principalmente pelas atividades de terceiro ou primeiro setor, principalmente relacionadas aos municípios menores, como Ibaté, Ribeirão Bonito e Boracéia.

**Tabela 1.12.** Dados sociais dos municípios que contemplam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2020.

<b>Município</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área na bacia hidrográfica</b>	<b>População (hab.)</b>	<b>Taxa de urbanização (%)</b>	<b>Crescimento populacional (%)</b>
<b>Agudos</b>	966,71	299,85	36.134	96,28	0,47
<b>Analândia</b>	325,95	46,90	4.850	83,43	1,26
<b>Araraquara</b>	1.003,63	691,35	227.618	97,16	0,90
<b>Arealva</b>	504,97	499,29	8.196	83,42	0,48
<b>Areiópolis</b>	85,91	85,91	10.857	92,37	0,25
<b>Bariri</b>	444,41	444,41	33.993	96,26	0,75
<b>Barra Bonita</b>	150,12	104,21	34.914	98,13	-0,10
<b>Bauru</b>	667,68	172,68	364.225	98,33	0,59
<b>Boa Esperança do Sul</b>	690,75	690,75	14.582	91,70	0,68
<b>Bocaina</b>	369,93	369,93	12.135	93,34	1,14
<b>Boracéia</b>	122,11	122,16	4.759	91,08	1,11
<b>Borebi</b>	347,99	83,54	2.579	92,63	1,21
<b>Brotas</b>	1.101,37	1.101,37	23.850	86,87	1,03
<b>Dois Córregos</b>	632,97	373,62	26.972	96,68	0,87
<b>Dourado</b>	205,87	205,87	8.482	91,68	-0,15
<b>Gavião Peixoto</b>	243,77	243,77	4.610	88,67	0,43
<b>Iacanga</b>	547,39	394,86	11.306	88,53	1,25
<b>Ibaté</b>	290,98	262,78	34.738	96,54	1,26
<b>Ibitinga</b>	689,39	579,02	58.501	96,72	0,99
<b>Igaraçu do Tietê</b>	97,75	69,21	24.135	99,43	0,33
<b>Itaju</b>	230,36	230,36	3.654	80,25	1,22
<b>Itapuí</b>	140,20	140,20	13.779	96,92	1,27

<b>Itirapina</b>	564,60	286,50	17.162	92,29	1,03
<b>Jaú</b>	687,10	687,10	147.505	97,50	1,22
<b>Lençóis Paulistas</b>	809,54	541,59	66.343	98,21	0,79
<b>Macatuba</b>	224,51	224,51	16.932	97,75	0,41
<b>Matão</b>	524,90	153,04	80.020	98,17	0,43
<b>Mineiros do Tietê</b>	213,24	84,03	12.597	95,53	0,46
<b>Nova Europa</b>	160,25	160,25	10.749	94,77	1,49
<b>Pederneiras</b>	728,74	728,74	45.570	93,00	0,96
<b>Ribeirão Bonito</b>	471,55	471,55	12.959	94,48	0,67
<b>São Carlos</b>	1.136,91	451,81	242.632	96,00	0,92
<b>São Manuel</b>	650,73	190,26	39.574	98,60	0,32
<b>São Pedro</b>	611,28	66,95	34.208	86,75	0,80
<b>Tabatinga</b>	368,60	293,07	15.897	89,97	0,81
<b>Torrinha</b>	315,27	196,04	9.713	87,12	0,41
<b>Trabiju</b>	63,42	63,42	1.703	93,53	0,99

Fonte: SEADE (2020)

As atividades econômicas do primeiro setor ocorrem de forma homogênea, apresentando pouca diversidade na região da bacia hidrográfica, onde destacam-se as práticas dos cultivos de citros, silvicultura e principalmente da cana-de-açúcar, predominante em toda a região central do estado de São Paulo (plantio de café, milho e arroz também estão presentes na região). De acordo com informações da Centro das Indústrias do estado de São Paulo (CIESP, 2013) e do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE-SP, 2013), os municípios da bacia hidrográfica estão distribuídos em cinco regiões principais (**Tabela 1.13**).

**Tabela 1.13.** Principais atividades econômicas da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

<b>Regional</b>	<b>Municípios</b>	<b>Principais atividades</b>
Araraquara	Araraquara, Gavião Peixoto, Ibitinga, Nova Europa, Tabatinga	Indústrias Têxteis, confecções
Bauru	Agudos, Arealva, Bauru, Borebi, Iacanga, Lençóis Paulista, Macatuba e Pederneiras	A economia de Bauru e região está apoiada na forte rede de serviços. O parque industrial é diversificado, com destaque para os setores metalomecânico, alimentos, construção civil, entre outros.



Jaú	Areiópolis, Bariri, Barra Bonita, Bocaina, Boracéia, Brotas, Dois Córregos, Mineiros do Tietê, Igaracu do Tietê, Itaju, Itapuí, Torrinha.	Preparação e Fabricação de Produtos em Couro (inclui sapatos), Fabricação de Produtos Alimentícios e Bebidas, Artigos de Vestuário e Acessórios, Móveis.
Rio Claro	Rio Claro, Itirapina	Fabricação de Produtos de Metal, Gêneros Alimentícios e Bebidas, Máquinas e Equipamentos, Móveis e Produtos Têxteis
São Carlos	Boa Esperança do Sul, Dourado, Ibaté, Ribeirão Bonito, São Carlos e Trabiju	

Fonte: CIESP (2013); SEBRAE-SP (2013)

Conforme os dados disponibilizados pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE, 2020), as infraestruturas básicas de desenvolvimento (saúde, e educação) na região da bacia hidrográfica apresentam-se com homogeneidade entre os municípios. As questões de saneamento básico estão desenvolvidas, porém questões educacionais ainda carecem de desenvolvimento, principalmente nos pequenos municípios, com características predominantemente rurais, como Itirapina que conta com apenas 35,62% da população com ensino médio completo entre 18 e 25 anos de idades (Tabela 1.14).

**Tabela 1.14.** Dados socioeconômicos dos municípios que contemplam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2020.

Município	PIB (per capita)	IDH (2010)	População com ensino médio (%)	Lixo (%)	Água (%)	Esgoto (%)
Agudos	72.145,99	0,745	52,13	99,96	99,04	96,91
Analândia	30.707,89	0,754	49,19	100,00	98,73	93,28
Araraquara	40.383,03	0,815	70,15	99,96	99,43	98,89
Arealva	21.179,78	0,744	66,28	99,67	96,44	90,71
Areiópolis	12.110,18	0,695	42,96	99,89	98,86	98,97
Bariri	43.059,92	0,750	48,68	99,89	99,61	99,52
Barra Bonita	39.539,97	0,788	65,11	99,88	99,81	98,63
Bauru	36.833,60	0,801	62,17	99,61	99,63	99,66
Boa Esperança do Sul	21.957,53	0,681	40,93	99,89	99,97	99,46

<b>Bocaina</b>	89.750,95	0,742	53,06	98,66	97,61	96,76
<b>Boracéia</b>	43.758,69	0,754	55,88	98,85	98,76	98,68
<b>Borebi</b>	24.567,61	0,705	53,73	99,51	99,84	98,86
<b>Brotas</b>	29.143,83	0,740	51,15	99,76	98,85	97,42
<b>Dois Córregos</b>	26.202,62	0,725	40,33	99,97	99,72	97,14
<b>Dourado</b>	82.072,54	0,738	60,99	99,96	99,31	98,69
<b>Gavião Peixoto</b>	189.670,16	0,719	52,58	100,00	100,00	99,82
<b>Iacanga</b>	58.221,31	0,745	58,56	99,71	99,31	93,84
<b>Ibaté</b>	23.325,75	0,703	44,70	99,86	99,82	99,61
<b>Ibitinga</b>	23.949,27	0,747	49,25	99,60	99,46	98,78
<b>Igaraçu do Tietê</b>	11.815,84	0,727	50,80	99,66	99,60	99,33
<b>Itaju</b>	26.785,79	0,705	48,90	100,00	100,00	99,01
<b>Itapuí</b>	46.366,77	0,725	43,47	99,75	92,96	88,56
<b>Itirapina</b>	24.480,60	0,724	35,62	99,75	95,78	88,99
<b>Jaú</b>	30.610,15	0,778	52,96	99,90	99,56	99,32
<b>Lençóis Paulistas</b>	38.078,18	0,764	61,78	99,87	99,62	98,61
<b>Macatuba</b>	37.480,80	0,770	57,67	99,91	99,24	99,18
<b>Matão</b>	47.162,53	0,773	58,68	99,79	99,29	99,08
<b>Mineiros do Tietê</b>	13.229,62	0,730	54,41	99,96	99,74	98,54
<b>Nova Europa</b>	30.804,41	0,765	61,94	99,93	99,40	99,66
<b>Pederneiras</b>	38.050,87	0,739	52,94	99,60	99,22	98,73
<b>Ribeirão Bonito</b>	17.920,89	0,712	45,16	99,60	99,02	98,85
<b>São Carlos</b>	42.804,05	0,805	67,63	99,90	99,66	99,43
<b>São Manuel</b>	28.536,76	0,744	58,26	98,77	98,51	96,82
<b>São Pedro</b>	20.394,01	0,755	52,38	99,39	99,02	95,48
<b>Tabatinga</b>	15.296,41	0,704	44,49	99,87	99,77	97,71
<b>Torrinha</b>	20.908,95	0,744	50,45	99,68	99,29	97,70
<b>Trabiju</b>	21.490,13	0,722	54,36	100,00	100,00	99,76

Fonte: SEADE (2020)

O planejamento regional da bacia hidrográfica exerce função essencial para o desenvolvimento local e regional, pois observa-se uma interdependência dos municípios pequenos com os de maiores aportes, correlacionando questões educacionais e infraestruturais. Os municípios maiores, como Araraquara, Bauru, São Carlos e Jaú, concentram em seu território boa parte do

mercado de trabalho, de atendimento à saúde, de educação, entre outros serviços. Compreender as características socioeconômicas dos municípios é essencial para a realização de um planejamento, tanto local como regional, o que facilita o gerenciamento de uma forma macro e micro tanto dos próprios municípios quanto para comitês de bacias hidrográficas, unidades de conservação, entre outros agentes governamentais.

### 1.3 Referências

AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Argissolos**. 2019a. Disponível em <[www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONTAG01\\_7\\_2212200611538.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_7_2212200611538.html)> Acesso em 04 de março de 2019.

AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Neossolos**. 2019b. Disponível em <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONTAG01\\_16\\_2212200611542.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_16_2212200611542.html)> Acesso em 04 de março de 2019.

ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728, 2014.

APA IBITINGA. **APA IBBITINGA**. 2013. Disponível em <<http://apa-ibitinga.webnode.com/>> Acesso em 08 de março de 2019.

ARALDI, E. Z.; MOREIRA, J.; MAZUREK, J.; ARALDI, L. Z.; ARIOTTI, A. P.; SOARES, F. A. S. M. Estudo das condições microbiológicas e teores de nitrito em salames produzidos no Alto Vale do Rio do Peixe – Santa Catarina, Brasil. **Evidência**, v.16, n.2, p.131-146, 2016.

ATTANASIO, C. M.; PAULA, L. W.; SERGIUS, G.; BRITO, Z. M. J.; JUNIOR, V.; TOLEDO, J. C. Método para a identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). **Scientia Forestalis**, n.71, p.131-140, 2006.

ATTANASIO, C. M.; SOUZA A. M.; REZENDE, J. H.; VENIZIANI, J. C. T.; SAMMARCO, Y. M. Guia de restauração de matas ciliares para a Bacia Hidrográfica do Tietê – Jacaré. **Instituto Pró-Terra**, 2014, 40p.

AUFFRET, G. A.; RICO, Y.; BULLOCK, J. M.; HOOFTMAN, D. A. P.; PAKEMAN, R. J.; SOONS, M. B.; ESTEBAN, A. S.; TRAVESET, A.; WAGNER, H. H.; COUSINS, S. A. Plant functional connectivity – integrating landscape structure and effective dispersal. **Journal of Ecology**, v.105, n.5, p.100-115, 2017.

AZEVEDO, T. N. **Efeito da expansão do cultivo de cana-de-açúcar na composição da paisagem do estado de São Paulo**. 2013, 79f. Dissertação (Mestrado em Biociências) – Universidade de São Paulo, 2013.

BALMFORD, A.; BRUNER, A.; COOPER, P.; COSTANZA, R.; FARBER, S.; GREEN, R. E.; JENKINS, M.; JEFFERISS, P.; JESSAMY, V.; MADDEN, J.; MUNRO, K.; MYERS, N.; NAEEM, S.; PAAVOLA, J.; RAYMENT, M.; ROSENDO, S.; ROUGHGARDEN, J.; TRUMPER, K.; TURNER, R.K. Economic reasons for conserving wild nature. **Science**, n.297, p.950 – 953, 2002.

BATISTA, M. C.; SANTOS, J. P.; SILVA FILHOS, J. A.; SOUSA, J. I.; FELIX, R. J. S.; SILVA, J. L. C. Influence of rainfall variability on bean production (*Phaseolus vulgaris L.*) in a municipality of Brazilian semiarid. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.3 n.1, p.1 - 7, 2018.

BIOTA FAPESP. **Sub-bacias hidrográficas do estado de São Paulo**. 2014. Disponível em: <<http://www.biota.org.br/info/saopaulo/bacias>>. Acesso em: 31 de maio de 2017.

BORGES, G. S. B.; FERNANES, J. A.; PELEGRINI, B. F.; SANTOS, V. D.; SILVA, C. B. Aquífero Guarani: O direito a água. **Anais**. 15º CONIC – SEMESP, p.1-8, 2015.

CABRAL, J. C.; GRANZINOLLI, M. A. M.; MOTTA-JUNIOR, J. C. Dieta do quiriquirei, *Falco sparverius* (Aves: *Falconiformes*) na Estação Ecológica de Itirapina, SP. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v.14, n.4, p.393-399, 2006.

CAMPOS, M. C. C.; RIBERIO, M. R.; JUNIOR, V. S. S.; FILHO, M. R. R.; SOUZA, R. V. C. C.; ALMEIDA, M. C. Características mineralógicas de latossolos e argissolos na região sul do Amazonas. **Revista Acadêmica de Ciência Agrária Ambiental**, Curitiba, v.9, n.1, p.11-18, 2011.

CARVALHO, W. M.; VIEIRA, E. O.; ROCHA, J. M.; CARNMO, T. V. B. Caracterização fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Malheiro, no município de Sabará – MG. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.3, p.398-412, 2018.

CASTRO, F. Organização Almanach-Album de São Carlos de 1916-1917. São Carlos, Typographia Artística. **EduUFSCar**, 2007, 250p.

CBH-SM. Comitê das Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira. **Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2015. Disponível em <<http://www.comitesm.sp.gov.br/institucional.php?k=ugrhi>> Acesso em 08 de junho de 2019.

CBH-TJ. Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, São Paulo: **Fundação Estadual de Recursos Hídricos**, Relatório Final, CD-ROM, 2000.

CBH-TJ. Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Relatório de situação dos recursos hídricos do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, São Paulo: **Fundação Estadual de Recursos Hídricos**, Relatório Final, CD-ROM, 2013.

CBH-TJ. Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Relatório de situação dos recursos hídricos do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, São Paulo: **Fundação Estadual de Recursos Hídricos**, Relatório Final, CD-ROM, 2017.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos municípios paulistas**. 2019. Acesso em <[https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_423.html](https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_423.html)> Acesso em 25 de outubro de 2019.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Águas subterrâneas**. 2019. Acesso em <<http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/>> Acesso em 25 de outubro de 2019.

CHAICHI, N.; DAIM, T. U. Landscape Analysis: Connected Lighting System. **Infrastructure and Technology Management**, p.45-65, 2018.

CIESP. Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (CIESP). **Indústrias do estado de São Paulo**, 2013. Disponível em <<http://www.ciesp.com.br>>. Acesso em 17 de agosto de 2019.

CORRÊA, U. M. P. **Estudos das águas subterrâneas das bacias hidrográficas dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira no estado de São Paulo**. 1996. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, 1996.

CORVALÁN, S. B. **Zoneamento ambiental da APA Corumbataí (SP) de acordo com critérios de vulnerabilidade ambiental**. 2009. 170f. Tese (Doutorado em Geociências) – UNESP, 2009.

COSTA, R. T. **Uso da terra e avaliação da naturalidade para o planejamento e manejo ambiental de bacias hidrográficas (sudeste do Brasil)**. 2016. 48f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, 2016.

CPA. Coordenadoria de Planejamento Ambiental do estado de São Paulo. **Polos Industriais**. 2017. Unidades básicas de compartimentação do meio físico do estado de São Paulo. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/cessao-de-dados/>> Acesso em 27 de março de 2019.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa de águas subterrâneas do estado de São Paulo**. 2007. Disponível em <[http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/Atlas%20-%20C3%81guas%20Subterr%C3%A2neas%20\(DAEE-LEBAC\).pdf](http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/Atlas%20-%20C3%81guas%20Subterr%C3%A2neas%20(DAEE-LEBAC).pdf)> Acesso em 27 de março de 2019.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Formação Serra Geral**. 2019. Disponível em <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao\\_territorial/geoparques/Aparados/ap\\_geol\\_pag05.htm](http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geoparques/Aparados/ap_geol_pag05.htm)> Acesso em: 31 de maio de 2019

DAEE. Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo. **Precipitação anual média da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**. 2018. Disponível em <[http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=72%3Ahidrometeorologia&catid=43%3Ahidrometeorologia&Itemid=30](http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=72%3Ahidrometeorologia&catid=43%3Ahidrometeorologia&Itemid=30)> Acesso em 27 de março de 2019.

DAEE. Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo. **Parque Nascentes do Tietê**. 2019. Disponível em <<http://www.daee.sp.gov.br/>> Acesso em 27 de março de 2019.

DONG, Y.; HAUSCHILD, M. Z. Indicators for environmental sustainability. **Annals**. 24th Conference on Life Cycle Engineering. p.697-702, 2017.

DOS SANTOS, J. E.; MOSCHINI, L. E.; FELICIANO, A. L. P.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R. Estação Ecológica de São Carlos, Brotas-SP: Análise e Zoneamento Ambiental. **Instituto Florestal**, 2003, 23p.

DOS SANTOS, R. M. **Padrão temporal e espacial das mudanças de usos da terra e cenários para a conservação da biodiversidade regional do município de São Félix do Araguaia, MT**. 2011. 153f. Tese (Doutorado em Ecologia de Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Latossolos**. 1999. Disponível em <[www.agencia.cnptia.embrapa.br](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br)> Acesso em 23 de abril de 2019.

FAN, C.; MYINT, S. A comparison of spatial autocorrelation indices and landscape metrics in measuring urban landscape fragmentation. **Landscape and Urban Planning**, v.121, p.117-128, 2014.

FLORES, D. M.; OLIVEIRA, D. Mapping and analysis geomorphological of Basin Ribeirão Balainho/Suzano (SP). **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas/MS**, n.25, v.14, p.1-34, 2017.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **APA Corumbataí, Botucatu e Tejuapé**. 2019. Disponível em <<http://www3.ambiente.sp.gov.br/apa-corumbatai-botucatu-tejupa-perimetro-botucatu/sobre-a-apa/>> Acesso em 08 de março de 2019.

GOERL, R. F.; SIEFERT, C. A. C.; SCHULTZ, G. B.; DOS SANTOS, C. S.; DOS SANTOS, I. Elaboração e aplicação de índices de fragmentação e conectividade da paisagem para análise de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, p.1000-1012, 2011.

HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v.342, p.850–853, 2013.

HILTY, J. A.; LIDICKER, W. Z., JR.; MERENLENDER, A. M. Corridor ecology: The science and practice of link in landscapes for biodiversity conservation. Washington, D. C: **Island Press**, 2012, 344p.

IAC. Instituto Agrônomo de Campinas. **Mapa Pedológico do estado de São Paulo**. 1999. Disponível em [http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/mapa\\_pedologico\\_Solos\\_Estado\\_de\\_Sao\\_Paulo.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/mapa_pedologico_Solos_Estado_de_Sao_Paulo.pdf) Acesso em 27 de março de 2019.

IAC. Instituto Agrônomo de Campinas. **Informações referentes ao mapa de solos do estado de São Paulo**. 2019. Disponível em <<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/>> Acesso em 24 de agosto de 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas planialtimétricas**. 1971. Disponível em <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/folhas\\_topograficas/editoradas/escala\\_50mil/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/folhas_topograficas/editoradas/escala_50mil/)> Acesso em 27 de março de 2019.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geologia 2ª Edição**. 1998. Disponível em: <[http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Manual\\_Tecnico\\_de\\_Geologia\\_33315.pdf](http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Manual_Tecnico_de_Geologia_33315.pdf)>. Acesso em: 31 de maio de 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa climático do Brasil**. 2002. Disponível em [ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/climatologia/mapas/brasil/clima.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/clima.pdf) Acesso em 27 de março de 2019.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia 2ª Edição**. 2009. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2019.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra 3ª Edição**. 2013. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual\\_usodaterra.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm). Acesso em: 31 de maio de 2019.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia 3ª Edição**. 2015. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=295017>. Acesso em: 31 de maio de 2019.

INKOOM, J. N.; FRANK, S.; GREVE, K. WALZ, U.; FURTS, C. Suitability of different landscape metrics for the assessments of patchy landscapes in West Africa. **Ecological Indicators**, n.85, p.117 - 127, 2018.

INSTITUTO FLORESTAL. **Floresta Estadual de Pederneiras**. 2019. Disponível em <http://iflorestal.sp.gov.br/areas-protetidas/florestas-estaduais/pederneiras/> Acesso em 08 de março de 2019.

JUNQUEIRA, P. G. **Estudo geofísico em área contaminada por diesel no município de Cerquilha (SP)**. 2017. 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UNESP, 2017.

KAISER, I. M. **Avaliação de métodos de composição de campos de precipitação para uso em modelos de precipitação hidrológicos distribuídos**. 2006. 400f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, 2006.

KOTTERK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v.15, n.3, p.259-263, 2006.

LI, H.; WU, J. Use and misuse of landscape indices. **Landscape Ecology**, v.19 n.1 p.389-399, 2004.



LIANG, H.; CHEN, DI. ZHANG, Q. Assessing urban green space distribution in a compact megacity by landscape metrics. **Journal of Environmental Engineering and Landscape Management**, v.25, p.64-74, 2017.

LIMA, V. R. P.; SILVA-SEABRA; ALBUQUERQUE-XAVIER, F.; CONCEIÇÃO-DORNELLAS, P. Analysis of Land Cover Distribution and Spatial Pattern of Landscape Fragmentation and Connectivity in the Taperoá and High Paraíba River Basins, Brazil. **Revista de Estudios Andaluces**, v.37, p. 25-49, 2019.

LOPES, A. A. **Estudo da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos na bacia Tietê-Jacaré (UGRHI-13)**. 2007. 304f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, 2007.

LUZIA, A. P. **Estrutura organizacional do fitoplâncton nos sistemas lóticos e lênticos da Bacia do Tietê-Jacaré (UGRHI-Tietê-Jacaré) em relação a qualidade da água e estado trófico**. 2009. 165f. Tese (Doutorado em Ecologia de Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, 2009.

MACEDO, R. C.; ALMEIDA, C. M.; SANTOS, J. R.; RUDORFF, B. F. T. Modelagem e dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.19, p.313-337, 2013.

MACHADO, J. L. Comparação entre o sistema Aquífero Guarani em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul. **Anais**. XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, p.1-12, 2017.

MAGRAMA. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. **Redes ecológicas**. 2019. Disponível em <[http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/ep\\_portada\\_redes\\_ecologicas.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/ep_portada_redes_ecologicas.aspx)> Acesso em 06 de janeiro de 2019.

MALCOLM, J. R.; LEHMAN, S. M. Edge effects in tropical dry forests of madagascar: additivity or synergy? **Landscape Ecology**, v.32, n.2, p.327-341, 2017.

MANASSES, F.; ROSA FILHO, E. F.; HINDI, E. C.; BITTENCOURT. Estudo hidrogeológico da Formação Serra Geral na região sudoeste do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.64-65, p.59-67, 2011.

MARINO, D.; CAVALLO, A. DI DONATO, B. D.; NOFRONI, L. SAVELLI, S. Between resilience and sense of place: Understanding the agricultural traditional landscape. **UNISCAPE En-Route**, p.66 – 72, 2015.

MONTANHEIRO, F.; KIANG, C. G. Nitrato no aquífero adamantina: o caso do município de Monte Azul Paulista, SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v.37, n.2, p.25-44, 2016.

MORETTI, R. S. Conteúdo e procedimentos de elaboração dos planos diretores IN: BUENO, L. M. M.; CYMBALISTA, R. Planos diretores municipais – novos conceitos do planejamento territorial (Org). São Paulo. **ANNABLUME**, p.265-271, 2007.

MOSCHINI, L. E. **Zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Médio Mogi-Guaçu Superior**. 2008. 149f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, 2008.

NASCIMENTO, M. R. L. **Proposição de valores de referência para concentração de metais e metalóides em sedimentos limnicos e fluviais da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê – SP**. 2003. 119f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, 2003.

NICOLETTI, E. A. M.; FERREIRA, R. L. Geotecnologia aplicada à perícia ambiental. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.6 n.4, p.37-56, 2015.

O'NEILL, R. V.; KRUMMEL, J. R.; GARDNER, R. H.; SUGIHARA, G.; JACKSON, B.; De ANGELIS, D. L.; MILNE, B. T.; TURNER, M. G.; ZYGMUNT, B.; CHRISTENSEN, S. W.; DALE, V. H.; GRAHAM, R. L. Indices of landscape pattern. **Landscape Ecology**, v.1, n.3, p. 153-162, 1988.

O'SULLIVAN; BERGMANN, L.; THATCHER, J. E. Spatiality, maps, and mathematics in critical human geography: Toward a repetition with difference. **The Professional Geographer**, v.70, p.129 – 139, 2018.

OECD. Core set of indicators for environmental performance reviews. **OECD**, Paris, 2017, 553p.

OLIVEIRA, C. H.; SANTOS, J. E.; TOPPA, R. H. Efeitos do uso do solo urbano na qualidade ambiental e de vida, na vegetação e na impermeabilização do solo. IN: SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F. PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H. PIRES, A. M. Z. C. R. (Org.). Faces da Polissemia da paisagem. 1ª ed. São Carlos. **Rima**, v.2, p.585-619, 2004.

PERES, R. B.; SILVA, R. S. Análise das relações entre o plano de Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré e os planos diretores municipais de Araraquara, Bauru e São Carlos, SP: Avanços e desafios visando a integração de instrumentos de gestão. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.25 n.2, p.349-362, 2013.

PIRES, J. S. R. **Análise ambiental voltada ao planejamento e gerenciamento do ambiente rural: abordagem metodológica aplicada ao município de Luiz Antônio, SP.** São Carlos, 1995, 192f. Tese (Doutorado em Ecologia de Recursos Naturais) – Universidade federal de São Carlos, 1995.

PORTA, S.; CRUCITTI, P.; LATORA, V. The network analysis of urban streets: a primal approach. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v.33, p.705 – 725, 2006.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3ª ed. Rio de Janeiro. **EMBRAPA-CNPS**, 1995, 59p.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

SAITO, N. S.; MOREIRA, M. A.; SANTOS, A. R.; EUGÊNIO, F. C.; FIGUEIREDO, A. C. Geotecnologia e ecologia da paisagem no monitoramento da fragmentação florestal. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.23, n.2, p.201-210, 2016.

SAMPAIO, L. F.; B. P. F.; BASILICI, G.; MARINHO, T. S. Interpretação paleoambiental dos calcretes da Formação Marília na região de Uberaba (MG). **Revista do Instituto de Geociências – USP**, v.17, n.2, p.19-210, 2017.

SANTOS, F. C.; RODRIGUES, S. C. Variabilidade espacial físico-química de materiais superficiais sob uma vertente de Cerrado em estágio de recuperação. **Caderno de Geografia**, v.27, n.48, p.203 – 203, 2017.

SANTOS, J. E.; NOGUEIRA, F.; PIRES, J. S. R.; OBARA, A. T.; PIRES, A. M. Z. C. R. The value of the Ecological Station of Jataí's ecosystem services and natural capital. **Revista Brasileira de Biologia**, n.61, p.171-190, 2001.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº7.663, de 30/12/1991. **Normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 1991. Disponível em < <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>> Acesso em 26 de fevereiro de 2019.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº9.034, de 27/12/1994. **Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995**. 1994. Disponível em

<<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1994/lei-9034-27.12.1994.html>> Acesso em 26 de fevereiro de 2019.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº16.337, de 14/12/2016. **Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas.** 2016. Disponível em <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2016/lei-16337-14.12.2016.html>> Acesso em 26 de dezembro de 2020.

SÃO PAULO. Situação dos Recursos Hídricos. Companhia Ambiental do estado de São Paulo, **São Paulo.** 2016, 192p.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de dados. **Perfis municipais.** 2020. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2019.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Polos industriais.** 2013. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/>>. Acesso em: 31 de maio de 2019.

SIGAM. Sistema Integrado de Gestão Ambiental. **Floresta das águas perenes.** 2017. Disponível em <<http://iflorestal.sp.gov.br/areas-protegidas/florestas-estaduais/pederneiras/>> Acesso em 08 de março de 2019.

SILVA, L.; SEQUINATTO, L.; ALMEIDA, J. A.; BORTOLINI, D. Methods for quantifying shrinkage in latossolos (ferralsols) and nitossolos (nitisols) in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, p.1-12, 2017.

SILVA, M. S. F., SOUZA R. M. Spatial patterns of forest fragmentation in the Flona Ibura - Sergipe. **Mercator**, v.13, n.3, p.121-137, 2014.

SILVA, S. R. S.; CHANG, H. K. Hidroquímica dos Sistemas Aquíferos Bauru e Guarani na Região Metropolitana de Bauru (SP). **Águas Subterrâneas**, v.24, n.1, p.69-84, 2010.

SIMON, F. W.; REGINATO, A. R.; KIRCHHEIM, R. E.; TROIAN, G. C. Estimativa de recarga do Sistema Aquífero Guarani por meio da aplicação do método da variação da superfície livre na Bacia do Rio Ibicuí-RS. **Águas Subterrânea**, v.32, n.2, p.12-29, 2017.

SIMONATO, M. D.; CAMPOS, J. E.; LEITÃO, A. C. F.; BRANDÃO, D.; SILVA, F. P.; PAULA, V. F. Há conexão hidráulica entre os sistemas Aquíferos Guarani e Bauru na “janela” de basalto, em Bauru-SP. **Anais. XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, p.1-20, 2017.

SMA-SP. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Aquíferos do estado de São Paulo**. 2019. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br/aquiferos/os-aquiferos-de-estado-de-sao-paulo/>> Acesso em 07 de março de 2017.

SOUZA, E. F.; MORASSUTI, C. Y.; SOARES, E.; DUARTE, G. S.; SOARES, G. S.; JORGE, M. B.; SILVA, C. A. A. Classificação de solos e análise da vegetação em relação às características locais nos municípios de Dourados e Jateí/MS Soil classification and analysis of vegetation in relation to local characteristics in the cities of Dourados and Jateí/MS. **ENGEVISTA**, v.19, n.2, p.293-305, 2017.

TANAJURA, D. S.; LEITE, C. B. Quantificação e avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas da Sub-Bacia Hidrográfica Jacaré Pepira/SP. **Revista águas subterrâneas**, v.31 n.1, p.1-19, 2017.

TAVARES, A. S.; JUNIOR, H. M.; SPALEVIC, V.; MINCATO, R. L. **Modelos de erosão hídrica e tolerância das perdas de solo em latossolos distróficos no Sul de Minas Gerais**. Revista do Departamento de Geografia, V. Especial, p.268-277, 2017.

TEIXEIRA, M. A.; MAGALHÃES, P. S. G.; BRAUNBECK, O. A. Equipamento para extração de amostras indeformadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.693-699, 2000.

TIESKENS, K. F.; SCHULP, C. J. E; LEVERS, C.; LIESKOVSKY, J.; KUEMMERLE, T.; PILENINGER, T.; VERBURG, P. H. Characterizing European cultural landscapes: Accounting for structure, management intensity and value of agricultural and forest landscapes. **Land Use Policy**, v.62, p.29-39, 2017.

TOPPING, C. J.; DALBY, L.; SKOV, F. Landscape structure and management alter the outcome of a pesticide ERA: Evaluating impacts of endocrine disruption using the ALMaSS European Brown Hare model. **Science of The Total Environment**, v.541, n.15, p.1477-1488, 2016.

TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E. Evaluation of landscape urbanity in Americana, São Paulo, Brazil. **International Journal of Development Research**. v.7, p.16177 - 16183, 2017.

TREVISAN, D. P.; DIAS, L.; MOSCHINI, L. E. Atlas histórico e geográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê-Jacaré. 1ª ed. **Amazon**, 2019, 50p.

TROPMAIR, W. C. A. **Diagnóstico ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu**, 1998. 126f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 1998.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D. C.; LUZIA, A. P.; VON HAELING, P. H.; FROLLINI, E. H. A Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.159-172, 2008.

TURNER, M.; SIMARD, M. Using spatial statistics and landscape metrics to compare disturbance mosaics, p.175-190. In: GERGEL, S. E.; TUNNER, M. G. **Learning Landscape Ecology: A Practical guide to concepts and techniques**, 1st ed, 2017, 300p.

UNITED NATIONS. World Urbanization Prospects: The 2017 Revision. **United Nations**, New York, 2017, 300p.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da fragilidade ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.23, n. 2, p.295-308, 2016.

VAN ZANTEN, B. T.; VAN BERKEL, D. B.; MEENTEMEYER, R. K.; SMITH, J. W.; TIESKENS, K. F.; VERBURG, P. H. Continental scale quantification of landscape values using social media data. **Proceedings of the National Academy of Sciences in the United States of America**, v.113, p.12974-12979, 2016.

VELASQUEZ, L. N. M.; BRANCO, O. E. A.; CARVALHO FILHO, C. A.; MINARDI, P. S. P.; COTA, S. D. S.; BOMTEMPO, V. L.; CAMARGOS, C. C.; RODRIGUES, P. C. H. R.; FIUMARI, S. L. Caracterização Hidrogeologia Dos Aquíferos Bauru e Serra Geral e Avaliação das Reservas do Aquífero Bauru no município de Araguari, Minas Gerais. **Anais. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, p.1-15, 2017.

VILLA, F.; MCLEOD, H. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications. **Environmental Management**. v.29, n.3, p.335–348, 2002.

VILLAÇA, I. M.; MORAES, M. M. G.; BLOTTA, K. D.; GIORDINO, F.; MAGENTA, M. A. G. Análise quali-quantitativa de solo em diferentes fisionomias de uma área de Mata Atlântica da Baixada Santista. **UNISANTA Bioscience**, v.5, n.5, p.78-86, 2016.

YNOUE, R. Y.; REBOLTA, M. S.; AMBRIZZI, T.; SILVA, G. A. M. Meteorologia: noções básicas. 1ª ed, v.1, **Oficina de textos**, 2017, 184p.

ZELLWEGER, F.; MORSDORF, F.; PURVES, R. S.; BRAUNISCH, V.; BOLLMANN, K.  
Improved methods for measuring forest landscape structure: LiDAR complements field-based  
habitat assessment. **Biodiversity and Conservation**, v.23, n.2, p.289–307, 2014.

# **Análise da conectividade viária: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré – SP, Brasil**

*Analysis of road connectivity: A case study in the Tietê-Jacaré Hydrographic Basin – SP,  
Brazil*



Município de Araraquara (SP). Fonte: ARARAQUARA (2019)



## RESUMO

As estruturas e dimensões das áreas antropizadas passam por um processo crescente de modificação, onde os espaços terrestres ocupados pelo homem vão desigualmente alterando sua natureza e composição, exigindo uma nova definição e compreensão de seus limites. Essa transformação é consequência das relações socioambientais, econômicas e culturais estabelecidas. Este trabalho contempla a avaliação das conectividades viárias presentes no território da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - SP, por meio da aplicação dos índices de Integração e Sintaxe Espacial, com o objetivo de avaliar o processo dinâmico e temporal das infraestruturas viárias nos anos de 2007 e 2017. Foram utilizadas técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com a utilização da teoria de integração para investigar a conexão viária. Também foi elaborado o mapa de axialidade que consiste na análise das conexões da malha viária, considerando todos os segmentos de reta possíveis (linhas axiais) permitindo a compreensão sobre a conectividade da rede viária na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Por meio da atualização da malha viária, observou-se crescimento de 9.450,43km em 2007 para 13.082,88Km em 2017, totalizando um acréscimo de 38,43%. A bacia hidrográfica apresentou aumento da rede viária em todas as regiões, que consequentemente culminaram com mudanças nos padrões de integração entre as vias, aumentando em quase um terço o número de conexões (de 67.125, para 81.895). Estes fatores devem ser analisados detalhadamente no que tange o planejamento da região, principalmente relacionado ao futuro e qualidade dos recursos urbanos e ordenamento territorial tanto municipais, quanto regionais. Considerando que o debate sobre o ordenamento urbano, extensão da malha viária e seu impacto para a sociedade gera grande repercussão, atingindo diversos setores de gerenciamento, como o transporte, a segurança, a saúde e conservação dos ecossistemas.

**Palavras-chave:** Análise da paisagem; Dinâmica da paisagem; Planejamento urbano; Sintaxe Espacial.

## ABSTRACT

The structures and dimensions of anthropized areas undergo a growing process of modification, where man-made land spaces unevenly alter their nature and composition, requiring a new definition and understanding of their boundaries. This transformation is a consequence of established socio-environmental, economic and cultural relations. This work contemplates the evaluation of road connectivity present in the territory of the Tietê-Jacaré Hydrographic Basin - SP, through the application of the Integration Space Syntax indices, with the objective of evaluating the dynamic and temporal process of the road infrastructures in 2007 and 2017. Geographic Information Systems (GIS) techniques were used using the integration theory to investigate the road connection, applying the "Groups" tool that showed the connections based on the "pixel" analysis of the images generated by the Overlay tool. The axial map was elaborated, consisting of the analysis of the road network connections, considering all possible straight segments (axial lines) allowing the understanding of the road network connectivity in the Tietê-Jacaré Hydrographic Basin. By updating the road network, growth from 9,450.43km from 2007 to 13,082.88km in 2017 was observed, totaling an increase of 38.43%. The watershed increased road network in all regions, which eventually led to changes in road integration patterns, increasing the number of connections by almost one third (from 67,125 to 81,895). These factors should be analyzed in detail with regard to the region planning, mainly related to the future and quality of urban resources and territorial planning, both municipal and regional. Considering that the debate on urban planning, the extension of the road network and its impact on society generates wide repercussions, affecting various management sectors, such as transport, security, health and conservation of ecosystems.

**Keywords:** Landscape analysis; Landscape dynamics; Urban planning; Space Syntax.

## 2.1 INTRODUÇÃO

As estruturas e dimensões das áreas antropizadas passam por um processo crescente de modificação, onde os espaços ocupados pela sociedade vão desigualmente alterando sua natureza e composição, exigindo uma nova definição e compreensão de seus limites (SANTOS, 2008; MALCOLM; LEHMAN, 2017). Essa transformação dos espaços é consequência das relações socioambientais, econômicas e culturais estabelecidas. O homem, por intermédio do desenvolvimento de técnicas, modifica a organização e estruturação dos elementos espaciais, produzindo impactos ambientais nas diversas escalas de abrangência (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; INTERGOVERNMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE, 2018).

As cidades, por se constituírem em espaços de concentração e por reunirem condições necessárias as formas de produção, desenvolvem-se como território suporte para as diversas atividades. Contudo, o desenvolvimento da urbanização não é apenas uma condição para o desenvolvimento industrial, mas esta também mudou o caráter das cidades, transformando-as no centro da gestão e controle da economia, subordinando também a produção agrícola, que ocorre no campo (SPOSITO, 2005; THORNHILL, 2018), sendo capaz de abrigar a revolução tecnológica e financeira que origina a era industrial contemporânea.

Os transportes são uma das funções mais importantes de uma cidade, e a estrutura urbana é afetada pelo fluxo de movimento. As redes de transporte rodoviário urbano, como transportadoras de atividades humanas na cidade, têm sido estudadas em termos de características estruturais e dinâmicas há décadas (WANG et al., 2018). A estruturação e conexão da rede viária é essencial na organização das cidades e contribui no incremento da movimentação das áreas urbanas, atraindo empreendimentos que buscam fluxo populacional, havendo forte associação entre a forma de articulação da rede viária e os potenciais de acessibilidade encontrados para cada eixo em um mapa com linhas axiais (MEDEIROS, 2006; LIANG et al., 2017).

Desta forma, há a necessidade de analisar as infraestruturas urbanas na paisagem ao longo do tempo e assim verificar a organização das infraestruturas que se consolidaram e que se consolidam, no intuito de potencializar a conectividade e a ocupação urbana, diminuindo a necessidade de substituição de novas áreas verdes para o crescimento local e regional, diminuindo o impacto do crescimento urbano sobre os ecossistemas naturais. Os principais benefícios referentes a análise da configuração da rede viária relacionam-se com a avaliação da concentração de movimentação nos diferentes trechos urbanos, contribuindo para o planejamento de

empreendimentos, visando ou não o aumento ou a diminuição dos fluxos, conforme a associação entre a forma de articulação da rede viária e os potenciais de acessibilidade encontrados para cada região (BAŞER; KUBAT, 2007; CARVALHO; SABOYA, 2017). Determinar tais mudanças possibilitará a avaliação da dimensão das diversas infraestruturas urbanas, conduzindo os resultados para aplicação de convenções e programas de ação tanto nacionais quanto internacionais (SMA, 1995; OECD, 2017).

Por exemplo, o estudo desenvolvido por Lupinetti et al., (2018) objetivou compreender a relação entre estradas e dinâmica florestal em fragmentos da Mata Atlântica, a fim de fornecer informações para o planejamento da infraestrutura viária e de projetos de restauração. Encontrou-se, como esperado, uma relação positiva com a variável “Declive médio” e a variável “Distância de estradas”, em que terrenos íngremes dificultam a perturbação antropogênica, o que beneficia a regeneração da floresta e quanto maior a distância das estradas, melhor a regeneração dos fragmentos.

Neste sentido, a teoria da Sintaxe Espacial, formulada por Hillier e Hanson em 1984, é utilizada para analisar as interações e conexões entre sociedade e o espaço utilizado. Este método busca avaliar os padrões espaciais ao analisar a configuração viária das paisagens urbanas e de como estas são utilizadas e estão conectadas, procurando entender por meio do uso de técnicas e modelos computacionais, o direcionamento da configuração do espaço viário, associando valores e expressões para a análise do espaço geográfico urbano (CARMO et al., 2012; LIANG et al., 2017).

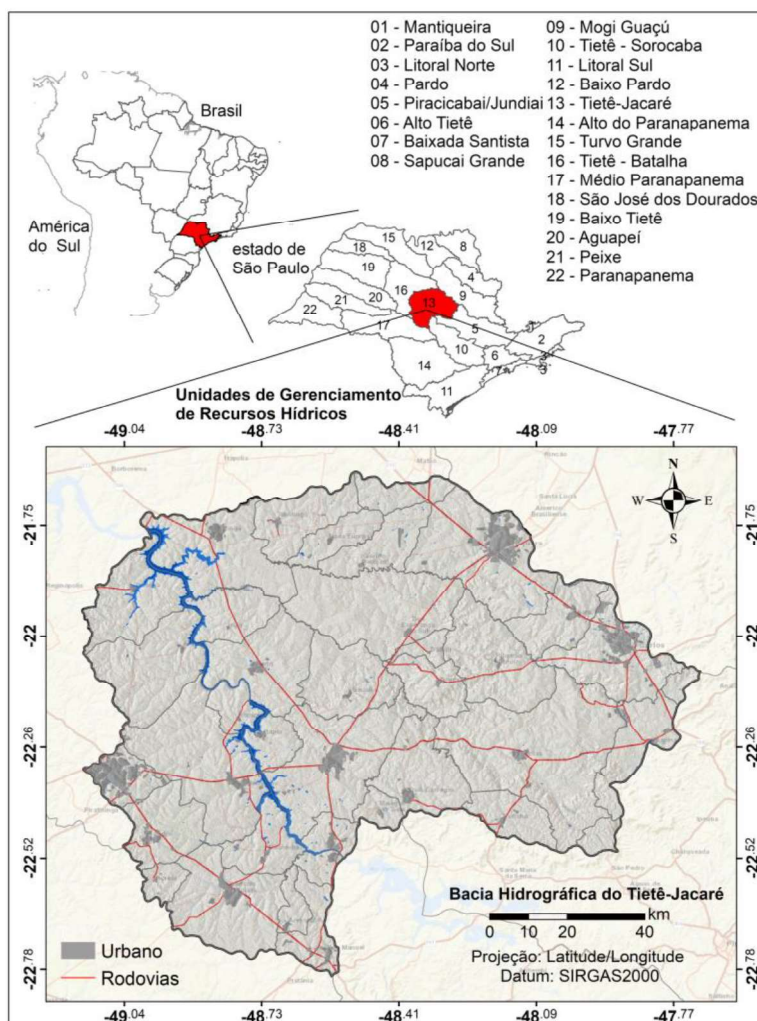
Diante dessas considerações, este trabalho tem o objetivo de analisar as conectividades viárias presentes no território da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré – SP, com o intuito de compreender o processo dinâmico e temporal da malha viária nos anos de 2007 e 2017, por meio da aplicação dos índices de Integração e Sintaxe Espacial.

## **2.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2.1 Área de estudo**

As Leis Estaduais n.7.663 de 30/12/91, n.9.034 de 27/12/1994 e nº 16.337 de 14/12/2016 (SÃO PAULO, 1991, 1994 e 2016) instituem o gerenciamento de recursos hídricos no estado de São Paulo, que é realizado por meio de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs). O estado possui vinte-e-duas UGRHIs, delimitadas a partir do conceito de bacia hidrográfica, segundo o qual, cada unidade engloba os recursos hídricos que convergem para um corpo d'água principal, necessitando de articulação entre pesquisa, gerenciamento e aplicação de

inovações (CBH-SM, 2015). A **Figura 2.1** destaca a unidade de gestão número 13, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, com área total de 11.810,9km<sup>2</sup>, englobando 37 municípios e 1.718.433 habitantes.



**Figura 2.1:** Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

A bacia hidrográfica está localizada no centro do estado de São Paulo, entre as coordenadas 21°37' e 22°51' de latitude sul e 49°32' e 47°30' de longitude oeste. Com rede de drenagem de 8.686,42Km, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré engloba três rios principais: O Rio Tietê, o Rio Jacaré-Guaçu e o Rio Jacaré Pepira e os reservatórios de Bariri, Ibitinga e Carlos Botelho (Lobo/Broa) (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019).

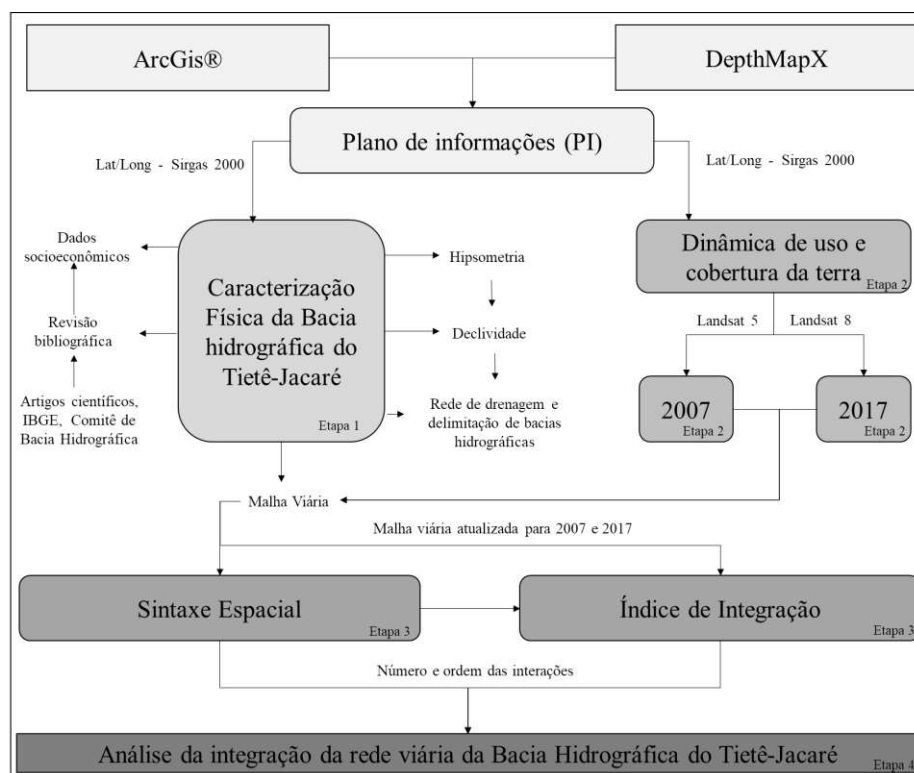
O clima, pela classificação de Köppen-Geiger, situa-se entre clima tropical úmido (de outubro a março) e inverno seco (de abril a setembro). O relevo é variável, com o ponto máximo de altitude a 1.060m na região de São Carlos. A unidade Tietê-Jacaré está na Depressão Periférica do estado de São Paulo onde se encontram os aquíferos Bauru, Serra Geral e Botucatu. Em sua maioria,

a bacia é formada por solos de areias quartzosas profundas a moderadas e em menores quantidades ocorre a presença de Latossolo Roxo Eutrófico (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019).

As principais atividades econômicas estão ligadas principalmente à agroindústria como produção de açúcar, álcool e processamento de cítricos. Nos maiores municípios como Bauru, São Carlos, Araraquara e Jaú, outros setores industriais como papel, bebidas, calçados e metal mecânica também se destacam (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019). Por apresentar características de desenvolvimento consolidadas, que integram municípios com elevado grau de urbanização e potenciais industriais e agrícolas, que necessitam de uma rede viária integrada e consequentemente de uma rede hidrológica que comporte todo esse desenvolvimento, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré torna-se uma área potencial para análise das relações de conectividade entre os compartimentos da paisagem e suas inter-relações com o desenvolvimento antrópico e as áreas naturais, avaliando como estes influenciam na conservação dos ecossistemas.

## 2.2.2 Metodologia

As informações foram inseridas e analisadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), sendo utilizados os softwares ArcGis 10.5 e DepthMapX 0.5 (**Figura 2.2**).



**Figura 2.2:** Fluxograma de trabalho.

Para a caracterização da paisagem, foi elaborado um banco de dados georreferenciado da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré na projeção geográfica latitude/longitude, datum SIRGAS2000 para todo o plano de informação. As informações utilizadas para a delimitação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré foram obtidas da base de dados digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), malha digital dos municípios brasileiros, versão 2015.

Esse arquivo foi importado para o Sistema de Informação Geográfica, que possibilitou a análise e processamento digital do arquivo vetorial, sendo utilizadas as cartas planialtimétricas do IBGE, adquiridas em meio analógico na escala 1:50.000 (IBGE, 1971). O mapa temático da rede viária foi obtido pela digitalização em tela baseando-se nas cartas planialtimétricas do IBGE, onde a atualização da rede viária para 2007 foi realizada com base na Malha Digital do Brasil de 2007 elaborada pelo IBGE, nas imagens LandSat 5 de 21 de abril de 2007 e Digital Globe 14 de julho de 2007 adquirida do software Google Earth Pro 7.1, com resolução de 0,5 metro. Para 2017, a atualização foi realizada baseando-se na imagem LandSat 8 de 11 de março de 2017 e na imagem World Street Map de 14 de julho de 2017, com resolução de 0,3m.

A utilização de cenas de diferentes satélites (USGS, 2017) ocorreu em virtude da indisponibilidade de imagens por um único satélite no período de estudo, onde as imagens utilizadas para este estudo possuíram a mesma resolução espacial de 30 metros. As datas foram selecionadas de acordo com o cronograma de trabalho a ser realizado, onde os períodos de março e abril, em decorrência da sazonalidade das práticas agrícolas predominantes na região. A diferença de 10 anos entre as imagens possibilitou o estudo dos padrões temporais da paisagem, essenciais no direcionamento do planejamento regional, o qual considerou as vertentes de crescimento e desenvolvimento presentes (TREVISAN et al, 2018).

### **2.2.3 Análise da rede viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

Para análise da rede viária, foi utilizada a metodologia de integração de redes adaptada de Weis et al., (2013) e a teoria da Sintaxe Espacial de Hillier; Hanson (1984), com o intuito de analisar as conexões viárias existentes no espaço da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Estes métodos avaliaram o número de interações, assim como os padrões e as configurações espaciais das paisagens urbanas e de como estas estão conectadas. Procurando entender por meio do uso de técnicas e modelos computacionais, o direcionamento da configuração do espaço viário, associando valores e expressões para a análise do espaço geográfico urbano da área de estudo (CARMO et al., 2012; TRORNHILL et al., 2017).

Diversos autores vêm desenvolvendo trabalhos relacionados a integração de redes e Sintaxe Espacial tanto internacionalmente (FERGUSON, 2007; KIM et al., 2007; BAŞER; KUBAT, 2007; TRORNHILL et al., 2017) como nacionalmente (BARROS, 2006; JALES, 2009, CARVALHO; SABOYA, 2017). Internacionalmente, o trabalho desenvolvido por Kubat et al., (2007) utilizou a Sintaxe Espacial sob o conceito de deslocamento de pedestres, além de investigar os fluxos do sistema de transporte e de tráfego, que diferem do movimento de pedestres. Por conseguinte, com o intuito de representar a rede viária para o movimento de veículos, um novo mapa foi elaborado para Istambul, demonstrando o caráter dominante de vias e seus efeitos sobre o uso e cobertura da terra e, assim, a possível orientação da expansão urbana na região.

No Brasil, Carvalho e Saboya (2017) objetivaram investigar as características configuracionais das vias em que aconteceram o processo de verticalização residencial em Florianópolis, no estado de Santa Catarina. Os resultados indicaram que a padronização de localização dos edifícios residenciais verticais na cidade está relacionada, principalmente, à medida de escolha local, havendo maior concentração em vias que canalizam fluxos utilizados para chegar às outras partes dentro de um sistema local, tornando sua localização localmente central.

Para o estudo da rede viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré com a Sintaxe Espacial, foi elaborado o mapa de axialidade que consiste na análise das conexões da malha viária, considerando todos os segmentos de reta possíveis (linhas axiais). Por meio do cruzamento das linhas axiais entre si, e da inserção destes dados nos softwares DepthMapX 0.5 (UCL, 2019) e ArcGis 10.5, foi avaliado o grau de conectividade e ordenamento das conexões das redes urbanas (MEDEIROS, 2006; LIANG et al., 2017).

A conectividade de cada linha foi delimitada pelo número de linhas que a intercepta, outros valores quantitativos utilizados foram também medidas de propriedades de análise, dentre elas, o controle, a profundidade e as integrações global e local. O controle mediu a dependência em termos de acessibilidade espacial que uma linha exerce sobre as outras conectadas a ela. A conectividade e a profundidade estão relacionadas com a integração global, que é a medida da integração de uma linha com todas as linhas do sistema. A profundidade é o número de passos de uma linha para outra ou o número de passos de um ponto em relação a outro qualquer do sistema, sendo maior quanto mais espaços intermediários houver (CARMO et al., 2012; TRORNHILL et al., 2017).

A profundidade média (MD) de um determinado nó do sistema foi obtida pela soma das profundidades em relação aos outros nós (profundidade total), dividindo-se pelo número de espaços do sistema, menos 1, conforme a equação:

$$MD = \frac{Dr}{K - 1}$$

Em que:

MD: Profundidade média da linha em relação às demais; DT: Profundidade total; K: Número de espaços (linhas ou nós) no sistema.

A variável Relativa Assimetria (RA) que indica os níveis de integração do sistema, que na teoria da Sintaxe Espacial, corresponde como o número de mudanças de direção, ou seja, mudança de uma linha axial para outra subsequente do sistema, necessárias para se chegar de um lugar ao outro. Tais cálculos resultaram no mapa de integração global (Sintaxe Espacial), permitindo a compreensão sobre a conectividade das redes viárias na bacia hidrográfica (CARMO et al., 2012; TRORNHILL et al., 2017) e a geração do mapa vetorial com as linhas axiais. Os valores encontrados para a profundidade foram utilizados para se encontrar a relativa assimetria (RA), dada pela equação:

$$RA = \frac{2(MD - 1)}{K - 2}$$

Em que:

RA: Relativa assimetria; MD: Profundidade média da linha em relação às demais; K: Número de espaços (linhas ou nós) no sistema.

A informações atualizadas da rede viária de 2007 e 2017 (ruas, estradas e rodovias) e analisadas pela Sintaxe Espacial foram utilizadas para o cálculo do ordenamento e das interações da rede viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Estes arquivos foram convertidos e para o software ArcGis 10.5 e após a determinação de cada classe foi realizado a conversão das informações em formato *raster* por meio da ferramenta “*Polygon To Raster*” (WEIS et al., 2013).

Para analisar o número de conexões da rede viária nos períodos analisados, foi utilizada a ferramenta “*Groups*” e “*Region Group*” que identificou as conexões existentes, sendo considerada toda malha viária em conjunto, por meio da análise de “*pixel*” das imagens geradas pela ferramenta “*Overlay*”, permitindo a quantificação e ordenação da conectividade viária na bacia hidrográfica (CASERI, 2009; WEIS et al., 2013). Esta classificação foi realizada por meio das funções “*Eight*” que define a conectividade entre células do mesmo valor se estiverem dentro da vizinhança imediata um do outro (incluindo à direita, esquerda, acima ou diagonal) e “*Within*” que testa a conectividade

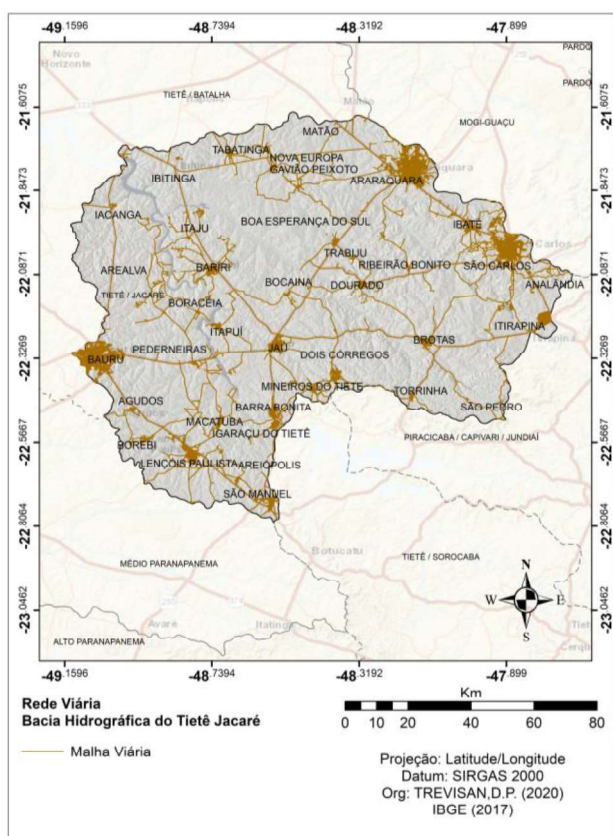


entre valores de entrada iguais na mesma zona, onde as únicas células que podem ser agrupadas são células do mesmo valor que atendem aos requisitos espaciais de conectividade especificados).

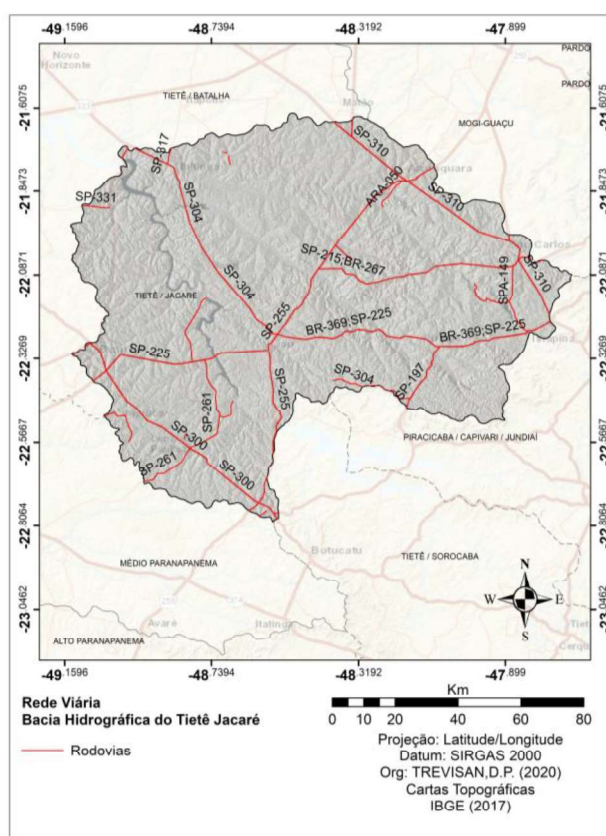
## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 2.3.1 Malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

A malha viária presente na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré apresenta uma extensão de 13.082,88Km (**Figura 2.3** e **Figura 2.4**) e conta com trinta-e-três rodovias, sendo seis principais em comprimento: Rodovia Washington Luís (SP-310), Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros (SP-255), Rodovia Engenheiro Paulo Nilo Romano (BR-369; SP-225), Rodovia Marechal Rondon (SP-300), Rodovia Deputado Leônidas Pacheco Ferreira (SP-304) e a Rodovia Luís Augusto de Oliveira (SP-215).



**Figura 2.3:** Malha Viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.



**Figura 2.4:** Rodovias principais da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

Conforme Castro (2008), esta extensão viária expandiu-se principalmente entre 1870 e 1930, onde ocorreu o processo de ocupação territorial na região, por meio do qual estruturou-se a rede urbana, além de consolidar a infraestrutura de transporte com rodovias, ferrovias e hidrovias. A Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (**Tabela 2.1**), apresenta como principal via de acesso, a partir

da capital do estado de São Paulo, a Rodovia Washington Luiz (SP-310), que tem início no quilometro (Km) 145 da Rodovia Anhanguera (SP-330) e tem seu trajeto da direção Noroeste para Norte, passando pelos municípios de Araraquara, São Carlos e Ibaté (ALBERTO, 2003; DER, 2019).

Na direção Leste-Oeste, destaca-se a SP-331 (Rodovia Hilário Spuri Jorge) que vai até o extremo Noroeste da bacia hidrográfica, passando pelo município de Ibitinga. Outro acesso importante é a Rodovia Marechal Rondon (SP-300), que percorre a área da bacia pelo seu extremo Sul no município de São Manuel, dirigindo-se para Noroeste e cruzando o município de Bauru (ALBERTO, 2003; DER, 2019).

**Tabela 2.1.** Distribuição das rodovias da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

Nome	Referência	km
Rodovia Antônio Machado Sant'Anna	SP-255	15,49
Rodovia Brigadeiro Faria Lima	SP-326	11,76
Rodovia Carlos Aravechia	-	1,16
Rodovia César Augusto Sgavioli	-	22,26
Rodovia Cezário José de Castilho	SP-321	3,78
Rodovia Chico Landi	SP-251	2,80
Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros	SP-255	174,61
Rodovia da Amizade	BR-002	16,01
Rodovia de Acesso SP-331	-	2,86
Rodovia Deputado Amauri Barroso de Sousa	SP-304	19,85
Rodovia Deputado João Lázaro de Almeida Prado	SP-255	39,32
Rodovia Deputado Leônidas Pacheco Ferreira	SP-304	76,49
Rodovia Domingos Innocentini	SPA-149/215	28,64
Rodovia Doutor Antônio Piva	SP-197	22,45
Rodovia Doutor Maurício Antunes Ferraz	SP-317	5,11
Rodovia Doutor Paulo Lauro	SP-215; BR-267	5,17
Rodovia Engenheiro João Baptista Cabral Rennó	SP-225	4,43
Rodovia Engenheiro Paulo Nilo Romano	BR-369; SP-225	171,66
Rodovia Engenheiro Thales de Lorena Peixoto Juni	SP-318	2,21
Rodovia Geraldo de Barros	SP-191	1,43
Rodovia Hilário Spuri Jorge	SP-331	8,28

Rodovia João Schmidt	-	6,57
Rodovia João Mellão	SP-255	3,77
Rodovia Lauro Peragolli	MTB-020	8,30
Rodovia Luís Augusto de Oliveira	SP-215; BR-267	64,85
Rodovia Macatuba / Usina São José	LEP-060	1,82
Rodovia Marechal Rondon	SP-300	159,90
Rodovia Municipal Ayrton Senna	SPA-097/225	11,39
Rodovia Municipal Domintini	SPA-149/215	0,08
Rodovia Osni Mateus	SP-261	52,25
Rodovia Otavio Pacheco de Almeida Prado	-	6,61
Rodovia Vicinal Abílio Augusto Corrêa	ARA-050	10,89
Rodovia Washington Luís	SP-310	184,45

Destaca-se também a SP-225 (Rodovia Antônio Machado Sant'Anna), que cruza toda a extensão da bacia hidrográfica no sentido Oeste-Leste, passando pelos municípios de Bauru, Pederneiras, Jaú, Brotas e Itirapina. A rodovia SP-215 cruza a região de Nordeste a Sul, passando pelos municípios de Araraquara, Boa Esperança do Sul, Jaú, Barra Bonita, Igarapu do Tietê e São Manuel. A SP-304 (Rodovia Deputado Leônidas Pacheco Ferreira) percorre a bacia de Noroeste a Sul, passando pelos municípios de Ibitinga, Bariri, Jaú, Dois Córregos e Torrinha (ALBERTO, 2003; DER, 2019).

### 2.3.2 Conectividade viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

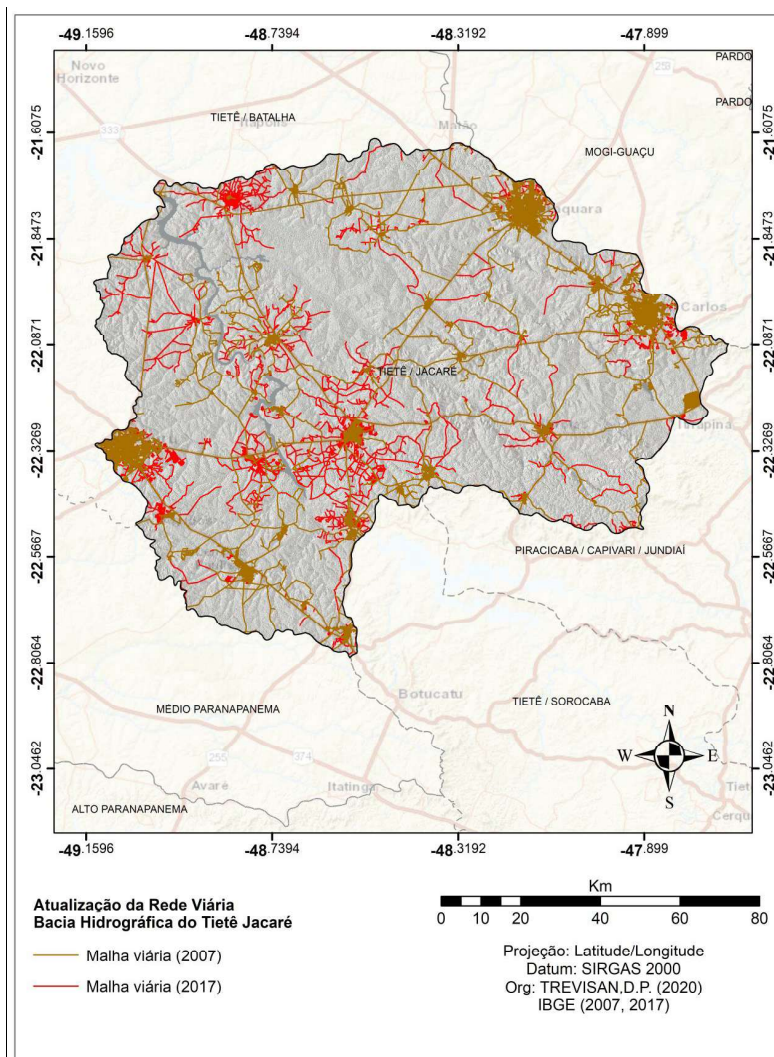
Por meio da atualização da malha viária pelas imagens de satélites, observou-se crescimento de 9.450,43km de 2007 para 13.082,88Km em 2017, totalizando um acréscimo de 38,43% ou 3.632,45km (**Tabela 2.2** e **Figura 2.5**). Este crescimento correlaciona-se principalmente com a expansão das áreas urbanas dos municípios (dados obtidos por meio da análise do uso e cobertura da terra, no intervalo de 2007 a 2017, apontam crescimento de 7.832,67ha), sendo que as rodoviárias e estradas já estavam consolidadas desde 1971, conforme observado nas cartas planialtimétricas do IBGE.

**Tabela 2.2:** Crescimento da malha viária na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Sub-bacia	Área (ha)	%	Malha viária (2007)	Malha viária (2017)	Aumento	%
Rio Bauru	83.195,00	7,04	1.708,85	2.379,00	670	39,20

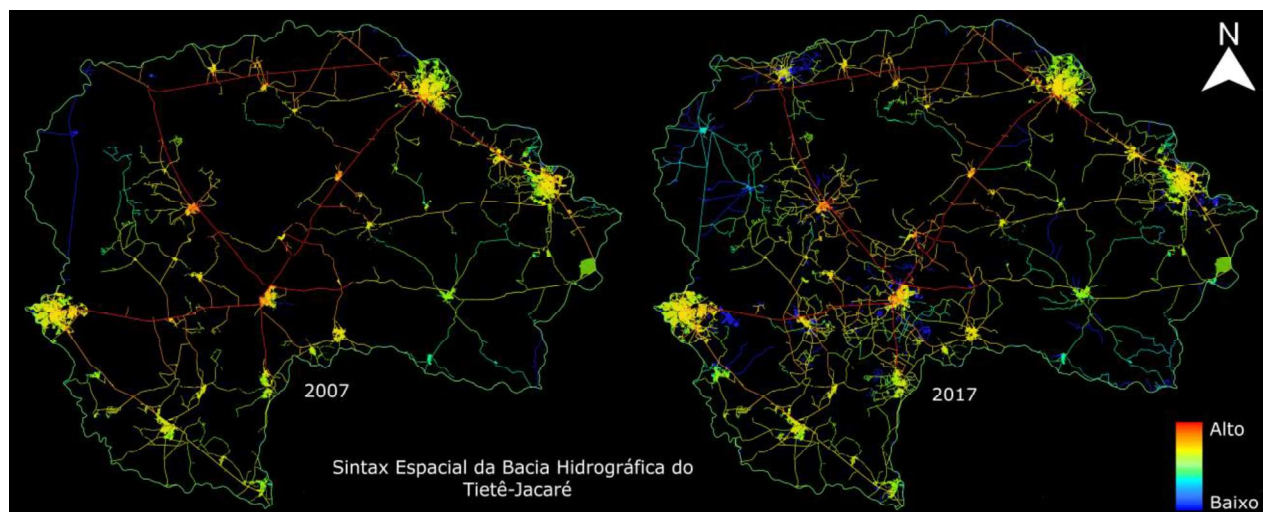
Rio Claro	116.893,00	9,90	263,37	584,36	321	121,88
Rio Jacaré- Guaçu	418.920,00	35,46	4.112,03	4.993,00	881	21,42
Rio Jacaré- Pepira	266.157,00	22,53	776,65	1.149,83	373	48,05
Rio Jaú	153.582,00	13,00	1.296,74	2.420,91	1.120	86,69
Rio Lençóis	142.343,00	12,06	1.292,79	1.555,78	267,45	20,36
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,00</b>	<b>9.450,43</b>	<b>13.082,88</b>	<b>3.632,45</b>	<b>38,43</b>

O crescimento da malha viária é observado em todos os municípios, porém correlaciona-se principalmente aos municípios maiores, como Jaú e Bauru, sendo que na região da sub-bacia do Rio Jaú houve um crescimento de 86,69% e na sub-bacia do Rio Claro, o crescimento foi de 121,88%.



**Figura 2.5:** Atualização da malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

A estruturação deste crescimento foi observada pelo Índice de Sintaxe Espacial (**Figura 2.6**), a qual demonstrou que a configuração da malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, entre 2007 e 2017, sofreu poucas alterações estruturais na conexão entre os municípios, sendo o crescimento da malha viária principalmente relacionado a expansão urbana dentro de cada município.



**Figura 2.6:** Sintaxe Espacial da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Em 2007, cerca de 2,75% da malha viária (260km) possuía baixa ou nenhuma conectividade e em 2017 esse número aumentou para 5,02% (654km) e as áreas com altas conexões passaram de 6.953km para 9.213km. Tanto em 2007 como 2017, as principais rodovias que fazem a conexão entre os municípios da região são: SP – 310 (Washington Luiz), SP – 304 (Rodovia Luiz de Queiroz), SP – 255 (Rodovia Antônio Machado Sant'Anna), SP – 300 (Rodovia Marechal Rondon) e SP – 2015 (Rodovia Municipal Domintini), as quais fazem as conexões em direção aos principais municípios da região e suas sub-regiões, sendo Bauru, São Carlos, Araraquara, Jaú e Lençóis Paulistas.

As regiões que apresentaram maior isolamento das demais são: Arealva e Iacanga no extremo da sub-bacia do Rio Claro (sua conexão é baixa devido a presença da represa de Ibitinga) e em Torrinha e Águas de São Pedro (baixa conexão devido as características ambientais da região, como serras e declives), no extremo da sub-Bacia do Rio Jacaré-Guaçu.

O crescimento da malha viária contribuiu para o aumento do número de interações da rede viária da bacia hidrográfica, a qual apresentou um crescimento médio de 45% (**Tabela 2.3**). Em 2007, o número total de conexões era de 67.125, subindo para 81.895 em 2017, totalizando um aumento de 14.770 interações ou 22%. A região apresenta seis ordens de arruamentos, tendo os



arruamentos secundários como predominantes, contanto com 58.439 ou 87,06% em 2007 e 69.864 ou 85.31% em 2017 (**Apêndice 7.2**).

Este crescimento foi similar em todas as regiões da bacia hidrográfica (**Figura 2.7**), sendo que as regiões da sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu, onde localizam-se os municípios de São Carlos, Araraquara, Ibaté, Matão entre outros, apresentou o maior número de interações, totalizando 40% de toda a malha viária da região. A sub-bacia do Rio Claro é a região que obteve o maior crescimento no período estudado, com crescimento de 150%, entretanto isto está associado ao fato que a região tem, desde 2007, possuía a menor disponibilidade viária entre as sub-bacias.

**Tabela 2.3.** Distribuição do número de interações na malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

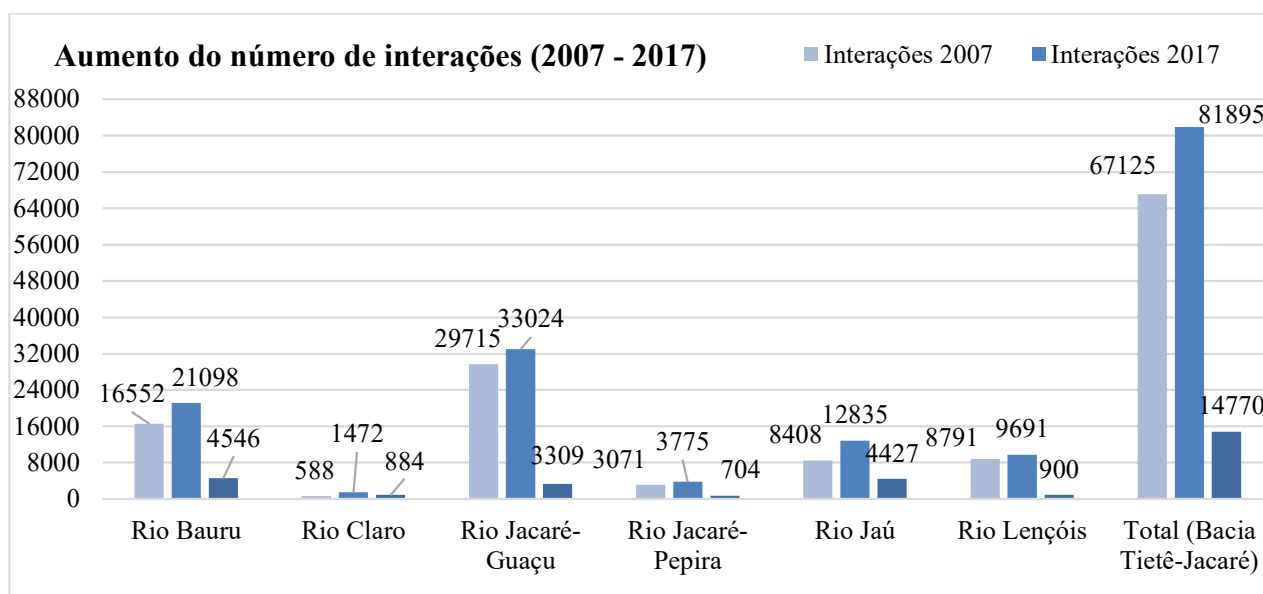
<b>Sub-bacia</b>	<b>Interações 2007</b>	<b>% na bacia</b>	<b>Interações 2017</b>	<b>% na bacia</b>	<b>Aumento %</b>
Rio Bauru	16.552	24,66	21.098	25,76	27,46
Rio Claro	588	0,88	1.472	1,80	150,34
Rio Jacaré-Guaçu	29.715	44,27	33.024	40,32	11,14
Rio Jacaré-Pepira	3.071	4,58	3.775	4,61	22,92
Rio Jaú	8.408	12,53	12.835	15,67	52,65
Rio Lençóis	8.791	13,10	9.691	11,83	10,24
<b>Total</b>	<b>67.125</b>	<b>100,00</b>	<b>81.895</b>	<b>100,00</b>	<b>22,00</b>

Tal crescimento também foi observado no trabalhado desenvolvido por Leite et al., (2012), que objetivaram realizar a avaliação temporal do crescimento urbano, por classificação supervisionada de imagens do satélite LandSat 5 entre 1975 e 2010 na região da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde, localizada na Região Metropolitana de São Paulo – SP. Os autores encontraram áreas em que, em cada momento avaliado, tiveram fragmentos de vegetação de porte floresta suprimidos e trouxeram uma interpretação do crescimento urbano que se caracterizou por assumir uma forma radial, seguindo os eixos das principais rodovias, que ampliaram as possibilidades de conexões e de propagação de seus impactos até áreas mais periféricas da região estudada.

Este desenvolvimento corrobora com as informações disponibilizadas pelo Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo (DER, 2019) que demonstra que malha viária total do estado de São Paulo em 1988 era de 24.548 km, passando para uma projeção de 42.000km em 2019, sendo o maior sistema estadual de transporte rodoviário do Brasil. Tendo como centro a

cidade de São Paulo, as principais rodovias que interligam as regiões circunvizinhas foram construídas nos anos 50 e 60 e duplicadas a partir da década de 70.

Como por exemplo: A Rodovia Anhanguera (SP-330) que atravessa a Região de Campinas; Dutra (BR-116) que passa pelo Vale do Paraíba em direção ao Rio de Janeiro; a Rodovia Raposo Tavares (SP-270) no sentido oeste, cruzando a região de Sorocaba; e a Rodovia Anchieta (SP-150) que liga a capital ao porto de Santos (SEADE, 2019). Nos anos 70 e 80, outras rodovias de grande porte foram construídas paralelamente àquelas já existentes, como o sistema viário Ayrton Senna/Carvalho Pinto (SP-070), paralelo à Via Dutra, da Imigrantes (SP-160), junto à Anchieta, e da Rodovia dos Bandeirantes (SP-348), que segue ao lado da Rodovia Anhanguera (SEADE, 2019).



**Figura 2.7:** Número de interações da malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Embora este estudo não tenha o objetivo de avaliar o impacto ambiental da expansão da malha viária ao longo do período analisado, é importante ressaltar que tal desenvolvimento precisa de um processo de planejamento, pois diversos são os impactos causados com a expansão urbana sob os diferentes ecossistemas, tais como: supressão de vegetação e de ambientes terrestres e transitórios, barreiras de deslocamento de animais e afugentamento da fauna, proliferação de vetores e reservatórios de doenças e acúmulo de resíduos, alteração da superfície geomorfológica, erosão, assoreamento e inundação, alteração dos parâmetros físicos e químicos do solo, alteração na qualidade das águas superficiais e subterrâneas, etc.

O trabalho desenvolvido por Felipe Junior; Pinheiro (2019), discute sobre a importância e os impactos das expansões urbanas e viárias, fazendo uma análise do transporte rodoviário no estado de Sergipe e considerando os reflexos econômicos, o planejamento estatal, as inversões públicas e privadas e os pontos de congestionamento existentes. Segundo os autores, os investimentos nas infraestruturas de transportes foram e continuam sendo essenciais para o desenvolvimento e crescimento econômico, no ordenamento territorial, com impactos na circulação, nas interações espaciais, na atividade produtiva, no setor terciário, entre outros.

## **2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A bacia hidrográfica apresentou crescimento da rede viária em todas as regiões, que conseqüentemente culminaram com mudanças nos padrões de integração entre as vias, aumentando em quase um terço o número de conexões entre a rede viária. Estes fatores devem ser considerados no planejamento da bacia hidrográfica, principalmente relacionado ao futuro e qualidade dos recursos urbanos e ordenamento territorial tanto municipais, quanto regionais, pois através das informações coletadas é possível que cada região observe sua integração no intuito de potencializar sua conectividade, diminuindo a necessidade de abertura de novos espaços verdes voltados ao crescimento urbano.

O debate sobre o ordenamento territorial urbano, extensão da malha viária e seu impacto para a sociedade gera grande repercussão, atingindo diversos setores de gerenciamento, como o transporte, a segurança, a saúde e conservação dos ecossistemas. As ações de planejamento são fundamentais não apenas no âmbito da bacia hidrográfica mas de todas as regiões brasileiras, em busca de um conjunto de estudos estratégicos sobre os diversos temas relacionados ao ordenamento territorial e crescimento urbano, tais como: crescimento urbano e energia, ordenamento territorial e economia, transporte e qualidade de vida, poluição urbana e mudanças globais, com a finalidade de promover visões e cenários de longo prazo que estimulem políticas públicas consolidadas (TUNDISI, 2008; PELLEZZI et al., 2018).

A atualização das informações da extensão da malha viária complementada com a aplicação dos índices de Integração e Sintaxe Espacial, ao expressarem o estado de configuração das paisagens, apresentaram-se como ferramentas importantes no diagnóstico do ordenamento territorial, essenciais para o desenvolvimento de ações de conservação dos ecossistemas tanto urbanos com ambientais, possibilitando uma análise precisa dos elementos que as compõe. Tais índices permitiram a comparação temporal da região estudada, possibilitando uma projeção sobre os impactos gerados, o que é primordial no planejamento regional, como o caso de bacia



hidrográficas. Entretanto, atenta-se que as análises estruturais devem ser sempre contextualizadas e suas discussões embasadas de acordo com a escala de análise utilizada, pois esta pode implicar nas mudanças de observação dos estudos.

## 2.5 REFERÊNCIAS

ALBERTO, A. S. **Mapeamento das atividades produtivas, infraestrutura e indicadores ambientais da Unidade de Recursos Hídricos do Rio Tietê/Jacaré-Pepira-Jacaré-Guaçu**. 2003. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Metodista de Piracicaba, 2003.

ARARAQUARA. **Município de Araraquara (SP)**. 2019. Disponível em <<https://www.araraquara.sp.gov.br/pagina/Default.aspx?IDPagina=2997>> Acesso em 21 de junho de 2019.

BARROS, A. P. B. G. **Estudo exploratório da Sintaxe Espacial como ferramenta de alocação de tráfego**. 2006. 171f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

BASER, B.; KUBAT, A. S. A new landscape design strategy for creating continuous, perceptible and productive urban green: a case study of Kadiköy–Istanbul. **Annals**. Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium. v.1, n.1, p.1-8, Istanbul, 2007.

CARMO, C. L.; RAIA JR. A. A.; NOGUEIRA, A. D. A teoria da Sintaxe Espacial e suas aplicações na área de circulação e transportes. **Libero Americana de Estudo**, p.1-12, 2012.

CARVALHO, A.; SABOYA, R. A localização residencial em uma cidade vertical: um estudo sintático em Florianópolis. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.1, p.1-16, 2017.

CASERI, A. N.; FERRAZ, S. F. B.; DE PAULA, F. R. Avaliação da conectividade hidrológica da bacia do rio Corumbataí, SP. **Anais**. II Seminário de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: recuperação de área degradadas, serviços ambientais e sustentabilidade, Taubaté, p.223-232, 2009.

CASTRO, V. R. Efeitos de borda sobre solo em fragmentos de cerradão na região nordeste do estado de São Paulo, derivados do manejo agrícola. **Anais**. IX Simpósio Nacional do Cerrado, Brasília, p.1-7, 2008.

CBH-SM. Comitê das Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira. **Unidade de Gerenciamento**

de **Recursos Hídricos**. 2015. Disponível em <<https://www.comitesm.sp.gov.br/institucional.php?k=ugrhi>> Acesso em 08 de junho de 2019.

CBH-TJ. Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, São Paulo: **Fundação Estadual de Recursos Hídricos**. Relatório Final, CD-ROM, 2000.

DER. Departamento de Estradas de Rodagem. **Estradas do estado de São Paulo**. 2019. Disponível em <<http://www.der.sp.gov.br/Website/Acessos/MalhaRodoviaria/MalhaGeral.aspx>> Acesso em 25 de agosto de 2019.

FERGUSON, P. The streets of innovation: an exploratory analysis of knowledge transfer in the public realm. **Annals**. Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium. v.1, n.1, p.1-16, Istanbul, 2007.

FELIPE JUNIOR, N. F.; PINHEIRO, F. S. Infraestruturas de transportes e desenvolvimento econômico: uma análise do modal rodoviário no estado de Sergipe. **Revista Confins**, v.40, n.40, p.1- 10, 2019.

HILLIER, B.; HANSON, J. The social logic of space. Cambridge: **Cambridge University Press**, 1984, 281p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas planialtimétricas**, 1971. Disponível em <[ftp://geofpt.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/folhas\\_topograficas/editoradas/escala\\_50mil/](ftp://geofpt.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/folhas_topograficas/editoradas/escala_50mil/)> Acesso em 27 de março de 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2018: Synthesis report. **IPCC**, 2018, 200p.

LEITE, J. R.; PELLEGRINO, P. R. M.; MODESTO, A. A. L. Avaliação temporal do crescimento da mancha urbana no setor oeste da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde (RBCV). **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.7, n.4, p.37-52, 2012.

KIM, Y. O.; SHIN, H. W. KONG, E. M. Establishing a method to construct pedestrian network in downtown area. **Annals**. Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium. Istanbul, v.1, n.1, p.1-6, Istanbul, 2007.

KUBAT, A. S.; KAYA, H. S.; SARI, F.; GÜLER, G.; ÖZER, Ö. The effects of proposed bridges on urban macroform of Istanbul: a syntactic evaluation. **Annals. Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. v.1, n.1, p.1-12, Istanbul, 2007.

LIANG, H.; CHEN, DI. ZHANG, Q. Assessing urban green space distribution in a compact megacity by landscape metrics. **Journal of Environmental Engineering and Landscape Management**, v.25, p.64-74, 2017.

LUPINETTI, A.; CIRINO, D. W.; TAMBOSI, L. R.; FREITAS, S. R. O efeito das estradas sobre a dinâmica da cobertura florestal de fragmentos de Mata Atlântica. **Anais. 5<sup>o</sup> Workshop de Evolução e Diversidade**, p. 1 – 5, 2018.

MALCOLM, J. R.; LEHMAN, S. M. Edge effects in tropical dry forests of Madagascar: additivity or synergy? **Landscape Ecology**, v.32, n.2, p.327-341, 2017.

MEDEIROS, V. A. S. **Urbis Brasília e ou sobre cidades do Brasil: inserindo assentamentos urbanos do país em investigações configuracionais comparativas**. 2006. 520f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC. **World Resources Institute**, 2005, 155p.

OECD. Core set of indicators for environmental performance reviews. **OECD**, Paris, 2017, 553p.

PELLENZ, M.; CAVALHEIRO, L. P. R.; AQUINO, S. R. F. Análise da legislação brasileira sobre a água: a necessidade de um redimensionamento diante de sua imprescindibilidade para a manutenção da vida. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, p.61 – 82, 2018.

SANTOS, M. **Metamorfose do espaço habitado: Fundamento teórico e metodológico da geografia**. 1<sup>a</sup> ed. São Paulo, SP. **EDUSP**, 2008, 28p.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº7.663, de 30/12/1991. **Normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 1991. Disponível em < <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>> Acesso em 26 de fevereiro de 2019.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº9.034, de 27/12/1994. **Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995**. 1994. Disponível em

<<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1994/lei-9034-27.12.1994.html>> Acesso em 26 de fevereiro de 2019.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº16.337, de 14/12/2016. **Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas.** 2016. Disponível em <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2016/lei-16337-14.12.2016.html>> Acesso em 26 de dezembro de 2020.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de dados. **Infraestrutura e logística.** 2019. Disponível em: <[http://produtos.seade.gov.br/produtos/atlasecon/intro/cap4\\_intro.pdf](http://produtos.seade.gov.br/produtos/atlasecon/intro/cap4_intro.pdf)>. Acesso em: 31 de maio de 2019.

SMA. Secretaria de Meio Ambiente. **Macrozoneamento das Bacias dos Rio Mogi-Guaçu, Pardo e Médio-Grande.** Governo do estado de São Paulo, 1995, s.p.

SPOSITO, M. E. B. Capitalismo e urbanização. Repensando a geografia. **Editora Contexto.** 2005, 97p.

THORNHILL, I.; BATTY, L.; HEWITT, M.; FRIBERG, N. R.; LEDGER, M. E. The application of graph theory and percolation analysis for assessing change in the spatial configuration of pond networks. **Urban Ecosystems**, v.21, p.213 – 225, 2018.

TREVISAN, D. P.; DIAS, L.; MOSCHINI, L. E. Atlas histórico e geográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê-Jacaré. 1ª ed. **Amazon**, 2019, 50p.

TREVISAN, D. P.; MELLO, B. M. ; MELLO, R. M. ; MOSCHINI, L. E. . Análise das mudanças do uso e cobertura da terra entre 1988 e 2017 no município de Ibaté-SP. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA**, v. 11, p. 2216-2228, 2018.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D.C.; LUZIA, A. P.; VON HAELING, P. H.; FROLLINI, E. H. A Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.159-172, 2008.

USGS. Scientific agency for natural sciences, 2017. **Imagens LandSat 5 de abril de 2007 e LandSat 8 de março de 2017.** Disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em 27 de março de 2019.

UCL. London's Global University. **DepthMapX 0.5 software:** Space Syntax Platform. Disponível em <<http://otp.spacesyntax.net/software-and-manuals/>> Acesso em 13 de novembro de 2019.

WANG, S.; YU, D.; MA, X.; XING, X. Analyzing urban traffic demand distribution and the correlation between traffic flow and the built environment based on detector data and POIs. **European Transport Research Review**, v.10, n.50, p.2 – 17.

WEIS, C. V. C.; HASENACK, H.; BECKER, F. G.; LIMA, L. T.; TERCEIRO, A. M. Ferramentas de geoprocessamento aplicadas na análise temporal das conectividades entre lagoas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. INPE, p.5523 – 5528, 2013.

**Análise da conectividade hidrológica: estudo de caso na  
Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré – SP, Brasil**

*Analysis of hydrological connectivity: A case study in the Tietê-Jacaré Hydrographic Basin –  
SP, Brazil*



APA IBITINGA (SP) Fonte: APA IBITINGA (2020)

## RESUMO

O estudo da conectividade é essencial para o entendimento dos vários processos ecológicos, porém esta é pouco estudada em ambientes aquáticos sendo que a conectividade hidrológica é entendida como a transferência de água, energia e organismos de uma parte da paisagem para outra. Este trabalho, tem o objetivo de analisar as conectividades hidrológicas presentes no território da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - SP, por meio da aplicação dos índices de Integração e Conectividade Hidrológica, com o intuito de avaliar o processo dinâmico e temporal destas estruturas nos anos de 2007 e 2017. Foram utilizadas técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com a aplicação da teoria de integração para investigar quais rios, áreas alagadas, lagoas, represas estão conectadas. De 2007 a 2017, foi observada uma redução de 8.818,09 para 8.686,42km, totalizando 208,35km (2,34%) da rede de drenagem. Também houve uma perda de 163,77km de nascentes e decréscimo do número de interações entre a rede hidrológica de 7.214 para 5.303. A atualização das informações da extensão dos recursos hídricos complementada com a aplicação dos índices de integração e conectividade, ao expressarem o estado de configuração das paisagens, apresentaram-se como ferramentas importantes no diagnóstico voltado a conservação dos ecossistemas, possibilitando uma análise precisa dos elementos que as compõe. A bacia hidrográfica apresentou redução da rede de drenagem em todas as regiões, que consequentemente culminaram em mudanças nos padrões de conectividade hidrológica, diminuindo quase pela metade o número de conexões. Estes fatores devem ser analisados detalhadamente no que tange o planejamento da bacia hidrográfica, principalmente relacionado ao futuro da quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** Análise da paisagem; Dinâmica da paisagem; Rede Hidrológica; Rede de drenagem.

## ABSTRACT

The study of the connectivity is essential for the understanding of various ecological processes, but it is poorly studied in aquatic environments, where the hydrological connectivity is understood as the transfer of water, energy, and organisms from one part of the landscape to another. This work aims to analyze the hydrological connectivity present in the territory of the Tietê-Jacaré Hydrographic Basin - SP, through the application of the Integration and Hydrological Connectivity Indices, to evaluate the dynamic and temporal process of these structures in 2007 and 2017. Geographic Information Systems (GIS) techniques were applied with the application of integration theory to investigate which rivers, wetlands, lakes, dams are connected. From 2007 to 2017, a reduction of 8,686.42 to 8,686.42km was observed, totaling 208.35km of the drainage network. There was also a loss of 163.77km of springs (24.10%) and a reduction in the number of interactions between the hydrological network from 7,214 to 5,303. The updating of the information on the water resources extension complemented by the application of the indices, by expressing the state of landscape configuration, were important tools in the diagnosis of ecosystem conservation, enabling accurate analysis of the elements that compose them. The hydrographic basin showed a reduction in the drainage network in all regions, which consequently resulted in changes in the patterns of hydrological connectivity, reducing the number of connections by almost half. These factors must be analyzed in detail concerning the planning of the hydrographic basin, mainly related to the future of the quantity and quality of water resources.

**Keywords:** Landscape analysis; Landscape dynamics; Hydrological network; Drainage network.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas naturais são estruturados por meio das interrelações entre os seres vivos e o ambiente natural, tendo as atividades antrópicas como principal responsável por suas alterações (CHAPIN III et al., 2002; POSSAMAI; GONÇALVES, 2018). Nos ambientes aquáticos, principalmente nos continentais, eventos como a transferência de matéria e nutrientes, o deslocamento de organismos entre os compartimentos e as características físicas e químicas de um habitat dependem dos padrões de conectividade hidrológica em suas diversas escalas temporais e espaciais (SOARES et al., 2010; GOOSEFF et al., 2017).

As planícies de inundação são áreas inundadas durante o período de cheias, possuindo complexa estrutura devido aos diferentes estágios de sucessão entre os corpos hídricos, as áreas alagadas e as áreas terrestres, refletindo em um mosaico decorrente das modificações sazonais às quais o sistema é submetido periodicamente. Tais áreas, estão associadas ao regime hidrológico, podendo provocar a conexão ou fragmentação das paisagens aquáticas (WARD et al., 2002; BELZEN et al., 2017).

Neste sentido, a estabilidade e conseqüentemente a resiliência dos ecossistemas aquáticos é importante pois as inundações podem causar impactos negativos, principalmente em pequenas bacias com estrutura espacial inadequada devido ao uso e cobertura da terra. Desta forma, os usos da terra nas diferentes estruturas da paisagem podem impactar as funções ecológicas dos ecossistemas, sendo necessário um conhecimento detalhado da estrutura e do funcionamento dos mesmos (IZAKOVIČOVÁ, 2010; HUANG et al., 2017).

Em uma escala global, os efeitos das mudanças climáticas interferem no regime hidrológico, devido a períodos de seca prolongada e ao aumento da probabilidade de eventos como chuvas torrenciais que podem ser detectadas por técnicas de sensoriamento remoto (SAKAMOTO et al., 2007; SHENWEN et al., 2017). Diante disso, a análise dos processos hidrológicos favorece as discussões sobre a importância dos ecossistemas aquáticos junto à proteção da paisagem na escala local e regional em bacias hidrográficas. Estas relações entre os elementos de um ecossistema, como os fluxos de energia, materiais e nutrientes são afetadas por diversos fatores, dentre eles, a conectividade ou a fragmentação existente dentro de um ecossistema ou entre ecossistemas distintos (CROOKS, 2006; POULSEN et al., 2015).

A conectividade hidrológica é essencial para o entendimento dos vários processos ecológicos, sendo compreendida como a transferência de água, matéria, energia e organismos de uma parte da paisagem para outra (WAINWRIGHT, 2009; SOARES et al., 2010; GOOSEFF et al.,



2017). Esta é um dos principais fatores dentro de uma rede de drenagem devido ao fluxo unidirecional da água no interior da rede e este fluxo, exerce influência nas características físicas e nos processos ecológicos dos ecossistemas lóticos e lênticos, sendo fundamental para a manutenção da sua estrutura e do seu funcionamento (PRINGE, 2006; LEXARTZA-ARTZA; WAINWRIGHT, 2009).

Na maioria dos casos, a construção de reservatórios interrompe o fluxo natural do rio, alterando o ritmo e a quantidade dos fluxos de água, modificando a temperatura, o transporte de água e a distribuição de sedimento e matéria orgânica entre as paisagens (PRINGLE, 2003; GOOSEFF et al., 2017). Na Austrália, estudos mostraram que o aumento de 1m<sup>3</sup> na capacidade de armazenamento de um reservatório resultou em redução de 1 a 2,4m<sup>3</sup> no fluxo anual do rio (SINCLAIR, 2000; NEAL et al., 2001; SAYLES et al., 2017).

Embora a existência de reservatórios de pequeno e médio porte espalhados por grandes extensões promovam a distribuição da água e economia de energia. O estudo desenvolvido por Malveira et al., (2012) destaca que as construções sem levar em conta a dinâmica das paisagens vêm causando interferência na dinâmica do fluxo de água, aumentando o risco de rompimento das barragens e provocando a quebra da conectividade hidrológica.

Em outras partes do mundo, também se tem estudado as redes de reservatórios as conectividades hidrológicas, como na Austrália (NATHAN et al., 2005), na Romênia (RĂDOANE; RĂDOANE, 2005), na Espanha (MAMEDE, 2008), na China (LI; WEI, 2008), na África do Sul (BOARDMAN; FOSTER, 2011) e nos Estados Unidos (HUDSON et al., 2012; HUANG et al., 2017). A análise das redes hidrográficas e da conectividade das redes de drenagem subsidiam os estudos relacionados ao planejamento das regiões e em muitos casos da reconstrução e recuperação de regiões afetadas em desastres naturais ou antrópicos, como altos regimes de chuvas ou rompimento de barragens (NASCIMENTO, 2016).

A restauração das regiões afetadas pelas atividades humanas requer o desenvolvimento e integração de ações que envolvem a bacia hidrográfica e todos os seus componentes (CASERI, 2009; NASCIMENTO, 2016). As aplicações de sensoriamento remoto e dos Sistemas de Informação Geográfica vêm contribuindo nestas análises, tanto pela sua facilidade em interagir com o ambiente, como pela sua importância estratégica (MARTINI et al., 2006; SAYLES et al., 2017). LIU (2006) afirma que dentre as principais aplicações das imagens de satélite LandSat, está o monitoramento de secas e inundações de corpos de água.

Diante dessas considerações, este trabalho o objetivo de analisar as conectividades hidrológicas presentes no território da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - SP, por meio da aplicação dos índices de Integração e Conectividade Hidrológica, com o intuito de compreender o processo dinâmico e temporal destas estruturas nos anos de 2007 e 2017.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

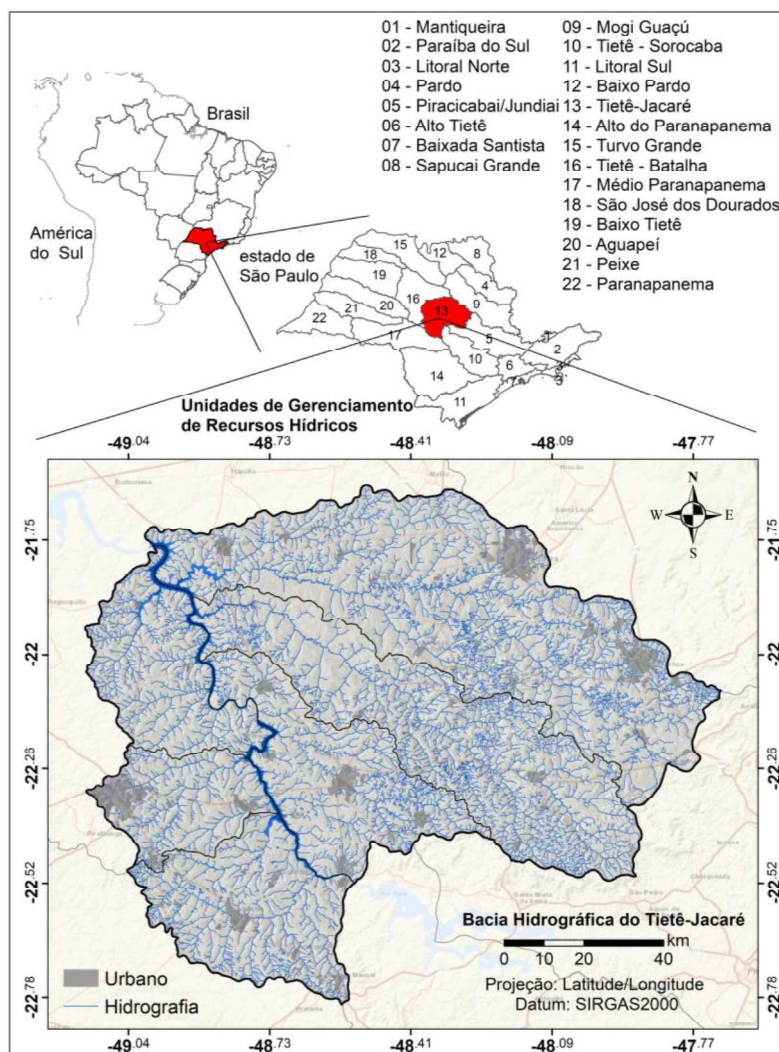
### 3.2.1 Área de estudo

As Leis Estaduais n.7.663 de 30/12/91, n.9.034 de 27/12/1994 e nº 16.337 de 14/12/2016 (SÃO PAULO, 1991, 1994 e 2016) instituem o gerenciamento de recursos hídricos no estado de São Paulo, que é realizado por meio de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs). O estado possui vinte-e-duas UGRHs, delimitadas a partir do conceito de bacia hidrográfica, segundo o qual, cada unidade engloba os recursos hídricos que convergem para um corpo d'água principal, necessitando de articulação entre pesquisa, gerenciamento e aplicação de inovações (CBH-SM, 2015).

A **Figura 3.1** destaca a unidade de gestão número 13, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, com área total de 11.810,9km<sup>2</sup>, englobando 37 municípios e 1.718.433 habitantes. A bacia hidrográfica está localizada no centro do estado de São Paulo, entre as coordenadas 21°37' e 22°51' de latitude sul e 49°32' e 47°30' de longitude oeste. Com rede de drenagem de 8.686,42Km, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré engloba três rios principais: O Rio Tietê, o Rio Jacaré-Guaçu e o Rio Jacaré Pepira e os reservatórios de Bariri, Ibitinga e Carlos Botelho (Lobo/Broa) (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019).

O clima, pela classificação de Köppen-Geiger, situa-se entre clima tropical úmido (de outubro a março) e inverno seco (de abril a setembro). O relevo é variável, com o ponto máximo de altitude a 1060m na região de São Carlos. A unidade Tietê-Jacaré está na Depressão Periférica do estado de São Paulo onde se encontram os aquíferos Bauru, Serra Geral e Botucatu. Em sua maioria, a bacia é formada por solos de areias quartzosas profundas a moderadas e em menores quantidades ocorre a presença de Latossolo Roxo Eutrófico (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019).

As principais atividades econômicas estão ligadas principalmente à agroindústria como produção de açúcar, álcool e processamento de cítricos. Nos maiores municípios como Bauru, São Carlos, Araraquara e Jaú, outros setores industriais como papel, bebidas, calçados e metal mecânica também se destacam (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019).



**Figura 3.1:** Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

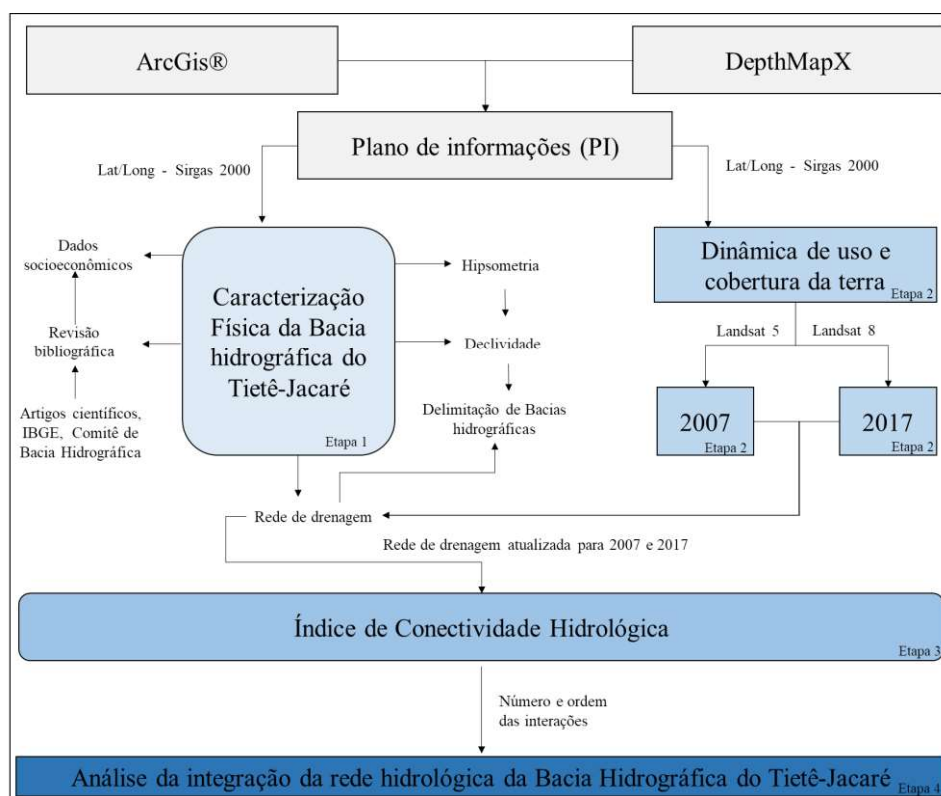
Por apresentar características de desenvolvimento consolidadas, que integram municípios com elevado grau de urbanização e potenciais industriais e agrícolas, que necessitam de uma rede viária integrada e conseqüentemente de uma rede hidrológica que comporte todo esse desenvolvimento, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré torna-se uma área potencial para análise das relações de conectividade entre os compartimentos da paisagem e suas inter-relações com o desenvolvimento antrópico e as áreas naturais, avaliando como estes influenciam na conservação dos ecossistemas.

### 3.2.2 Metodologia

As informações foram inseridas e analisadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), sendo utilizados os softwares ArcGis 10.5 e DepthMapX 0.5 (**Figuras 3.2**). Para a caracterização da paisagem, foi elaborado um banco de dados georreferenciado da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré na projeção geográfica latitude/longitude, datum SIRGAS2000 para

todo o plano de informação. As informações utilizadas para a delimitação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré foram obtidas da base de dados digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), malha digital dos municípios brasileiros, versão 2015.

Esse arquivo foi importado para o Sistema de Informação Geográfica, que possibilitou a análise e processamento digital do arquivo vetorial, sendo utilizadas as cartas planialtimétricas do IBGE, adquiridas em meio analógico na escala 1:50.000, folhas (IBGE, 1971). Por meio da digitalização em tela foi realizada a obtenção das linhas de drenagem e a delimitação das sub-bacias hidrográficas, adquiridas através da digitalização dos limites territoriais, determinados e direcionados pelas elevações do terreno, presentes nas classes hipsométricas.



**Figura 3.2:** Fluxograma de trabalho.

A atualização da rede de drenagem para o ano de 2007 foi realizada com base nas imagens LandSat 5 de 21 de abril de 2007 e Digital Globe de 14 de julho de 2007 adquirida do software Google Earth Pro 7.1, com resolução de 0,5 metro. Para o ano de 2017, a atualização foi realizada baseando-se na imagem LandSat 8 de 11 de março de 2017, Digital Globe 14 de julho de 2017 adquirida do software Google Earth Pro 7.1, com resolução de 0,5 metro e do Projeto de Restauração Ecológica das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré de 2012 (ATTANASIO et al., 2014).

A utilização de cenas de satélites (USGS, 2017) diferentes ocorreu em virtude da indisponibilidade de imagens por um único satélite no período de estudo, as cenas principais utilizadas para este estudo possuíram a mesma resolução espacial de 30 metros. As datas foram selecionadas de acordo com o cronograma de trabalho a ser realizado, onde os períodos de março e abril, em decorrência da sazonalidade das práticas agrícolas predominantes na região. A diferença de 10 anos entre as imagens possibilitou o estudo dos padrões temporais da paisagem, essenciais no direcionamento do planejamento regional, o qual considerou as vertentes de crescimento e desenvolvimento presentes (TREVISAN et al, 2018).

### **3.2.3 Análise da rede hidrológica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

Para análise da conectividade hidrológica em 2007 e 2017, foi utilizada a metodologia adaptada de Weis et al., (2013) nos softwares ArcGis 10.5 e DepthMapX 0.5, com embasamento em diversos autores, os quais vêm desenvolvendo trabalhos relacionados à conectividade hidrológica em bacias hidrográficas (CASERI, 2009; CARVALHO; BIN, 2012; WEIS et al., 2013; TOLEDO, 2013; MUNIZ et al., 2017; SHENWEN et al., 2017).

Neste estudo a conectividade hidrológica considerou a organização da rede de drenagem, apoiada na organização que os canais sem tributários são designados de primeira ordem, os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente (PRINGE, 2006; LEXARTZA-ARTZA; WAINWRIGHT, 2009).

Por exemplo, o estudo realizado por Caseri (2009) evidenciou a topologia hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí - SP, avaliando os segmentos de rios, áreas de contribuição e represamentos que ocasionaram a quebra da conectividade, além da construção das áreas de contribuição, do cálculo do fluxo favorável e das distâncias dentro da rede de drenagem, onde os resultados foram úteis para o estabelecimento de estratégias de conservação da biodiversidade aquática na região.

Para análise da conectividade hidrológica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré utilizou-se as informações atualizadas da rede de drenagem (rios, lagoas, represas) de 2007 e 2017. Estes arquivos foram convertidos e trabalhados nos softwares ArcGis 10.5 e DepthMapX 0.5, sendo classificados em rios, lagoas e represas (por tratar-se de massa d'água, estas foram analisadas em conjunto). Após a determinação de cada classe foi realizado a conversão das informações em

formato *raster* por meio da ferramenta “*Polygon To Raster*” e da “*Polyline To Raster*” (WEIS et al., 2013).

Para analisar o número de conexões da rede hidrológica nos períodos analisados, foi utilizada a ferramenta “*Groups*” e “*Region Group*” que identificou as conexões existentes, sendo considerada toda malha viária em conjunto, por meio da análise de “*pixel*” das imagens geradas pela ferramenta “*Overlay*”, permitindo a quantificação e ordenação da conectividade viária na bacia hidrográfica (CASERI, 2009; WEIS et al., 2013).

Esta classificação foi realizada por meio das as funções “*Eight*” que define a conectividade entre células do mesmo valor se estiverem dentro da vizinhança imediata um do outro (incluindo à direita, esquerda, acima ou diagonal) e “*Within*” que testa a conectividade entre valores de entrada iguais na mesma zona, onde as únicas células que podem ser agrupadas são células do mesmo valor que atendem aos requisitos espaciais de conectividade especificados).

### **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.3.1 Rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

A hidrografia (rede de drenagem) da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (UGRHI 13) (**Figura 3.3 e 3.4 e Tabela 3.1**) possui uma extensão 8.686,42Km e 23.123,28ha de áreas alagáveis, com divisa a Nordeste com a UGRHI 9 - Mogi-Guaçu, a Sudeste com a UGRHI 5 - Piracicaba/Capivari/Jundiaí, ao Sul com a UGRHI 10 - Médio Tietê-Sorocaba, a Sudoeste com a UGRHI 17- Médio Paranapanema e a Noroeste com a UGRHI 16 - Tietê-Batalha (COMITÊ PCJ, 2007; CBH-TJ, 2017).

É composta por 34 municípios com sede na própria UGRHI e outros 3 municípios com sede em outras UGRHIs (Analândia, Matão e São Pedro) (COMITÊ PCJ, 2007; CBH-TJ, 2017). O Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ) foi criado em 10/11/95 e instalado oficialmente em 09/10/1996, seguindo o contexto do Art. 4º das disposições transitórias da Lei nº 7663/91, onde:

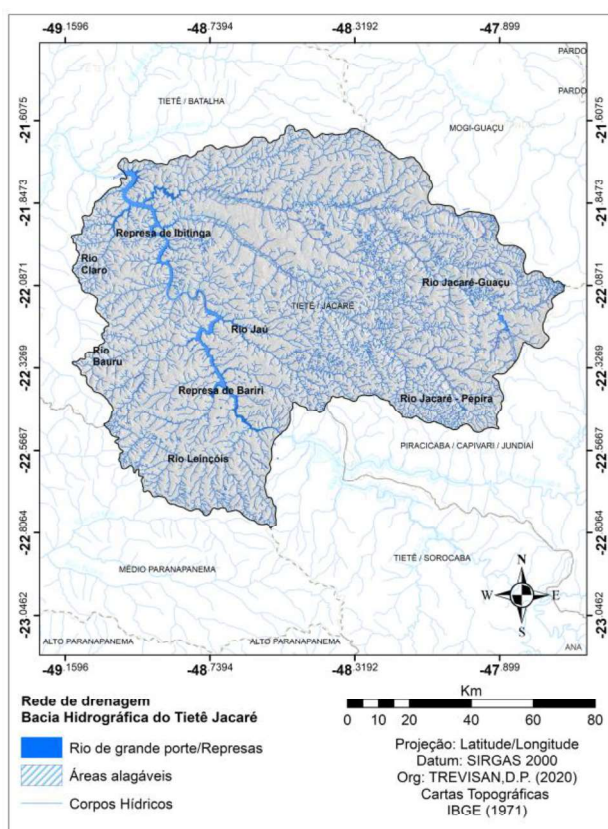
Artigo 4.º - Por intermédio do Sistema Integrado de Gerenciamento - SIRGH, o Estado assegurará meios financeiros e institucionais para atendimento do disposto nos Artigos 205 a 213 da Constituição Estadual e especialmente para:

- I - utilização racional dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, assegurado o uso prioritário para o abastecimento das populações;
- II - maximização dos benefícios econômicos e sociais resultantes do aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos;

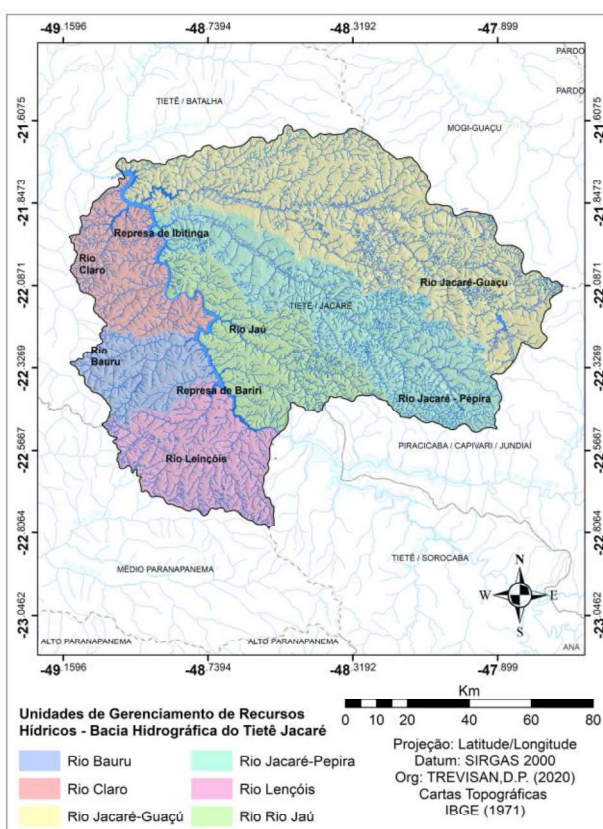


- III - proteção das águas contra ações que possam comprometer o seu uso atual e futuro;
- IV - defesa contra eventos hidrológicos críticos, que ofereçam riscos à saúde e à segurança pública assim como prejuízos econômicos e sociais;
- V - desenvolvimento do transporte hidroviário e seu aproveitamento econômico;
- VI - desenvolvimento de programas permanentes de conservação e proteção das águas subterrâneas contra poluição e superexploração;
- VII - prevenção da erosão do solo nas áreas urbanas e rurais, com vistas à proteção contra a poluição física e o assoreamento dos corpos d'água.

A composição de sua plenária se dá com a participação de doze representantes da sociedade civil organizada, doze representantes do estado e doze representantes dos municípios e sua diretoria é composta por um presidente, um vice-presidente, uma secretária executiva e uma secretária executiva adjunta, que atendem as demandas da bacia hidrográfica (SIGRH, 2016). Assim como a bacia hidrográfica, o comitê da bacia também é alvo de estudos como o elaborado por Prota (2011), que analisou o processo participativo do comitê e sua implicação na implementação de instrumentos de gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia. Os resultados apontaram para a necessidade de revisão do estatuto do comitê frente a legislação estadual e federal além da necessidade de uma maior divulgação das questões de recursos hídricos na bacia hidrográfica e no estado como um todo.



**Figura 3.3:** Rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.



**Figura 3.4:** Distribuição das sub-bacias do Tietê-Jacaré.

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré é sub dividida em 6 sub bacias: a Sub bacia do Rio Jacaré-Guaçu e afluentes do Rio Tietê; a Sub-Bacia do Rio Jacaré-Pepira e afluentes do Rio Tietê; a Sub-Bacia do Rio Jaú - Ribeirão da Ave Maria - Ribeirão do Sapé e afluentes diretos do Rio Tietê; a Sub-Bacia do Rio Lençóis - Ribeirão dos Patos e afluentes do Rio Tietê; a Sub-Bacia do Rio Bauru - Ribeirão Grande - Ribeirão Pederneiras e afluentes do Rio Tietê e a Sub-Bacia do Rio Claro - Ribeirão Bonito - Ribeirão do Veado - Ribeirão da Água Limpa e afluentes do Rio Tietê.

As duas principais sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré são a sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira e do Rio Jacaré-Guaçu. A sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira nasce na divisa dos municípios de Brotas e São Pedro (na Serra de Itaqueri) e percorre aproximadamente 174km até a margem direita do Rio Tietê, no município de Ibitinga, sendo utilizada turisticamente, impulsionando o desenvolvimento econômico da região (COMITÊ PCJ, 2007; CBH-TJ, 2017).

**Tabela 3.1.** Distribuição das Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Sub-bacia	Área (ha)	%	Rede de drenagem 2007	Rede de drenagem 2017	Decréscimo	%
Rio Bauru	83.195,00	7,04	619,10	589,84	29,26	4,73
Rio Claro	116.893,00	9,90	908,87	850,87	58,00	6,38
Rio Jacaré-Guaçu	418.920,00	35,46	2.940,59	2.908,15	32,44	1,10
Rio Jacaré-Pepira	266.157,00	22,53	2.163,30	2.119,34	45,96	2,03
Rio Jaú	153.582,00	13,00	1.148,27	1.132,72	15,55	1,35
Rio Lençóis	142.343,00	12,06	1.112,67	1.085,5	27,17	2,44
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,00</b>	<b>8.894,77</b>	<b>8.686,42</b>	<b>208,35</b>	<b>2,34</b>

O Rio Jacaré-Guaçu é afluente norte do Rio Tietê e possui onze afluentes os quais nascem na confluência do Ribeirão Feijão com o rio do Lobo abaixo da barragem da Represa do Broa na divisa dos municípios de Itirapina com São Carlos. O Rio Jacaré-Guaçu atravessa os municípios de Itirapina, São Carlos, Ribeirão Bonito, Araraquara, Gavião Peixoto, Nova Europa e deságua na margem direita do Rio Tietê dentro do município de Ibitinga.

De acordo com o Relatório de Disponibilidade de Recursos Hídricos (SÃO PAULO, 2017; CBH-TJ, 2017) a região tem estado crítico em termos de disponibilidade hídrica superficial, com probabilidade de escassez no futuro devido à alta demanda na irrigação que contribui para o risco

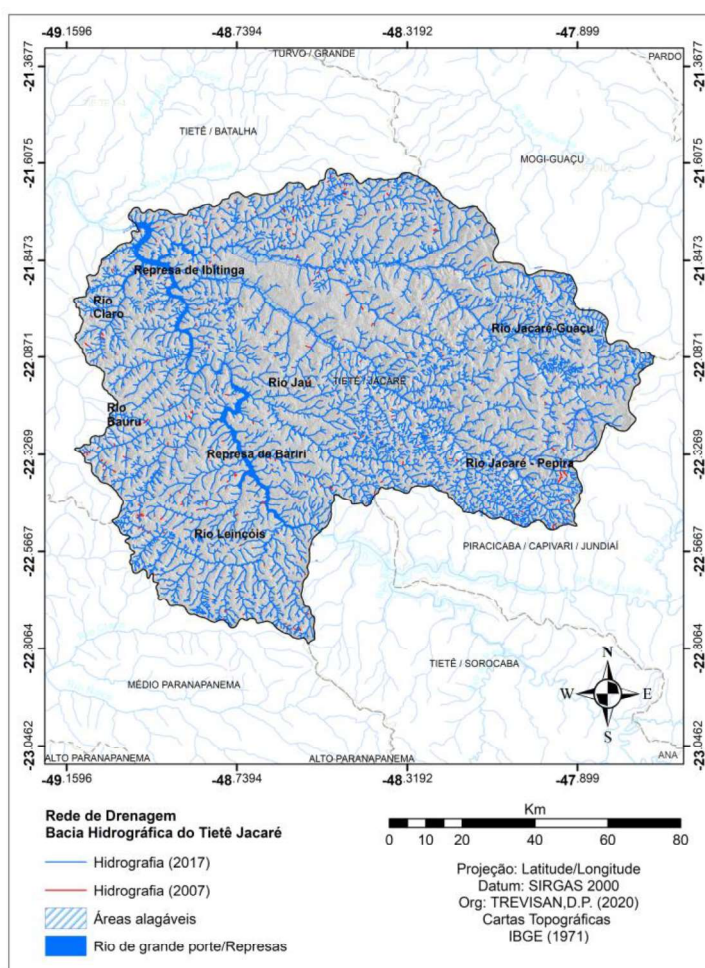


de poluição das águas subterrâneas. Conforme descrito por Kaiser (2006) e posteriormente pelo DAEE (2017) “nas principais cidades da bacia hidrográfica como Araraquara e São Carlos a captação superficial representa 40 a 50% da captação total da rede pública, geralmente destinada ao abastecimento populacional.

Na maioria das cidades de menor porte, o abastecimento urbano se dá preferencialmente por meio de poços. A partir da década de 1970 houve um aumento na exploração dos mananciais subterrâneos em função da disponibilidade hídrica dos aquíferos Bauru e Botucatu, aliadas às facilidades no transporte e tratamento principalmente porque as águas subterrâneas representam aproximadamente 98% da água doce disponível adequada ao consumo humano (KAISER, 2006; TANAJURA, 2017).

### 3.3.2 Conectividade Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

Por meio da atualização dos corpos hídricos, observou-se de 2007 para 2017, uma redução de 8.818,09km para 8.686,42Km, totalizando 208,35km (2,34%) da rede de drenagem (**Figura 3.5**).

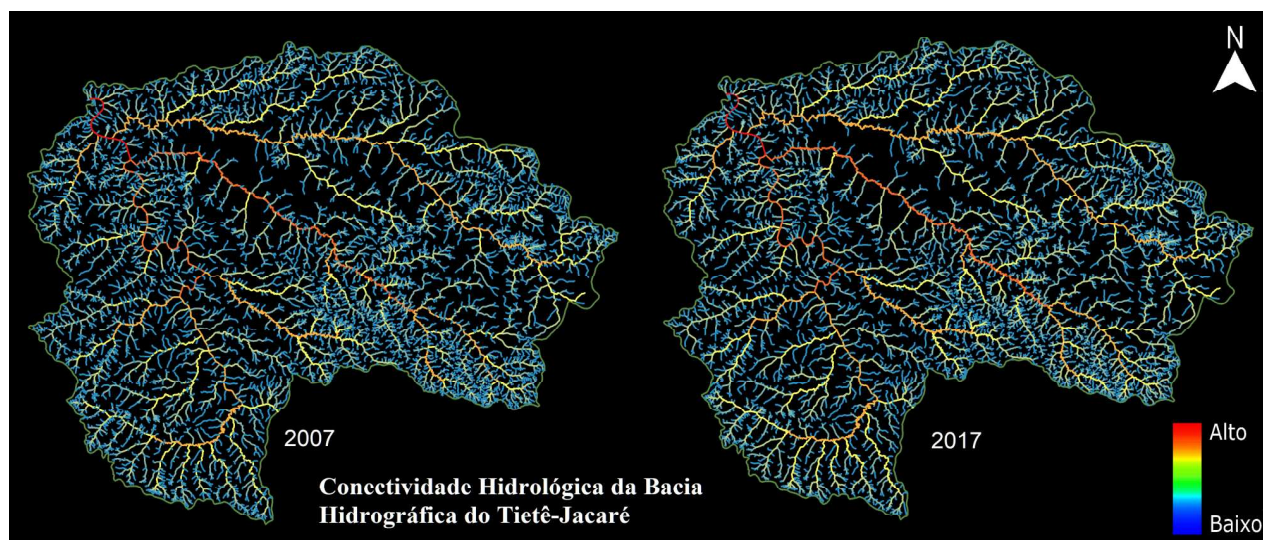


**Figura 3.5:** Atualização da Rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Onde 163,77km são referentes a diminuição de nascentes, com as regiões das sub-bacias do Rio Claro (-58km), Rio Jacaré-Pepira (-45,86km) e Rio Jacaré-Guaçu (-32,44km) com as perdas mais expressivas (**Apêndice 7.3**). Este decréscimo é perceptível em toda a região, porém em algumas regiões, como nos municípios de Ribeirão Bonito, Boa Esperança do Sul, Bocaina e Araraquara estas alterações são mais significantes, principalmente, ocasionadas pelos avanços das atividades antrópicas sobre as regiões naturais, que ocorreram mesmo nos municípios de porte turístico, como o caso de Brotas.

Conforme observado nos Índices de Integração e Conectividade Hidrológica (**Figura 3.6**), a diminuição da rede de drenagem, entre 2007 e 2017, não alterou a configuração estrutural da bacia hidrográfica, onde as conectividades principais relacionam-se as principais zonas de drenagem e seus respectivos rios dominantes que nomeiam as sub-bacias (Rio Bauru e Rio Lençóis de 4º ordem, Rio Claro e Rio Jaú de 5º ordem e Rio Jacaré-Guaçu e Rio Jacaré-Pepira de 6º ordem), sendo que a central diminuição da hidrografia foi relacionada as conectividades primárias, ou seja, as nascentes.

As regiões das sub-bacias do Rio Jacaré-Guaçu e Rio Jacaré-Pepira apresentam as maiores complexidades e conexões, principalmente por serem, em território, as maiores da bacia hidrográfica, seguidas pelas sub-bacias do Rio Lençóis, Rio Jaú, Rio Claro e Rio Bauru, sendo o exutório e a maior conectividade na região da Represa de Ibitinga na direção Noroeste da bacia, onde inicia-se a conexão da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré com a Bacia Hidrográfica do Tietê-Batalha (UGRHI-16).



**Figura 3.6:** Conectividade Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

A redução da rede de drenagem contribuiu para a diminuição das conexões entre as interações da rede de drenagem da bacia hidrográfica, a qual apresentou um decréscimo médio de 25,85%, considerando rios, represas e lagoas (**Tabelas 3.2, 3.3 e 3.4**). Em 2007, as represas e lagoas apresentaram um grupo de 873 interações, caindo para 661 em 2017, para rios, as interações caíram de 6.341 para 4.642 e somadas as interações caíram de 7.214 para 5.303, totalizando uma diminuição de 26,49%.

**Tabela 3.2.** Distribuição do número de interações entre represas e lagoas na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Sub-bacia	Grupos de conexões				
	2007	%	2017	%	Decréscimo (%)
Rio Bauru	54	6,19	35	5,30	35,19
Rio Claro	112	12,83	88	13,31	21,43
Rio Jacaré-Guaçu	332	38,03	254	38,43	23,49
Rio Jacaré-Pepira	201	23,02	142	21,48	29,35
Rio Jaú	84	9,62	71	10,74	15,48
Rio Lençóis	90	10,31	71	10,74	21,11
<b>Total</b>	<b>873</b>	<b>100,00</b>	<b>661</b>	<b>100,00</b>	<b>24,28</b>

Esta diminuição foi similar em todas as regiões da bacia hidrográfica (**Figura 3.7**), sendo que a região da sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu, onde localizam-se os municípios de São Carlos, Araraquara, Ibaté, Matão entre outros, apresentou as maiores reduções entre as interações, áreas que também sofreram as maiores reduções de copos hídricos, como visto na atualização pelas imagens de satélite. A sub-bacia do Rio Bauru é a região que obteve os piores resultados com relação as perdas da quantidade dos recursos hídricos, com diminuição de 33,26% das interações, resultado a ser considerado, considerando ao fato que a região tem, desde 2007, a menor disponibilidade hídrica entre as sub-bacias.

**Tabela 3.3.** Distribuição do número de interações entre rios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Sub-bacia	Grupos de conexões				
	2007	%	2017	%	Decréscimo (%)
Rio Bauru	421	6,64	282	6,07	33,02
Rio Claro	648	10,22	474	10,21	26,85

Rio Jacaré-Guaçu	1.961	30,93	1.483	31,95	24,37
Rio Jacaré-Pepira	1.744	27,50	1.317	28,37	24,44
Rio Jaú	778	12,27	545	11,74	29,95
Rio Lençóis	789	12,44	541	11,65	31,43
<b>Total</b>	<b>6.341</b>	<b>100,00</b>	<b>4.642</b>	<b>100,00</b>	<b>26,79</b>

Esta redução também foi observada em outras regiões, como no trabalho desenvolvido por Gomes et al., (2018), que objetivaram identificar o grau de degradação ambiental dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica de Tocantins - Araguaia, por meio do Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Ecológica. Os resultados mostraram que cerca de 50% da região apresentou alteração ambiental e 16% possuíam regiões impactadas, apresentando média e grande intensidade de alteração das condições naturais dos cursos hídricos.

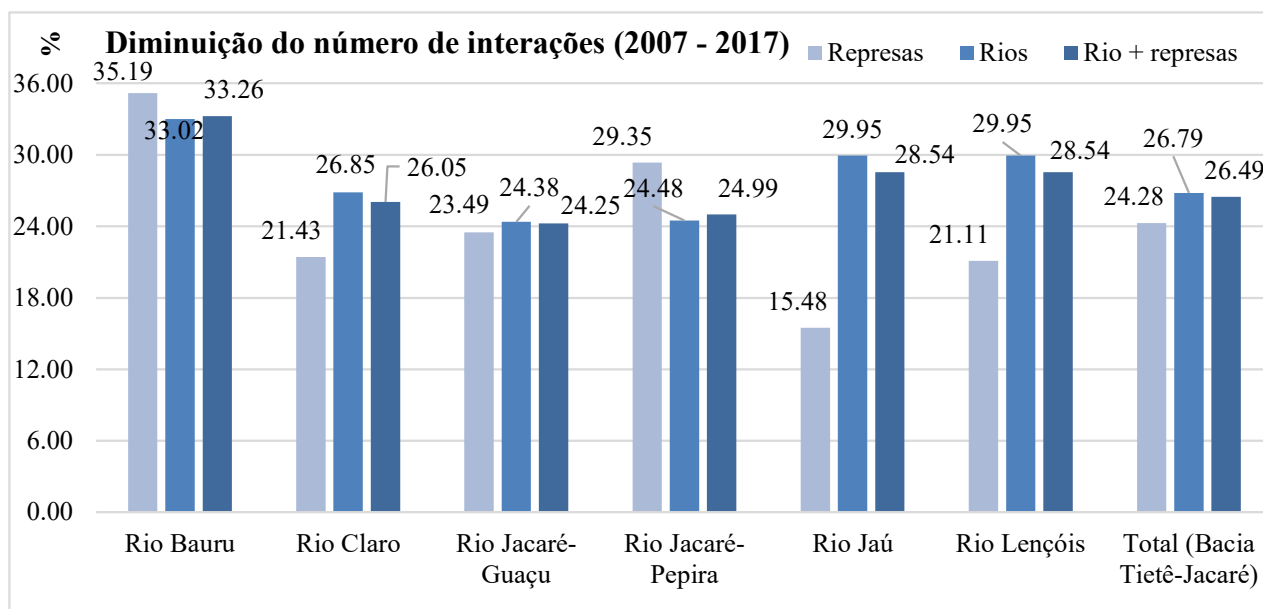
**Tabela 3.4.** Distribuição do número de interações entre represas, lagoas e rios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Sub-bacia	Grupos de conexões				Decréscimo (%)
	2007	%	2017	%	
Rio Bauru	475	6,58	317	5,98	33,26
Rio Claro	760	10,54	562	10,60	26,05
Rio Jacaré-Guaçu	2.293	31,79	1.737	32,76	24,25
Rio Jacaré-Pepira	1.945	26,96	1.459	27,51	24,99
Rio Jaú	862	11,95	616	11,62	28,54
Rio Lençóis	879	12,18	612	11,54	30,38
<b>Total</b>	<b>7.214</b>	<b>100,00</b>	<b>5.303</b>	<b>100,00</b>	<b>26,49</b>

A perda desses recursos hídricos, em alguns casos, está associada ao regime natural dos corpos hídricos como modificações no regime hidrológico, porém no caso da Bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré, em muitas regiões, além da redução dos corpos hídricos, observa-se uma modificação no fluxo destes pelas ações antrópicas como aterramento nas áreas rurais ou da criação de canais nas áreas urbanas, como observado em São Carlos que possui canalizações nos recursos hídricos que passam pela região central da área urbana (**Apêndice 7.1**).

Estes dados corroboram com as discussões recentes sobre uma futura crise da água no século XXI, relacionada pela falta gerenciamento adequado e pela escassez de recursos superficiais e subterrâneos (ROGERS et al., 2006). Entretanto, para outros especialistas, é resultado de um

conjunto de problemas ambientais agravados pelos problemas relacionados à economia e ao desenvolvimento social (GLEICK, 2000; PELLENZ et al., 2018). O agravamento e a complexidade da crise da água, principalmente nos últimos anos, decorrem de problemas de disponibilidade hídrica, aumento da demanda, de um processo de gestão ainda setorial e de um planejamento que foque na contextualização, solução e resolução dos problemas (SOMLYODY; VARIS, 2006; PELLENZ et al., 2018).



**Figura 3.7:** Número de interações da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

O conjunto de águas interiores no Brasil é um complexo sistema de grande potencial de utilização, pois o volume e a diversidade de recursos de águas subterrâneas e superficiais no país são elevados, o que possibilita as condições de aproveitamento e usos múltiplos dos recursos hídricos, porém aumenta a necessidade de programas de conservação, gerenciamento e recuperação de lagos, represas, rios, pântanos, lagoas costeiras e outros corpos de águas (TUNDISI et al. 2006, RIBEIRO, 2018).

Os aspectos naturais e antrópicos das bacias hidrográficas produzem consequências diretas e indiretas sobre o seu sistema hídrico. A qualidade da água de mananciais que compõem uma bacia hidrográfica está relacionada com a quantidade de chuva, uso da terra na bacia e com o grau de controle sobre as fontes de poluição. As alterações na qualidade da água estão diretamente relacionadas com as alterações que ocorrem na bacia hidrográfica, como vegetação e solo (SANTOS; PEREIRA FILHO, 2017).

Diversos são os impactos relacionados a redução da rede de drenagem, como a modificação do ciclo hidrológico pela diminuição da infiltração do solo e reposição das águas subterrâneas e superficiais ou do surgimento de enchentes nas grandes e médias cidades pelo avanço do escoamento superficial devido a canalização dos corpos hídricos. Inúmeros são os autores que vem discutindo sobre os impactos nos recursos hídricos, tais como Arai (2012), Cruz (2015) e Silva et al., (2016), os quais debatem sobre os desafios da gestão de recursos hídricos.

PEIXOTO et al., (2019) discutem a importância da gestão integrada dos recursos hídricos, a qual possui potencial de desenvolver soluções eficazes aos diversos problemas hídricos, como inundações, enchentes e perda e diminuição da qualidade e quantidade de água, tendo capacidade de integração entre políticas de recursos hídricos e uso e cobertura da terra. Os autores também ressaltam que no nível institucional, no caso brasileiro, o principal desafio é articular os interesses dos diversos agentes da sociedade nas políticas de usos da terra aos planos regionais, estaduais ou nacionais dos recursos hídricos.

### **3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A bacia hidrográfica apresentou redução da rede de drenagem em todas as regiões, que conseqüentemente culminaram em mudanças nos padrões de conectividade hidrológica, diminuindo quase pela metade o número de conexões. Estes fatores devem ser analisados nas ações de planejamento da bacia hidrográfica, principalmente relacionado ao futuro da quantidade e qualidade dos recursos hídricos tanto superficiais quanto subterrâneos, principalmente por já se evidenciar uma crise hídrica nas regiões tanto da bacia como do estado como um todo, onde projetos de drenagem e revitalização de curso d'água devem ser elaborados junto a participação social.

As discussões relacionadas com a conservação dos recursos hídricos apresentam grande relevância e destaque nos estudos modernos, uma vez que a falta de conservação destes reflete na redução da qualidade e disponibilidade para a população. Destaca-se cada vez mais a importância das Áreas de Preservação Permanente na proteção e conservação dos recursos hídricos, uma vez que, tais regiões uma vez que agem como barreira e filtro natural, mitigando a ação da poluição agrícola, industrial.

As ações de planejamento são fundamentais não apenas no âmbito da bacia hidrográfica mas de todas as regiões brasileiras, em busca de um conjunto de estudos estratégicos sobre os diversos temas relacionados aos recursos hídricos, tais como: recursos hídricos e energia, recursos hídricos e economia, água e saúde humana, água e mudanças globais, qualidade da água, com a

finalidade de promover visões e cenários de longo prazo que estimulem políticas públicas consolidadas (TUNDISI, 2008; PELLEZZI et al., 2018).

A atualização das informações da extensão dos recursos hídricos complementada com a aplicação dos índices de integração e conectividade, ao expressarem o estado de configuração das paisagens, apresentaram-se como ferramentas importantes no diagnóstico voltado a conservação dos ecossistemas, possibilitando uma análise precisa dos elementos que as compõe. Tais índices permitiram a comparação temporal da região estudada, possibilitando uma projeção sobre os impactos gerados, o que é essencial no planejamento regional, como o caso de bacia hidrográficas. Entretanto, ressalta-se que as análises de fragmentação e conectividade devem ser sempre contextualizadas e suas discussões embasadas de acordo com a escala de análise utilizada, pois esta pode implicar em mudanças na observação dos estudos.

### 3.5 REFERÊNCIAS

APA IBITINGA. **APA Ibitinga**. 2020. Disponível em < <https://apa-ibitinga.webnode.com/galeria-de-fotos/#!> > Acesso em 21 de junho de 2019.

ARAI, F. K.; PEREIRA, S. B.; OLIVEIRA, F. C.; DAMÁLIA, L. S. Caracterização hidromorfológica da Bacia do Dourados localizada no centro-sul do Mato Grosso do Sul. **Revista Agrarian**, v.5, n.17, p. 270-280, 2012.

ATTANASIO, C. M.; SOUZA A. M.; REZENDE, J. H.; VENIZIANI, J. C. T.; SAMMARCO, Y. M. Guia de restauração de matas ciliares para a Bacia Hidrográfica do Tietê – Jacaré. **Instituto Pró-Terra**, 2014, 40p.

BELZEN, J. V.; KOPPEL, J. V.; KIRWAN, M. L.; WAL, D. V.; HERMAN, P. M. J.; DAKOS, V.; KEFI, S.; SCHEFFER, M.; GUNTENSPERGEN, G. R.; BOUMA, T. J. Vegetation recovery in tidal marshes reveals critical slowing down under increased inundation. **Nature Communications**, p.1-10, 2017.

BOARDMAN, J.; FOSTER, I. D. L. The potential significance of the breaching of small farm dams in the Sneeuwberg region, South Africa. **Journal Soils Sediments**, v.11, p.1456-1465, 2011.

CARVALHO, S. I.; BINI, L. M. **Efeitos da conectividade e da distância hidrológica sobre os padrões de coerência temporal de variáveis limnológicas em um reservatório tropical**. 2012. Disponível em < <https://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/mestrado/trabalhos-mestrado/mestrado-sara-lodi.pdf> > Acesso em 08 de janeiro de 2019.

CASERI, A. N.; FERRAZ, S. F. B.; DE PAULA, F. R. Avaliação da conectividade hidrológica da Bacia do Rio Corumbataí, SP. **Anais**. II Seminário de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: recuperação de área degradadas, serviços ambientais e sustentabilidade, Taubaté, p.223-232, 2009.

CBH-SM. Comitê das Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira. **Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2015. Disponível em <[www.comitesm.sp.gov.br/institucional.php?k=ugrhi](http://www.comitesm.sp.gov.br/institucional.php?k=ugrhi)> Acesso em 08 de junho de 2019.

CBH-TJ. Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Relatório de situação dos recursos hídricos do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, São Paulo: **Fundação Estadual de Recursos Hídricos**. Relatório Final, CD-ROM, 2017.

CHAPIN III, F. S.; MATSON, P. A.; MOONEY, H. A. Principles of terrestrial ecosystem ecology. 1st ed. New York: **Springer**, 2002, 436p.

COMITÊ PCJ. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Rio Tietê**. 2007. Disponível em <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhpcj/>> Acesso em 28 de julho de 2019.

CROOKS, K. R. Connectivity conservation: maintaining connections for nature. In: CROOKS, K. R. SANJAYAN, M. Connectivity Conservation. 1 ed. New York: **Cambridge University Press**, 2006, 712p.

CRUZ, E. P. Região hidrográfica do Atlântico Leste. Engenharia Ambiental. Maceió: **UNIT**, 2015, 200p.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Outorgas de captação de água para o estado de São Paulo**. 2017. Disponível em: <<http://www.dae.sp.gov.br>>. Acesso em 22 de janeiro de 2019.

GLEICK, P. H. The world's water. 2000-2001. Report on freshwater resources. **Island Press**, 2000, 315p.

GOMES, E. P.; PESSOA, F. C. L.; SANTANA, L. R.; CRUZ, J. S. Avaliação da degradação hídrica na Bacia Hidrográfica Tocantins Araguaia. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. v.41, n.3, p.503 – 513, 2018.



GOOSEFF, M. N.; WLOSTOWSKI, A. MCKNIGHT, D. M.; JAROS, C. Hydrologic connectivity and implications for ecosystem processes - Lessons from naked watersheds. **Geomorphology**, v.277, p.63-71, 2017.

HUANG, H. J. M.; WINTER, E. C.; OSTERBERG, R. M.; HORTON, B. BECKAGE. Total and extreme precipitation changes over the Northeastern United States. **Hydrometeorol**, n.18, p.1783 – 1798, 2017.

HUDSON, P. F.; HEITMULLER, F. T.; LEITCH, M. B. Hydrologic connectivity of oxbow lakes along the lower Guadalupe River, Texas: The influence of geomorphic and climatic controls on the “flood pulse concept”. **Journal of Hydrology**, v.415, p.174–183, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas planialtimétricas**. 1971. Disponível em [ftp://geofp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/folhas\\_topograficas/editoradas/escala\\_50mil/](ftp://geofp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/folhas_topograficas/editoradas/escala_50mil/) Acesso em 27 de março de 2019.

IZAKOVIČOVÁ, Z. Example of the stress factors in the landscape. **Ekológia (Bratislava)**, v.24, p.277 - 291, 2010.

KAISER, I. M. **Avaliação de métodos de composição de campos de precipitação para uso em modelos de precipitação hidrológicos distribuídos**. 2006. 400f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, 2006.

LEXARTZA-ARTZA, I.; WAINWRIGHT, J. Hydrological connectivity: Linking concepts with practical implications. **Catena**, v.79, n.2, p.146-152, 2009.

LI, X. G.; WEI, X. An improved genetic algorithm-simulated annealing hybrid algorithm for the optimization of multiple reservoirs. **Water Resources Management**, v.22, p.1031–1049. 2008.

LIU, W. T. H. Aplicações de sensoriamento remoto. Campo Grande: **UNIDERP**, 2006. 908p.

MALVEIRA, V. T. C.; de ARAÚJO, J. C.; GÜNTNER, A. Hydrological impact of a highdensity reservoir network in the semiarid north-eastern Brazil. *Journal of Hydrology*. **Engineering**, v.17, n.1, p.109-117, 2012.

MAMEDE, G. L. **Reservoir sedimentation in dryland catchments: modelling and management**. 2008. 120f. Tese (Ph.D. in Hydrological Sciences) - University of Potsdam, Potsdam, Germany, 2008.

MARTINI, L. C. P.; MATTOS, D. S.; BARBOSA, D. F. P.; RECH, A. I. B. Uso de sensoriamento remoto orbital para avaliação da distribuição espacial de Clorofila<sub>a</sub> na Lagoa da Conceição - Florianópolis, SC. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n.4, p.1413-1452, 2006.

MUNIZ, C. C.; SANTANA, V. N.; BARBOSA, A. P.; NAYARA, L.; SILVA, L.; JUNIOR, E. S. O. Características reprodutivas de *Eigenmannia trilineata* em relação ao pulso de inundação em ambiente inundável no rio Paraguai, Pantanal Norte, Brasil. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.15, n.1, p.126 – 131, 2017.

NASCIMENTO, A. G. **Recuperação e integração paisagística de áreas aluvionares degradadas pela extração de inertes**. 2016. 220f. Tese (Doutorado em Arquitetura Paisagista e Ecologia Urbana) – Faculdade de Arquitetura, 2016.

NATHAN, R.; JORDAN, P.; MORDEN, R. Assessing the impact of farm dams on streamflows, Part I: Development of simulation tools. **Australian Journal of Water Resources**, v.9, n.1, p. 1-12, 2005.

NEAL, B. P.; NATHAN, R. J.; SCHREIDER, S.; JAKEMAN, A. J. Identifying the separate impact of farm dams and land use changes on catchment yield. **Australian Journal of Water Resources**, v.5, p.165–176, 2001.

PEIXOTO, F. S.; RODRIGUES, J. P. B.; ALBUQUERQUE, P. I. Gestão integrada dos recursos hídricos e a problemática das inundações urbanas. **Geografia (Londrina)**, v.28, n.1, p.1 – 20, 2019.

PELLENZ, M.; CAVALHEIRO, L. P. R.; AQUINO, S. R. F. Análise da legislação brasileira sobre a água: a necessidade de um redimensionamento diante de sua imprescindibilidade para a manutenção da vida. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, p.61 – 82, 2018.

POSSAMAI, G.; GONÇALVES, T. M. Código florestal brasileiro de 2012: contexto e cenário de sua aprovação - uma análise sociopolítica. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, p.231 – 264, 2018.

POULSEN, J. R.; SEBOK, E.; DUQUE, C.; TETZLAFF, D.; ENGESGAARD, P. K. Detecting groundwater discharge dynamics from point-to-catchment scale in a lowland stream: combining hydraulic and tracer methods. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.19, p.1871–1886, 2015.

PRINGE, C. Hydrologic Connectivity: A neglected dimension of conservation biology. In: CROOKS, K. R. SANJAYAN, M. Connectivity Conservation. 1 ed. New York: **Cambridge University Press**, 2006, 712p.

PRINGLE, C. M. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important. **Hydrological processes**, v.17, p.2685–2689, 2003.

PROTA, M. G. **Análise do processo participativo na gestão dos recursos hídricos no Estado de São Paulo: um estudo de caso do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê**. 2011. 252f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, 2011.

RĂDOANE, M.; RĂDOANE, N. Dams, sediment sources and reservoir silting in Romania. **Geomorphology**, v.71, p.112-125, 2005.

RIBEIRO, S. L. Considerações iniciais sobre a segurança hídrica do Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de Defesa**, p.61 – 82, 2018.

ROGERS, P. P. Water governance, water security and water sustainability. In: ROGERS, P. P.; LIAMAS, R.; CORTINA, L. M. (Ed.) Water crisis: myth or reality? London: Fundación Marcelino Botín. **Taylor & Francis**, p.3-36, 2006.

SAKAMOTO, T.; VAN NGUYEN, N.; KOTERA, A.; OHNO, H.; ISHITSUKA, N.; YOKOZAWA, T. Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time series imagery. **Remote Sensing of Environment**, v.109, n.3, p.295–313, 2007.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº7.663, de 30/12/1991. **Normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 1991. Disponível em < <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>> Acesso em 26 de fevereiro de 2019.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº9.034, de 27/12/1994. **Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995**. 1994. Disponível em <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1994/lei-9034-27.12.1994.html>> Acesso em 26 de fevereiro de 2019.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº16.337, de 14/12/2016. **Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas**. 2016. Disponível em <

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2016/lei-16337-14.12.2016.html>> Acesso em 26 de dezembro de 2020.

SÃO PAULO. Relatório de situação de recursos hídricos do estado de São Paulo. **Governo do estado de São Paulo**, 2017, 180p.

SAYLES, J. S.; BAGGIO, J. A. Social–ecological network analysis of scale mismatches in estuary watershed restoration. **PNAS**, p.1776 – 1785, 2017.

SHENWEN, H.; CHRISTY, K.; HUANG, S.; HOLLAND, S.H. Comparative lytic efficacy of rt-PA and ultrasound in porcine versus human clots. **Plos One**, p.1-20, 2017.

SIGRH. Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Apresentação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**. 2016. Disponível em <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhtj/apresentacao>> Acesso em 28 de julho de 2019.

SILVA, L. E.; CRUZ, E. P.; JUNIOR, M. C.; ALMEIDA, R. R.; MOURA, A. A. Região hidrográfica do Atlântico Leste: Os desafios da gestão dos Recursos Hídricos. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Maceió, v.3, n.3, p. 197-206, 2016.

SINCLAIR, K. M. The impact of farm dams on Hoddles Creek and Diamond Creek catchments. **Final report for Melbourne Water**, 2000, 31p.

SOARES, P. H. M.; PETRY, A. C.; FARJALLA, V. F.; CARAMASCHI, E. P. Hydrological connectivity in coastal inland systems: lessons from a Neotropical fish metacommunity. **Ecology of Freshwater Fish**, v.19, n.1, p.7-18, 2010.

SOMLYODY, L; VARIS, O. Freshwater under pressure. **International Review for Environmental Strategies**, v.6, n.2, p.181-204, 2006.

TANAJURA, D. S.; LEITE, C. B. Quantificação e avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas da Sub-Bacia Hidrográfica Jacaré Pepira/SP. **Revista águas subterrâneas**, v.31 n.1, p.1-19, 2017.

TOLEDO, C. E. **Conectividade hidrológica em ambiente semiárido: estudo de caso bacia hidrográfica do açude Orós**. 2013. 136f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D.C.; LUZIA, A. P.; VON HAELING, P. H.; FROLLINI, E. H. A Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.159-172, 2008.

TREVISAN, D. P.; DIAS, L.; MOSCHINI, L. E. Atlas histórico e geográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê-Jacaré. 1ª ed. **Amazon**, 2019, 50p.

TREVISAN, D. P.; MELLO, B. M. ; MELLO, R. M. ; MOSCHINI, L. E. . Análise das mudanças do uso e cobertura da terra entre 1988 e 2017 no município de Ibaté-SP. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA**, v. 11, p. 2216-2228, 2018.

TUNDISI, J. G; TUNDISI, T. M.; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3 eds. São Paulo: **Escrituras**, 2006, p.161 - 202.

USGS. Scientific agency for natural sciences, 2017. **Imagens LandSat 5 de abril de 2007 e LandSat 8 de março de 2017**. Disponível em < <https://www.earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em 27 de março de 2019.

WAINWRIGHT, J.; PARSONS, A. J. The effect of temporal variations in rainfall on scale dependency in runoff coefficients. **Water Resources Research**, v.38, p.700–710, 2009.

WARD, J. V.; TOCKNER, K.; ARSCOTT, D. B.; CLARET, C. Riverine landscape diversity. **Freshwater Biology**, v.47, n.4, p.517–539, 2002.

WEIS, C. V. C.; HASENACK, H.; BECKER, F. G.; LIMA, L. T.; TERCEIRO, A. M. Ferramentas de geoprocessamento aplicadas na análise temporal das conectividades entre lagoas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. INPE, p.5523 – 5528, 2013.

**Análise da conectividade dos fragmentos de vegetação: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - SP, Brasil**



Vegetação no município de São Carlos (SP). Fonte: DONODOV (2008)

## RESUMO

A fragmentação de habitats é uma das mais citadas causas da extinção das espécies e da perda da diversidade biológica, sendo definida como o processo pelo qual uma área contínua é reduzida em tamanho e dividida em dois ou mais fragmentos separados por um entorno ou matriz diferentes do original. Atualmente, a análise da conectividade e fragmentação da paisagem é feita por meio de mapeamentos do uso e cobertura da terra, sendo possível identificar diferentes manchas e determinar o grau de fragmentação ou conectividade. Este trabalho, tem o objetivo de analisar as conectividades dos fragmentos de vegetação presentes no território da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - SP, por meio da aplicação dos índices de Integração e Conectividade Ecológica, com o intuito de avaliar o processo dinâmico e temporal dos fragmentos em 2007 e 2017, por meio da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Considerando o intervalo de 10 anos, observou-se uma redução das áreas de vegetação de 32.149ha e decréscimo do número de interações em 18%. Evidenciou-se também a diminuição do número de fragmentos, assim como o aumento do tamanho médio dos mesmos, derivados do crescimento das matrizes agrícolas e consequente diminuição da diversificação de fragmentos das classes de uso e cobertura da terra. A configuração vegetacional da região, sofreu poucas alterações estruturais, sendo que as conexões principais se relacionam aos exutório de cada sub-bacia e consequentemente da bacia hidrográfica como um todo. Os índices de integração e conectividade, ao expressarem o estado de configuração das paisagens, apresentaram-se como ferramentas importantes no diagnóstico voltado a conservação dos ecossistemas. Tais índices permitiram a comparação não apenas dos fragmentos naturais, mas de todas as classes de uso e cobertura da terra, fator essencial no planejamento regional.

**Palavras-chave:** Análise da paisagem; Fragmentação; Índices da paisagem; Redes ecológicas.

## ABSTRACT

Habitat fragmentation is one of the most cited causes of species extinction and loss of biological diversity, it is defined as the process by which a continuous area is reduced in size and divided into two or more fragments separated by an environment or matrix, different from the original. Presently, the analysis of landscape fragmentation is done through land use mapping, where it is possible to identify different spots and determine the degree of fragmentation or connectivity. This work has the objective of analyzing the vegetation fragments connectivity present in the Tietê-Jacaré Hydrographic Basin - SP, through the application of the Integration and Ecological Connectivity Indices, with the purpose of evaluating the dynamic and temporal process of fragments of 2007 and 2017, through the use of Geographic Information Systems (GIS). Considering the interval of 10 years, there was loss of vegetation areas of 32,149ha and a reduction of 18% of the interactions. It was also evidenced the decrease in the number of fragments, as well as the increase in the average size of the fragments, derived from the growth of the agricultural matrices with consequent reduction of the diversification of the fragments of the land use and land cover classes. The vegetation configuration of the region has undergone few structural changes, the main connections are related to the end of each sub-basin and consequently the hydrographic basin as a whole. Fragmentation indexes, when expressing the state of configuration of the landscapes, were presented as important tools in the diagnosis aimed at the conservation of ecosystems. These indices allowed the comparison not only of natural fragments, but of all classes of land use and land cover, which is essential in regional planning.

**Keywords:** Landscape analysis; Fragmentation; Landscape indexes; Ecological networks.

## 4.1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento e crescimento das sociedades, a compatibilização entre a utilização dos recursos naturais e a preservação dos ecossistemas se torna necessária, visto que a destruição destes recursos provoca alterações nas paisagens, refletindo na sua capacidade de contribuir com bens e serviços para a sociedade (ENCIMA et al., 2018).

A substituição de florestas nativas por outros usos da terra altera a configuração da paisagem, que assume a característica de um mosaico fragmentado (GOERL et al., 2011) e quando estas ocorrem sem um planejamento adequado para mitigação dos impactos, podem gerar ecossistemas com baixa resiliência e resistência a distúrbios naturais ou antrópicos (ETTO et al., 2013). As paisagens possuem um mosaico diversificado entre seus elementos, como os fragmentos e os corredores que exercem a função de conexão entre os elementos e a matriz (unidade dominante) (BOSCOLO et al., 2016).

No processo de fragmentação, os remanescentes florestais muitas vezes ficam isolados e imersos em uma matriz antrópica, seja agrícola ou urbana, que na maioria das vezes é inapropriada para a sobrevivência determinadas espécies (HADDAD et al., 2015). Este, tem efeitos negativos sobre o padrão do uso do habitat, como redução de extensão original, aumento no número de fragmentos e aumento do grau de isolamento (FAHRIG, 2003; HADDAD et al., 2015). A fragmentação de habitats é uma das mais citadas causas da extinção das espécies e perda da diversidade biológica, sendo definida como o processo pelo qual uma área contínua de habitat é reduzida em tamanho e dividida em fragmentos separados por uma matriz diferente do original (D'EON et al., 2002; ADAMCZYK, J.; TIEDE, 2017).

A diminuição do tamanho dos fragmentos aumenta a intervenção do perímetro-área, o chamado efeito de borda, que proporciona entre os principais impactos negativos as mudanças microclimáticas, o aumento da atividade dos predadores nas bordas, o aumento da mortalidade de espécies devido às condições desfavoráveis do ambiente da matriz e maior probabilidade de invasão de espécies exóticas (CHALFOUN et al., 2002; ADAMCZYK, J.; TIEDE, 2017).

A diminuição da conectividade limita a dispersão dos organismos, causando consequências negativas nas populações já que reduz o fluxo genético, podendo, em grande escala, levar a perda de diversidade genética (GIBBS, 2001; ENCIMA et al., 2018). Em ambientes degradados, a restauração florestal é essencial como forma de recuperar e aumentar a conectividade entre os fragmentos e consequentemente promover os serviços ecossistêmicos essenciais para a conservação e manutenção dos ecossistemas (FAHRIG, 2002; MONTEIRO et al., 2016).



Os estudos envolvendo os processos de conectividade entre fragmentos e os fluxos ecológicos têm sido considerados como prioritários na investigação da ecologia da paisagem (WU; HOBBS, 2002; MONTEIRO et al., 2016). Atualmente, a análise da fragmentação da paisagem é feita por meio de mapeamentos do uso e cobertura da terra, sendo possível identificar diferentes manchas e determinar o grau de fragmentação ou conectividade (CALEGARI et al., 2010; MONTANHEIRO; KIANG, 2016).

As mudanças ocorridas em uma paisagem, assim como a análise dos padrões da fragmentação florestal podem ser estudadas por meio da avaliação de índices ou métricas da paisagem para caracterização quantitativa e qualitativa, que permitem também, comparar paisagens, identificar diferenças e determinar relações entre os processos funcionais e os seus respectivos padrões (CABACINHA et al., 2010; SILVA; SOUZA, 2014).

Por exemplo, o estudo desenvolvido por Encina et al., (2018) objetivou analisar a estrutura da vegetação de fragmentos de Cerrado por meio de composição multitemporal, baseada nos Índice de Vegetação por Diferença Normalizada e Índice de Umidade por Diferença Normalizada, sendo possível detectar mudanças da cobertura vegetal e de umidade ao longo dos trinta anos entre 1985 e 2015.

Desta forma, por meio da análise de mapeamentos realizados com dados de sensores orbitais de diferentes épocas ou anos, é possível analisar a evolução e dinâmica da fragmentação da paisagem. Neste contexto as ferramentas de geoprocessamento e análises estatísticas a partir de mapeamentos de uso e cobertura da terra auxiliam na avaliação do grau de fragmentação ou conectividade da paisagem (GOERL et al., 2011; MONTANHEIRO; KIANG, 2016).

Diante dessas considerações, este trabalho tem o objetivo de analisar as conectividades dos fragmentos de vegetação presentes no território da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - SP, por meio da aplicação dos índices de Integração e Conectividade Ecológica, com o intuito de compreender o processo dinâmico e temporal dos fragmentos em 2007 e 2017.

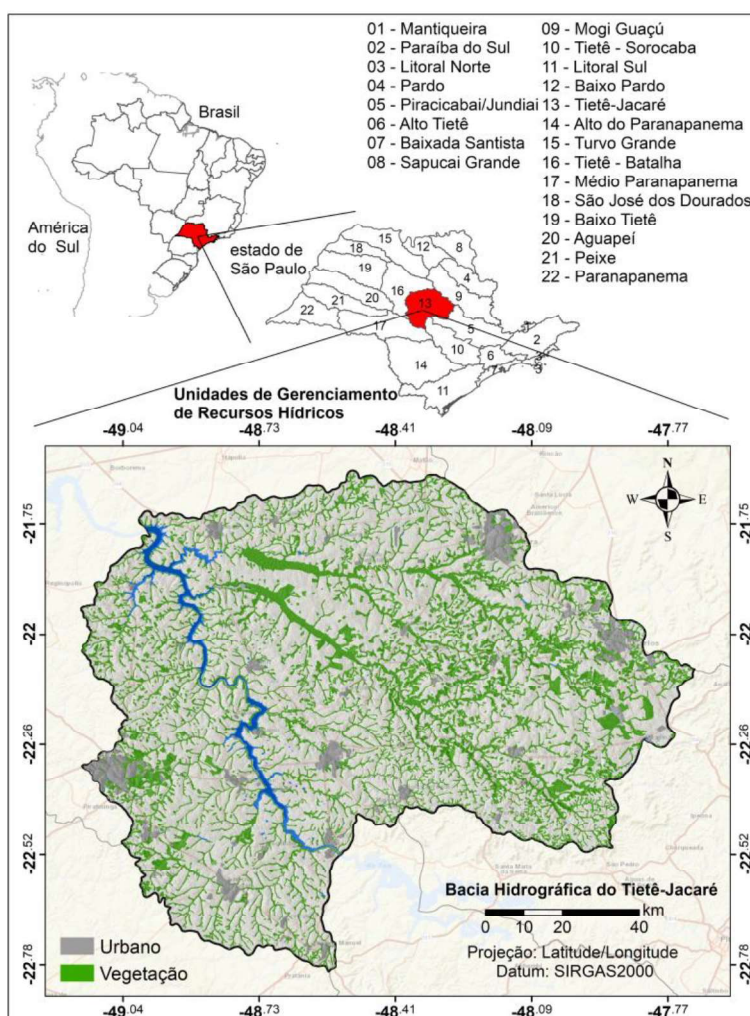
## **4.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.2.1 Área de estudo**

As Leis Estaduais n.7.663 de 30/12/91, n.9.034 de 27/12/1994 e nº 16.337 de 14/12/2016 (SÃO PAULO, 1991, 1994 e 2016) instituem o gerenciamento de recursos hídricos no estado de São Paulo, que é realizado por meio de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs). O estado possui vinte-e-duas UGRHIs, delimitadas a partir do conceito de bacia

hidrográfica, segundo o qual, cada unidade engloba os recursos hídricos que convergem para um corpo d'água principal, necessitando de articulação entre pesquisa, gerenciamento e aplicação de inovações (CBH-SM, 2015).

A **Figura 4.1** destaca a unidade de gestão número 13, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, com área total de 11.810,9km<sup>2</sup>, englobando 37 municípios e 1.718.433 habitantes. A bacia hidrográfica está localizada no centro do estado de São Paulo, entre as coordenadas 21°37' e 22°51' de latitude sul e 49°32' e 47°30' de longitude oeste. Com rede de drenagem de 8.686,42Km, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré engloba três rios principais: O Rio Tietê, o Rio Jacaré-Guaçu e o Rio Jacaré Pepira e os reservatórios de Bariri, Ibitinga e Carlos Botelho (Lobo/Broa) (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019).



**Figura 4.1:** Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

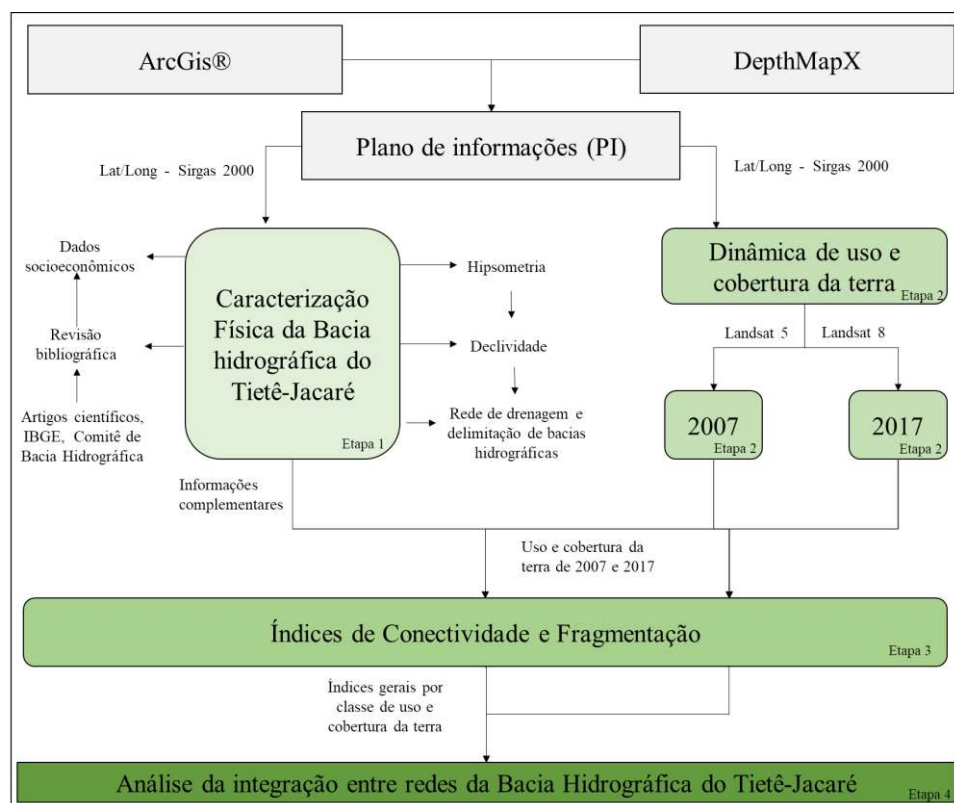
O clima, pela classificação de Köppen-Geiger, situa-se entre clima tropical úmido (de outubro a março) e inverno seco (de abril a setembro). O relevo é variável, com o ponto máximo de altitude a 1060m na região de São Carlos. A unidade Tietê-Jacaré está na Depressão Periférica do

estado de São Paulo onde se encontram os aquíferos Bauru, Serra Geral e Botucatu. Em sua maioria, a bacia é formada por solos de areias quartzosas profundas a moderadas e em menores quantidades ocorre a presença de Latossolo Roxo Eutrófico (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019). As principais atividades econômicas estão ligadas principalmente à agroindústria como produção de açúcar, álcool e processamento de cítricos. Nos maiores municípios como Bauru, São Carlos, Araraquara e Jaú, outros setores industriais como papel, bebidas, calçados e metal mecânica também se destacam (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019).

Por apresentar características de desenvolvimento consolidadas, que integram municípios com elevado grau de urbanização e potenciais industriais e agrícolas, que necessitam de uma rede viária integrada e conseqüentemente de uma rede hidrológica que comporte todo esse desenvolvimento, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré torna-se uma área potencial para análise das relações de conectividade entre os compartimentos da paisagem e suas inter-relações com o desenvolvimento antrópico e as áreas naturais, avaliando como estes influenciam na conservação dos ecossistemas.

#### 4.2.2 Metodologia

As informações foram inseridas e analisadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), sendo utilizados os softwares ArcGis 10.5 e DepthMapX 0.5 (**Figura 4.2**).



**Figura 4.2:** Fluxograma de trabalho.

Para a caracterização da paisagem, foi elaborado um banco de dados georreferenciado da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré na projeção geográfica latitude/longitude, datum SIRGAS2000 para todo o plano de informação. As informações utilizadas para a delimitação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré foram obtidas da base de dados digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), malha digital dos municípios brasileiros, versão 2015. Esse arquivo foi importado para o Sistema de Informação Geográfica, que possibilitou a análise e processamento digital do arquivo vetorial, sendo utilizadas as cartas planialtimétricas do IBGE, adquiridas em meio analógico na escala 1:50.000, folhas (IBGE, 1971).

As áreas de vegetação foram extraídas da classificação do uso e cobertura da terra para os anos em 2007 e 2017, a qual foi baseada no sistema multinível de classificação proposto pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), que no nível hierárquico primário (I) (**Tabela 4.1**) contemplou quatro classes que indicaram as principais categorias da cobertura terrestre, as quais foram discriminadas com base na interpretação dos dados dos sensores remotos, numa escala mais ampla.

O nível hierárquico secundário (II) explicitou os tipos de usos inseridos no primeiro nível com um detalhamento mais apurado da cobertura e o uso da terra em uma escala local e posteriormente o nível hierárquico terciário (III) explicitou os usos propriamente ditos.

**Tabela 4.1.** Descrição das classes de uso e cobertura da terra.

<b>Classe (I)</b>	<b>Tipo (II)</b>	<b>Descrição (III)</b>
Área Antrópica não Agrícola	Áreas urbanizadas	Área de adensamento urbano e áreas com instalações rurais (industriais e domiciliares)
	Cana-de-açúcar	Área de cultivo de <i>Saccharum officinarum</i> L.
Área Antrópica Agrícola	Citricultura e culturas diversas	Área de cultivo de <i>Citros sinensis</i> , <i>Zea mays</i> , <i>Coffea arabica</i> L. e <i>Oryza sativa</i> .
	Pastagens	Área com predomínio de vegetação herbácea (nativa ou exótica), utilizada para pecuária extensiva.
	Silvicultura	Área de cultivo homogêneo de <i>Eucalyptus spp.</i> ou <i>Pinus spp.</i>
	Solo exposto	Área de pousio do solo para cultivo de <i>Saccharum officinarum</i> L.

Vegetação	Vegetação	Área com predomínio de vegetação arbustiva/arbórea, com as formações vegetais de Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão.
Água	Corpos hídricos	Rios de grande porte, lagos, lagoas e represas.

A dinâmica temporal do uso e cobertura da terra foi realizada com base na classificação visual das imagens LandSat disponíveis na plataforma do *United States Geological Survey* (USGS, 2017), datadas em 21 de abril de 2007 e 11 de março de 2017. Por meio da digitalização em tela foi realizada a atribuição de um “pixel” a cada classe de uso. Para análise do uso e cobertura da terra de 2017, foram utilizadas imagens do satélite LandSat 8 – sensor OLI/TIRS, bandas 6/5/4, e para 2007 foram utilizadas imagens do satélite LandSat 5 – sensor TM, bandas 5/4/3, referentes às órbitas/pontos 220/75, 220/76 e 221/75, 221/76.

A utilização de cenas de satélites diferentes ocorreu em virtude da indisponibilidade de imagens por um único satélite no período de estudo, as cenas utilizadas para este estudo possuíram a mesma resolução espacial de 30 metros. As datas foram selecionadas de acordo com o cronograma de trabalho a ser realizado, onde os períodos de março e abril, em decorrência da sazonalidade das práticas agrícolas predominantes na região. A diferença de 10 anos entre as imagens possibilitou o estudo dos padrões temporais da paisagem, essenciais no direcionamento do planejamento regional, o qual considerou as vertentes de crescimento e desenvolvimento presentes (TREVISAN et al, 2018).

#### **4.2.3 Análise da conectividade e fragmentação dos fragmentos da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

Para análise da integração e conectividade dos fragmentos de vegetação da paisagem foram utilizadas e adaptadas as metodologias de McGarigal et al., (1995); Volotão (1998), Goerl et al., (2011), Rempel et al., (2012) e Weis et al., (2013) nos softwares ArcGis 10.5 e DepthMapX 0.5. Foi considerado o ordenamento territorial analisados a partir das informações presentes na caracterização do uso e cobertura da terra pelas imagens dos satélites LandSat 5 e 8 de 2007 e 2017 respectivamente.

Diversos autores vêm desenvolvendo trabalhos relacionados à conectividade e fragmentação da paisagem (MEDINI; VIEIRA, 2007; GUIMARÃES, 2009; EUROPARC, 2009; GOERL et al., 2011; MADUREIRA, 2012; LORONI, 2015; MONTANHEIRO; KIANG, 2016;

ADAMCZYK, J.; TIEDE, 2017), principalmente relacionados a criação de corredores ecológicos e deslocamento de espécies. O estudo realizado por Madureira (2012) abordou o conceito de infraestrutura verde na paisagem urbana contemporânea e o desafio da conectividade e da oportunidade da multifuncionalidade, com o objetivo de apresentar, desenvolver e discutir o conceito de infraestrutura e conectividades verdes, discutindo sobre o desafio da conectividade das áreas verdes urbanas enquanto valor ecológico, social e de composição urbana.

Para analisar o número de conexões da rede ecológica nos períodos analisados, foi utilizada a ferramenta “*Groups*” e “*Region Group*” que identificou as conexões existentes, sendo considerada toda malha viária em conjunto, por meio da análise de “*pixel*” das imagens geradas pela ferramenta “*Overlay*”, permitindo a quantificação e ordenação da conectividade viária na bacia hidrográfica (CASERI, 2009; WEIS et al., 2013).

Esta classificação foi realizada por meio das funções “*Eight*” que define a conectividade entre células do mesmo valor se estiverem dentro da vizinhança imediata um do outro (incluindo à direita, esquerda, acima ou diagonal) e “*Within*” que testa a conectividade entre valores de entrada iguais na mesma zona, onde as únicas células que podem ser agrupadas são células do mesmo valor que atendem aos requisitos espaciais de conectividade especificados).

## 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.3.1 Fragmentos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

Foram identificadas nove classes de uso e cobertura da terra, sendo classificadas como: cana-de-açúcar, corpos hídricos, citricultura, culturas diversas (pela resolução das imagens de satélites, algumas regiões como cultivo de milho, café e arroz foram agrupadas no mesmo tipo de uso), pastagens, silvicultura, urbano e vegetação. Considerando o intervalo de 10 anos, observou-se uma expansão das atividades agrícolas com um incremento de 24.507,53ha (2,05% da área total) de áreas de cultivo, principalmente pela cultura de cana-de-açúcar.

As áreas de vegetação (**Figura 4.3**) apresentam-se fragmentadas ao longo da área de estudo, com perda de aproximadamente 2,7%, representando 32.149ha. Esses fragmentos, imersos na matriz agrícola, estão em sua maioria associados aos corpos hídricos que também apresentaram redução de 191,20ha das massas de águas da região. Estes remanescentes naturais localizam-se principalmente próximos ao Rio Tietê, nos municípios de Itajú, Bariri, Ibitinga e Bocaina, próximos ao Rio Jacaré-Guaçu nos municípios de Ribeirão Bonito, São Carlos, Ibaté e Itirapina, próximos ao

Rio Jacaré-Pepira, nos municípios de Dourado e Brotas e próximos ao Rio Jaú, nos municípios de Jaú e Mineiros do Tietê.

Esta diminuição dos fragmentos de vegetação ocorreu em todas as regiões da bacia hidrográfica (**Tabela 4.2**), tendo as sub-bacias do Rio Jáu (27,42%), Rio Claro (21,23%) e Rio Bauru (14,24) com as maiores perdas em porcentagem.

**Tabela 4.2.** Distribuição da vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

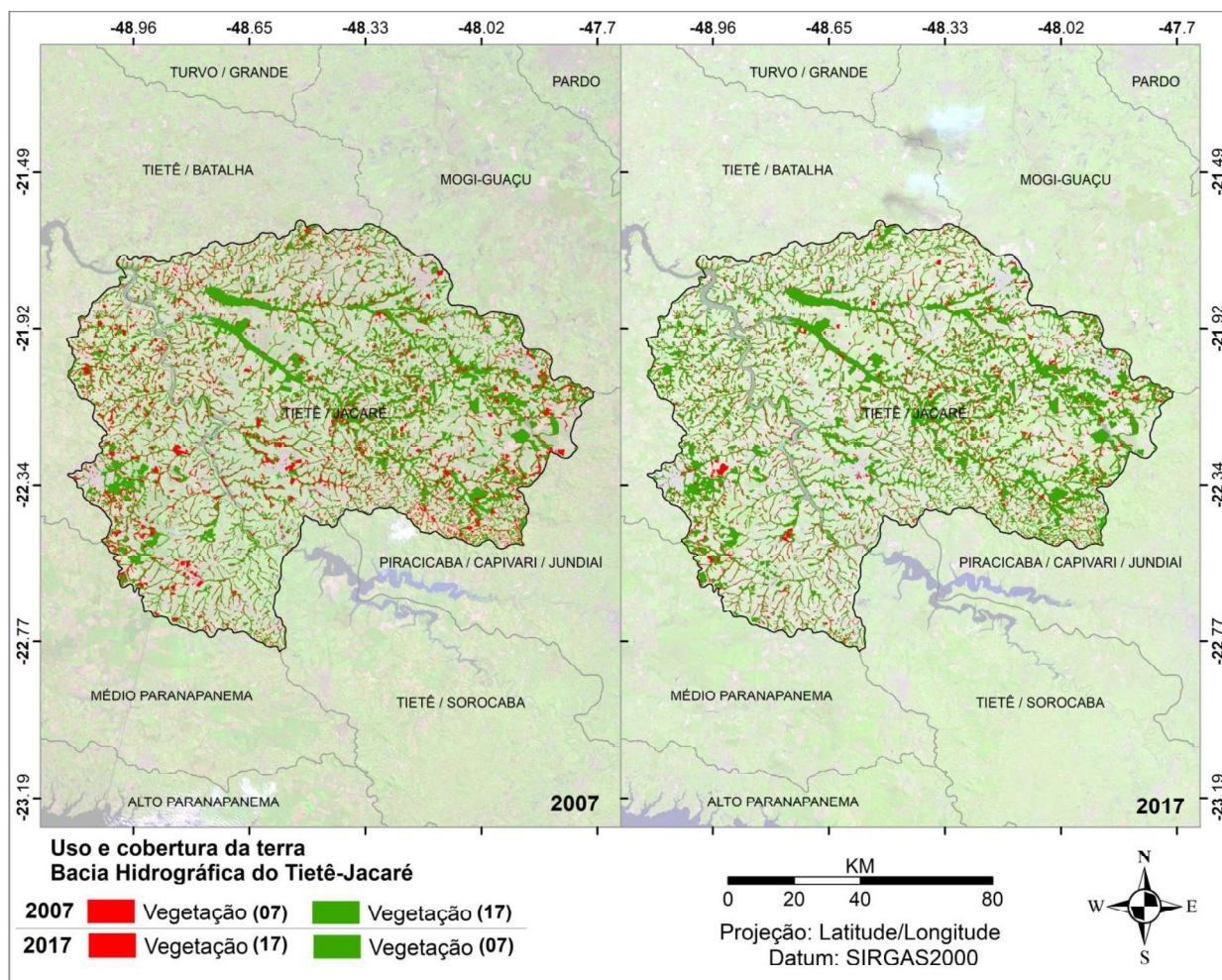
Sub-bacia	Área (ha)	%	Vegetação 2007	Vegetação 2017	Decréscimo	%
Rio Bauru	83.195,00	7,04	20.149,30	17.280,62	2.868,68	14,24
Rio Claro	116.893,00	9,90	25.779,98	20.307,01	5.472,97	21,23
Rio Jacaré-Guaçu	418.920,00	35,46	101.195,91	94.671,28	6.524,63	6,45
Rio Jacaré-Pepira	266.157,00	22,53	75.357,72	68.110,01	7.247,71	9,62
Rio Jaú	153.582,00	13,00	27.536,99	19.985,76	7.551,23	27,42
Rio Lençóis	142.343,00	12,06	24.268,08	21.784,32	2.483,76	10,23
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,00</b>	274.287,98	242.139,00	32.148,98	11,72

Essa perda de áreas de vegetação foi semelhante aos estudos realizados por Moraes (2013) e Mello (2014), que evidenciaram cenário no processo de fragmentação da paisagem em decorrência de ações antrópicas e analisaram as fitofisionomias de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual, tipos vegetacionais presentes na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. A avaliação destes cenários mostrou que a incorporação dos dispositivos legais no planejamento e ordenamento territorial subsidia as estratégias voltadas para a manutenção de habitats naturais e, conseqüentemente, a diminuição dos efeitos negativos sobre a biodiversidade.

Considerando que a Mata Atlântica e o Cerrado são dois *hotspots* de biodiversidade, é necessária uma intervenção no processo de fragmentação da paisagem, em sua maioria decorrentes do avanço da fronteira agrícola, mais especificamente pelo cultivo da cana-de-açúcar, que implica em severas mudanças nos padrões biológicos da paisagem e na conservação de fauna e flora presentes nesses habitats (SOUZA, 2005; MORAES et al., 2013). Estes impactos comprometem a estrutura e os serviços ambientais, como os impactos nos solos que suportam a cobertura vegetal como das maiores fontes de energia para a vida terrestre (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008; HERNANDEZ et al., 2015).



Diversos autores (SANQUETTA et al., 1996; CASTRO; KAUFFMANN, 1998; AZEVEDO, 2013; MACEDO et al., 2013) discutem sobre os impactos da transição dos fragmentos naturais ou mesmo agrícolas para os cultivos de cana-de-açúcar ou outras monoculturas. Como dito por Zimmermann (2009) “a simplificação dos ecossistemas, processo indispensável para o desenvolvimento da monocultura extensiva é extremamente perigosa para a manutenção desses que, em geral, são complexos.”



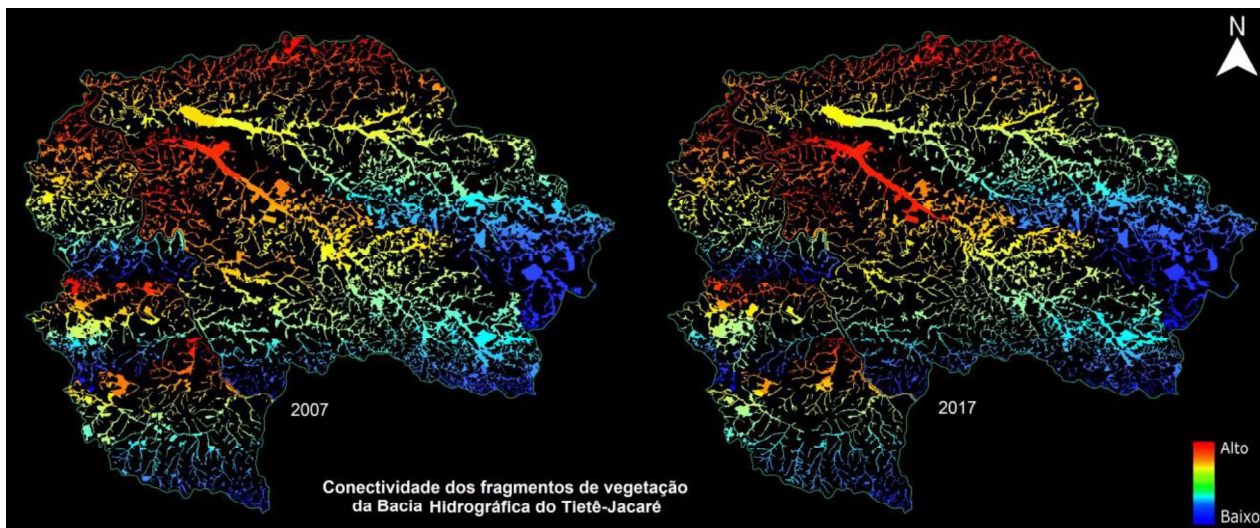
**Figura 4.3:** Vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

#### 4.3.2 Análise da conectividade e fragmentação dos fragmentos da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

A estruturação da vegetação foi observada pelos Índices de Integração e Conectividade Ecológica (**Figura 4.4**), os quais demonstraram que a configuração vegetacional da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré entre 2007 e 2017, sofreu poucas alterações estruturais, sendo que as conexões principais relacionam-se ao exutório de cada sub-bacia e consequentemente da bacia hidrográfica.



Entre 2007, cerca de 19% dos fragmentos (417) possuíam baixa ou nenhuma conectividade e em 2017 esse número aumentou para 23% (515), relacionado ao crescimento da fragmentação como um todo, havendo também uma diminuição das áreas com altas conexões passando de 17,53% (384) para 14,12% (315). Tanto em 2007 como 2017, os principais fragmentos de conexão da paisagem estavam situados nas regiões da sub-bacia do Jacaré-Guaçu e Jacaré Pepira, entretanto estas são as áreas que mais apresentam fragmentos com baixa conectividade em 2007 e 2017 (90 e 149 e 102 e 135 respectivamente).



**Figura 4.4:** Conectividade dos fragmentos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

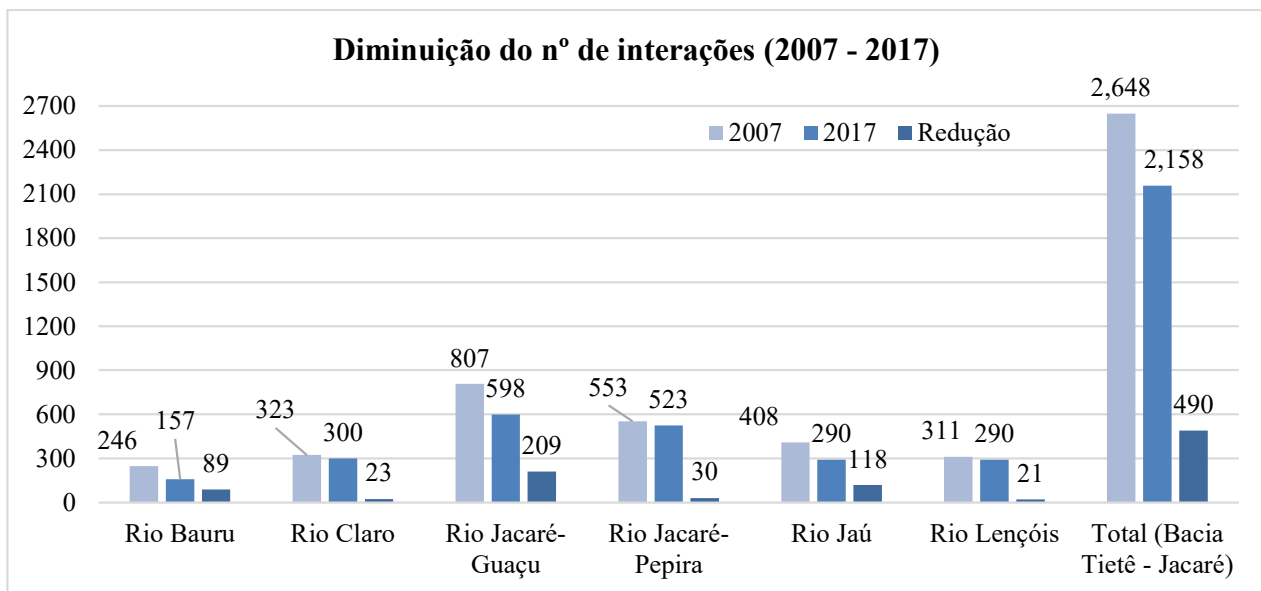
O crescimento da fragmentação da vegetação contribuiu para a diminuição do número de interações entre os fragmentos da bacia hidrográfica, a qual apresentou um decréscimo médio de 18% (**Tabela 4.6 e Figura 4.5**). Em 2007, o número total de conexões era de 2.648, caindo para 2.158 em 2017, totalizando uma diminuição de 490 interações (18,50%). A região apresenta cinco ordens de conexões, tendo as conexões secundárias como predominantes, contando com 462 (21,10%) em 2007 e 549 (24,61%) em 2017 (**Apêndice 7.4**).

**Tabela 4.3.** Distribuição do número de interações dos fragmentos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Sub-bacia	Interações (2007)	% na bacia	Interações (2017)	% na bacia	Decréscimo %
Rio Bauru	246	9,29	157	7,28	36,18
Rio Claro	323	12,20	300	13,90	7,12
Rio Jacaré-Guaçu	807	30,48	598	27,71	25,90

Rio Jacaré-Pepira	553	20,88	523	24,24	5,42
Rio Jaú	408	15,41	290	13,44	28,92
Rio Lençóis	311	11,74	290	13,44	6,75
<b>Total</b>	<b>2.648</b>	<b>100,00</b>	<b>2.158</b>	<b>100,00</b>	<b>18,50</b>

Este decréscimo foi similar em todas as regiões da bacia hidrográfica (**Figura 2.6**), sendo que a sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu, onde localizam-se os municípios de São Carlos, Araraquara, Ibaté, Matão entre outros, apresentou o maior número de interações, totalizando 27% de todos os fragmentos de vegetação da região. As sub-bacias do Rio Bauru e Rio Lençóis apresentaram as maiores perdas de fragmentos no período estudado, com diminuição de 90 e 94 fragmentos, apresentando também a diminuição do número de fragmentos isolados, o que indica os desaparecimentos destes na conversão para outros tipos de usos das terras.



**Figura 4.5:** Número de interações dos fragmentos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

O processo de modificação da paisagem conforme analisado na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, também foi notado em estudos de outras regiões (SOARES FILHO, 2001; CHAVES; SANTOS, 2009; SILVA et al., 2017) os quais observaram o processo de fragmentação das áreas naturais, assim como dos impactos acarretados pelas atividades antrópicas. OLIVEIRA et al., (2014) objetivaram mapear a cobertura da terra e analisar as métricas de fragmentação da paisagem da Bacia Hidrográfica do Alto São Bartolomeu - Distrito Federal, o quais evidenciaram que a maioria dos fragmentos remanescentes de vegetação encontraram-se pressionados pela matriz agrícola em função do acelerado processo de ocupação do solo em seu entorno, nem sempre planejado e organizado.

A ocupação desordenada da terra e o manejo inadequado do solo têm provocado diversos problemas ambientais, tais como: a compactação do solo, diminuição da quantidade de água pluvial infiltrada e o aumento do escoamento superficial. Esse conjunto de fatores propicia o crescimento do processo de erosão hídrica, que pode evoluir na forma laminar, em sulco, ravina ou voçoroca (SILVA, 2001; MEDRANO; RECAMAN, 2018).

No caso do gerenciamento de bacia hidrográficas, as questões sobre a diminuição da vegetação e conseqüentemente o comprometimento da qualidade da água para fins de abastecimento é decorrente do desmatamento e da poluição por diferentes fontes, tais como efluentes domésticos, efluentes industriais e deflúvio superficial urbano e agrícola (MERTEN; MINELLA, 2002; MUSHARAFI et al., 2014). A degradação da vegetação ciliar e dos mananciais, proveniente do deflúvio superficial agrícola, ocorre, principalmente, devido ao aumento da atividade primária das plantas e algas em decorrência do aporte de nitrogênio e fósforo proveniente das lavouras e da produção animal em regime confinado (MERTEN; MINELLA, 2002; MUSHARAFI et al., 2014).

#### **4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A bacia hidrográfica apresentou uma redução na qualidade ambiental e aumento do predomínio das atividades antrópicas que conseqüentemente culminaram com mudanças nos padrões de conectividade e fragmentação, onde as áreas urbanas e a cana-de-açúcar são predominantes nessas interconexões. Esta preponderância deve-se ser considerada nos futuros planos de ação e planejamento da bacia hidrográfica, principalmente relacionado as possíveis impactos negativos das pressões do ordenamento territorial e das atividades antrópicas sobre os compartimentos naturais da paisagem.

Faz-se essencial a preocupação não apenas da condição atual da região, mas com as tendências que se solidificam ao passar dos anos, como as perdas de áreas naturais e das mudanças do padrão e organização da paisagem em decorrência da expansão das atividades antrópicas. Os ecossistemas, com seus bens e serviços ambientais, subsidiam diversas atividades antrópicas e socioeconômicas, e quando sobrecarregados além de sua capacidade suporte, podem comprometer o atendimento das necessidades humanas.

A dinâmica temporal da vegetação, associada aos índices de integração e conectividade, ao expressarem o estado de configuração das paisagens, apresentaram-se como ferramentas importantes no diagnóstico voltado a conservação dos ecossistemas, possibilitando uma análise precisa dos elementos que as compõe. Tais índices permitiram a comparação dos fragmentos naturais, o que é essencial no planejamento regional, como o caso de bacias hidrográficas.

Entretanto, ressalta-se que as análises de fragmentação e conectividade devem ser sempre contextualizadas e suas discussões embasadas de acordo com a escala de análise utilizada, pois esta pode implicar em mudanças na observação dos estudos.

#### 4.5 REFERÊNCIAS

ADAMCZYK, J.; TIEDE, D. Zonal Metrics: A Python toolbox for zonal landscape structure analysis. **Computers & Geosciences**, v.99, p.91-99, 2017.

AZEVEDO, T. N. **Efeito da expansão do cultivo de cana-de-açúcar na composição da paisagem do estado de São Paulo**. 2013, 79f. Dissertação (Mestrado em Biociências) – Universidade de São Paulo, 2013.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 6ª ed. São Paulo: **Ícone**, 2008, 355p.

BOSCOLO, D.; FERREIRA, P. A.; LOPES, L. E. Da matriz a matriz: Em busca de uma abordagem funcional para a ecologia de paisagens. **Filosofia e História da Biologia**. v.11, p.157–187, 2016.

CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S.; GONÇALVES, D. A. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Rio Araguaia na savana brasileira. **Revista Floresta**, v.40, p.675-690, 2010.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p.871-880, 2010.

CASTRO, E. A; KAUFFMANN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, v.14, p.263–283, 1998.

CASERI, A. N.; FERRAZ, S. F. B.; DE PAULA, F. R. Avaliação da conectividade hidrológica da Bacia do Rio Corumbataí, SP. **Anais**. II Seminário de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: recuperação de área degradadas, serviços ambientais e sustentabilidade, Taubaté, p.223-232, 2009.

CBH-SM. Comitê das Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira. **Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2015. Disponível em <<https://www.comitesm.sp.gov.br/institucional.php?k=ugrhi>> Acesso em 08 de junho de 2019.

CHALFOUN, A. D.; THOMPSON III, F. R.; RATNASWAMY, M. J. Nest predators and fragmentation: a review and meta-analysis. **Conservation Biology**, v.16, p.306-318, 2002.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.922–930, 2009.

COELHO, A. T.; GUARDABASSI, P. M.; LORA, B. A.; MONTEIRO, B. A. A.; GORREN, G. A. Sustentabilidade da expansão da cultura canavieira. **Cadernos Técnicos da Associação Nacional de Transportes Públicos**, São Paulo, v.6, p.1-13, 2007.

D'EON, R. G.; GLENN, S. M.; PARFITT, I.; FORTIN, M. J. Landscape connectivity as a function of scale and organism vagility in a real forested landscape. **Conservation Ecology**, v.6, p.1-10, 2002.

DONODOV, E. **Pista de saúde da UFSCar**. 2008. Disponível em: <[https://www.flickr.com/photos/eugeni\\_dodonov/3016725791/](https://www.flickr.com/photos/eugeni_dodonov/3016725791/)> Acesso em: 21 de julho de 2019.

ENCIMA, C. C. C.; MARQUES, M. R.; DIODATO, M. A.; MOTTA, J. S.; GODOI, R. F.; OLIVEIRA, J. R. S.; GAMARRA, R. M.; DALMAS, F. B.; PARANHOS FILHO, A. C. Análise da Estrutura Vegetal de Fragmentos do Bioma Cerrado Através de Sensoriamento Remoto. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.41, p. 585 – 597, 2018.

ETTO, T. L.; LONGO, R. M.; ARRUDA, D. R.; INVENIONI, R. Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras - Campinas-SP. **Revista Árvore**, v.37, p.1063-1071, 2013.

EUROPARC. Conectividad ecológica y áreas protegidas: Herramientas y casos practicos. **Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los espacios naturales**, 1ª ed. v.2, 2009, 86p.

FAHRIG, L. Effect of habitat fragmentation on the extinction treshold: A synthesis. **Ecological Applications**, v.12, p.346-353, 2002.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.34, p.487-515, 2003.

GIBBS, J. P.; STANTON, E. J. Habitat fragmentation and arthropod community change: carrion beetles, phoretic mites, and flies. **Ecological Applications**, v.11, p.79-85, 2001.

GOERL, R. F.; SIEFERT, C. A. C.; SCHULTZ, G. B.; DOS SANTOS, C. S.; DOS SANTOS, I. Elaboração e aplicação de índices de fragmentação e conectividade da paisagem para análise de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, p.1000-1012, 2011.

GUIMARÃES, T. F. R. **Conectividade e padrões de riqueza e diversidade de espécies de peixes nas lagoas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2009. 40f. Dissertação (monografia em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R. D.; LOVEJOY, T. E.; SEXTON, J. O.; AUSTIN, M. P.; COLLINS, C. D.; COOK, W. M.; DAMSCHEN, E. I.; EWERS, R. M.; FOSTER, B. L.; JENKIS, A. J.; KING, A. J.; LAURANCE, W. F.; LEVEY, D. J.; MARGULES, C. R.; MEBOURNE, B. A.; NICHOLLS, A. O.; ORROCK, J. L.; SONG, D. X.; TOWNSHEND, J. R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v.1, n.2, p.1-9, 2015.

HERNANDEZ, R. R.; HOFFACKER, M. K.; MARISCAL-MURPHY, M. L.; WU, G. C.; ALLEN, M. F. Solar energy development impacts on land cover change and protected areas. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.112, p.13579–13584, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas planialtimétricas**. 1971. Disponível em <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/folhas\\_topograficas/editoradas/escala\\_50mil/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/folhas_topograficas/editoradas/escala_50mil/)> Acesso em 27 de março de 2019.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra 3ª Edição**. 2013. Disponível em <[www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual\\_usodaterra.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm)>. Acesso em: 31 de maio de 2019.

LORONI, M. L. **Conectividade e redes ecológicas em paisagens fragmentadas: aplicações em conservação da biodiversidade e restauração ecológica**. 2015. Disponível em <<https://www.criandoelo.com.br/wp-content/uploads/2015/10/Maria-Lucia-Lorini.pdf>> Acesso em 11 de janeiro de 2019.

MACEDO, R. C.; ALMEIDA, C. M.; SANTOS, J. R.; RUDORFF, B. F. T. Modelagem dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.19, p.313-337, 2013.

MADUREIRA, H. Infraestrutura verde na paisagem urbana contemporânea: o desafio da conectividade e a oportunidade da multifuncionalidade. **Revista da Faculdade de Letras – Geografia – Universidade do Porto**, v.1, p.33 - 43, 2012.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; NEEL, M.C.; ENE, E. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps: **user manual v. 2.0**, 1995, 141p.

MEDINI, G. F.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo paisagem. **Oecol**, v.11. n.4. p.493-502, 2007.

MEDRANO, L.; RECAMAN, L. Space and society in the 21st century. The case of São Paulo. **Bitácora Urbano Territorial**, v.28, p. 69-81, 2018.

MELLO, K.; PETRI, L., CARDOSO-LEITE, E.; TOPPA, R. H. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. **Revista Árvore**, v.38, p.309-317, 2014.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.3, n.4, p.33 – 36, 2002.

MONTANHEIRO, F.; KIANG, C. G. Nitrato no aquífero adamantina: o caso do município de Monte Azul Paulista, SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v.37, n.2, p.25-44, 2016.

MONTEIRO, J. F.; KAMALI, B.; SRINIVASAN, R.; ABBASPOUR, K.; GUCKER, B. Modelling the effect of riparian vegetation restoration on sediment transport in a human-impacted Brazilian catchment. **Ecohydrology**, v.9, n.7, p.1289-1303, 2016.

MORAES, M. C. P. **Dinâmica da paisagem da zona de amortecimento do Parque Estadual de Porto Ferreira, SP**. 2013. 92f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2013.

MORAES, M. C. P.; TOPPA, R. H.; MELLO, K. A Expansão da cana-de-açúcar como fator de pressão para áreas naturais protegidas. IN: DOS SANTOS, J. E.; ZANIN, E. M. (Org.). Faces da Polissemia da Paisagem: Ecologia, Planejamento e Percepção. 1ª ed, v.5, São Carlos: **Rima**, 2013, p.163-173.

MUSHARAFI, S. K.; MAHMOUD, I. Y.; BAHRY, S. N. Environmental contamination by industrial effluents and sludge relative to heavy metals. **Journal of Geoscience and Environment**

**Protection**, v.2, p.14-18, 2014.

OLIVEIRA, F. R.; NEVES, G.; SENA-SOUZA, J. P.; ALVES, R. P.; MARTINS, E. S.; JUNIOR, A. F. C.; NARDOTO, G. B. Análise da fragmentação da paisagem da Bacia Hidrográfica do Alto São Bartolomeu como subsídio ao modelo pressão-estado-resposta. **Espaço & Geografia**, v.17, p.207 – 234, 2014.

REMPEL, R. S.; KAUKINEN; CARR, A. P. Patch analyst and patch grid. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, **Thunder Bay, Ontario**, 2012.

SANQUETTA, C. R.; BRENA, D. A.; ANGELO, H.; MENDES, J. B. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p.65-78, 1996.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº7.663, de 30/12/1991. **Normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 1991. Disponível em < <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>> Acesso em 26 de fevereiro de 2019.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº9.034, de 27/12/1994. **Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995**. 1994. Disponível em <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1994/lei-9034-27.12.1994.html>> Acesso em 26 de fevereiro de 2019.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº16.337, de 14/12/2016. **Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas**. 2016. Disponível em < <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2016/lei-16337-14.12.2016.html>> Acesso em 26 de dezembro de 2020.

SILVA, D. P.; BARBIERI, L. R.; FERREIRA, I. J.; FERREIRA, J. H. D.; COUTO, E. V. Efeitos da fragmentação florestal no município de Japurá – Paraná. **Revista GEOMAE**, v.8, n. Especial, p.186 – 195, 2017.

SILVA, M. S. F.; SOUZA, R. M. Spatial patterns of forest fragmentation in the Flona Ibura - Sergipe. **Mercator**, v.13, n.3, p.121-137, 2014.



SILVA, V. C. **Erosão atual, erosão potencial e aporte de sedimento na Bacia do Rio Paracatu (MG/GO/DF)**. 2001. 108. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

SOARES FILHO, B. S. Fragmentação da paisagem florestal em função da estrutura e dinâmica fundiária no norte do Mato Grosso. **Anais. X SBSR**, Foz do Iguaçu, INPE, p.987 – 995, 2001.

SOUZA, R. A. D. **Avaliação das frações de fosfato como indicadores de eutofrização de águas superficiais**. 2005. 124f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade federal de Lavras, 2005.

TREVISAN, D. P.; DIAS, L.; MOSCHINI, L. E. Atlas histórico e geográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê-Jacaré. 1ª ed. **Amazon**, 2019, 50p.

TREVISAN, D. P.; MELLO, B. M. ; MELLO, R. M. ; MOSCHINI, L. E. . Análise das mudanças do uso e cobertura da terra entre 1988 e 2017 no município de Ibaté-SP. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA**, v. 11, p. 2216-2228, 2018.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D. C.; LUZIA, A. P.; VON HAELING, P. H.; FROLLINI, E. H. A Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos Avançados**, v.22 n.63 São Paulo, p.159-172, 2008.

USGS. Scientific agency for natural sciences, 2017. **Imagens LandSat 5 de abril de 2007 e LandSat 8 de março de 2017**. Disponível em < <https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em 27 de março de 2019.

VOLOTÃO, C. F. S. Trabalho de análise espacial: Métricas do Fragstats. **INPE**, São José dos Campos, 1998, 48p.

WEIS, C. V. C.; HASENACK, H.; BECKER, F. G.; LIMA, L. T.; TERCEIRO, A. M. Ferramentas de geoprocessamento aplicadas na análise temporal das conectividades entre lagoas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. INPE, p.5523 – 5528, 2013.

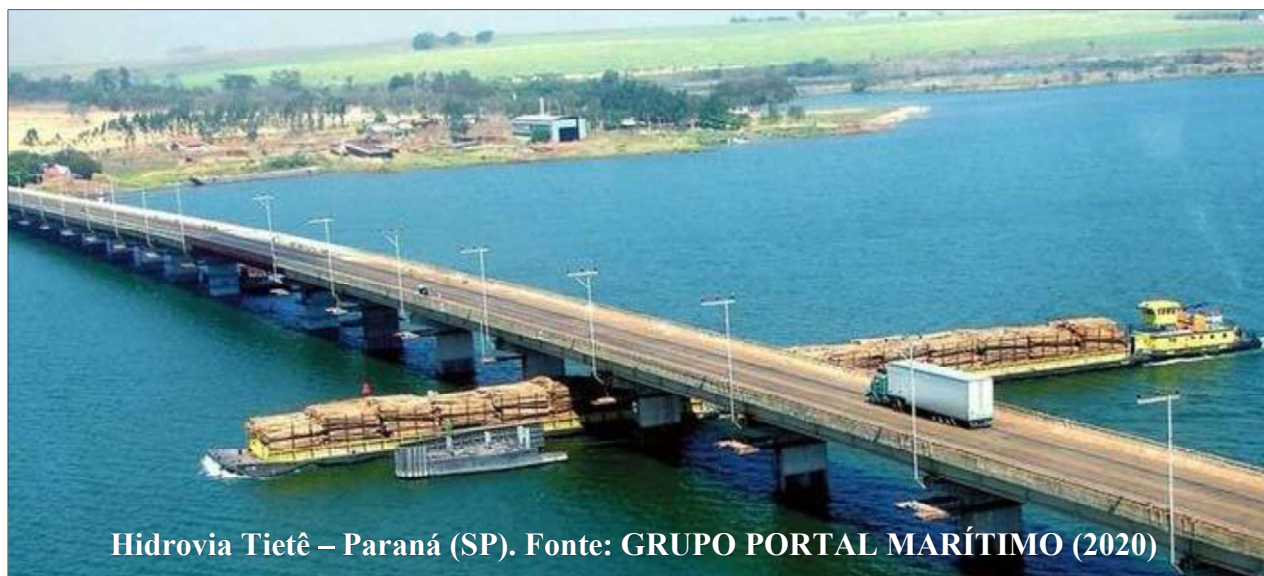
WU, J.; HOBBS, R, Key issue and research priority in landscape ecology. An idiosyncratic synthesis. **Landscape Ecology**, v.17, p. 355 – 365, 2002.

ZIMMERMANN, C. L. Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. **Veredas do Direito**. v.6, n.12, p.79-100, 2009.

## **Interações entre redes: estudo de caso na Bacia**

### **Hidrográfica do Tietê-Jacaré – SP, Brasil**

*Interaction between networks: study case in the Tietê-Jacaré Hydrographic Basin – SP, Brazil*



**Hidrovia Tietê – Paraná (SP). Fonte: GRUPO PORTAL MARÍTIMO (2020)**

## RESUMO

A análise das paisagens torna-se fundamental nos estudos relacionados aos impactos das alterações antrópicas sobre os ecossistemas. As pesquisas relacionadas as paisagens urbanas e hidrológicas colaboram com o entendimento sobre as paisagens naturais por meio das suas interligações e inter-relações com o meio natural, contribuindo com o fortalecimento das ações voltadas a manutenção dos ecossistemas naturais e dos próprios ecossistemas urbanos e hídricos nas ações de planejamento. Este trabalho, tem o objetivo de analisar as interações entre as conectividades viárias, hidrológicas e estruturais da paisagem presentes no território da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - SP, por meio da aplicação dos índices métricos de Integração, Fragmentação e Conectividade da Paisagem, com o intuito de avaliar o processo dinâmico e temporal das interações entre os compartimentos da paisagem nos anos de 2007 e 2017. As informações foram analisadas por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), relacionando as interferências e as correlações do espaço viário e hidrológico com as áreas naturais em escala temporal. Considerando o intervalo de 10 anos, observou-se uma expansão das atividades agrícolas com um incremento de 24.507,53ha de áreas de cultivo e perda de áreas de vegetação de 32.149ha. A bacia hidrográfica apresentou uma redução das áreas de drenagem e aumento no número de estradas que conseqüentemente culminaram com mudanças nos padrões de conectividade e fragmentação, onde as áreas urbanas e a cana-de-açúcar são dominantes nessas interconexões. Este predomínio deve-se ser observado de forma mais detalhada no que tange o planejamento da bacia hidrográfica, principalmente relacionado aos possíveis impactos acarretados por estes, onde os índices métricos de Integração, Fragmentação e Conectividade da Paisagem, apresentaram-se como ferramentas importantes no diagnóstico voltado a conservação dos ecossistemas.

**Palavras-chave:** Análise de redes; Conectividade de paisagens; Índices da paisagem; Planejamento.

## ABSTRACT

The landscape analysis becomes essential in studies related to the impacts of anthropogenic changes on ecosystems. Research related to urban and hydrological landscapes collaborate to the understanding of natural landscapes through their interconnections and interrelationships with the natural environment, contributing to the strengthening of actions aimed at the maintenance of natural, urban and water ecosystems in the planning actions. This work aims to analyze the interactions between road, hydrological and structural landscape connectivity present in the territory of the Tietê-Jacaré Hydrographic Basin - SP, through the application of the metric indices of metric indices of the Landscape Integration, Fragmentation and Connectivity, to evaluate the dynamic and temporal process of interactions between the landscape compartments in 2007 and 2017. The information was analyzed using Geographic Information Systems (GIS), relating the interference and correlations of the road and hydrological space with natural areas in a temporal scale. Considering the 10-year interval, there was an expansion of agricultural activities with a cultivated area increase of 24,507.53ha and vegetation loss of 32,149ha. The hydrographic basin has reduced drainage areas and increased the number of roads that eventually led to changes in connectivity and fragmentation patterns, where urban areas and sugarcane are dominant in these interconnections. This predominance should be observed in more detail regarding the planning of the watershed, especially related to the possible impacts caused by them, where the metric indices of the Landscape Integration, Fragmentation and Connectivity were presented as important tools in the diagnosis focused on the conservation of ecosystems.

**Keywords:** Network analysis; Landscape connectivity; Landscape indexes; Planning.

## 5.1 INTRODUÇÃO

A estrutura da paisagem é resultado das interações entre as forças físicas, biológicas, políticas, econômicas e sociais que se caracterizam por uma estrutura conectada ou fragmentada pelos usos da terra. A análise das configurações espaciais das paisagens torna-se fundamental no que tange o subsídio dos estudos relacionados aos impactos das alterações antrópicas sobre os ecossistemas, onde a conectividade estabelece o grau de facilidade que os elementos se deslocam entre as unidades de paisagem (GOERL et al., 2011; TURNER; SIMARD, 2017).

O desenvolvimento de métodos e índices direcionados para análise das paisagens é um pré-requisito para o entendimento das relações de seus padrões e processos de organização. Nas últimas décadas surgiram novos métodos quantitativos no intuito de analisar padrões, determinar a importância de processos espaciais e desenvolver modelos, onde as métricas e os índices são uma das formas mais eficazes de quantificar-se os atributos espaciais das paisagens (LI; WU, 2004; MARTINI et al., 2018).

Os estudos relacionados as paisagens urbanas e hidrológicas colaboram com o entendimento sobre as paisagens naturais por meio da compreensão de suas interligações e inter-relações com o meio natural. Tais análises fortalecem e direcionam as ações voltadas a manutenção e recuperação dos ecossistemas naturais e conseqüentemente dos próprios ecossistemas urbanos e hídricos nas ações de planejamento.

Por exemplo, o estudo desenvolvido por Oliveira et al., (2014) objetivou mapear a cobertura da terra e analisar as métricas de fragmentação da paisagem para identificar os indicadores de pressão e estado a serem usados no Modelo Pressão-Estado-Resposta (PER) para a Bacia Hidrográfica do Alto São Bartolomeu – DF, o qual observou que a maioria dos fragmentos remanescentes de vegetação nativa, encontram-se pressionados pela matriz agrícola em função do acelerado processo de ocupação do uso e cobertura da terra em seu entorno.

Desta forma, compreender as áreas urbanizadas, hidrológicas e ambientais como um território complexo, onde as questões sociais interagem com os elementos biofísicos, pressupõe analisar não apenas a ordenação e regulação dos usos da terra em seus diferentes espaços interurbanos e ecológicos, mas também, a contextualizar as suas dimensões espaciais e temporais, considerando as diversas interações em suas múltiplas escalas (TURNER et al., 1989; TURNER; SIMARD, 2017).

Além disso, a organização da malha viária interfere na conectividade hidrológica ao modificar os cursos dos rios, recebendo escoamento das encostas e direcionando aos canais de drenagem, e conseqüentemente, conectando ou desconectando os fragmentos naturais presentes na paisagem (LANE et al., 2006; XIA, 2017). Este processo pode ocorrer especialmente nas áreas próximas às estradas, principalmente nos pontos de maior influência, onde ocorre a conexão direta entre as estradas, os canais de drenagem e os fragmentos florestais (CROKE et al., 2005; LAMOUNIER, 2015).

A vegetação, por sua vez, tem influência direta nos processos de conectividade hidrológica, além da proteção e manutenção das áreas de mananciais, por meio da interceptação da vegetação, do amortecimento do impacto da água no solo e da retenção de umidade pela serapilheira, que retardam o escoamento superficial, diminuem os processos erosivos e possibilitam o aumento da percolação e recomposição das águas subterrâneas (VIANA et al., 2009; XIA, 2017).

Este contexto engloba a importância do planejamento adequado do território, visando a melhoria da qualidade ambiental, hidrológica e urbana, onde as funcionalidades ambientais sejam valorizadas de forma significativa, com um crescente interesse sobre os efeitos de atividades antrópicas sobre as propriedades das redes de interações (PICKETT et al., 2001; MOREIRA et al., 2015).

A utilização de índices e métricas complementados pelo uso e aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) têm facilitado as análises relacionadas à caracterização, ao diagnóstico e ao planejamento ambiental e urbano, auxiliando em tarefas como a simulação do espaço geográfico, dos processos naturais e na integração e organização de informações espaciais (NICOLETTI; FERREIRA, 2015).

Diante dessas considerações, este trabalho tem o objetivo de analisar as interações entre as conectividades viárias, hidrológicas e estruturais da paisagem presentes no território da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - SP, por meio da aplicação dos índices métricos de Integração, Fragmentação e Conectividade da Paisagem, com o intuito de compreender o processo dinâmico e temporal das interações entre as conectividades nos anos de 2007 e 2017.

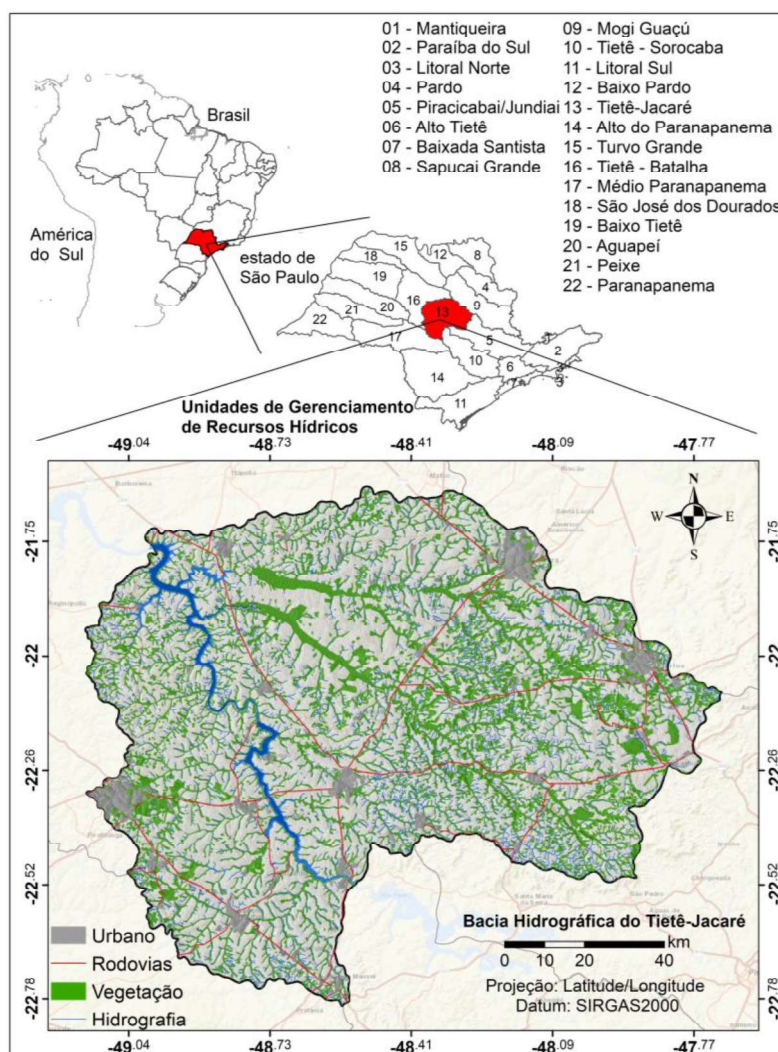
## **5.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.2.1 Área de estudo**

As Leis Estaduais n.7.663 de 30/12/91, n.9.034 de 27/12/1994 e nº 16.337 de 14/12/2016 (SÃO PAULO, 1991, 1994 e 2016) instituem o gerenciamento de recursos hídricos no estado de

São Paulo, que é realizado por meio de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs). O estado possui vinte-e-duas UGRHs, delimitadas a partir do conceito de bacia hidrográfica, segundo o qual, cada unidade engloba os recursos hídricos que convergem para um corpo d'água principal, necessitando de articulação entre pesquisa, gerenciamento e aplicação de inovações (CBH-SM, 2015).

A **Figura 5.1** destaca a unidade de gestão número 13, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, com área total de 11.810,9km<sup>2</sup>, englobando 37 municípios e 1.718.433 habitantes. A bacia hidrográfica está localizada no centro do estado de São Paulo, entre as coordenadas 21°37' e 22°51' de latitude sul e 49°32' e 47°30' de longitude oeste. Com rede de drenagem de 8.686,42Km, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré engloba três rios principais: O Rio Tietê, o Rio Jacaré-Guaçu e o Rio Jacaré Pepira e os reservatórios de Bariri, Ibitinga e Carlos Botelho (Lobo/Broa) (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019).



**Figura 5.1:** Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

O clima, pela classificação de Köppen-Geiger, situa-se entre clima tropical úmido (de outubro a março) e inverno seco (de abril a setembro). O relevo é variável, com o ponto máximo de altitude a 1060m na região de São Carlos. A unidade Tietê-Jacaré está na Depressão Periférica do estado de São Paulo onde se encontram os aquíferos Bauru, Serra Geral e Botucatu. Em sua maioria, a bacia é formada por solos de areias quartzosas profundas a moderadas e em menores quantidades ocorre a presença de Latossolo Roxo Eutrófico (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019).

As principais atividades econômicas estão ligadas principalmente à agroindústria como produção de açúcar, álcool e processamento de cítricos. Nos maiores municípios como Bauru, São Carlos, Araraquara e Jaú, outros setores industriais como papel, bebidas, calçados e metal mecânica também se destacam (TUNDISI et al., 2008; TREVISAN et al., 2019).

Por apresentar características de desenvolvimento consolidadas, que integram municípios com elevado grau de urbanização e potenciais industriais e agrícolas, que necessitam de uma rede viária integrada e conseqüentemente de uma rede hidrológica que comporte todo esse desenvolvimento, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré torna-se uma área potencial para análise das relações de conectividade entre os compartimentos da paisagem e suas inter-relações com o desenvolvimento antrópico e as áreas naturais, avaliando como estes influenciam na conservação dos ecossistemas.

### **5.2.2 Metodologia**

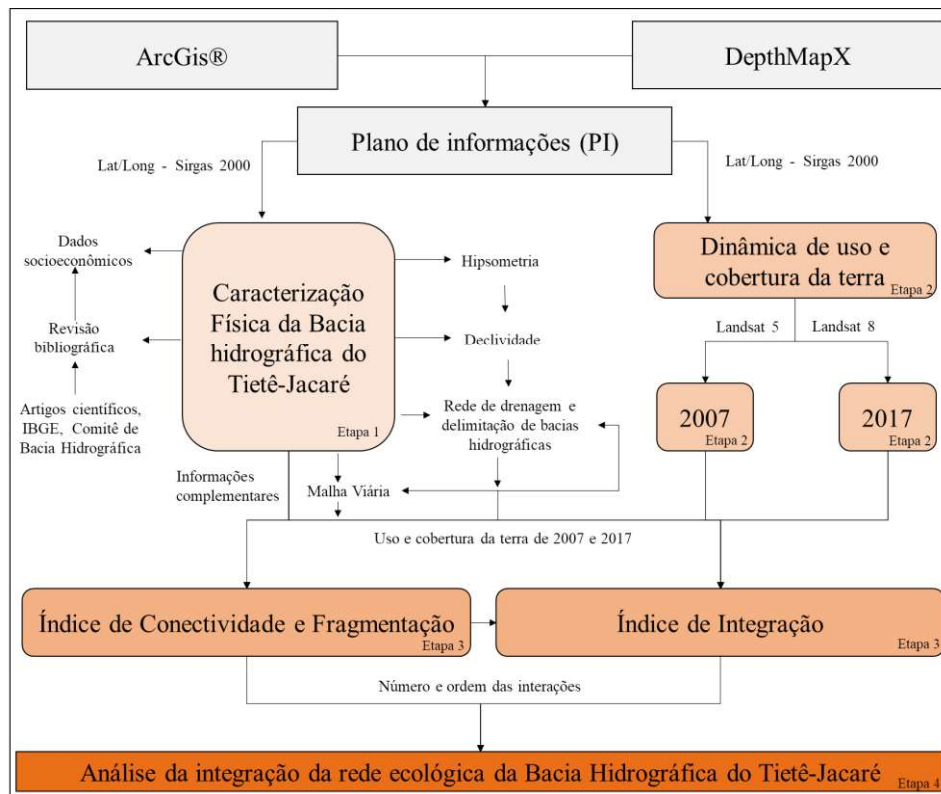
As informações foram inseridas e analisadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), sendo utilizados os softwares ArcGis 10.5 e DepthMapX 0.5 (**Figura 5.2**). Para a caracterização da paisagem, foi elaborado um banco de dados georreferenciado da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré na projeção geográfica latitude/longitude, datum SIRGAS2000 para todo o plano de informação.

As informações utilizadas para a delimitação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré foram obtidas da base de dados digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), malha digital dos municípios brasileiros, versão 2015. Esse arquivo foi importado para o Sistema de Informação Geográfica, que possibilitou a análise e processamento digital do arquivo vetorial, sendo utilizadas as cartas planialtimétricas do IBGE, adquiridas em meio analógico na escala 1:50.000, folhas (IBGE, 1971).

O mapa temático da rede viária foi obtido pela digitalização em tela baseando-se nas cartas planialtimétricas do IBGE, onde a atualização da rede viária para 2007 foi realizada com base na



Malha Digital do Brasil de 2007 elaborada pelo IBGE, nas imagens LandSat 5 de 21 de abril de 2007 e Digital Globe 14 de julho de 2007 adquirida do software Google Earth Pro 7.1, com resolução de 0,5 metro. Para 2017, a atualização foi realizada baseando-se na imagem LandSat 8 de 11 de março de 2017 e na imagem World Street Map de 14 de julho de 2017, com resolução de 0,3m.



**Figura 5.2:** Fluxograma de trabalho.

O mapa temático da rede de drenagem foi obtido pela digitalização em tela baseando-se nas cartas planialtimétricas do IBGE, com a obtenção das linhas de drenagem e a delimitação das sub-bacias hidrográficas. A atualização da rede de drenagem para o ano de 2007 foi realizada com base nas imagens LandSat 5 de 21 de abril de 2007 e Digital Globe de 14 de julho de 2007 adquirida do software Google Earth Pro 7.1, com resolução de 0,5 metro. Para o ano de 2017, a atualização foi realizada baseando-se na imagem LandSat 8 de 11 de março de 2017, Digital Globe 14 de julho de 2017 adquirida do software Google Earth Pro 7.1, com resolução de 0,5 metro e do Projeto de Restauração Ecológica das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré de 2012 (ATTANASIO et al., 2014).

A classificação do uso e cobertura da terra para os anos de 2007 e 2017 foi baseada no sistema multinível de classificação proposto pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), que no nível hierárquico primário (I) (**Tabela 5.1**) contemplou quatro classes que indicaram as principais categorias da cobertura terrestre que foram discriminadas com base na interpretação dos



dados dos sensores remotos, numa escala mais ampla. O nível hierárquico secundário (II) explicitou os tipos de usos inseridos no primeiro nível com um detalhamento mais apurado e preciso da cobertura e o uso da terra em uma escala local e posteriormente o nível hierárquico terciário (III) explicitou os usos propriamente ditos.

**Tabela 5.1.** Descrição das classes de uso e cobertura da terra.

<b>Classe (I)</b>	<b>Tipo (II)</b>	<b>Descrição (III)</b>
Área Antrópica não Agrícola	Áreas urbanizadas	Área de adensamento urbano e áreas com instalações rurais (industriais e domiciliares)
Área Antrópica Agrícola	Cana-de-açúcar	Área de cultivo de <i>Saccharum officinarium L.</i>
	Citricultura e culturas diversas	Área de cultivo de <i>Citros sinensis</i> , <i>Zea mays</i> , <i>Coffea arabica L.</i> e <i>Oryza sativa</i> .
	Pastagens	Área com predomínio de vegetação herbácea (nativa ou exótica), utilizada para pecuária extensiva.
	Silvicultura	Área de cultivo homogêneo de <i>Eucalyptus spp.</i> ou <i>Pinus spp.</i>
	Solo exposto	Área de pousio do solo para cultivo de <i>Saccharum officinarium L.</i>
Vegetação	Vegetação	Área com predomínio de vegetação arbustiva/arbórea, com as formações vegetais de Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão.
Água	Corpos hídricos	Rios de grande porte, lagos, lagoas e represas.

A dinâmica temporal do uso e cobertura da terra foi realizada com base na classificação visual das imagens LandSat disponíveis na plataforma do *United States Geological Survey* (USGS, 2017), datadas em 21 de abril de 2007 e 11 de março de 2017. Por meio da digitalização em tela foi realizada a atribuição de um “pixel” a cada classe de uso. Para análise do uso e cobertura da terra de 2017, foram utilizadas imagens do satélite LandSat 8 – sensor OLI/TIRS, bandas 6/5/4, e para 2007 foram utilizadas imagens do satélite LandSat 5 – sensor TM, bandas 5/4/3, referentes às órbitas/pontos 220/75, 220/76 e 221/75, 221/76.

A utilização de cenas de satélites diferentes ocorreu em virtude da indisponibilidade de imagens por um único satélite no período de estudo, as cenas utilizadas para este estudo possuíram a mesma resolução espacial de 30 metros. As datas foram selecionadas de acordo com o cronograma de trabalho a ser realizado, onde os períodos de março e abril, em decorrência da sazonalidade das práticas agrícolas predominantes na região. A diferença de 10 anos entre as imagens possibilitou o estudo dos padrões temporais da paisagem, essenciais no direcionamento do planejamento regional, o qual considerou as vertentes de crescimento e desenvolvimento presentes (TREVISAN et al., 2018).

### **5.2.3 Integração entre as redes da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré**

O uso e cobertura da terra é um dos indicadores mais utilizados para determinar o grau de fragmentação ou conectividade de uma região. Para análise da integração entre as redes da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré foram utilizados os índices métricos de Integração, Fragmentação e Conectividade da Paisagem adaptados de McGarigal et al., (1995); Volotão (1998) e Goerl et al., (2011), calculados por meio da função “*Raster Calculator*” e do Plugin “*Patch Analyst*” (REMPEL et al., 2012) no ArcGis 10.5 (**Tabela 5.2**). Buscou-se relacionar as interferências e as correlações das áreas naturais com o espaço viário e hidrológico de forma temporal, analisados a partir das informações presentes na caracterização do uso e cobertura da terra.

Analisou-se as inter-relações temporais que possam ter influenciado nas características presentes na paisagem, norteando possíveis avanços ou retrocessos na conservação dos ecossistemas da área de estudo. Diversos autores vêm desenvolvendo trabalhos relacionados as discussões sobre a influência e os impactos das áreas viárias e hidrológicas sobre os ecossistemas naturais (DIEGUES, 2007; RESENDE et al., 2011; SCOSS, 2012; CARVALHO; LAMOUNIER, 2015; XIA, 2017), principalmente relacionados as consequências destas modificações nas paisagens naturais.

Os índices de conectividade e fragmentação da paisagem calculados para a área de estudo foram separados em dois grupos principais: os indicadores gerais e os indicadores relativos da fragmentação e conectividade. Assim, os indicadores gerais foram os índices calculados considerando a bacia hidrográfica como unidade única de análise, permitindo a comparação e avaliação temporal das condições de fragmentação e conectividade entre bacias e sub-bacias distintas (GOERL et al., 2011; MADUREIRA, 2012).

Os indicadores relativos foram os índices calculados para as classes de usos e cobertura da terra encontradas na bacia hidrográfica, permitindo a elaboração de uma análise comparativa entre

as classes de uso e possibilitando uma avaliação do comportamento da região frente as modificações e aos impactos causados pela ocorrência de processos de qualquer natureza (OLIVEIRA et al., 2004; ADAMCZYK, J.; TIEDE, 2017), como por exemplo, por intermédio da análise do indicador Declividade Média por Classe de Uso e Cobertura da Terra foi possível determinar a capacidade potencial dos fragmentos de cada classe se conectar com os fragmentos à jusante (GOERL et al., 2011).

Neste sentido, a análise do índice Comprimento de Drenagem por Classe de uso e cobertura da terra permitiu analisar sobre a ótica da legislação ambiental, que de acordo com o Código Florestal Brasileiro, deve-se preservar as nascentes e um corredor de mata ciliar, com extensão variável de acordo com a largura do rio, em áreas adjacentes aos cursos de água (GOERL et al., 2011). Foi também avaliada a Densidade de Drenagem por Classe de Fragmentação, a qual estimou o quanto os fragmentos de usos e cobertura da terra estão conectados à rede de drenagem, sendo inferido o grau de conectividade hidrológica das diferentes classes de usos e cobertura da terra (GOERL et al., 2011).

O índice de Contato Estrada e Fragmento por classe foi determinado considerando o contato do perímetro dos fragmentos em ambos os lados das estradas, possibilitando a interação de diferentes usos com o mesmo segmento de estrada, demonstrando quais usos possuem maior possibilidade de interagir com a rede de estradas (GOERL et al., 2011).

**Tabela 5.2.** Índices para avaliação do grau de integração, conectividade e fragmentação da paisagem.

Índice	Equação	Unidade	Descrição
Área média dos fragmentos por classe	$F_{cx} = \frac{A_c}{N_{fc}}$	ha	Tamanho médio dos fragmentos por classe
Área total	$A_t = \sum A_f$	ha	Tamanho total dos fragmentos
Área média dos fragmentos	$F_{ax} = \sum \frac{A_f}{N_f}$	ha	Área média dos fragmentos
Área total dos fragmentos por classe	$A_c = \sum A_f c$	ha	Tamanho total dos fragmentos por classe
Área relativa ocupada	$ARO = \frac{\frac{A_c}{N_{fc}}}{\frac{A_t}{N_f}}$	-	Valor referente ao quanto cada classe ocupa em relação a área total

Comprimento de drenagem por classe	$L_{dc} = \sum L_{sd}$	Km	Comprimento total da rede de drenagem por classe
Comprimento de estradas por classe	$L_{ec} = \sum L_{se}$	Km	Comprimento total da viária por classe
Declividade média	$S = \sum \frac{S_{xt}}{N_{ft}}$	°	Valor da declividade média
Declividade média por classe	$S = \sum \frac{S_{xc}}{N_{fc}}$	°	Valor da declividade média por classe
Densidade de drenagem por classe de fragmentação	$Dd_c = \frac{L_{dc}}{A_c}$	Km/ha	Valor do comprimento de drenagem por hectare
Densidade de estradas por classe de fragmentação	$De_c = \frac{L_{sc}}{A_c}$	Km/ha	Valor do comprimento da malha viária por hectare
Densidade de fragmentação	$F_d = \frac{N_f}{A_t}$	N <sub>f</sub> /ha	Número de fragmentos em relação a área
Densidade de fragmentação por classe	$F_{dc} = \sum \frac{N_{fc}}{A_c}$	N <sub>f</sub> /ha	Número de fragmentos em relação a área por classe
Densidade do perímetro (borda)	$DP = \frac{P}{A_t}$	m/m <sup>2</sup>	Relação do perímetro com a área total
Densidade do perímetro (borda) por classe	$DP_c = \frac{P_c}{A_{tc}}$	m/m <sup>2</sup>	Relação do perímetro com a área total por classe
Desvio padrão da área média dos fragmentos	$DesvP_{Fax} = \frac{\sqrt{Af - Fax^2}}{N_{fc}}$	ha	Varição do tamanho das manchas sob o valor médio
Desvio padrão da área média dos fragmentos por classe	$DesvP_{Fax} = \frac{\sqrt{Afc - Faxc^2}}{N_{fc}}$	ha	Varição do tamanho das manchas sob o valor médio por classe
Índice de contato estrada/fragmento por classe	$E_{con} = \sum \frac{P_{ec}}{2L_e} \times 100$	%	Porcentagem do contato das estradas com os fragmentos da paisagem
Indicador médio de forma	$IF = \frac{P}{At^2}$	m/m <sup>2</sup>	Expressa o quanto a mancha é próxima de um círculo. Quanto mais próximo de 1 for o valor, a forma da mancha é mais parecida com um círculo.
Indicador médio de forma por classe	$IF_c = \frac{P}{Ac^2}$	m/m <sup>2</sup>	

Índice de maior fragmento	$F_m = \frac{F_{max}}{A_t} \times 100$	%	Relação do maior fragmento com a área total
Índice de maior fragmento por classe	$F_m = \frac{F_{maxc}}{A_{tc}} \times 100$	%	Relação do maior fragmento com a área total por classe
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem	$E_{ed} = \frac{N_{in}}{L_d}$	$N_{in}/Km$	Interseções entre a malha viária e a rede de drenagem pela extensão total da rede
Média de fragmentos	$F_x = \frac{N_f}{N_c}$	-	Média do número de fragmentos
Número total de fragmentos	$N_f = \sum N_{fc}$	-	Número total de fragmentos
Número interseções estrada/drenagem	$N_{in} = \sum in$	-	Interseções entre a malha viária e a rede de drenagem
Perímetro médio (borda)	$P = \sum \frac{Cf}{N_f}$	m	Comprimento médio do perímetro
Perímetro (borda) médio por classe	$P = \sum \frac{Cfc}{N_f}$	m	Comprimento médio do perímetro por classe
Razão estradas/drenagem	$E_{ed} = \frac{L_e}{L_d}$	Km/Km	Divisão do comprimento de drenagem pelo comprimento da malha viária

Fonte: adaptado de McGarigal et al., (1995); Volotão (1998) e Goerl et al., (2011) e Rempel et al., (2012)

Ac = área de cada classe; Af = área do fragmento; Afc = área do fragmento da classe; At = área total; Am = área média; ARO = Área relativa ocupada; Cf = Comprimento do fragmento; Cfc = Comprimento dos fragmentos por classe; CDC = Comprimento de drenagem por classe; CEC = Comprimento de estradas por classe; DM = Declividade média por classe; DD = Densidade de drenagem por classe de fragmentação; DE = Densidade de estradas por classe de fragmentação; DF = Densidade de fragmentação; DMC = Declividade média por classe; DP = densidade do perímetro; DPc = densidade do perímetro por classe; DesvP = Desvio padrão; Fax = área média dos fragmentos; Faxc = área média dos fragmentos por classe; Fmax = maior fragmento da bacia; Fmaxc = maior fragmento da classe; IC = Índice de contato estrada/fragmento por classe; IE = Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem por classe; IN = interseção entre estrada e drenagem; IF = Índice de forma; IFc = Índice de forma por classe; IMF = Índice do maior fragmento; Lse = comprimento das estradas por classe; Lec = comprimento total de estradas por classe; Lsd = comprimento dos segmentos de canais por classe; Ldc = comprimento total dos canais por classe; Lse = comprimento dos segmentos de estradas por classe; Lec = comprimento total das estradas por classe; Le = comprimento total das estradas; Ld = comprimento total da drenagem; nc = número de classes; NI = Número interseções estrada/drenagem por classe; NF = Número total de fragmentos por classe; NTF; Número total de fragmentos; Nfc = fragmentos de cada classe; P = perímetro; Pec = comprimento de contato do perímetro dos fragmentos com estradas; Pc = perímetro da classe; PM = Perímetro médio; R E/D = Razão estradas/drenagem; Sxc = declividade média da classe; Sxt = declividade média.

O estudo realizado por Scoss (2012) abordou os impactos das estradas sobre mamíferos terrestres, onde estimou a riqueza de espécies de mamíferos terrestres às margens da estrada, além

da intensidade com que estas espécies utilizam a estrada e suas margens, e com que frequência são atropeladas. Os resultados indicaram que a presença das estradas altera a forma de utilização da área para muitas espécies de mamíferos, formando um gradiente de uso do espaço entre a borda da estrada até 152m para o interior da floresta.

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 5.3.1 Malha viária, rede de drenagem e uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

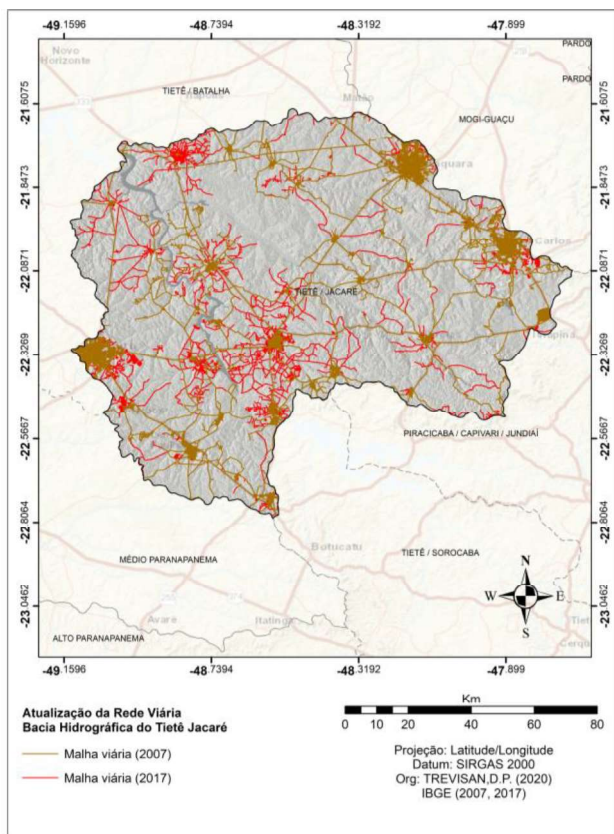
A malha viária presente na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré apresenta uma extensão total de 13.082,88Km (**Figura 5.3**). Conforme Castro (2008), esta extensão viária expandiu-se principalmente entre 1870 e 1930, onde ocorreu o processo de ocupação territorial na região, por meio do qual estruturou-se a rede urbana das cidades, além de consolidar uma infraestrutura de transporte com rodovias, ferrovias e hidrovias.

Por meio da atualização da malha viária pelas imagens de satélites, observou-se um crescimento de 9.450,43km em 2007 para 13.082,88Km em 2017, totalizando um acréscimo de 38,43%, sendo observado em todos os municípios, principalmente nos de maiores portes, como Jaú, Bauru, Araraquara e São Carlos. Este, correlaciona-se principalmente com a expansão das áreas urbanas dos municípios (conforme os dados obtidos por meio da análise do uso e cobertura da terra, no intervalo de 2007 a 2017 este crescimento foi de 7.832,67ha), sendo que as rodovias e estradas já estavam consolidadas desde 1971, conforme observado nas cartas planialtimétricas do IBGE.

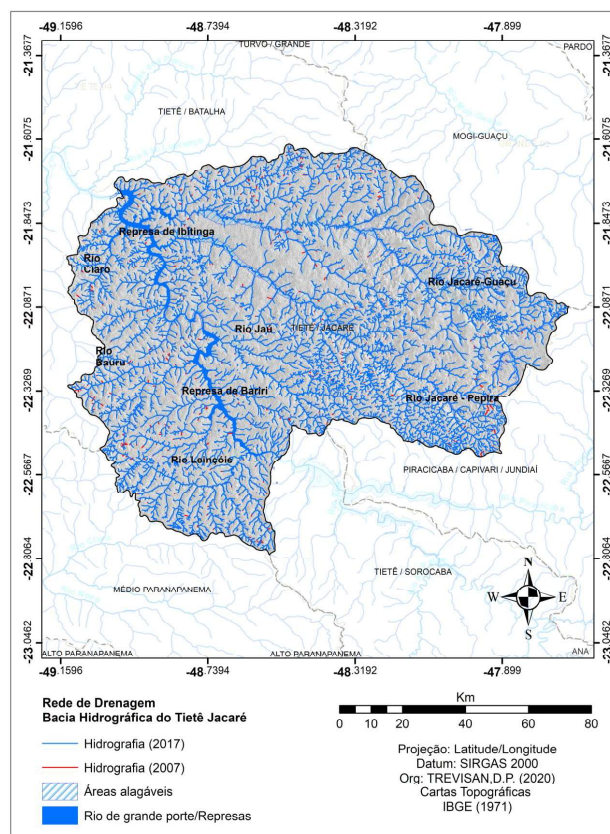
A rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (**Figura 5.4**), possui uma extensão total de 8.686,42Km e 23.123,28ha de áreas alagáveis. A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Tietê é constituída de seis sub-bacias principais, que se referem aos seis principais rios: Rio Tietê, Rio Claro, Rio Lençóis, Rio Bauru, Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira e Rio Jaú (COMITÊ PCJ, 2007; CBH-TJ, 2017).

Por meio da atualização dos corpos hídricos, observou-se de 2007 para 2017, uma redução de 8.818,09km para 8.686,42Km, totalizando 208,35km (2,34%) da rede de drenagem, onde 163,77km são referentes a diminuição de nascentes, com as regiões das sub-bacias do Rio Claro (-58km), Pepira (-45,86km) e Rio Jacaré-Guaçu (-32,44km) com as perdas mais expressivas. Esta redução é perceptível em toda a região, porém em algumas regiões, como nos municípios de Ribeirão Bonito, Boa Esperança do Sul, Bocaina e Araraquara estas alterações são mais

significantes, principalmente, ocasionadas pelos avanços das atividades antrópicas sobre as regiões naturais, que ocorreram mesmo nos municípios de porte turístico, como o caso de Brotas.



**Figura 5.3:** Malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (2007 e 2017).



**Figura 5.4:** Rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (2007 e 2017).

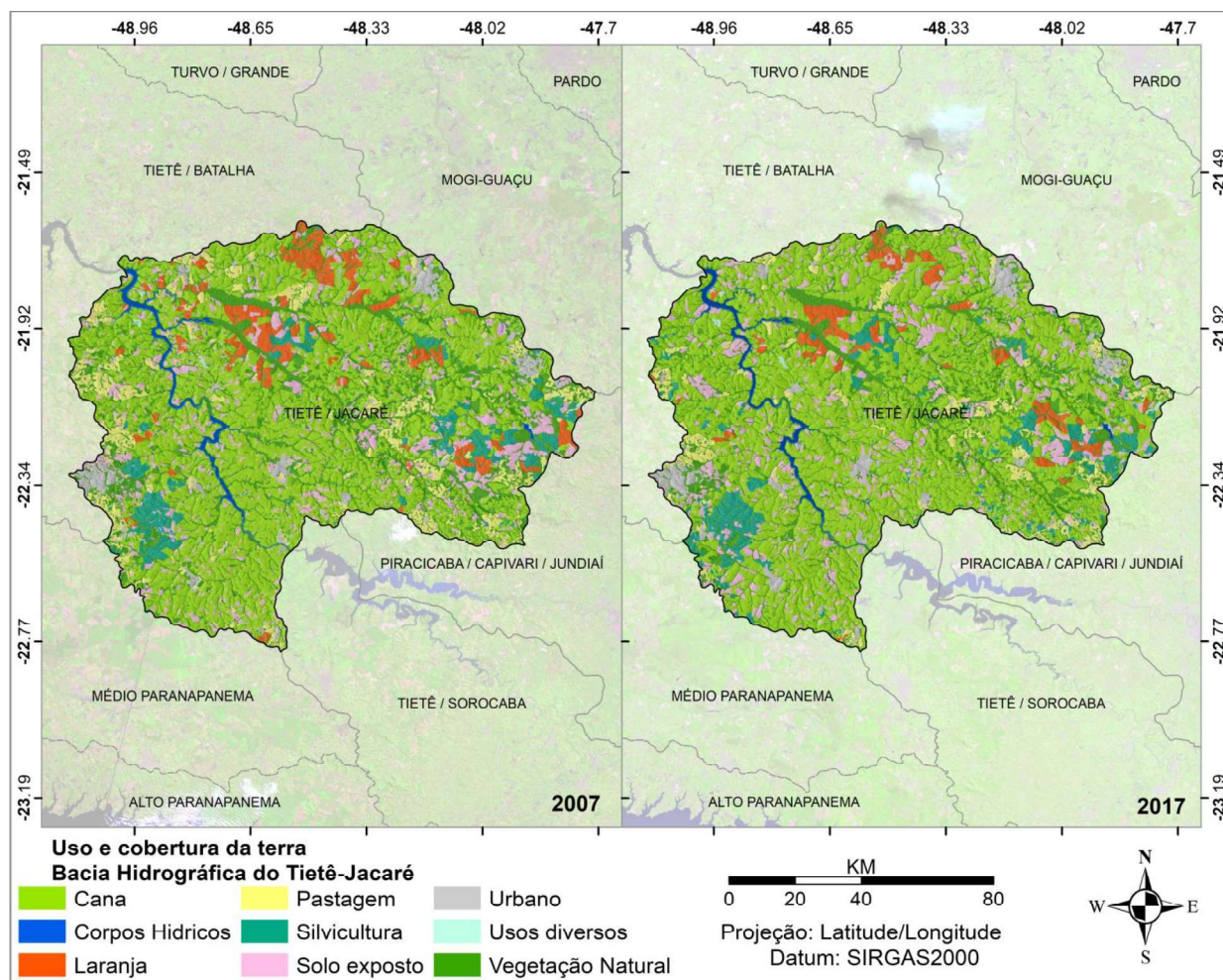
Foram identificadas nove classes de uso e cobertura da terra na área de estudo para os anos de 2007 e 2017 (**Figura 5.5**), sendo classificados os usos de cana-de-açúcar, corpos hídricos, citricultura, culturas diversas (pela resolução das imagens de satélites, algumas regiões como cultivo de milho, café e arroz foram agrupadas no mesmo tipo de uso), pastagens, silvicultura, áreas urbanizadas e vegetação.

Considerando o intervalo de 10 anos observou-se uma expansão das atividades agrícolas com um incremento de 24.507,53ha (2,05% da área total) de áreas de cultivo, principalmente pela cultura de cana-de-açúcar. Este valor é pequeno ao considerar-se o tamanho total da Bacia Hidrográfica do Tietê Jacaré, entretanto esta modificação corrobora com o estado de consolidação das atividades antrópicas na região, onde os usos e as regiões cuja atividades agrícolas se desenvolvem, já estão pré-definidas.

Para o ano de 2007, aproximadamente 72% da área de estudo apresentou o predomínio das atividades agrícolas, sendo 542.124ha ocupados pela cana-de-açúcar, 49.272,60ha por silvicultura,



76.817,59ha por pastagens, 62.121,90ha pela citricultura e 1.315,71 por culturas diversas como milho, café e arroz (Tabela 5.3).



**Figura 5.5:** Uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

A cana-de-açúcar é predominante em praticamente para todos os municípios presentes na bacia hidrográfica, porém em algumas regiões predominam também outros tipos de culturas agrícolas, como a citricultura na região de Araraquara, Nova Europa e Gavião Peixoto e a silvicultura na região de Agudos e Pederneiras e na região de Brotas e Itirapina. As áreas de solo exposto estão associadas às práticas agrícolas (122.046ha), pois as mesmas referem-se ao período de pousio e preparo do solo para a próxima safra. As áreas de pastagem surgem em pequenas porções territoriais, sendo uma atividade voltada para subsistência ou pequena escala de produção.

**Tabela 5.3.** Distribuição das classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Classes	Usos 2007		Usos 2017	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%



Cana-de-açúcar	542.124,00	45,90	607.455,00	51,43
Corpos hídricos	16.955,80	1,44	16.764,60	1,42
Citricultura	62.121,90	5,26	38.198,80	3,23
Culturas diversas	1.315,71	0,11	1.382,63	0,12
Pastagem	76.817,59	6,50	51.564,90	4,37
Silvicultura	49.272,60	4,17	58.258,00	4,93
Solo exposto	122.046,00	10,33	121.346,00	10,27
Área urbana	36.148,40	3,06	43.981,07	3,72
Vegetação	274.288,00	23,22	242.139,00	20,50
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,00</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>100,00</b>

Para o ano de 2017, aproximadamente 74% da área de estudo apresentou o predomínio das atividades agrícolas sendo 607.455ha ocupados pela cana-de-açúcar, 58.258ha por silvicultura, 51.564,9ha por pastagens, 38.198,80ha pela citricultura, 1.382,63ha por culturas diversas como milho, café e arroz e 121.346ha por solo exposto. Observa-se um crescimento de 65.331ha dos cultivos de cana-de-açúcar, onde áreas de outros usos agrícolas também foram convertidas, contribuindo com o avanço do predomínio dessa cultura na região.

As áreas urbanas apresentaram-se com crescimento de 7.832,67ha ao longo do período de estudo (36.148,40ha em 2007 e 43.981,07ha em 2017). O crescimento urbano foi mais perceptível nos municípios de médio a grande porte, como Jaú, Bauru, São Carlos e Araraquara e os municípios de pequeno porte, como Torrinha, Ibaté, Brotas, ainda mantém suas estruturas voltadas principalmente para as atividades de primeiro e terceiro setor, contando com suporte industrial e de bens e serviços dos municípios maiores ao redor.

As áreas de vegetação apresentam-se fragmentadas ao longo da área de estudo, apresentando uma perda aproximadamente 2,7% em dez anos (32.149ha). Esses fragmentos imersos na matriz agrícola estão em sua maioria associados a corpos hídricos, ou seja, Áreas de Preservação Permanente (APP). Estes remanescentes naturais localizam-se principalmente próximos ao Rio Tietê, nos municípios de Itajú, Bariri, Ibitinga e Bocaina, próximos ao Rio Jacaré-Guaçu nos municípios de Ribeirão Bonito, São Carlos, Ibaté e Itirapina, próximos ao Rio Jacaré-Pepira, nos municípios de Dourado e Brotas e próximos ao Rio Jaú, nos municípios de Jaú e Mineiros do Tietê.

Essa predominância das atividades agrícolas e principalmente da cana-de-açúcar, coincide com o cenário paulista, sendo o estado de São Paulo, mais precisamente o interior paulista, o maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil. Este título é devido ao crescimento do mercado interno e

externo e de algumas condições favoráveis ao seu cultivo, como por exemplo, ser o estado com mais terras férteis que permite a produtividade média maior do que em outras regiões e pelo fato de possuir desenvolvido setor de bens de produção para a cultura canavieira (NATALE NETTO, 2007; MARTINI et al., 2018).

O cenário observado para toda a região Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (**Apêndices 7.4, 7.5 e 7.6**) é semelhante a estudos realizados com esta temática em diferentes regiões (CRIUSCUOLO et al., 2006; COELHO et al., 2007; FISHER, 2008; RUDORFF et al., 2010; MORAES et al., 2013; TREVISAN, 2015). Tais pesquisas, também evidenciaram a expansão do cultivo da cana-de-açúcar, a conversão de outros usos agrícolas em plantio de cana-de-açúcar e a consequente supressão de áreas de vegetação.

Conforme analisado na matriz de transição (**Tabela 5.4**), 34,70% da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré foi alterada de 2007 e 2017. As áreas de solo exposto foram as que mais sofreram alterações (85,10%), devido as suas características de pousio para os demais usos. Os padrões de transição foram semelhantes em todas as regiões da bacia hidrográfica, principalmente pelo predomínio das atividades relacionadas a cana-de-açúcar, o que desta forma levou os demais fragmentos da paisagem, em sua maioria, a serem convertidos para tal cultivo.

**Tabela 5.4.** Transição das classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

<b>Matriz de transição</b>	<b>Hectares (2007)</b>	<b>Hectares mantidos (2017)</b>	<b>Hectares convertidos</b>	<b>% hectares convertidos</b>
Cana-de-açúcar de açúcar	542.124,00	421.977,14	120.146,86	22,20
Corpos Hídricos	16.955,80	16.764,60	191,20	1,10
Citricultura	62.121,90	23.037,40	39.084,50	62,90
Culturas diversas	1.315,71	1.315,71	0,00	0,00
Pastagem	76.817,59	24.744,32	52.073,27	67,80
Silvicultura	49.272,60	29.396,77	19.875,83	40,30
Solo exposto	122.046,00	18.230,60	103.815,40	85,10
Urbano	36.148,40	36.148,4	0,00	0,00
Vegetação	274.288,00	199.764,83	74.523,17	27,20
<b>Total</b>	<b>1.181.090,00</b>	<b>771.379,77</b>	<b>409.710,23</b>	<b>34,70</b>
		<b>1.181.090,00</b>		

Os usos agrícolas também sofreram alterações, como a citricultura (62,90%), pastagem (67,80%), silvicultura (40,30%) e cana-de-açúcar (22,20%). Algumas dessas áreas ou tornaram-se áreas de pousio ou de plantio direto para o cultivo de cana-de-açúcar. As áreas naturais sofreram alterações de 36,4%, as quais foram convertidas entre os demais usos (**Tabela 5.5**).

**Tabela 5.5.** Distribuição da transição das classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Transição (2007 - 2017)		Área (ha)	Transição (2007 - 2017)		Área (ha)
Cana-de-açúcar	Cana-de-açúcar	421.977,14	Pastagem	Urbano	1.921,98
Cana-de-açúcar	Citricultura	5.944,67	Pastagem	Vegetação	7.765,59
Cana-de-açúcar	Pastagem	9.834,27	Silvicultura	Cana-de-açúcar	5.935,15
Cana-de-açúcar	Silvicultura	10.181,10	Silvicultura	Citricultura	904,11
Cana-de-açúcar	Solo exposto	72.449,10	Silvicultura	Pastagem	1.020,50
Cana-de-açúcar	Urbano	2.373,09	Silvicultura	Silvicultura	29.396,77
Cana-de-açúcar	Vegetação	19.364,63	Silvicultura	Solo exposto	7.152,34
Corpos hídricos	Cana-de-açúcar	67,22	Silvicultura	Urbano	48,23
Corpos hídricos	Corpos hídricos	16.764,60	Silvicultura	Vegetação	4.815,50
Corpos hídricos	Citricultura	0,51	Solo exposto	Cana-de-açúcar	77.737,30
Corpos hídricos	Pastagem	40,19	Solo exposto	Citricultura	5.868,57
Corpos hídricos	Silvicultura	21,00	Solo exposto	Pastagem	6.110,23
Corpos hídricos	Solo exposto	0,61	Solo exposto	Silvicultura	6.929,36
Corpos hídricos	Urbano	16,71	Solo exposto	Solo exposto	18.230,60
Corpos hídricos	Vegetação	44,97	Solo exposto	Urbano	557,08
Citricultura	Cana-de-açúcar	25.698,81	Solo exposto	Vegetação	6.612,87
Citricultura	Citricultura	23.037,40	Urbano	Urbano	36.148,40
Citricultura	Pastagem	541,94	Usos diversos	Usos diversos	1.315,71
Citricultura	Silvicultura	1.386,02	Vegetação	Cana-de-açúcar	43.881,30
Citricultura	Solo exposto	7.847,92	Vegetação	Citricultura	2.098,69
Citricultura	Urbano	289,77	Vegetação	Pastagem	9.198,46
Citricultura	Vegetação	3.311,06	Vegetação	Silvicultura	6.953,22
Pastagem	Cana-de-açúcar	32.197,40	Vegetação	Solo exposto	9.302,40
Pastagem	Citricultura	350,02	Vegetação	Urbano	3.022,18
Pastagem	Pastagem	24.744,32	Vegetação	Usos diversos	66,92
Pastagem	Silvicultura	3.347,49	Vegetação	Vegetação	199.764,83
Pastagem	Solo exposto	6.490,80			

As transições mais expressivas na região da bacia hidrográfica relacionam-se com a conversão das áreas de vegetação para o cultivo de cana-de-açúcar em praticamente todas as regiões da bacia hidrográfica, totalizando 43.881,30 hectares em 10 anos. Entretanto, também ocorreu a conversão das áreas agrícolas para áreas de vegetação, embora apesar de significantes, não ocorreu neste período a restauração ou recuperação de grandes áreas, mas sim de pequenos fragmentos ao longo de toda a paisagem.

O predomínio da cana-de-açúcar na região também fez com que os demais usos agrícolas fossem convertidos para esta cultura, como a pastagem (32.197,40ha), citricultura (25.698,81ha) e silvicultura (5.935,15ha). Por mais que esta atividade esteja consolidada na região e movimentando grande parte do setor econômico, algumas ressalvas são necessárias diante a monopolização da cana-de-açúcar, principalmente relacionadas com a conservação dos ecossistemas naturais.

### 5.3.2 Integração entre as redes da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

As tabelas 5.6 e 5.7 apresentam os indicadores de integração para a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré nos anos de 2007 e 2017, sendo identificados 5.866 e 5.521 fragmentos respectivamente, que possuem uma área média de 201,17 e 213,18ha, densidade de 0,0050 e 0,0047 fragmentos por hectare, desvio padrão de aproximadamente 375 e 405ha. Observou-se uma média de 655 e 613 fragmentos por classe de uso e cobertura da terra com área do maior fragmento ocupando aproximadamente 0,78 e 0,77% da área total da bacia.

**Tabela 5.6.** Índices de integração e conectividade da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Índice	2007	2017
Área total dos fragmentos (ha)	1.181.090,00	1.181.090,00
Área média dos fragmentos (ha)	201,35	213,93
Comprimento de drenagem	8.818,09	8.686,42
Comprimento de estradas	9.450,43	13.082,88
Declividade média	6,37	6,37
Densidade de drenagem	0,00746	0,00734
Densidade de estradas	0,008	0,01107
Densidade de fragmentação (nf/ha)	0,0050	0,0047
Densidade do perímetro	39,73	38,38
Desvio padrão da área média dos fragmentos	375,60	405,09
Índice de contato estrada/fragmento	0,91	1,41

Indicador médio de forma	1,81	1,82
Índice de maior fragmento (%)	0,78	0,77
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem	0,24	0,37
Média de fragmentos por classe	655,33	613,88
Número total de fragmentos	5.866,00	5.521,00
Número interseções estrada/drenagem	2.202	3.233
Perímetro médio (borda)	7.999,73	8.574,47
Razão estradas/drenagem	1,08	1,50

Os indicadores estruturais dos fragmentos, como a densidade do perímetro e índice de forma apresentam-se semelhantes entre os períodos analisados contanto com 39,73 e 38,38 e 1,81 e 1,82 em 2007 e 2017 respectivamente, o que é relacionado a consolidação das atividades desenvolvidas na região assim como da organização e distribuição dos fragmentos na paisagem.

A diminuição do número de fragmentos, assim como o aumento do tamanho médio dos mesmos, aumento do número de estradas e a diminuição da rede de drenagem que são derivados principalmente do crescimento das matrizes agrícolas com consequente diminuição da diversificação de fragmentos das classes de uso e cobertura da terra na região da área de estudo, como foi evidenciado nas análises de dinâmica temporal. Em contrapartida, o grau de fragmentação da classe de vegetação aumentou, totalizando 2.190 e 2.231 fragmentos, área média de 125,25 e 108,53ha e desvio padrão de 250,87 para 256,16 em 2007 e 2017 respectivamente (**Tabela 5.7** e **Figura 5.6**).

**Tabela 5.7.** Índices de conectividade e fragmentação por classe de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

Classes de usos/ Índice	AT		AM		ARO			
	2007	2017	2007	2017	2007	2017		
Área urbana	36.148,40	43.981,07	187,30	193,75	0,93	0,91		
Corpos hídricos	16.955,80	16.764,60	66,49	70,14	0,33	0,33		
Vegetação	274.288,00	242.139,00	125,25	108,53	0,62	0,51		
Solo exposto	122.046,00	121.346,00	88,38	125,49	0,44	0,59		
Citricultura	38.198,80	62.121,90	381,99	913,56	1,90	4,27		
Culturas diversas	1.315,71	1.382,63	263,14	276,53	1,31	1,29		
Pastagem	76.817,59	51.564,90	250,22	261,75	1,24	1,22		
Silvicultura	49.272,60	58.258,00	473,78	257,78	2,35	1,20		
Cana-de-açúcar	542.124,00	607.455,00	407,31	446,33	2,02	2,09		
Classes de usos/ Índice	CEC		CDC		DF		DP	
	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017
Área urbana	4.866,60	6.338,65	25,76	24,24	0,00534	0,00516	1,02	1,14
Corpos hídricos	33,98	40,40	0,18	0,15	0,015	0,014	0,69	0,67

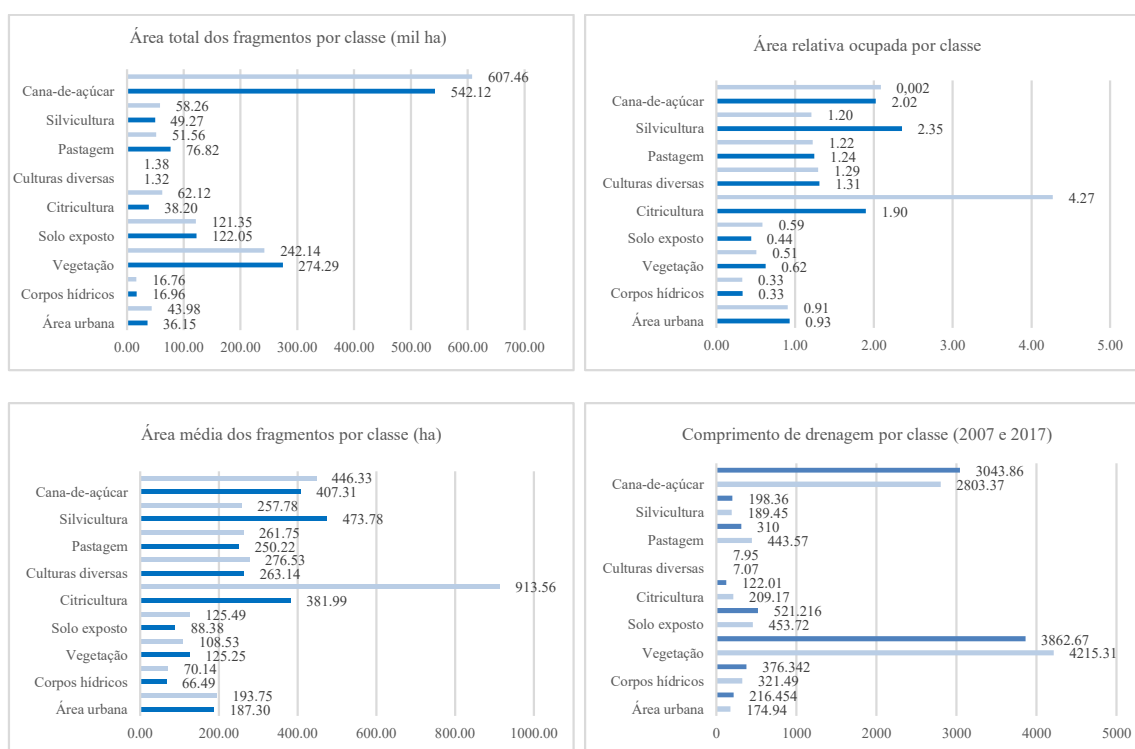
Vegetação	1.265,07	1.427,28	6,70	5,46	0,0080	0,0092	14,50	14,29
Solo exposto	412,03	637,48	2,18	2,44	0,0011	0,0080	4,97	4,29
Citricultura	184,11	73,25	0,97	0,28	0,0016	0,0018	1,22	0,72
Culturas diversas	0,51	2,44	0,00	0,01	0,0038	0,0036	0,038	0,037
Pastagem	517,34	541,54	2,74	2,07	0,0040	0,0038	2,55	1,58
Silvicultura	141,00	212,14	0,75	0,81	0,0021	0,0039	1,01	1,42
Cana-de-açúcar	2.029,79	3.809,70	10,72	14,54	0,00075	0,00074	13,68	14,21
<b>Classes de usos/ Índice</b>	<b>DesvP</b>		<b>DMC</b>		<b>DD</b>		<b>DE</b>	
	<b>2007</b>	<b>2017</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Área urbana	523,30	522,03	5,80	5,87	0,0048	0,0049	0,1346	0,1441
Corpos hídricos	678,52	667,86	3,85	3,65	0,0190	0,0224	0,0020	0,0024
Vegetação	250,87	256,16	7,69	7,76	0,0154	0,0160	0,0046	0,0059
Solo exposto	144,85	183,25	6,56	6,63	0,0037	0,0043	0,0034	0,0053
Citricultura	723,50	814,20	6,63	6,66	0,0034	0,0020	0,0048	0,0012
Culturas diversas	149,57	160,10	6,44	6,40	0,0054	0,0057	0,0004	0,0018
Pastagem	339,04	353,11	6,84	6,91	0,0058	0,0060	0,0067	0,0105
Silvicultura	564,57	469,64	6,53	7,06	0,0038	0,0034	0,0029	0,0036
Cana-de-açúcar	444,07	484,17	6,70	6,80	0,0052	0,0050	0,0037	0,0063
<b>Classes de usos/ Índice</b>	<b>IF</b>		<b>IC</b>		<b>IE</b>		<b>IMF</b>	
	<b>2007</b>	<b>2017</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Área urbana	1,48	1,47	25,76	24,24	4,81	4,52	10,82	9,60
Corpos hídricos	1,42	1,76	0,18	0,15	0,07	0,09	53,77	54,39
Vegetação	2,06	2,07	6,70	5,46	0,18	0,28	1,33	2,94
Solo exposto	1,58	1,50	2,18	2,44	0,20	0,20	0,11	1,83
Citricultura	1,81	1,59	0,97	0,28	0,07	0,07	7,33	16,19
Culturas diversas	1,65	1,60	0,00	0,01	0,28	0,25	30,69	32,47
Pastagem	1,88	1,83	2,74	2,07	0,23	0,40	3,36	6,32
Silvicultura	1,83	1,48	0,75	0,81	0,15	0,17	6,81	5,50
Cana-de-açúcar	1,84	1,76	10,72	14,54	0,16	0,28	0,73	0,68
<b>Classes de usos/ Índice</b>	<b>NTF</b>		<b>NI</b>		<b>PM</b>		<b>R E/D</b>	
	<b>2007</b>	<b>2017</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Área urbana	193	227	842	978	6.287	5.934	27,82	29,28
Corpos hídricos	255	239	24	32	3.229	3.323	0,11	0,11
Vegetação	2.190	2.231	773	1.092	7.821	7.568	0,30	0,37
Solo exposto	1.381	967	90	102	4.255	5.240	0,91	1,22
Citricultura	100	68	14	9	14.454	12.527	0,88	0,60
Culturas diversas	5	5	2	2	9.075	8.930	0,07	0,31
Pastagem	307	197	104	123	9.806	9.445	1,17	1,75
Silvicultura	104	226	28	33	11.339	7.392	0,74	1,07
Cana-de-açúcar	1.331	1.361	441	862	12.137	12.338	0,72	1,24

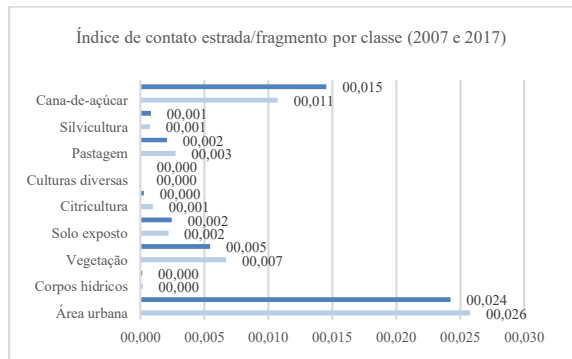
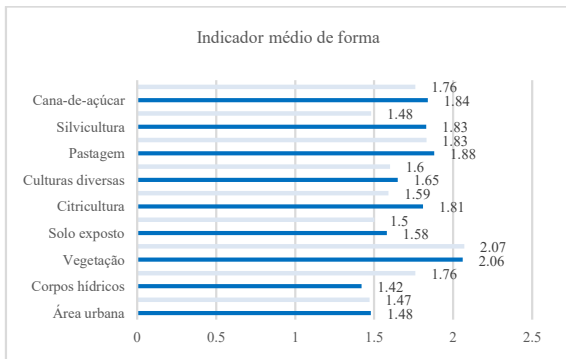
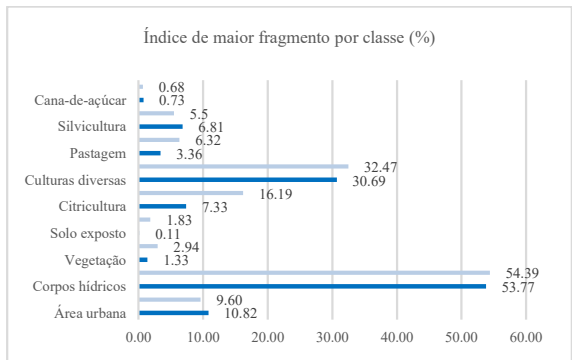
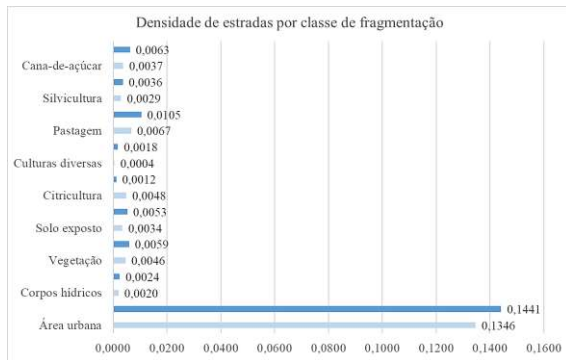
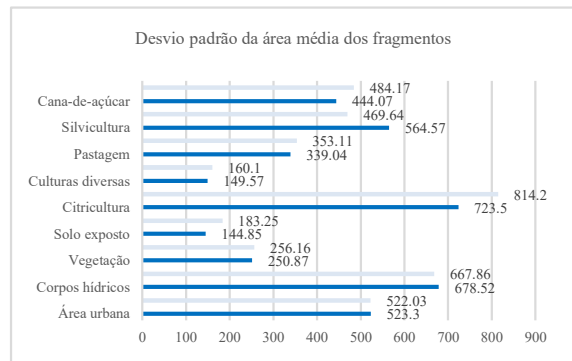
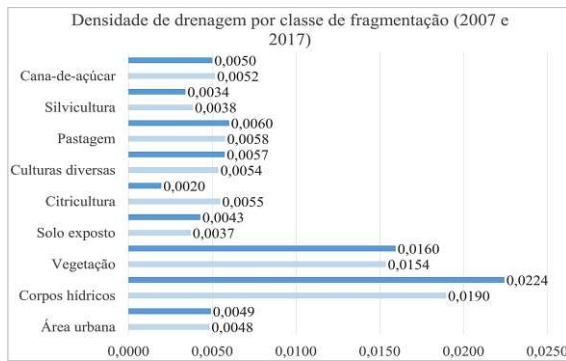
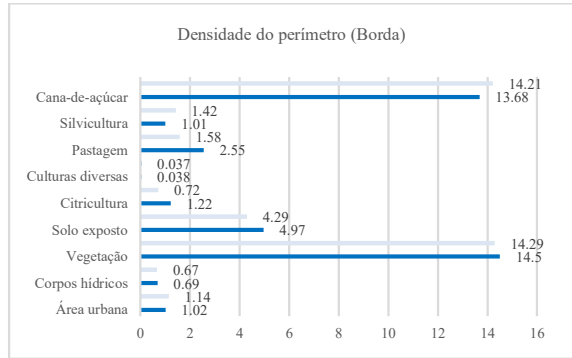
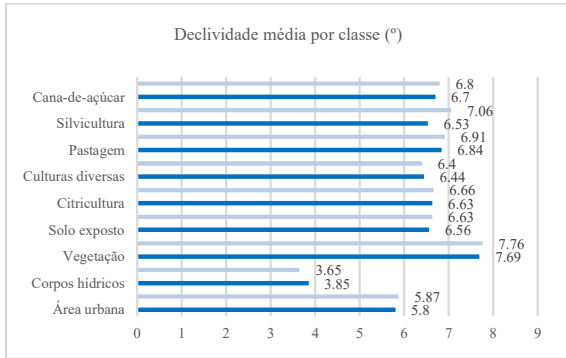
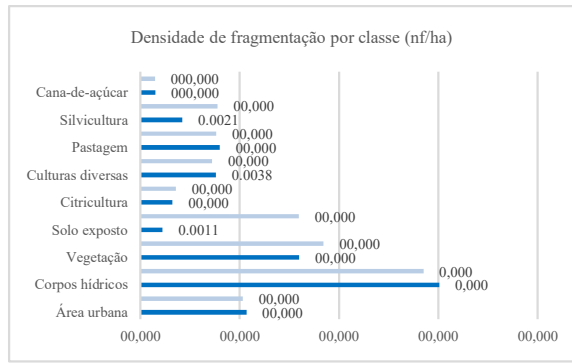
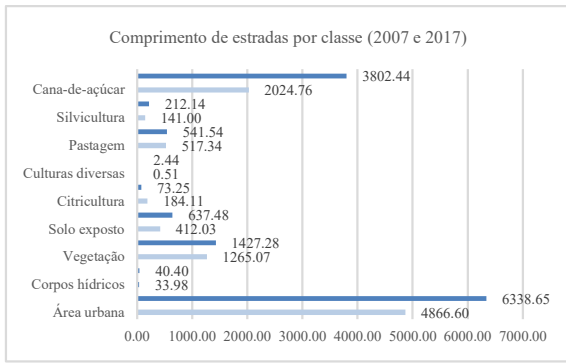
Ac = área de cada classe; Af = área do fragmento; Afc = área do fragmento da classe; At = área total; Am = área média; ARO = Área relativa ocupada; Cf = Comprimento do fragmento; Cfc = Comprimento dos fragmentos por classe; CDC = Comprimento de drenagem por classe; CEC = Comprimento de estradas por classe; DM = Declividade média por classe; DD = Densidade de drenagem por classe de fragmentação; DE = Densidade de estradas por classe de

fragmentação; DF = Densidade de fragmentação; DMC = Declividade média por classe; DP = densidade do perímetro; DPc = densidade do perímetro por classe; DesvP = Desvio padrão; Fax = área média dos fragmentos; Faxc = área média dos fragmentos por classe; Fmax = maior fragmento da bacia; Fmaxc = maior fragmento da classe; IC = Índice de contato estrada/fragmento por classe; IE = Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem por classe; IN = interseção entre estrada e drenagem; IF = Índice de forma; IFc = Índice de forma por classe; IMF = Índice do maior fragmento; Lse = comprimento das estradas por classe; Lec = comprimento total de estradas por classe; Lsd = comprimento dos segmentos de canais por classe; Ldc = comprimento total dos canais por classe; Lse = comprimento dos segmentos de estradas por classe; Lec = comprimento total das estradas por classe; Le = comprimento total das estradas; Ld = comprimento total da drenagem; nc = número de classes; NI = Número interseções estrada/drenagem por classe; NF = Número total de fragmentos por classe; NTF; Número total de fragmentos; Nfc = fragmentos de cada classe; P = perímetro; Pec = comprimento de contato do perímetro dos fragmentos com estradas; Pc = perímetro da classe; PM = Perímetro médio; R E/D = Razão estradas/drenagem; Sxc = declividade média da classe; Sxt = declividade média.

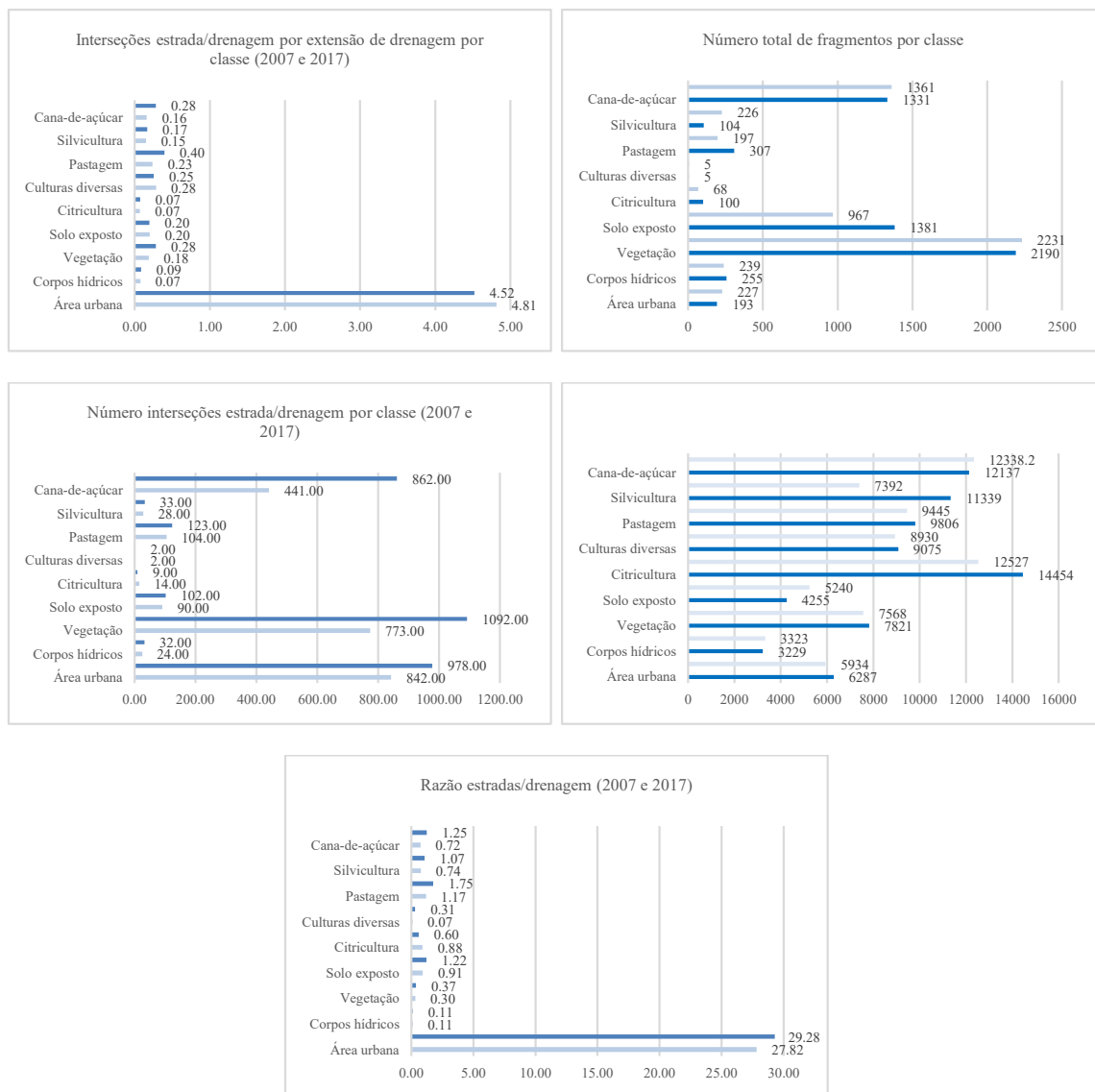
Em relação à análise do número de fragmentos e da área média por classe de uso houve também o predomínio das áreas agrícolas, tendo a cana-de-açúcar novamente como principal atividade, totalizando 1.331 e 1.361 fragmentos com médias de 407,31 e 446,33ha e desvio padrão 444,07 e 484,17 em 2007 e 2017 respectivamente. Este fato também ocorre com a Área Relativa Ocupada que indicou o quanto os fragmentos de cada classe ocupam em relação à área e ao número total de fragmentos, a qual teve predomínio das regiões de silvicultura com 2,35 e 1,20 e cana-de-açúcar de 2,02 e 2,09.

A relação entre a área relativa ocupada o número total de fragmentos permitiu estimar o grau de fragmentação de cada classe de uso e cobertura da terra. As áreas urbanas, com poucos fragmentos e baixa área relativa ocupada, são exemplos característicos de fragmentos que se aglomeram em diversos conglomerados ao longo da área de estudo, diferente do comportamento das áreas de cana-de-açúcar que possuem alta quantidade de fragmentos com alta aérea relativa ocupada, o que é observado com a dissolução e predomínio de tal atividade ao longo de toda a bacia hidrográfica.









**Figura 5.6:** Índices de integração, conectividade e fragmentação da paisagem para a Bacia Hidrográfica do Tietê- Jacaré

Por meio da análise do indicador Declividade Média por Classe de Uso e Cobertura da Terra foi possível determinar a capacidade potencial dos fragmentos de cada classe se conectar com os fragmentos à jusante. Segundo GOERL et al., (2011) esta conexão pode se dar principalmente pela propagação de fluxo superficial via mecanismos de geração de escoamento, bem como o tipo de matéria produzido pelos fragmentos a montante, como, por exemplo o carreamento de poluentes e os sedimentos gerados via processos erosivos.

A bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré apresentou declividade média homogenia ao longo das classes de uso e cobertura da terra, tendo como esperado, as áreas de corpos hídricos com os mais baixos índices. Este fato indica uma interconexão entre as classes de uso e cobertura da terra, que implica nas diversas possibilidades de impactos ou de influências das regiões, umas com as outras.

Assim como para a bacia hidrográfica como um todo, as classes de uso e cobertura da terra apresentaram altos valores de índice de Forma entre 1,5 e 2 (conforme Rempel et al., 2012, quanto mais próximo de 1, menor o efeito de borda). A Densidade de Fragmentação por Classe indicou o número de fragmentos em relação à área por classe de uso e cobertura da terra, em que, quanto maior o seu valor, maior o número de fragmentos em relação à área, e quanto maior a área e menor o número de fragmentos, menor a densidade de fragmentação. Toda a bacia hidrográfica (**Apêndice 7.6**) apresentou baixa densidade de fragmentação, devido a sua extensão territorial, com 0.0050 e 0.0047 em 2007 e 2017. Tal densidade de fragmentação pode estar relacionada ao predomínio das matrizes agrícolas com grandes fragmentos e pela resolução da classificação do uso e cobertura da terra, realizada na escala 1:50.000, que pode ter inibido a real fragmentação dentro da divisão das regiões analisadas.

A análise do índice Comprimento de Drenagem por Classe permitiu inferir a localização dos corpos hídricos frente aos usos da terra na área de estudo. O comprimento médio de drenagem por classe apresentou-se em 979 e 962km, entretanto as classes de Vegetação e Cana-de-açúcar apresentaram-se como as principais classes de influência, contanto com 4.215,31 e 3.862,67Km e 2.803,37 e 3.043,86km em 2007 e 2017, sendo que a variação nos valores refere-se à diminuição da rede de drenagem e dos fragmentos de vegetação ao longo dos períodos analisados.

Já a análise do índice de Comprimento de Estradas por Classe apresentou-se como média de 1.049 e 1.452km em 2007 e 2017, contando com as classes de área urbana e cana-de-açúcar como principais, tendo 4.866,60 e 6.338,65km e 2.024,76 e 3.802,44 km respectivamente. Este crescimento expressivo é referente ao crescimento da malha viária ao longo dos anos analisados. Atenta-se que áreas de vegetação apresentaram crescimento dos valores de estradas de 1.265,07 para 1.427,28km o que corrobora com resultados posteriores sobre o crescimento da fragmentação das áreas naturais da paisagem da bacia hidrográfica.

O índice de “Contato estrada/fragmento por classe” foi determinado considerando o contato do perímetro dos fragmentos em ambos os lados das estradas, possibilitando a interação de diferentes usos com o mesmo segmento de estrada. Este índice demonstra quais usos possuem maior possibilidade de interagir com a rede de estradas. Como esperado, área urbana apresentou valores mais significativos, seguido pela cana-de-açúcar e vegetação, contanto com aproximadamente 25 e 24, 7 e 6 e 11 e 15% de interações.

As classes de vegetação, área urbana e cana-de-açúcar também apresentaram os principais valores referentes ao número de interações entre estradas e rede de drenagem, contanto com 773 e 1.092, 842 e 978 e 441 e 862 em 2007 e 2017 respectivamente. O crescimento de impactos negativos das integrações entre as redes, com diminuição da rede de drenagem, corroboram com as discussões

recentes sobre a possível crise da água no século XXI, relacionada muito pela falta gerenciamento adequado do que do que pela real crise de escassez e estresse (ROGERS et al., 2006). Entretanto, para outros especialistas, é resultado de um conjunto de problemas ambientais agravados com outros problemas relacionados à economia e ao desenvolvimento social (GLEICK, 2000; PELLEZZI et al., 2018).

O avanço da malha viária sobre os sistemas ambientais, corrobora com as informações disponibilizadas pelo Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo (DER, 2019), que demonstra que malha viária total do estado de São Paulo em 1988 era de 24.548 km, passando para uma projeção de 40.000km em 2019, sendo o maior sistema estadual de transporte rodoviário do Brasil.

Essa de predominância das atividades agrícolas e principalmente da cana-de-açúcar, coincide com o cenário paulista, sendo o estado de São Paulo, mais precisamente o interior paulista, o maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil. Este título é devido ao crescimento do mercado interno e externo e de algumas condições favoráveis ao seu cultivo, como por exemplo, ser o estado com mais terras férteis que permite a produtividade média maior do que em outras regiões e pelo fato de possuir desenvolvido setor de bens de produção para a cultura canavieira (NATALE NETTO, 2007; MARTINI et al., 2018).

O processo de alteração e integração da paisagem conforme analisado para toda a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (**Apêndice 7.6**), também foi notado em estudos de outras regiões (SOARES FILHO, 2001; CHAVES; SANTOS, 2009; SILVA et al., 2017), os quais observaram o processo de fragmentação das áreas naturais, integração entre os fragmentos, assim como dos impactos acarretados pelas atividades antrópicas.

Silva; Souza (2014) objetivaram visa analisar os padrões espaciais de fragmentação florestal na Floresta Nacional do Ibura e entorno, a luz das métricas da paisagem. Os autores detectaram crescimento do processo de fragmentação, alertando que a mesma pode evoluir caso não sejam implementadas propostas de conectividade. Os mesmos concluem que as métricas podem fundamentar propostas de futuros corredores ecológicos de Mata Atlântica e/ou outras estratégias de conectividade, identificando fragmentos prioritários para conservação

## **5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré possui um alto potencial para o desenvolvimento de atividades agrícolas, as quais foram confirmadas pela classificação do uso e

cobertura da terra que demonstrou o predomínio de tais atividades em todas as regiões da bacia. Observou-se uma redução das áreas de drenagem e o aumento do número de estradas que conseqüentemente culminaram com mudanças nos padrões de conectividade e fragmentação, onde as áreas urbanas e a cana-de-açúcar são dominantes nessas interconexões. Estas características, se vem se consolidando ao longo do tempo, devem ser considerados em futuros planos de ação e ações de planejamento da bacia hidrográfica, principalmente relacionado os possíveis impactos negativos potencializados pela integração dos elementos antrópicos e naturais.

As alterações promovidas pelas ações antrópicas em diferentes escalas e sob os ecossistemas localizados em habitats urbanos, agrícolas e naturais contribuem para a redução da qualidade ambiental. Tal fato vem ocorrendo em diversas regiões, sendo elas de pequeno, médio ou grande porte e para reverter esse processo é fundamental o estabelecimento de planos que utilizem um planejamento sistêmico, integrado e participativo, envolvendo o estudo das dimensões antrópicas, sociais, econômicas e ambientais, intrínsecas ao local ou área onde forem aplicados.

A análise temporal dos usos e cobertura da terra, integrada a malha viária, rede de drenagem, fragmentos de vegetação e associados aos índices de Integração, Fragmentação e Conectividade da Paisagem, ao expressarem o estado de configuração das paisagens, apresentaram-se como ferramentas essenciais no diagnóstico voltado a conservação e preservação dos ecossistemas naturais e antrópicos, possibilitando uma análise precisa dos elementos da paisagem. Tais índices permitiram também a comparação e integração de todas as classes de uso e cobertura da terra, o que é essencial no planejamento regional, como o caso de bacias hidrográficas. Entretanto, ressalta-se que as análises de fragmentação e conectividade devem ser sempre contextualizadas e suas discussões embasadas de acordo com a escala de análise utilizada, pois esta pode implicar em mudanças na observação dos estudos.

## 5.5 REFERÊNCIAS

ATTANASIO, C. M.; SOUZA A. M.; REZENDE, J. H.; VENIZIANI, J. C. T.; SAMMARCO, Y. M. Guia de restauração de matas ciliares para a Bacia Hidrográfica do Tietê – Jacaré. **Instituto Pró-Terra**, 2014, 40p.

CARVALHO, T. C.; LAMOUNIER, A. A. Estrada-parque, paisagem, preservação e natureza: desafios da RJ-165 Paraty-Cunha. **Anais**. XVI Espaço, Planejamento e Insurgências, Belo Horizonte, p.1-26, 2015.

CASTRO, V. R. Efeitos de borda sobre solo em fragmentos de cerradão na região nordeste do estado de São Paulo, derivados do manejo agrícola. **Anais**. IX Simpósio Nacional do Cerrado, Brasília, 2008, p.1-7.

CBH-SM. Comitê das Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira. **Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2015. Disponível em <<https://www.comitesm.sp.gov.br/institucional.php?k=ugrhi>> Acesso em 08 de junho de 2019.

CBH-TJ. Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Relatório de situação dos recursos hídricos do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, São Paulo: **Fundação Estadual de Recursos Hídricos**. Relatório Final, CD-ROM, 2017.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.13, n.6, p.922–930, 2009.

COELHO, J. O. M.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; MATTOS, J. D.; CAETANO, N. R.; MOURA, C. A.; PUPIM, F. N.; GUIMARÃES, P. L. Zoneamento geoambiental da região de Ibitinga-SP, como subsídio ao planejamento de uso e ocupação da terra. **Anais**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, p.1 – 10, 2006.

COMITÊ PCJ. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, Capivari e Jundiáí, **Rio Tietê**. 2007. Disponível em <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhpcj/>> Acesso em 28 de julho de 2019.

CRIUSCUOLO, C.; QUARTAROLI, C. F.; MIRANDA, E.; GUIMARÃES, M.; HOTT, M. Dinâmica de uso e cobertura das terras na região nordeste do Estado de São Paulo. Campinas, SP: **Embrapa Monitoramento por Satélite**, 1ª ed, v.1, 2006, 70p.

CROKE, J.; MOCKLER, S.; FORGARTY, P.; TAKKEN, I. Sediment concentration changes in runoff pathways from a forest road network and the resultant spatial pattern of catchment connectivity. **Geomorphology**, n.68, v.3-4, p.257-268, 2005.

DER. Departamento de Estradas de Rodagem. **Estradas do estado de São Paulo**, 2019. Disponível em <<http://www.der.sp.gov.br/Website/Acessos/MalhaRodoviaria/MalhaGeral.aspx>> Acesso em 25 de agosto de 2019.

DIEGUES, A. C. Água e cultura nas populações tradicionais brasileiras. **Anais**. I Encontro Internacional: Governança da Água, São Paulo, p.1-20, 2007.

FISHER, G. Land use dynamics and sugarcane production. In: ZUURBIER, P.; VAN DE VOOREN, J. (Ed.). Sugarcane ethanol: contributions to climate change mitigation and the environment, **Wageningen Academic Publishers**, 2008, p. 29-62.

GLEICK, P. H. The world's water. 2000-2001. Report on Freshwater Resources. **Island Press**, 2000. 315p.

GOERL, R. F.; SIEFERT, C. A. C.; SCHULTZ, G. B.; DOS SANTOS, C. S.; DOS SANTOS, I. Elaboração e aplicação de índices de fragmentação e conectividade da paisagem para análise de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, p.1000-1012, 2011.

GRUPO PORTAL MARÍTIMO. **Hidrovia Tietê-Paraná**, 2020. Disponível em <<http://www.portalmaritimo.com/2016/12/28/hidrovia-tiete-parana-teve-seu-melhor-desempenho-em-2016/>> Acesso em 21 de março de 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas planialtimétricas**. 1971. Disponível em <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/folhas\\_topograficas/editoradas/escala\\_50mil/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/folhas_topograficas/editoradas/escala_50mil/)> Acesso em 27 de março de 2019.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra 3ª Edição**. 2013. Disponível em: <[https://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual\\_usodaterra.shtm](https://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm)>. Acesso em: 31 de maio de 2019.

LANE, P. N. J.; HAIRSINE, P. B.; CROKE, J. C.; TAKKEN, I. Quantifying diffuse pathways for overland flow between the roads and streams of the Mountain Ash forest of central Victoria Australia. **Hydrological processes**, v.20, n.9, p.1875-1884, 2006.

LI, H.; WU, J. Use and misuse of landscape indices. **Landscape Ecology**, v.19 n.1 p.389-399, 2004.

MARTINI, D. Z.; ARAGÃO, L. E. O. C.; SANCHES, I. D.; GALDOS, V. M.; SILVA, C. R. U.; NORA, E. L. D. Land availability for sugarcane derived jet-biofuels in São Paulo—Brazil. **Land Use Policy**, v.70, p.256 - 262, 2018.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.A.; NEEL, M.C.; ENE, E. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps: **user manual v. 2.0**, 1995, 141p.

MOREIRA, E. F.; BOSCOLO, D.; VIANA, B. F. Spatial heterogeneity regulates plant-pollinator networks across multiple landscape scales. **PLOS ONE**, p.1-19, 2015.

NATALE NETTO, J. A saga do álcool: fatos e verdades sobre os 100 anos do álcool combustível em nosso país. 1ª ed. Osasco, SP: **Novo Século**, 2007, 343 p.

NICOLETTI, E. A. M.; FERREIRA, R. L. Geotecnologia aplicada à perícia ambiental. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.6 n.4, p.37-56, 2015.

OLIVEIRA, C. H.; SANTOS, J. E.; TOPPA, R. H. Efeitos do uso do solo urbano na qualidade ambiental e de vida, na vegetação e na impermeabilização do solo. IN: SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F. PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H. PIRES, A. M. Z. C. R. (Org.). Faces da Polissemia da paisagem. 1ª ed. São Carlos. **Rima**, v.2, p.585-619, 2004.

OLIVEIRA, F. R.; NEVES, G.; SENA-SOUZA, J. S.; ALVES, R. P.; MARTINS, E. S.; JUNIOR, A. F. C.; NARDOTO, G. B. Análise da Fragmentação da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Alto São Bartolomeu como Subsídio ao Modelo Pressão-Estado-Resposta. **Espaço & Geografia**, v.17, p.207 – 234, 2014.

PELLENZ, M.; CAVALHEIRO, L. P. R.; AQUINO, S. R. F. Análise da legislação brasileira sobre a água: a necessidade de um redimensionamento diante de sua imprescindibilidade para a manutenção da vida. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, p.61 – 82, 2018.

PICKETT, S. T. A.; CADENASSO, M. L.; GROVE, J. M.; NILON, C. H.; POUYAT, R. V.; ZIPPERER, W. C.; COSTANZA, R. Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.32, p.127-157, 2001.

RESENDE, P. T. V.; SOUSA, P. R.; SILVA, J. V. R. Análise do modelo de concessão rodoviária no Brasil na percepção dos usuários. **Anais**. Simpósio de Administração da Produção, p.1-16, 2011.

ROGERS, P. P. Water governance, water security and water sustainability. In: ROGERS, P. P.; LIAMAS, R.; CORTINA, L. M. (Ed.) Water crisis: myth or reality? London: Fundación Marcelino Botín. **Taylor & Francis**, p.3-36, 2006.

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production on São Paulo State (Brazil) using Landsat Data. **Remote Sensing**, v.2, n.4, p.1057-1076, 2010.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº7.663, de 30/12/1991. **Normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos**

**Hídricos**. 1991. Disponível em < <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>> Acesso em 26 de fevereiro de 2019.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº9.034, de 27/12/1994. **Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995**. 1994. Disponível em <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1994/lei-9034-27.12.1994.html>> Acesso em 26 de fevereiro de 2019.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº16.337, de 14/12/2016. **Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas**. 2016. Disponível em < <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2016/lei-16337-14.12.2016.html>> Acesso em 26 de dezembro de 2020.

SCOSS, L. M. **Impacto de estradas sobre mamíferos terrestres: O caso do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais**. 2002. 97f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2002.

SILVA, D. P.; BARBIERI, L. R.; FERREIRA, I. J.; FERREIRA, J. H. D.; COUTO, E. V. Efeitos da fragmentação florestal no município de Japurá – Paraná. **Revista GEOMAE**, v.8, n. Especial, p.186 – 195, 2017.

SILVA, M. S. F.; SOUZA, R. M. Padrões espaciais de fragmentação florestal na flona do Ibura – Sergipe. **Mercator**, v.13, n.3, p.121-137, 2014.

SOARES FILHO, B. S. Fragmentação da paisagem florestal em função da estrutura e dinâmica fundiária no Norte do Mato Grosso. **Anais. X SBSR**, Foz do Iguaçu, INPE, p.987 – 995, 2001.

TREVISAN, D. P. **Análise das variáveis ambientais causadas pelas mudanças dos usos e cobertura da terra do município de São Carlos, São Paulo, Brasil**. São Carlos, 2015, 80f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2015.

TREVISAN, D. P.; MELLO, B. M. ; MELLO, R. M. ; MOSCHINI, L. E. . Análise das mudanças do uso e cobertura da terra entre 1988 e 2017 no município de Ibaté-SP. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA**, v. 11, p. 2216-2228, 2018.

TREVISAN, D. P.; DIAS, L.; MOSCHINI, L. E. Atlas histórico e geográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê-Jacaré. 1ª ed. **Amazon**, 2019, 50p.



TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D. C.; LUZIA, A. P.; VON HAELING, P. H.; FROLLINI, E. H. A Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré: Estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.159-172, 2008.

TURNER, M.; O'NEILL, R. V.; GARDNER, R. H.; MILNE, B. T. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. **Landscape Ecology**, v.3, n.3/4, p.153-162, 1989.

TURNER, M.; SIMARD, M. Using spatial statistics and landscape metrics to compare disturbance mosaics, p.175-190. In: GERGEL, S. E.; TUNNER, M. G. **Learning landscape ecology: A practical guide to concepts and techniques**, 1st ed, 2017, 300p.

USGS. Scientific agency for natural sciences. 2017. **Imagens Landsat 5 de abril de 2007 e Landsat 8 de março de 2017**. Disponível em < <https://earthexplorer.usgs.gov/> > Acesso em 27 de março de 2019.

VIANA, S. S. M.; AMORIM, M. C. C. T. O clima da fachada atlântica sul do Brasil: Atualização introdutória. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.5, p.119 – 135, 2009.

VOLOTÃO, C. F. S. Trabalho de análise espacial: Métricas do Fragstats. **INPE**, São José dos Campos, 1998, 48p.

XIA, L.; ZHANH, Y.; WU, Q.; LIU, L. Analysis of the ecological relationships of urban carbon metabolism based on the eight nodes spatial network model. **Journal of Cleaner Production**. v.140. n.3, p.1644-1651, 2017.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados por este trabalho, com supressão das áreas naturais e conseqüentemente da rede de drenagem, assim como crescimento das áreas urbanas, rede viária e principalmente das áreas agrícolas eram esperados devido as características físicas, ambientais e ao histórico de crescimento e desenvolvimento socioeconômico da região. Por este contexto, a região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré possui alto potencial de produção e desenvolvimento, assim como de escoamento devido a crescente conectividade da malha viária.

A região teve crescimento de 38,43% de malha viária e aumento de 22% da conectividade destas regiões, contando com um decréscimo de 2,34% da rede de drenagem e decréscimo de 25,53% da conectividade destas regiões. As áreas de vegetação sofreram uma redução de 2,72%, com uma redução de conectividade de 18,50%. Desta forma, considerando os três fatores analisados, a média da alteração da conectividade e fragmentação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré entre 2007 e 2017 foi de 22,01%.

O principal foco e desafio da finalização deste projeto por meio da aplicação dos índices de conectividade em diferentes compartimentos, foi analisar a integração destes e conseqüentemente compreender a estruturação da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, no intuito de gerar informações que contribuam com o planejamento e gerenciamento da região, os quais possam propor e indicar áreas prioritárias para ações dos diversos agentes da sociedade. Neste sentido, a geração das informações sobre a caracterização ambiental da região serviu para compreender estas características e analisar sua contextualização.

A atualização das informações fornecidas pelas bases de dados brasileiras e internacionais foi de essencial importância, pois muitas dessas informações são de períodos anteriores, como as Cartas Topográficas do IBGE de 1971. A utilização das imagens LandSat com resolução de 30m, complementadas com imagens de alta definição como a Digital Globe e Word Street Map contribuíram nesta etapa, sendo primordiais para compreensão do estado atual e temporal da região.

A região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré possui alto potencial para o desenvolvimento de atividades agrícolas, principalmente pela evidência de baixas declividades e pelas características dos solos presentes, as quais foram confirmadas pela classificação do uso e cobertura da terra, que demonstrou o predomínio de tais atividades em todas as regiões da bacia hidrográfica, culminando também na expansão da malha viária ao longo dos anos, considerada como um importante fator para o escoamento dessa produção. Entretanto, por serem em sua maioria solos com baixa fertilidade e que necessitam de insumos agrícolas em seu desenvolvimento, deve-

se atentar aos cuidados com a utilização destes, em virtude de evitar impactos ambientais, tais como o acúmulo de nitrogênio e fósforo nos corpos hídricos, levando a eutrofização ou mesmo a contaminação das águas subterrâneas.

A diversificação e rotação das culturas é uma das possibilidades de controle da fertilização do solo, já que as monoculturas interferem nos ciclos de nutrientes gerando o empobrecimento dos mesmos, ocasionando problemas como a desertificação (processo dinâmico que resulta na transformação de determinadas áreas em deserto ou a elas se assemelharem) e arenização (processo de degradação de ambientes sob climas úmidos com formação de ilhas de areia exposta e solta, denominadas de areais).

As características de uma paisagem são formadas pelos seus padrões evolutivos e revela, em seus estágios ecológicos, períodos culturais que são fundamentais para entender suas transformações. Estas, constituem uma ferramenta essencial no planejamento ambiental da paisagem. Os padrões temporais de mudanças da paisagem da bacia hidrografia estudada foram revelados por meio da descrição da série de estágios ecológicos, culturais e pela identificação dos processos-chave, isto é, processos formadores que influenciam a trajetória da dinâmica da paisagem (MARCUCCI, 2000; MONTEIRO FILHO et al., 2018).

A identificação dos processos-chave associados à paisagem da região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré envolveu a descrição dos artificios que moldaram o cenário atual ao longo do tempo. Neste contexto, os índices utilizados foram essenciais para a análise temporal da conectividade da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, pois possibilitaram a avaliação das forças motrizes que atuam na paisagem, contribuindo também com as discussões sobre as consequências destas ao longo do tempo. Tais índices evidenciaram a perda das áreas naturais e da qualidade ambiental da região, junto ao crescimento de impactos negativos na paisagem, como a redução das áreas de vegetação e da rede de drenagem.

Os resultados do presente trabalho focaram na análise da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré como uma unidade de gerenciamento, mas quando organizamos e dividimos a região entre sub-bacias ou subunidades de gerenciamento (**Apêndices 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6 e 7.7**) é possível encontrar o mesmo padrão em todas as regiões, com crescimento das áreas antrópicas e agrícolas sob os ecossistemas naturais, diminuição da conectividade natural (rede de drenagem e fragmentos naturais) e aumento da conectividade viária. Entretanto, se ações emergenciais forem planejadas ou realizadas, algumas regiões destacam-se com prioritárias:

Por ordem de prioridade, as sub-bacias do Rio Jaú, Bauru e Rio Claro, apresentam problemas mais acentuados do que as Bacias do Rio Lençóis, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu. A Sub-bacia do Rio Claro, por exemplo, teve crescimento de 121% em sua malha viária ao longo do período estudado, seguida da Sub-bacia do Rio Jaú com 86,69% (no geral esse valor foi de 39,20%) estando também entre as regiões que mais perderam recursos hídricos, com uma redução de 6,38% e 1,35% respectivamente. Já a região da Sub-bacia do Rio Bauru, destaca-se por ser a região mais urbanizada, com a área urbana representando 13% (na bacia esse valor foi de 3%), e destaca-se como uma das regiões que mais perderam áreas de vegetação, totalizando 3,45% (no geral esse valor foi de 2,72%) e recursos hídricos (4,73%).

As sub-bacias do Rio Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira são as que apresentam as maiores qualidades ambientais, seguidas pela Sub-bacia do Rio Lençóis, as quais também possuem as mesmas características das demais, porém com suas áreas mais consolidadas diante aos avanços antrópicos. A Sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu, por exemplo, teve crescimento de 21,42% em sua malha viária ao longo do período estudado, seguida da Sub-bacia do Rio Lençóis com 20,36% com redução de recursos hídricos de 1,10% e 2,44% respectivamente. No que tange a cobertura vegetal, as sub-bacias do Rio Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, destacam-se com as maiores quantidades em área e porcentagem de cobertura, com 94.671,28ha e 68.110,01ha, sendo 22,59% e 25,59% da área total de cada sub-bacia respectivamente (na bacia esse valor foi de 20,50%).

Entretanto, ressalta-se que as análises de fragmentação e conectividade devem ser sempre contextualizadas e suas discussões embasadas de acordo com a escala de análise utilizada, pois esta pode implicar em mudanças na observação dos estudos. O presente estudo, por exemplo, trabalhou com a resolução espacial de 30m, ou seja, 1:50.000, desta forma, as análises de dinâmica de uso e cobertura da terra, de fragmentação e conectividade foram realizadas nesta escala, sendo que as mesmas análises podem sofrer alterações em escalas menores e com maiores riquezas de detalhes ou perder informações se realizadas em escalas maiores e com menores riquezas de detalhes.

Questões essenciais como a elaboração e revisão das legislações ambientais devem ser sempre discutidas com rigor científico e que realmente foquem em benefícios a conservação dos ecossistemas e não para o avanço de determinadas atividades ou de interesses financeiros. A distância entre a lei e o seu cumprimento é motivo de reversão das negociações políticas, em que os argumentos para menores restrições são valorizados, visando a mudanças legislativas (ALSTON, MULLER, 2008; POSSAMAI; GONÇALVES, 2018).

Tais discussões devem incorporar a dimensão da sustentabilidade ambiental e do desenvolvimento socioeconômico. Nesse sentido, os interesses das futuras gerações, e os seus direitos positivados na forma de norma constitucional, não podem ser ignorados do debate contemporâneo (AHREN, 2003; POSSAMAI; GONÇALVES, 2018).

Outro fato importante é discutido pelo Comitê de Bacia Tietê-Jacaré (CBH-TJ, 2000, p.306).

No estado de São Paulo o acelerado crescimento populacional como um todo, verificado a partir da década de 1970 e, conseqüentemente, a intensificação da urbanização, acarretou diversos problemas, principalmente para aquelas cidades maiores. Podem-se citar os problemas relativos à insuficiência de infraestrutura urbana: saneamento, habitação, abastecimento, saúde, educação, entre outros, bem como aqueles relacionados ao meio físico: erosão, assoreamento, escorregamentos, poluição das águas, etc. Esses problemas muitas vezes são reflexos da ausência de políticas públicas que tenham como finalidade a ocupação ordenada do solo.

Em seu trabalho de diagnóstico ambiental da Bacia do Jacaré-Guaçu, Troppmair (1998), ao analisar os censos demográficos de 1970, 1980 e 1991 e posteriormente outros trabalhos como Trevisan (2015) e Giulen et al., (2018), também constataram o processo de crescimento e a intensificação do uso e cobertura da terra em processos de urbanização e ampliação das áreas de ocupação das terras pelo setor agrícola.

Cabe registrar que a proteção ambiental não pode ser tarefa exclusiva do Estado, seja por meio dos Órgãos do Poder Executivo ou do Poder Judiciário, mas de todos, como as empresas e a sociedade civil, os quais devem garantir o direito de as gerações presentes e futuras usufruírem de um meio ambiente ecologicamente equilibrado (PINTO, 2009; LIMA et al., 2018). Numa escala local, o plano diretor é uma ferramenta essencial para o planejamento do crescimento e desenvolvimento dos municípios. Previsto pela Constituição Brasileira de 1988, este que deve ser base da política de desenvolvimento e expansão urbana, tendo como objetivo o melhoramento da qualidade de vida da sociedade além da ordenação do desenvolvimento e das funções sociais, estabelecendo princípios, normais e diretrizes a serem seguidas (BRAGA, 1993; DANTAS, 2013).

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) também é uma realização positiva dentro desse processo e é um dos instrumentos da Política Nacional e Estadual de Meio Ambiente - Lei Federal n.6.938 de 1981 (BRASIL, 1981), que tem como finalidade o ordenamento territorial. Este, almeja induzir o desenvolvimento econômico de forma planejada, compatível e sustentável com as potencialidades do patrimônio ambiental e sociocultural de determinado espaço geográfico (SEMA-

BAHIA, 2013; POSSAMAI; GONÇALVES, 2018). O ZEE é um instrumento técnico, econômico, político e jurídico, de grande importância no planejamento, reconhecido entre as várias esferas do setor público, do setor privado e da sociedade civil, por facilitar a construção de parcerias na busca da equidade, e por considerar o uso do território como algo de interesse de todas as classes sociais e segmentos econômicos (SEMA-BAHIA, 2013; POSSAMAI; GONÇALVES, 2018).

Desta forma, o fortalecimento dos espaços de participação, por meio da mobilização da população e de sua representatividade, deve ser uma premissa da administração pública, para a formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano (SEBRAE, 2006; LIMA et al., 2018). O Planejamento e desenvolvimento das regiões deve ter como finalidade promover a justa distribuição espacial da população e das atividades econômicas, com a finalidade de evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente (SEBRAE, 2006; LIMA et al., 2018).

## 6.1 Referências

AHREN, S. O. “Novo” Código florestal brasileiro: Conceitos jurídicos fundamentais IN: Sociedade Brasileira de Silvicultura, Brasília: **Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais**, p 1-15, 2003.

ALSTON, L. G.; MULLER, B. Legal reserve requirements in Brazilian forests: path dependent evolution of de facto legislation. **Revista Economia**, Brasília, v.8, n.4, p.25-53, 2008.

BRAGA, R. **Aspectos da ordenação territorial nas leis orgânicas municipais do estado de São Paulo**. 1993. Dissertação (Mestrado em Geografia) - FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)> Acesso em 09 de setembro de 2019.

CBH-TJ. Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, São Paulo: **Fundação Estadual de Recursos Hídricos**. Relatório Final, CD-ROM, 2000.

DANTAS, J. A. C. **Parâmetros urbanísticos na regulação do uso e ocupação do solo: estudo da densidade e do coeficiente de aproveitamento nos planos diretores de Natal de 1994 e 2007**.

2013. 152f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal, 2013.

GIULEN, G.; LIONI, A. B.; TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E.; LORANDI, R. Avaliação da efetividade das políticas públicas voltadas para a proteção das áreas de captação de água: estudo de caso no município de São Carlos-SP. **Águas Subterrâneas**, v.32, p.154-161, 2018.

LIMA, G. P.; LIMA, L. E. O.; DIAS, E. F.; GARABINI, V. M. B. Relação interligatória entre os princípios de direito urbanístico e o instituto do planejamento urbano. **Revista Jurídica Direito, Sociedade e Justiça**, p.344 – 346, 2018.

MARCUCCI, D. J. Landscape history as a planning tool. **Landscape and urban planning**, n.49, p.67 - 81, 2000.

MONTEIRO FILHO, P. A.; SILVA, M. R.; SILVA, W. F.; ROCHA, R. C. A paisagem como cenário de aprendizagem: uma experiência no colégio estadual serafim de carvalho em Jataí (GO). **Revista Tocantinense de Geografia**, p.31 – 55, 2018.

PINTO, O. P. A. M. **A Importância do desenvolvimento sustentável**. Instituto de Direito Internacional de Brasília, 2009. Disponível em: <<https://www.dcs.ufla.br/Cerrados/Portugues/CIntroP.htm>>. Acesso em: 31 de maio de 2019.

POSSAMAI, G.; GONÇALVES, T. M. Código florestal brasileiro de 2012: contexto e cenário de sua aprovação - uma análise sociopolítica. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, p.231 – 264, 2018.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **A importância do plano diretor para o desenvolvimento municipal**. Confederação Nacional dos Municípios, São Paulo: SEBRAE. 2006. Disponível em <[www.sebraesp.com.br/arquivos\\_site/cartilha\\_diretor.pdf](http://www.sebraesp.com.br/arquivos_site/cartilha_diretor.pdf)> Acesso em 06 de maio de 2019.

SEMA-BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado da Bahia. **Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE)**. 2013. Disponível em: <<https://www.meioambiente.ba.gov.br/conteudo.aspx?s=ZONEAECO&p=PROPANAM>> Acesso em: 06 de maio de 2019.

TREVISAN, D. P. **Análise das variáveis ambientais causadas pelas mudanças dos usos e cobertura da terra do município de São Carlos, São Paulo, Brasil.** 2015. 80f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

TROPPMAIR, W. C. A. **Diagnóstico ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu.** 126f. 1998. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.



## 7. APÊNDICES

### 7.1 Visita a campo na região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

Realizou-se visitas a campo na região da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré para ilustrar, contextualizar e observar as diferentes atividades e usos e cobertura da terra, no intuito de caracterizar fotograficamente a área de estudo. Foram visitados municípios com diferentes cenários agrícolas, urbanos e ambientais ao longo das seis sub-bacias pertencentes a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, sendo: sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu (Ibaté, São Carlos, Itirapina e Ibitinga); sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira (Brotas e Torrinha); sub-bacia do Rio Jaú (Jaú e Barra Bonita); sub-bacia do Rio Lençóis (Igarapu do Tietê); sub-bacia do Rio Bauru (Bauru) e sub-bacia do Rio Claro (Iacanga).

#### 7.1.1 Visita a campo na sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu



**Figura 7.1:** Região central do município de Ibaté (-21°57'15.88", -47°59'48.84") – 05/09/2019



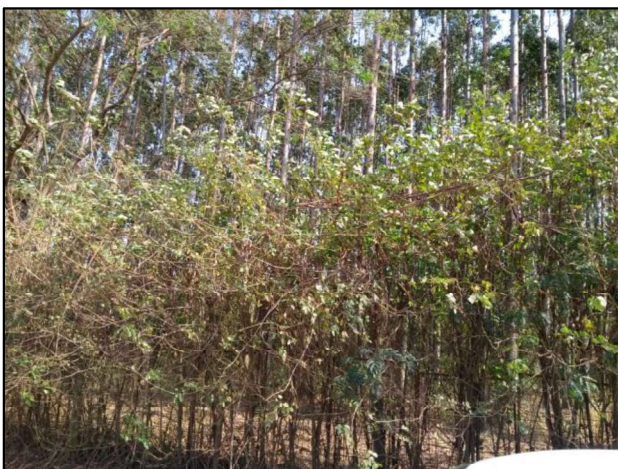
**Figura 7.2:** Cana-de-açúcar em proximidade a área urbana no município de Ibaté (-21°57'15.80"; -47°59'48.80") – 05/09/2019



**Figura 7.3:** Cana-de-açúcar e solo exposto no município de Ibaté (-21°58'45.16"; -48°0'5.21") – 05/09/2019



**Figura 7.4:** Nascente próxima a cana-de-açúcar no município de Ibaté (-21°58'44.80"; -48°0'5.27") – 05/09/2019



**Figura 7.5:** Vegetação e silvicultura no município de Ibaté (-21°55'49.19"; -47°59'8.55") – 05/09/2019

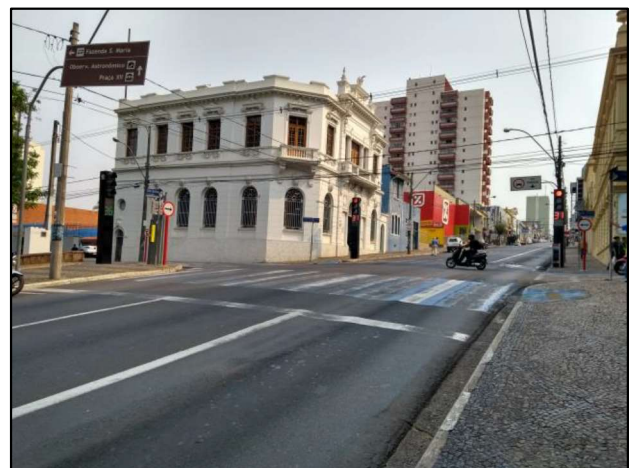
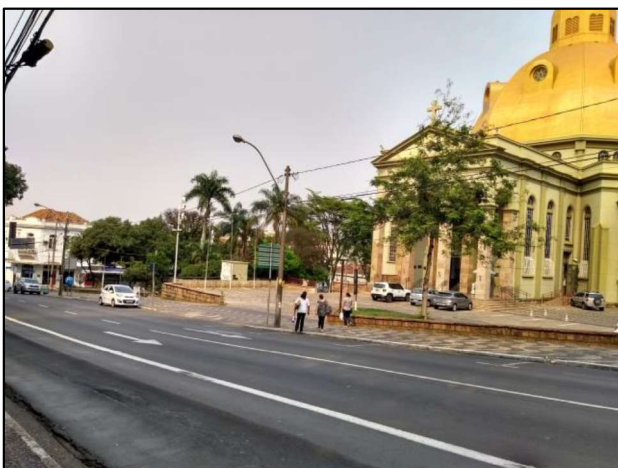




**Figura 7.6:** Pastagem e silvicultura no município de Ibaté (-21°55'8.89"; -48°1'51.17") – 05/09/2019

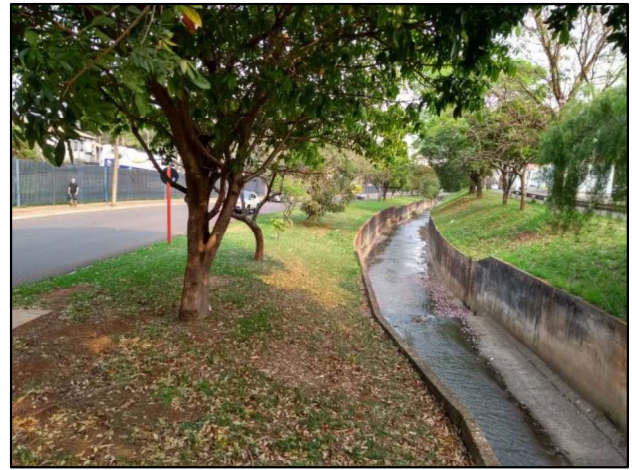
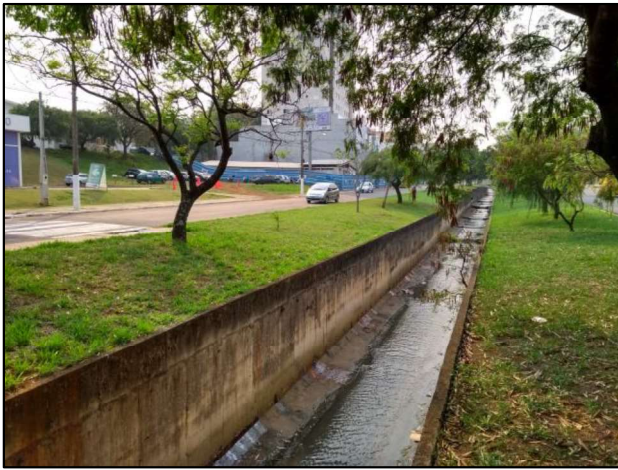


**Figura 7.7:** Remanescente vegetacional no município de Ibaté (-21°55'4.66"; -48°2'15.38") – 05/09/2019

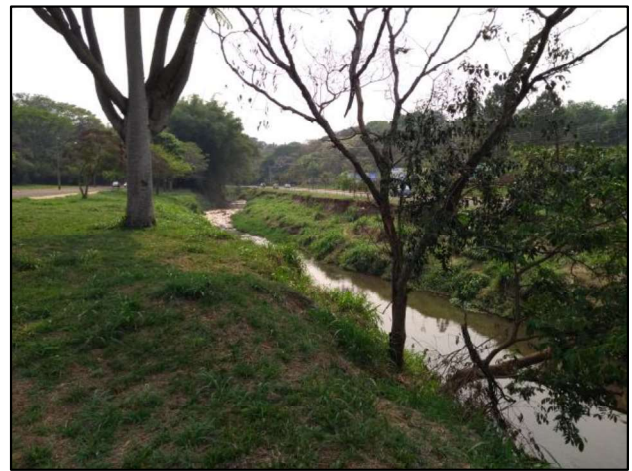


**Figura 7.8:** Região central do município de São Carlos (-22°01'04.61"; -47°53'22.76") – 19/09/2019

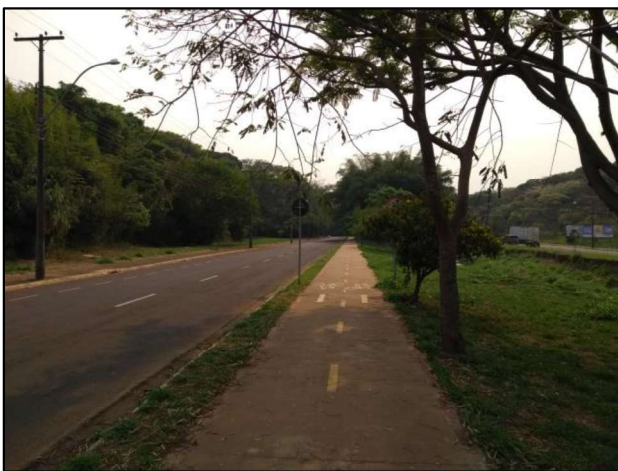




**Figura 7.9:** Canalização de córrego urbano no município de São Carlos (-22°00'13.11"; -47°53'46.36") – 19/09/2019



**Figura 7.10:** Erosão marginal de córrego urbano no município de São Carlos (-22°00'56.92"; -47°54'40.11") – 19/09/2019

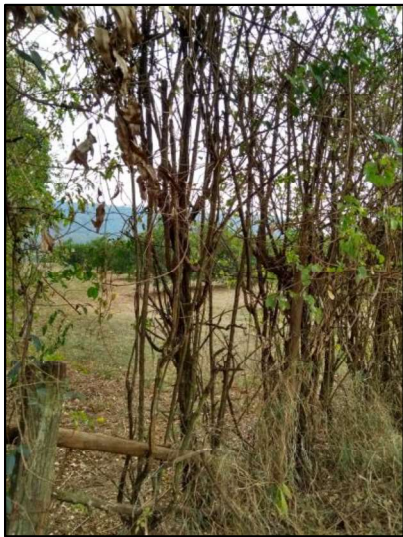


**Figura 7.11:** Remanescente vegetacional no município de São Carlos (-22°00'56.92"; -47°54'40.11") – 19/09/2019





**Figura 7.12:** Remanescente vegetacional e silvicultura no município de São Carlos (-22°07'06.25"; -47°48'32.17") – 19/09/2019



**Figura 7.13:** Citricultura no município de São Carlos (-22°07'06.24"; -47°48'31.92") – 19/09/2019



**Figura 7.14:** Remanescente vegetacional no município de São Carlos (-22°58'37.17"; -47°52'51.73") – 19/09/2019





**Figura 7.15:** Remanescente vegetacional no município de Itirapina (-22°08'21.70"; -47°52'45.45") – 19/09/2019



**Figura 7.16:** Represa do Broa no município de Itirapina (-22°08'21.71"; -47°52'45.45") – 19/09/2019



**Figura 7.17:** Rio Jacaré-Guaçu no município de Ibitinga (-21°49'33.91"; -48°49'50.36") – 23/11/2019

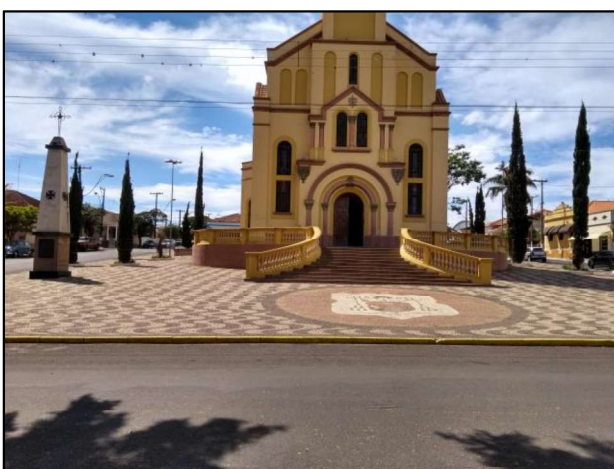


**Figura 7.18:** Hidrelétrica de Ibatinga ( $-21^{\circ}45'37.86''$ ,  $-48^{\circ}59'26.31''$ ) – 23/11/2019 (Fonte: MAPIO, 2019)

### 7.1.2 Visita a campo na sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira



**Figura 7.19:** Citricultura no município de Torrinha ( $-22^{\circ}22'47.27''$ ;  $-48^{\circ}07'33.26''$ ) – 10/10/2019

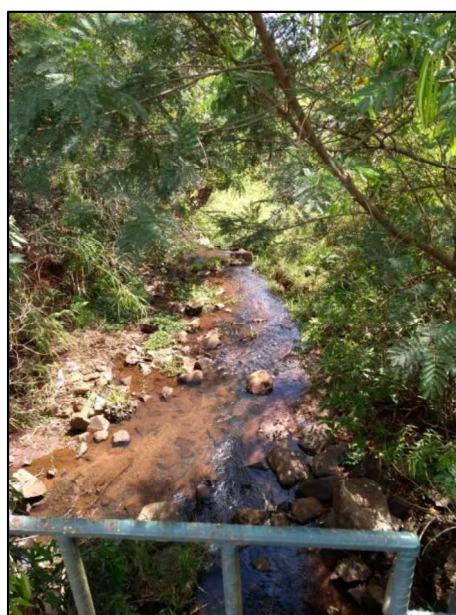
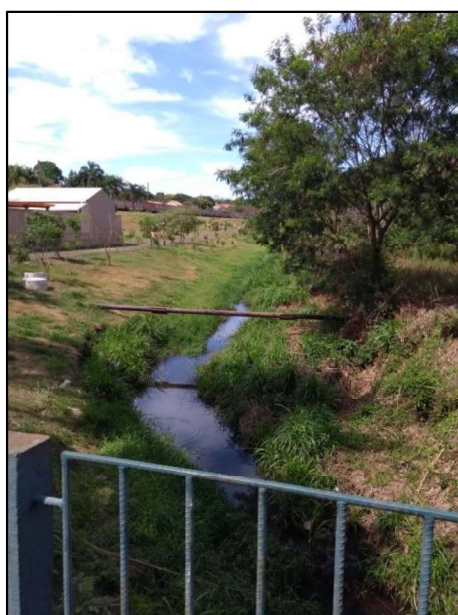


**Figura 7.20:** Região central do município de Torrinha ( $-22^{\circ}25'34.84''$ ;  $-48^{\circ}10'11.92''$ ) – 10/10/2019





**Figura 7.21:** Estação férrea no município de Torrinha ( $-22^{\circ}25'28.36''$ ;  $-48^{\circ}10'25.96''$ ) – 10/10/2019



**Figura 7.22:** Córrego urbano no município de Torrinha ( $-22^{\circ}25'30.51''$ ;  $-48^{\circ}10'22.79''$ ) – 10/10/2019



**Figura 7.23:** Transição entre pasto e silvicultura no município de Torrinha ( $-22^{\circ}25'42.12''$ ;  $-48^{\circ}10'54.29''$ ) – 10/10/2019





**Figura 7.24:** Transição entre cana-de-açúcar e silvicultura no município de Torrinha (-22°22'47.27"; -48°07'33.26") – 10/10/2019



**Figura 7.25:** Transição entre vegetação, solo exposto e silvicultura no município de Brotas (-22°17'27.84"; -48°02'33.25") – 11/10/2019

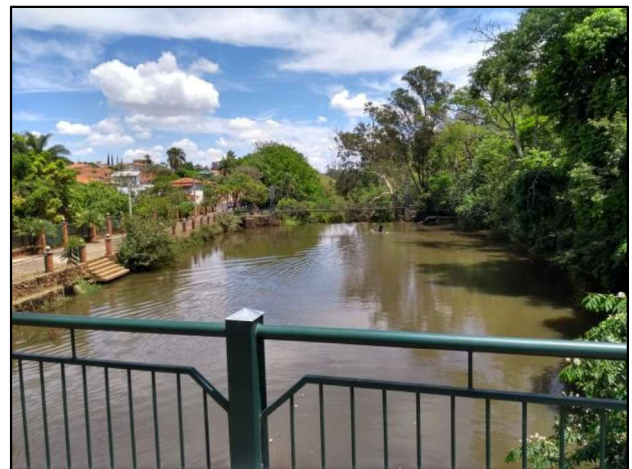
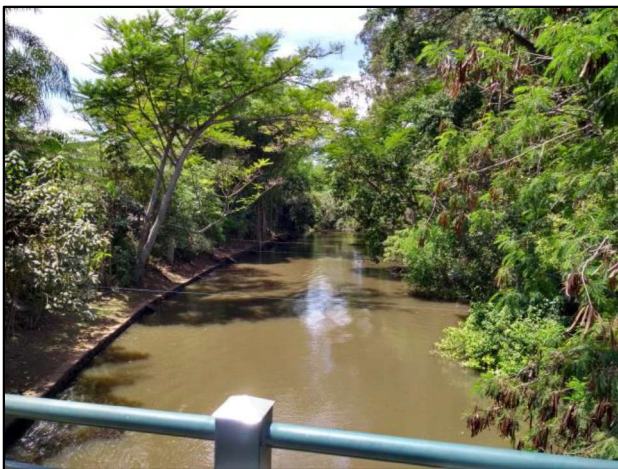


**Figura 7.26:** Cana-de-açúcar no município de Brotas (-22°20'7.26"; -48°06'31.35") – 11/10/2019





**Figura 7.27:** Região central do município de Brotas (-22°17'14.62"; -48°07'35.78") – 11/10/2019



**Figura 7.28:** Rio Jacaré-Pepira no município de Brotas (-22°17'33.67"; -48°07'46.08") – 11/10/2019



**Figura 7.29:** Córrego canalizado no município de Brotas (-22°17'1.65"; -48°07'47.47") – 11/10/2019





**Figura 7.30:** Recanto das cachoeiras no município de Brotas ( $-22^{\circ}24'10.01''$ ;  $-48^{\circ}02'33.87''$ ) – 11/10/2019

### 7.1.3 Visita a campo na sub-bacia do Rio Jaú



**Figura 7.31:** Rio Tietê no município de Barra Bonita ( $-22^{\circ}29'54.71''$ ;  $-48^{\circ}33'40.06''$ ) – 19/10/2019



**Figura 7.32:** Região central do município de Barra Bonita ( $-22^{\circ}29'54.71''$ ;  $-48^{\circ}33'39.97''$ ) – 19/10/2019

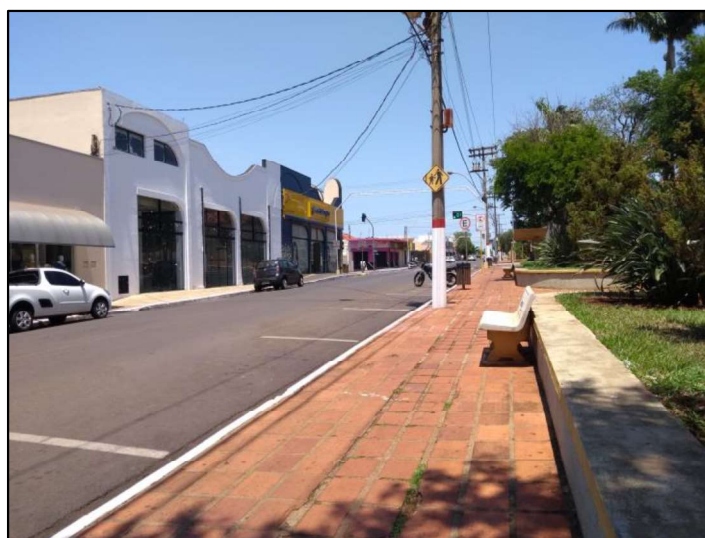


**Figura 7.33:** Barragem do Rio Tietê no município de Barra Bonita (-22°31'10"; -48°32'.04"): Fonte (BARRA BONITA, 2019)



**Figura 7.34:** Região central do município de Jaú (-22°17'51"; -48°33'.27") – 16/12/2020

#### 7.1.4 Visita a campo na sub-bacia do Rio Lençóis



**Figura 7.35:** Região central do município Igaracu do Tietê (-22°30'38.70"; -48°33'28.74") – 20/10/2019



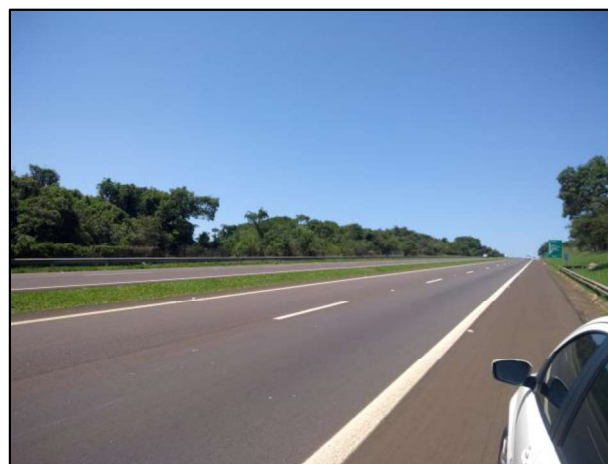


**Figura 7.36:** Rio Tietê no município de Igarapu do Tietê ( $-22^{\circ}30'20.97''$ ;  $-48^{\circ}34'46.45''$ ) – 20/10/2019



**Figura 7.37:** Mirante do Vale no município de Igarapu do Tietê ( $-22^{\circ}30'41.48''$ ;  $-48^{\circ}32'51.75''$ ) – 20/10/2019

### 7.1.5 Visita a campo na sub-bacia do Rio Bauru



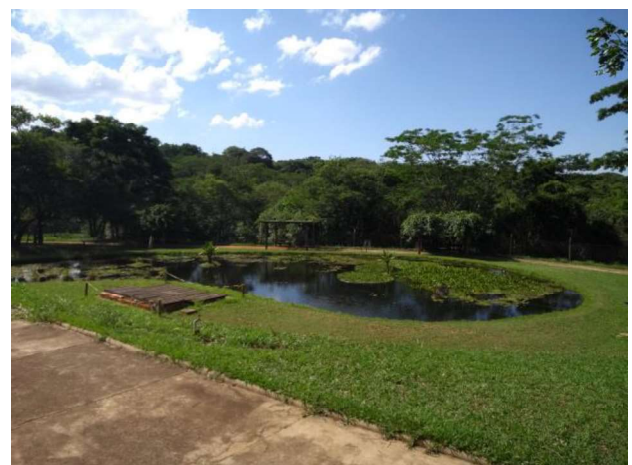
**Figura 7.38:** Reserva Ecológica Sociedade Beneficente Dr. Enéas Carvalho Aguiar no município de Bauru ( $-22^{\circ}20'1.07''$ ;  $-49^{\circ}0'57.11''$ ) – 16/11/2019



**Figura 7.39:** Região Central do município de Bauru ( $-22^{\circ}19'21.72''$ ;  $-49^{\circ}4'23.72''$ ) – 16/11/2019



**Figura 7.40:** Igreja Tenrikyo – sede brasileira no município de Bauru ( $-22^{\circ}20'7.33''$ ;  $-49^{\circ}5'12.56''$ ) – 16/11/2019 (SOCIAL BAURU, 2019)



**Figura 7.41:** Jardim Botânico Municipal de Bauru ( $-22^{\circ}20'33.18''$ ;  $-49^{\circ}0'59.41''$ ) – 16/11/2019



### 7.1.6 Visita a campo na sub-bacia do Rio Claro



**Figura 7.42:** Transição entre pastagem e vegetação no município de Arealva ( $-22^{\circ}2'37.34''$ ;  $-48^{\circ}55'57.03''$ ) – 23/11/2019



**Figura 7.43:** Região central do município Arealva ( $-22^{\circ}1'42.39''$ ;  $-48^{\circ}54'37.93''$ ) – 23/11/2019



**Figura 7.44:** Margem do Rio Tietê no município de Arealva ( $-22^{\circ}1'29.97''$ ;  $-48^{\circ}53'19.21''$ ) – 23/11/2019



**Figura 7.45:** Rio Tietê no município de Arealva (-22°1'29.97"; -48°53'19.21") – 23/11/2019



## 7.2 Variação da rede viária por ordem de nós e sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

As Tabelas 7.1 e 7.2 apresentam os valores referentes a variação da rede viária por ordem de nós da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017, apresentados por sub-bacia.

**Tabela 7.1** Variação da rede viária por ordem de nós da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

Sub-bacia	Ordem dos nós (km)											
	1 (2007)	1 (2017)	2 (2007)	2 (2017)	3 (2007)	3 (2017)	4 (2007)	4 (2017)	5 (2007)	5 (2017)	6 (2007)	6 (2017)
Rio Bauru	80,94	161,25	1412,24	1961,07	74,13	111,86	7,12	10,37	58,41	58,45	76,00	76,00
Rio Claro	36,73	120,29	208,58	431,84	8,06	21,44	10,00	10,79	0,00	0,00	0,00	0,00
Rio Jacaré-Guaçu	293,23	430,45	3072,16	3762,50	304,16	348,80	95,74	103,86	67,60	68,23	279,14	279,15
Rio Jacaré-Pepira	56,14	101,43	473,80	763,80	78,40	114,29	113,06	115,01	21,25	21,30	34,00	34,00
Rio Jaú	65,24	208,05	1046,58	1975,88	56,60	103,93	3,86	8,49	0,46	0,57	124,00	124,00
Rio Lençóis	54,26	82,68	1037,70	1254,67	71,03	86,53	99,21	100,94	30,59	30,80	0,00	0,16
<b>Total</b>	<b>586,55</b>	<b>1.104,13</b>	<b>7.251,07</b>	<b>10.149,77</b>	<b>592,38</b>	<b>786,85</b>	<b>328,98</b>	<b>349,47</b>	<b>178,31</b>	<b>179,36</b>	<b>513,14</b>	<b>513,31</b>

**Tabela 7.2** Aumento da rede viária por ordem de nós da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

Sub-bacia	Ordem dos nós - Aumento (%)											
	1 (2007 - 2017)	%	2 (2007 - 2017)	%	3 (2007 - 2017)	%	4 (2007 - 2017)	%	5 (2007 - 2017)	%	6 (2007 - 2017)	%
Rio Bauru	80,30	99,21	548,83	38,86	37,73	50,90	3,25	45,63	0,04	0,07	0,00	0,00
Rio Claro	83,56	227,50	223,26	107,04	13,37	165,89	0,79	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rio Jacaré-Guaçu	137,21	46,79	690,34	22,47	44,64	14,68	8,13	8,49	0,64	0,94	0,01	0,00
Rio Jacaré-Pepira	45,29	80,66	290,00	61,21	35,89	45,79	1,95	1,72	0,05	0,24	0,00	0,00
Rio Jauú	142,81	218,90	929,30	88,79	47,33	83,61	4,63	120,14	0,10	22,3	0,00	0,00
Rio Lençóis	28,41	52,36	216,96	20,91	15,50	21,82	1,74	1,75	0,21	0,70	0,16	0,00
<b>Total</b>	<b>517,58</b>	<b>88,24</b>	<b>2898,70</b>	<b>39,98</b>	<b>194,47</b>	<b>32,83</b>	<b>20,49</b>	<b>6,23</b>	<b>1,04</b>	<b>0,58</b>	<b>0,17</b>	<b>0,03</b>

### 7.3 Variação da rede de drenagem por ordem de rios e sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

As Tabelas 7.3 e 7.4 apresentam os valores referentes a variação da rede de drenagem por ordem de rios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017, apresentados por sub-bacia.

**Tabela 7.3** Variação da rede de drenagem por ordem de rios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

Sub-bacia	Ordem dos rios (km)													
	1 (2007)	1 (2017)	2 (2007)	2 (2017)	3 (2007)	3 (2017)	4 (2007)	4 (2017)	5 (2007)	5 (2017)	6 (2007)	6 (2017)	7 (2007)	7 (2017)
Rio Bauru	327,26	308,29	128,36	120,16	69,18	67,02	56,49	56,49	37,86	37,86	0,02	0,02	0,00	0,00
Rio Claro	488,42	433,54	213,02	210,17	99,31	99,04	40,92	40,92	16,37	16,37	31,53	31,53	19,30	19,30
Rio Jacaré-Guaçu	1.450,80	1.427,99	695,03	691,91	309,57	304,35	289,74	289,74	190,54	189,89	0,00	0,00	4,91	4,27
Rio Jacaré-Pepira	1.001,11	963,28	524,45	522,50	304,42	304,32	109,77	104,41	69,74	69,74	154,38	153,66	1,43	1,43
Rio Jaú	568,64	558,88	254,17	250,86	168,41	165,93	58,67	58,67	73,59	73,59	24,79	24,79	0,00	0,00
Rio Lençóis	513,37	493,85	254,14	249,99	135,84	132,34	149,77	149,77	59,55	59,55	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>4.349,60</b>	<b>4.185,83</b>	<b>2069,17</b>	<b>2045,59</b>	<b>1084,73</b>	<b>1073,00</b>	<b>705,36</b>	<b>700,00</b>	<b>447,58</b>	<b>447,00</b>	<b>210,72</b>	<b>210,00</b>	<b>25,64</b>	<b>25,00</b>

**Tabela 7.4** Diminuição da rede de drenagem por ordem de rios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

Sub-bacia	Ordem dos rios - Decréscimo (%)													
	1 (2007 - 2017)	%	2 (2007 - 2017)	%	3 (2007 - 2017)	%	4 (2007 - 2017)	%	5 (2007 - 2017)	%	6 (2007 - 2017)	%	7 (2007 - 2017)	%
Rio Bauru	18,97	5,80	8,2	6,39	2,16	3,12	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Rio Claro	54,88	11,24	2,85	1,34	0,27	0,27	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Rio Jacaré-Guaçu	22,81	1,57	3,12	0,45	5,22	1,69	0	0,00	0,65	0,34	0	0,00	0,64	13,03
Rio Jacaré-Pepira	37,83	3,78	1,95	0,37	0	0,00	5,36	4,88	0	0,00	0,72	0,47	0	0,00
Rio Jaú	9,76	1,72	3,31	1,30	2,48	1,47	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Rio Lençóis	19,52	3,80	4,15	1,63	3,5	2,58	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<b>Total</b>	<b>163,77</b>	<b>3,77</b>	<b>23,58</b>	<b>1,14</b>	<b>13,63</b>	<b>1,25</b>	<b>5,36</b>	<b>0,76</b>	<b>0,65</b>	<b>0,15</b>	<b>0,72</b>	<b>0,34</b>	<b>0,64</b>	<b>2,50</b>

#### 7.4 Variação da vegetação por ordem de integração e sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

As Tabelas 7.5 e 7.6 apresentam os valores referentes a variação dos fragmentos de vegetação por ordem de integração da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017, apresentados por sub-bacia.

**Tabela 7.5** Variação dos fragmentos de vegetação por ordem de integração da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

Sub-bacia	Ordem dos integração (nº de fragmentos)									
	1 (2007)	1 (2017)	2 (2007)	2 (2017)	3 (2007)	3 (2017)	4 (2007)	4 (2017)	5 (2007)	5 (2017)
Rio Bauru	53	35	53	32	57	27	34	30	35	18
Rio Claro	53	70	53	76	57	53	61	59	48	43
Rio Jacaré-Guaçu	90	149	122	202	120	140	128	121	118	114
Rio Jacaré-Pepira	102	135	99	121	99	104	128	106	76	60
Rio Jaú	47	68	53	59	56	58	49	48	39	37
Rio Lençóis	72	58	82	59	68	46	70	60	68	43
<b>Total</b>	<b>417,00</b>	<b>515,00</b>	<b>462,00</b>	<b>549,00</b>	<b>457,00</b>	<b>428,00</b>	<b>470,00</b>	<b>424,00</b>	<b>384,00</b>	<b>315,00</b>

**Tabela 7.6** Redução ou aumento dos fragmentos de vegetação por ordem de integração da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

Sub-bacia	Ordem dos integração (n° de fragmentos) – Redução ou aumento (%)									
	1 (2007 - 2017)	%	2 (2007 - 2017)	%	3 (2007 - 2017)	%	4 (2007 - 2017)	%	5 (2007 - 2017)	%
Rio Bauru	-18	-33,96	-21	-39,62	-30	-52,63	-4	-11,76	-17	-48,57
Rio Claro	17	32,08	23	43,40	-4	-7,02	-2	-3,28	-5	-10,42
Rio Jacaré- Guaçu	59	65,56	80	65,57	20	16,67	-7	-5,47	-4	-3,39
Rio Jacaré- Pepira	33	32,35	22	22,22	5	5,05	-22	-17,19	-16	-21,05
Rio Jaú	21	44,68	6	11,32	2	3,57	-1	-2,04	-2	-5,13
Rio Lençóis	-14	-19,44	-23	-28,05	-22	-32,35	-10	-14,29	-25	-36,76
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>23,50</b>	<b>87</b>	<b>18,83</b>	<b>-29</b>	<b>-6,35</b>	<b>-46</b>	<b>-9,79</b>	<b>-69,00</b>	<b>-17,97</b>

## 7.5 Uso e cobertura da terra por sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

As Tabelas 7.7, 7.8, 7.9, 7.10, 7.11 e 7.12 apresentam os valores referentes ao uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017, apresentados por sub-bacia.

**Tabela 7.7** Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu em 2007 e 2017

Classes	Usos 2007		Usos 2017	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Cana-de-açúcar	174.469,70	41,68	199.642,90	47,66
Corpos hídricos	3.321,47	0,78	3.211,84	0,77
Citricultura	39.368,91	9,38	25.281,3	6,04
Culturas diversas	603,69	0,14	656,17	0,16
Pastagem	22.522,21	5,35	14.505,17	3,46
Silvicultura	18.844,73	4,48	17.059,56	4,07
Solo exposto	42.268,21	10,29	45.109,08	10,77
Área urbana	16.325,15	3,82	18.782,7	4,48
Vegetação	101.195,91	24,09	94.671,28	22,59
<b>Total</b>	<b>418.920,00</b>	<b>100,00</b>	<b>418.920,00</b>	<b>100,00</b>

**Tabela 7.8** Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira em 2007 e 2017

Classes	Usos 2007		Usos 2017	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Cana-de-açúcar	101.863,18	38,27	126.113,99	47,38
Corpos hídricos	2.262,75	0,85	2.250,54	0,85
Citricultura	19.118,18	7,18	11.388,22	4,28
Culturas diversas	204,58	0,08	211,97	0,08
Pastagem	23.382,08	8,79	19.821,48	7,45
Silvicultura	10.631,85	3,99	14.633,33	5,50
Solo exposto	31.971,03	12,01	21.637,09	8,13
Área urbana	1.365,63	0,51	1.990,37	0,75
Vegetação	75.357,72	28,31	68.110,01	25,59
<b>Total</b>	<b>266.157,00</b>	<b>100,00</b>	<b>266.157,00</b>	<b>100,00</b>

**Tabela 7.9** Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jaú em 2007 e 2017

Classes	Usos 2007		Usos 2017	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Cana-de-açúcar	100.699,24	65,57	106.383,55	69,27
Corpos hídricos	2.269,98	1,48	2.251,98	1,47
Citricultura	227,77	0,15	0,00	0,00
Culturas diversas	174,19	0,11	179,39	0,12
Pastagem	2.380,91	1,55	1.785,58	1,16
Silvicultura	86,30	0,06	564,33	0,37
Solo exposto	14.362,56	9,35	15.356,00	10,00
Área urbana	5.844,06	3,81	7.075,41	4,61
Vegetação	27.536,99	17,93	19.985,76	13,01
<b>Total</b>	<b>153.582,00</b>	<b>100,00</b>	<b>15.3582,00</b>	<b>100,00</b>

**Tabela 7.10** Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Lençóis em 2007 e 2017

Classes	Usos 2007		Usos 2017	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Cana-de-açúcar	85.017,97	59,73	83.379,00	58,58
Corpos hídricos	1.746,53	1,23	1.704,58	1,20
Citricultura	686,72	0,48	231,81	0,16
Culturas diversas	0,00	0,00	0,00	0,00
Pastagem	6.302,69	4,43	2.184,25	1,53
Silvicultura	7.287,52	5,12	11.068,14	7,78
Solo exposto	13.368,62	9,39	16.707,41	11,74
Área urbana	3.664,87	2,57	5.283,49	3,71
Vegetação	24.268,08	17,05	21.784,32	15,30
<b>Total</b>	<b>142.343,00</b>	<b>100,00</b>	<b>142.343,00</b>	<b>100,00</b>



**Tabela 7.11** Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Claro em 2007 e 2017

Classes	Usos 2007		Usos 2017	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Cana-de-açúcar	55.641,40	47,60	65.907,38	56,38
Corpos hídricos	6.013,66	5,14	5.979,41	5,12
Citricultura	1.932,25	1,65	1.260,98	1,08
Culturas diversas	333,25	0,29	335,10	0,29
Pastagem	15.120,85	12,94	5.943,95	5,08
Silvicultura	871,14	0,75	3.220,27	2,75
Solo exposto	10.773,68	9,22	13.298,67	11,38
Área urbana	426,79	0,37	640,23	0,55
Vegetação	25.779,98	22,04	20.307,01	17,37
<b>Total</b>	<b>116.893,00</b>	<b>100,00</b>	<b>116.893,00</b>	<b>100,00</b>

**Tabela 7.12** Uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Bauru em 2007 e 2017

Classes	Usos 2007		Usos 2017	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Cana-de-açúcar	24.432,51	29,37	26.068,18	31,33
Corpos hídricos	1.341,41	1,61	1.326,25	1,59
Citricultura	788,07	0,95	36,49	0,04
Culturas diversas	0,00	0,00	0,00	0,00
Pastagem	7.108,85	8,54	7.324,47	8,80
Silvicultura	11.551,06	13,88	11.712,37	14,08
Solo exposto	9.301,90	11,18	9.237,75	11,10
Área urbana	8.521,90	10,24	10.208,87	12,27
Vegetação	20.149,30	24,22	17.280,62	20,77
<b>Total</b>	<b>83.195,00</b>	<b>100,00</b>	<b>83.195,00</b>	<b>100,00</b>

## 7.6 Métricas da paisagem por sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

As Tabelas 7.13, 7.14, 7.15, 7.16, 7.17 e 7.18 apresentam os valores referentes as métricas da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017, apresentados por sub-bacia.

**Tabela 7.13** Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu em 2007 e 2017

<b>Índice</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Área total dos fragmentos (ha)	418.920,00	418.920,00
Área média dos fragmentos (ha)	242,57	211,04
Comprimento de drenagem	2.940,59	2.908,15
Comprimento de estradas	4.112,03	4.993,00
Declividade média	7,21	7,21
Densidade de fragmentação (nf/ha)	0,0041	0,0047
Densidade do perímetro (borda)	142,15	145,87
Densidade de drenagem	0,0070	0,0069
Densidade de estradas	0,0098	0,0119
Desvio padrão da área média dos fragmentos	404,18	346,32
Indicador médio de forma	1,80	1,77
Índice de maior fragmento (%)	0,93	0,93
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem	0,30	0,41
Média de fragmentos	191,89	220,56
Número interseções estrada/drenagem	908	1.193,00
Índice de contato estrada/fragmento	1,01	1,62
Número total de fragmentos	1.727,00	1.985,00
Perímetro médio (borda)	8.790,00	7.850,00
Razão estradas/drenagem	1,40	1,72

**Tabela 7.14** Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira em 2007 e 2017

<b>Índice</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Área total dos fragmentos (ha)	266.157,00	266.157,00
Área média dos fragmentos (ha)	196,43	196,57
Comprimento de drenagem	2.163,30	2.119,34
Comprimento de estradas	776,65	1.149,83
Declividade média	7,65	7,65
Densidade de fragmentação (nf/ha)	0,0051	0,0051
Densidade do perímetro (borda)	106,00	102,66
Densidade de drenagem	0,0081	0,0080
Densidade de estradas	0,0029	0,0043
Desvio padrão da área média dos fragmentos	315,79	369,82
Indicador médio de forma	1,83	1,81
Índice de maior fragmento (%)	1,10	2,67
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem	0,10	0,14
Média de fragmentos	150,56	150,44
Número interseções estrada/drenagem	219	304,00
Índice de contato estrada/fragmento	0,31	0,45
Número total de fragmentos	1.355,00	1.354,00
Perímetro médio (borda)	8.400,00	8.100,00
Razão estradas/drenagem	0,36	0,54

**Tabela 7.15** Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Jaú em 2007 e 2017

<b>Índice</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Área total dos fragmentos (ha)	153.582,00	153.582,00
Área média dos fragmentos (ha)	182,62	197,66
Comprimento de drenagem	1.148,27	1.132,72
Comprimento de estradas	1.296,74	2.420,91
Declividade média	7,55	7,55
Densidade de fragmentação (nf/ha)	0,0055	0,0051
Densidade do perímetro (borda)	57,76	58,50
Densidade de drenagem	0,0075	0,0074
Densidade de estradas	0,0084	0,0158
Desvio padrão da área média dos fragmentos	319,98	332,00
Indicador médio de forma	1,94	1,87
Índice de maior fragmento (%)	2,19	2,22
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem	0,34	0,66
Média de fragmentos	93,44	97,12
Número interseções estrada/drenagem	399	747,00
Índice de contato estrada/fragmento	0,94	2,08
Número total de fragmentos	841,00	777,00
Perímetro médio (borda)	7.320,00	8.030,00
Razão estradas/drenagem	1,12	2,14

**Tabela 7.16** Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Lençóis em 2007 e 2017

<b>Índice</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Área total dos fragmentos (ha)	142.343,00	142.343,00
Área média dos fragmentos (ha)	134,16	192,10
Comprimento de drenagem	1.112,67	1.085,50
Comprimento de estradas	1.292,79	1.555,78
Declividade média	7,26	7,26
Densidade de fragmentação (nf/ha)	0,0075	0,0052
Densidade do perímetro (borda)	61,24	53,95
Densidade de drenagem	0,0078	0,0076
Densidade de estradas	0,0091	0,0109
Desvio padrão da área média dos fragmentos	239,64	298,30
Indicador médio de forma	1,79	1,82
Índice de maior fragmento (%)	1,32	1,77
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem	0,25	0,32
Média de fragmentos	132,63	92,63
Número interseções estrada/drenagem	283	349,00
Índice de contato estrada/fragmento	0,76	1,08
Número total de fragmentos	1.061,00	741,00
Perímetro médio (borda)	6.150,00	7.770,00
Razão estradas/drenagem	1,16	1,43

**Tabela 7.17** Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Claro em 2007 e 2017

<b>Índice</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Área total dos fragmentos (ha)	116.893,00	116.893,00
Área média dos fragmentos (ha)	195,47	211,00
Comprimento de drenagem	908,87	850,87
Comprimento de estradas	263,37	584,36
Declividade média	6,37	6,37
Densidade do perímetro (borda)	47,27	43,38
Densidade de fragmentação (nf/ha)	0,0051	0,0047
Densidade de drenagem	0,0078	0,0073
Densidade de estradas	0,0023	0,0050
Desvio padrão da área média dos fragmentos	373,36	455,00
Indicador médio de forma	1,88	1,82
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem	0,12	0,26
Índice de maior fragmento (%)	4,074	4,074
Média de fragmentos	66,44	61,56
Número interseções estrada/drenagem	117,00	220,00
Índice de contato estrada/fragmento	0,34	0,66
Número total de fragmentos	598,00	554,00
Perímetro médio (borda)	8.470,00	8.370,00
Razão estradas/drenagem	0,28	0,69

**Tabela 7.18** Métricas da paisagem da Sub-bacia do Rio Bauru em 2007 e 2017

<b>Índice</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Área total dos fragmentos (ha)	83.195,00	83.195,00
Área média dos fragmentos (ha)	148,30	230,46
Comprimento de drenagem	619,10	589,836
Comprimento de estradas	1.708,85	2.379,00
Declividade média	6,72	6,72
Densidade de fragmentação (nf/ha)	0,0067	0,0043
Densidade do perímetro (borda)	33,54	29,16
Densidade de drenagem	0,0109	0,0102
Densidade de estradas	0,0032	0,0070
Desvio padrão da área média dos fragmentos	303,28	481,48
Indicador médio de forma	1,72	1,81
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem	0,44	0,63
Índice de maior fragmento (%)	4,69	5,06
Média de fragmentos por classe	70,13	45,13
Número interseções estrada/drenagem	277,00	370,00
Índice de contato estrada/fragmento	2,12	2,59
Número total de fragmentos	561,00	361,00
Perímetro médio (borda)	6.330,00	8.630,00
Razão estradas/drenagem	2,76	4,03

### 7.6.1 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra e sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017

As Tabelas 7.19, 7.20, 7.21, 7.22, 7.23 e 7.24 apresentam os valores referentes as métricas da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017, apresentados por classe de uso e cobertura da terra e por sub-bacia.

**Tabela 7.19** Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu em 2007 e 2017

Índice	Área urbana		Corpos hídricos		Vegetação		Solo exposto		Citricultura		Culturas diversas		Pastagem		Silvicultura		Cana-de-açúcar	
	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017
Área média dos fragmentos por classe (ha)	272,09	226,30	30,75	31,80	171,81	120,45	111,82	138,80	715,80	587,94	201,23	218,72	274,66	471,12	299,29	423,47	382,46	
Área total dos fragmentos por classe (ha)	16.325,1	18.782,70	3.321,47	3.211,84	101.195,91	94.671,28	42.268,21	45.109,08	39.368,91	25.281,30	603,69	656,17	22.522,21	14.505,17	17.059,56	174.469,70	199.642,90	
Área relativa ocupada por classe	1,12	1,07	0,12	0,13	0,70	0,571	0,46	0,65	2,95	2,78	0,83	1,03	1,13	1,05	1,94	1,74	1,81	
Comprimento de drenagem por classe	77,51	87,64	55,44	58,60	1402,95	1351,63	152,14	148,31	166,64	91,62	3,78	4,25	135,77	87,47	65,88	37,94	820,63	1000,10
Comprimento de estradas por classe	2.135,34	2.497,70	8,78	9,86	577,49	578,64	143,61	207,74	148,49	37,31	0	0	214,73	222,30	81,28	60,45	802,31	1379,00
Declividade média por classe	5,83	5,89	7,50	7,55	8,11	8,18	6,89	6,80	6,95	6,85	6,76	6,74	7,41	7,59	7,45	7,69	6,86	6,92
Densidade de drenagem por classe de fragmentação	0,0047	0,0047	0,0167	0,0182	0,0139	0,0143	0,0036	0,0033	0,0042	0,0036	0,0063	0,0065	0,0060	0,0060	0,0035	0,0022	0,0047	0,0050
Densidade de estradas por classe de fragmentação	0,13	0,13	0,0026	0,003	0,0057	0,0061	0,0034	0,0046	0,0038	0,0015	0,00001	0,00001	0,0095	0,0153	0,0043	0,0035	0,0046	0,0069
Densidade de fragmentação por classe (m <sup>2</sup> /ha)	0,0037	0,0044	0,0325	0,031	0,0058	0,0083	0,0089	0,0072	0,0014	0,0017	0,005	0,0046	0,0036	0,0045	0,0021	0,0033	0,0024	0,0026
Desvio padrão da área média dos fragmentos	674,85	584,09	183,82	189,98	335,77	230,39	111,33	190,09	714,10	592,00	164,91	183,60	260,67	239,60	514,81	335,38	420,10	424,48
Densidade do perímetro (borda)	4,27	5,18	2,25	2,17	52,32	54,39	16,82	16,31	23,61	5,35	0,20	0,19	7,60	5,06	4,29	4,29	45,78	52,89
Índice de contato estrada/fragmento por classe	18,79	21,67	0,01	0,44	0,70	1,02	0,52	0,45	0,15	0,18	0,00	0,00	1,02	2,50	0,57	0,70	0,46	0,90
Indicador médio de forma	1,47	1,54	1,38	1,40	2,14	1,99	1,50	1,55	1,81	1,61	1,59	1,51	1,81	1,73	1,70	1,48	1,77	1,75
Índice de maior fragmento por classe (%)	23,80	20,74	55,45	57,47	3,60	2,83	3,45	3,66	7,48	11,52	66,95	68,48	5,72	9,39	10,75	9,57	1,75	1,59
Interações estrada/drenagem por extensão de drenagem por classe	4,812	4,998	0,180	0,188	0,236	0,270	0,191	0,216	0,066	0,065	0,000	0,000	0,236	0,617	0,304	0,185	0,195	0,280
Número interseções estrada/drenagem por classe	373,00	438,00	10,00	11,00	331,00	365,00	29,00	32,00	11,00	6,00	0,00	0,00	32,00	54,00	20,00	7,00	160,00	280,00
Número total de fragmentos por classe	60	83	108	101	589	786	378	325	55	43	3	3	82	65	40	57	412	522
Perímetro médio (borda)	7.630,00	6.680,00	2.870,00	2.300,00	9.490,00	7.400,00	4.750,00	5.360,00	16.360,00	13.290,00	7.290,00	7.080,00	9.900,00	6.700,00	11.460,00	8.040,00	11.870,00	10.820,00
Razão estradas/drenagem	0,036	0,035	6,314	5,943	2,429	2,336	1,059	0,714	1,122	2,456	0,00	0,00	0,632	0,393	0,811	0,628	1,023	0,725



**Tabela 7.20 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira em 2007 e 2017**

Índice	Área urbana		Corpos hídricos		Vegetação		Solo exposto		Citricultura		Culturas diversas		Pastagem		Silvicultura		Cana-de-açúcar	
	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017
Área média dos fragmentos por classe (ha)	68,28	73,72	42,69	44,13	146,33	129,00	103,47	105,55	531,06	542,30	204,58	211,97	229,24	271,53	562,82	103,22	347,66	365,55
Área total dos fragmentos por classe (ha)	1.365,63	1.990,37	2.262,75	2.250,54	75.357,72	68.110,01	31.971,03	21.637,09	19.118,18	11.388,22	204,58	211,97	23.382,08	19.821,48	14.633,33	10.631,85	101.863,18	126.113,99
Área relativa ocupada por classe	0,35	0,38	0,22	0,22	0,74	0,66	0,53	0,54	2,70	2,76	1,04	1,08	1,17	1,38	2,87	0,53	1,77	1,86
Comprimento de drenagem por classe	11,86	12,64	57,02	67,17	1.194,30	1.056,49	105,74	86,62	42,84	23,40	0,22	0,16	157,88	133,26	33,27	48,71	560,15	690,89
Comprimento de estradas por classe	195,78	240,18	5,22	5,57	151,19	168,22	69,71	84,02	31,28	35,27	0,00	2,44	90,59	136,57	15,15	28,05	217,73	449,510
Declividade média por classe	6,13	6,2	7,99	8,00	8,67	8,87	6,96	7,07	6,79	6,58	6,35	6,33	7,49	7,63	7,27	7,47	7,24	7,21
Densidade de drenagem por classe de fragmentação	0,0087	0,0064	0,0252	0,0298	0,0158	0,0155	0,0033	0,0040	0,0022	0,0021	0,0011	0,0008	0,0068	0,0067	0,0023	0,0046	0,0055	0,0055
Densidade de estradas por classe de fragmentação	0,14	0,12	0,002	0,0025	0,002	0,0025	0,0022	0,0039	0,0016	0,0031	0,00	0,0115	0,0039	0,0069	0,0010	0,0026	0,0021	0,0036
Densidade de fragmentação por classe (nº/ha)	0,014	0,013	0,023	0,022	0,0068	0,0078	0,0097	0,0095	0,0019	0,0018	0,0049	0,0047	0,0044	0,0037	0,0018	0,0097	0,0029	0,0027
Densidade do perímetro (borda)	0,74	0,93	1,46	1,43	41,24	38,96	13,78	9,16	4,14	2,48	0,0760	0,076	9,35	6,87	2,64	5,06	32,95	37,65
Desvio padrão da área média dos fragmentos	108,86	97,99	242,94	247,54	269,42	392,67	160,13	184,07	605,05	691,48	0,00	0,00	307,95	290,54	419,26	281,66	375,59	380,54
Índice de contato estrada/fragmento por classe	18,87	12,90	0,05	0,22	0,22	0,32	0,25	0,35	0,13	0,15	0,00	0,00	0,35	0,86	0,15	0,07	0,24	0,42
Indicador médio de forma	1,42	1,38	1,41	1,41	2,04	2,03	1,42	1,47	1,88	1,66	1,61	1,58	1,95	2,05	1,55	1,43	1,92	1,83
Índice de maior fragmento por classe (%)	34,05	23,36	79,16	79,59	3,24	10,41	3,83	9,68	13,57	28,62	100,00	100,00	5,86	5,37	10,43	20,06	2,86	1,76
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem por classe	4,97	3,32	0,05	0,10	0,09	0,12	0,20	0,13	0,09	0,09	0,00	0,00	0,19	0,15	0,15	0,04	0,13	0,14
Número interseções estrada/drenagem por classe	59,00	42,00	3,00	7,00	102,00	122,00	21,00	11,00	4,00	2,00	0,00	0,00	30,00	20,00	5,00	2,00	75,00	98,00
Número total de fragmentos por classe	20	27	53	51	515	528	309	205	36	21	1	1	102	73	26	103	293	345
Perímetro médio (borda)	3.980,00	3.720,00	2.950,00	3.010,00	8.540,00	7.870,00	4.760,00	4.770,00	12.280,00	12.600,00	8.100,00	8.130,00	9.780,00	10.040,00	10.860,00	5.240,00	12.000,00	11.640,00
Razão estradas/drenagem	0,06	0,05	10,92	12,06	7,90	6,28	1,52	1,03	1,37	0,66	0,00	0,07	1,74	0,98	2,20	1,74	2,57	1,54

**Tabela 7.21 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Jau em 2007 e 2017**

Índice	Área urbana		Corpos hídricos		Vegetação		Solo exposto		Citricultura		Culturas diversas		Pastagem		Sivicultura		Cana-de-açúcar	
	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017
Área média dos fragmentos por classe (ha)	216,45	186,20	81,07	93,83	107,15	73,75	55,89	82,56	113,89	NA	174,19	179,39	132,27	137,35	28,77	56,43	428,97	430,34
Área total dos fragmentos por classe (ha)	5.844,06	7.075,41	2.269,98	2.251,98	27.536,99	19.985,76	14.362,56	15.356	227,77	NA	174,19	179,39	2.380,91	1.785,58	86,30	564,33	106.383,55	100.699,24
Área relativa ocupada por classe	1,19	0,94	0,44	0,47	0,59	0,37	0,31	0,42	0,62	NA	0,95	0,91	0,72	0,69	0,16	0,29	2,35	2,18
Comprimento de drenagem por classe	37,14	43,55	46,46	77,98	445,26	333,20	60,66	72,60	2,26	NA	0,92	0,90	18,50	15,43	1,48	6,35	535,55	582,71
Comprimento de estradas por classe	682,01	1018,94	2,12	4,12	143,06	211,52	72,76	147,48	0,00	NA	0,51	2,44	35,49	26,95	0,00	1,86	360,79	1007,60
Declividade média por classe	6,58	6,65	7,98	7,98	8	7,97	7,31	7,36	6,4	NA	6,71	6,71	7,41	6,66	7,38	7,77	7,51	7,57
Densidade de drenagem por classe de fragmentação	0,0064	0,0062	0,0205	0,0346	0,0162	0,0167	0,0042	0,0047	0,0099	NA	0,0053	0,0050	0,0078	0,0086	0,0171	0,0113	0,0050	0,0058
Densidade de estradas por classe de fragmentação	0,11	0,144	0,0009	0,0018	0,0052	0,0106	0,0051	0,0096	0,00	NA	0,0029	0,0136	0,0149	0,0151	0,00	0,0033	0,0034	0,0110
Densidade de fragmentação por classe (nº/ha)	0,0046	0,0054	0,012	0,010	0,0093	0,0136	0,0179	0,012	0,0088	NA	0,0057	0,0056	0,0076	0,0073	0,0348	0,0177	0,0023	0,0023
Densidade do perímetro (borda)	1,78	1,94	1,81	1,77	18,42	19,30	7,95	7,47	0,088	NA	0,07	0,073	1,025	0,80	0,072	0,37	26,53	26,76
Desvio padrão da área média dos fragmentos	523,49	497,56	263,31	287,20	194,33	95,68	98,28	102,57	108,23	NA	0,00	0,00	147,78	81,59	7,20	36,30	429,77	450,11
Índice de contato estrada/fragmento por classe	18,03	22,70	0,02	0,08	0,60	1,20	0,16	0,62	0,03	NA	12,50	8,33	0,84	2,20	0,00	0,00	0,55	1,65
Indicador médio de forma	1,52	1,44	1,95	1,98	2,31	2,34	1,70	1,46	1,55	NA	1,67	1,66	1,62	1,58	1,34	1,48	1,87	1,74
Índice de maior fragmento por classe (%)	45,79	42,23	57,93	57,99	7,01	2,75	8,50	4,81	97,52	NA	100,00	100,00	23,78	19,00	44,72	22,73	3,16	3,38
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem por classe	5,63	6,96	0,02	0,04	0,21	0,41	0,15	0,26	0,00	NA	2,17	0,00	1,14	0,52	0,00	0,00	0,15	0,48
Número interseções estrada/drenagem por classe	209	303	1	3	94	137	9	19	0	NA	2	0	21	8	0	0	81	277
Número total de fragmentos por classe	27	38	28	24	257	271	257	186	2	NA	1	1	18	13	3	10	248	234
Perímetro médio (borda)	6.890,00	5.490,00	6.950,00	7.910,00	7.640,00	7.590,00	3.300,00	4.290,00	4.470,00	NA	7.790,00	7.850,00	6.060,00	6.540,00	2.560,00	3.950,00	11.410,00	12.200,00
Razão estradas/drenagem	0,05	0,04	21,92	18,93	3,11	1,58	0,83	0,49	0,00	NA	1,80	0,37	0,52	0,57	0,00	3,41	1,48	0,58

**Tabela 7.22 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Lencóis em 2007 e 2017**

Índice	Área urbana		Corpos hídricos		Vegetação		Solo exposto		Citricultura		Culturas diversas		Pastagem		Silvicultura		Cana-de-açúcar	
	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017
Área média dos fragmentos por classe (ha)	87,26	160,11	37,16	39,64	65,41	81,90	59,95	115,22	343,36	77,27	NA	NA	101,66	145,62	291,50	251,55	294,18	441,16
Área total dos fragmentos por classe (ha)	3.664,87	5.283,49	1.746,53	1.704,58	24.268,08	21.784,32	13.368,62	16.707,41	686,72	231,81	NA	NA	6.302,69	2.184,25	7.287,52	11.068,14	85.017,97	83.379,00
Área relativa ocupada por classe	0,65	0,83	0,28	0,21	0,49	0,43	0,45	0,60	2,56	0,40	NA	NA	0,76	0,76	2,17	1,31	2,19	2,30
Comprimento de drenagem por classe	13,72	31,40	29,26	36,90	401,05	364,84	69,25	95,38	6,05	2,29	NA	NA	47,37	17,31	37,05	62,20	508,91	475,18
Comprimento de estradas por classe	507,83	726,22	9,15	10,17	177,89	123,80	58,45	79,19	2,46	0,42	NA	NA	104,77	41,25	33,28	86,29	398,54	488,440
Declividade média por classe	6,54	6,66	8,96	9,08	7,67	7,74	7,02	6,93	8,32	8,17	NA	NA	7,36	7,65	6,66	7,16	7,22	7,22
Densidade de drenagem por classe de fragmentação	21,09	37,67	105,63	178,81	822,54	855,77	154,97	159,01	2,33	5,69	NA	NA	62,51	22,83	17,05	47,49	0,0060	0,0057
Densidade de estradas por classe de fragmentação	0,1386	0,1375	0,0052	0,0060	0,0073	0,0057	0,0044	0,0047	0,0036	0,0018	NA	NA	0,0166	0,0189	0,0046	0,0078	0,0047	0,0059
Densidade de fragmentação por classe (nº/ha)	0,0115	0,0062	0,0269	0,0252	0,0153	0,0122	0,0167	0,0087	0,0029	0,0129	NA	NA	0,0098	0,0069	0,0034	0,0040	0,0034	0,0023
Densidade do perímetro (borda)	1,84	1,56	1,36	1,29	19,19	18,17	7,32	7,13	2,78	0,11	NA	NA	3,29	1,02	2,04	3,66	25,81	20,96
Desvio padrão da área média dos fragmentos	158,90	389,92	184,35	183,11	124,34	140,58	80,72	135,73	339,22	53,11	NA	NA	86,99	131,31	322,91	284,23	351,53	402,42
Índice de contato estrada/fragmento por classe	15,65	13,11	0,02	0,42	0,73	0,60	0,72	1,07	1,37	4,80	NA	NA	1,00	1,68	0,43	0,88	0,69	0,75
Indicador médio de forma	1,56	1,46	1,57	1,53	2,04	2,20	1,43	1,46	2,88	1,52	NA	NA	1,75	1,79	1,69	1,67	1,81	1,72
Índice de maior fragmento por classe (%)	25,14	42,02	73,51	74,01	6,65	4,56	4,27	5,04	99,40	52,37	NA	NA	6,59	22,92	19,86	11,05	2,20	3,01
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem por classe	5,76	3,44	0,03	0,14	0,22	0,22	0,25	0,15	0,17	0,00	NA	NA	0,38	0,75	0,11	0,21	0,18	0,24
Número interseções estrada/drenagem por classe	79	108	1	5	90	80	17	14	1	0	NA	NA	18	13	4	13	94	116
Número total de fragmentos por classe	42	33	47	43	371	266	223	145	2	3	NA	NA	62	15	25	44	289	189
Perímetro médio (borda)	4.690,00	5.070,00	3.840,00	3.000,00	5.520,00	7.290,00	3.500,00	5.250,00	18.640,00	3.970,00	NA	NA	5.660,00	7.320,00	8.690,00	8.850,00	9.530,00	11.840,00
Razão estradas/drenagem	0,03	0,04	3,20	3,63	2,25	2,95	1,18	1,20	2,46	5,45	NA	NA	0,45	0,42	1,11	0,72	1,28	0,97

**Tabela 7.23 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Claro em 2007 e 2017**

Índice	Área urbana		Corpos hídricos		Vegetação		Solo exposto		Citricultura		Culturas diversas		Pastagem		Silvicultura		Cana-de-açúcar	
	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017
Área média dos fragmentos por classe (ha)	30,49	45,73	429,55	459,95	67,92	91,10	80,40	198,49	241,53	210,16	333,25	335,10	247,66	889,46	435,57	230,02	471,54	535,83
Área total dos fragmentos por classe (ha)	426,79	640,23	6.013,66	5.979,41	20.307,01	25.779,98	10.773,68	13.298,67	1.932,25	1.260,98	333,25	335,1	5.943,95	15.120,85	871,14	3.220,27	55.641,40	65.907,38
Área relativa ocupada por classe	0,16	0,22	2,20	2,18	0,47	0,32	0,41	0,94	1,24	1,00	1,70	1,59	1,27	4,22	2,23	1,09	2,41	2,54
Comprimento de drenagem por classe	1,26	2,22	107,40	151,35	460,22	452,18	23,95	31,06	2,97	4,69	2,13	2,22	46,03	25,72	2,84	8,94	223,37	172,49
Comprimento de estradas por classe	22,98	79,62	3,41	2,18	62,02	94	32,2	66,22	8,37	4,82	0	0	21,96	23,34	0,79	10,5	111,64	303,68
Declividade média por classe	5,81	5,95	7,72	7,69	6,54	6,63	6,25	6,33	6,34	5,95	7,46	7,45	5,92	5,84	6,69	6,14	6,40	6,35
Densidade de drenagem por classe de fragmentação	0,0030	0,0035	0,0179	0,0253	0,0179	0,0223	0,0022	0,0023	0,0015	0,0037	0,0064	0,0066	0,0077	0,0017	0,0033	0,0028	0,0040	0,0026
Densidade de estradas por classe de fragmentação	0,0538	0,1244	0,0006	0,0004	0,0024	0,0046	0,0030	0,0050	0,0043	0,0038	0,0000	0,0000	0,0037	0,0015	0,0009	0,0033	0,0020	0,0046
Densidade de fragmentação por classe (n <sup>o</sup> /ha)	0,0328	0,0219	0,0023	0,0022	0,0110	0,0147	0,0124	0,0050	0,0041	0,0048	0,0030	0,0030	0,0040	0,0011	0,0023	0,0043	0,0021	0,0019
Densidade do perímetro (borda)	0,30	0,35	2,31	2,28	18,28	16,97	5,29	4,23	0,51	0,40	0,11	0,11	4,33	1,74	0,17	1,06	16,33	16,21
Desvio padrão da área média dos fragmentos	41,96	65,65	1240,07	1279,88	156,03	121,84	105,08	254,53	197,98	190,95	0,0	0,0	672,44	234,07	209,52	134,33	438,87	716,32
Índice de contato estrada/fragmento por classe	0,00	2,70	0,02	0,01	0,36	0,84	0,35	0,77	0,61	0,43	1,61	2,25	0,32	0,58	0,70	0,56	0,68	0,90
Indicador médio de forma	1,50	1,38	1,87	1,89	2,00	1,95	1,57	1,44	1,46	1,51	1,86	1,85	2,18	1,68	1,31	1,55	1,99	1,80
Índice de maior fragmento por classe (%)	33,15	37,21	79,19	79,65	4,90	4,08	5,59	12,83	26,38	42,35	100,00	100,00	43,33	5,44	74,05	14,97	3,70	6,24
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem por classe	0,00	1,35	0,02	0,01	0,14	0,31	0,46	0,32	0,00	0,21	0,00	0,00	0,13	0,27	0,35	0,22	0,19	0,33
Número interseções estrada/drenagem por classe	0	3	2	1	64	139	11	10	0	1	0	0	6	7	1	2	43	57
Número total de fragmentos por classe	14	14	14	13	283	299	134	67	8	6	1	1	24	17	2	14	118	123
Perímetro médio (borda)	2.350,00	2.690,00	17.270,00	18.870,00	6.800,00	6.090,00	4.210,00	6.750,00	6.950,00	7.260,00	12.000,00	12.000,00	19.260,00	10.910,00	9.640,00	8.130,00	14.790,00	14.090,00
Razão estradas/drenagem	0,05	0,03	31,50	69,43	7,42	4,81	0,74	0,47	0,35	0,97	NA	0,00	0,00	1,10	3,59	0,85	2,00	0,57

**Tabela 7.24 Métricas da paisagem por classe de uso e cobertura da terra da Sub-bacia do Rio Bauru em 2007 e 2017**

Índice	Área urbana		Corpos hídricos		Vegetação		Solo exposto		Citricultura		Culturas diversas		Pastagem		Silvicultura		Cana-de-açúcar	
	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017
Área média dos fragmentos por classe (ha)	230,32	249,00	89,43	94,73	82,58	120,84	71,55	124,83	112,58	36,49	NA	NA	197,47	292,98	427,82	688,96	354,09	566,70
Área total dos fragmentos por classe (ha)	8.521,90	10.208,87	1.341,41	1.326,25	20.149,30	17.280,62	9.301,90	9.237,75	788,07	36,49	NA	NA	7.108,85	7.324,47	11.551,06	11.712,37	24.432,51	26.068,18
Área relativa ocupada por classe	1,55	1,08	0,60	0,41	0,56	0,52	0,48	0,54	0,76	0,16	NA	NA	1,33	1,27	2,88	2,99	2,39	2,46
Comprimento de drenagem por classe	33,43	39,79	25,84	100,00	311,52	229,42	41,95	46,54	6,72	0,00	NA	NA	37,99	30,78	50,23	34,18	109,03	109,13
Comprimento de estradas por classe	1.308,00	1.709,03	6,32	8,36	145,55	226,77	76,83	91,64	2,35	4,09	NA	NA	70,19	107,71	23,26	55,91	76,35	175,49
Declividade média por classe	6,10	6,13	8,35	8,36	7,00	6,89	6,6	6,79	6,12	6,13	NA	NA	6,30	6,48	6,7	6,8	6,79	6,85
Densidade de drenagem por classe de fragmentação	0,0039	0,0039	0,0193	0,0754	0,0155	0,0133	0,0045	0,0050	0,0085	0,0000	NA	NA	0,0053	0,0042	0,0043	0,0029	0,0045	0,0042
Densidade de estradas por classe de fragmentação	0,15	0,16	0,0047	0,0063	0,0099	0,0172	0,0083	0,0099	0,003	0,112	NA	NA	0,0099	0,0147	0,002	0,0048	0,0031	0,0067
Densidade de fragmentação por classe (nº/ha)	0,0043	0,0040	0,0112	0,0106	0,0121	0,0083	0,014	0,008	0,0089	0,0274	NA	NA	0,0051	0,0034	0,0023	0,0015	0,0028	0,0018
Densidade do perímetro (borda)	2,55	2,76	0,59	0,56	11,91	10,82	4,84	3,89	0,37	0,030	NA	NA	3,05	2,33	2,72	2,23	7,49	6,48
Desvio padrão da área média dos fragmentos	642,13	661,56	290,94	300,45	174,48	252,68	117,98	202,48	63,97	0,00	NA	NA	228,60	656,62	545,07	884,02	366,53	606,62
Índice de contato estrada/fragmento por classe	23,30	27,12	0,13	0,07	2,11	1,78	1,31	1,13	0,74	0,00	NA	NA	0,85	2,94	0,00	0,54	0,28	0,51
Indicador médio de forma	1,52	1,50	1,52	1,46	1,74	2,09	1,65	1,55	1,63	1,64	NA	NA	1,92	1,75	1,63	1,69	1,86	1,85
Índice de maior fragmento por classe (%)	45,78	41,22	87,80	88,35	9,87	9,82	11,69	17,17	24,37	100,00	NA	NA	13,49	44,42	23,76	27,29	8,50	11,66
Interseções estrada/drenagem por extensão de drenagem por classe	4,52	4,57	0,15	0,04	0,31	0,51	0,43	0,34	0,00	0,00	NA	NA	0,32	0,62	0,00	0,26	0,16	0,21
Número interseções estrada/drenagem por classe	151	182	4	4	98	117	18	16	0	0	NA	NA	12	19	0	9	17	23
Número total de fragmentos por classe	37	41	15	14	244	143	130	74	7	1	NA	NA	36	25	27	17	69	46
Perímetro médio (borda)	7.370,00	7.290,00	4.210,00	4.290,00	5.210,00	8.080,00	3.970,00	5.610,00	5.750,00	3.750,00	NA	NA	9.050,00	9.960,00	10.710,00	14.080,00	11.600,00	15.080,00
Razão estradas/drenagem	0,03	0,02	4,09	11,96	2,14	1,01	0,55	0,51	2,86	0,00	NA	NA	0,54	0,29	2,16	0,61	1,43	0,62

### 7.7 Mapas temáticos de conectividade da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em alta resolução para 2007 e 2017

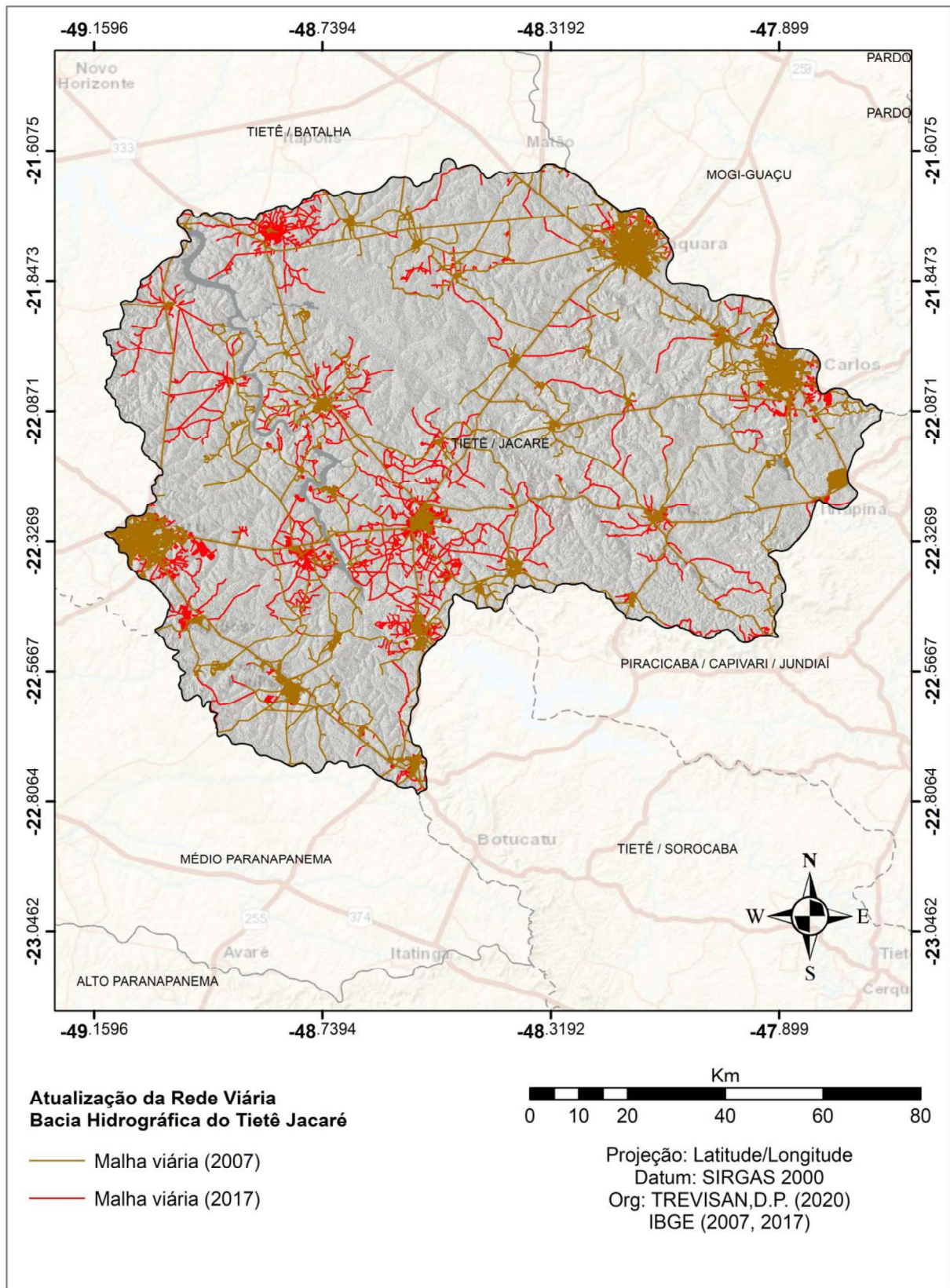
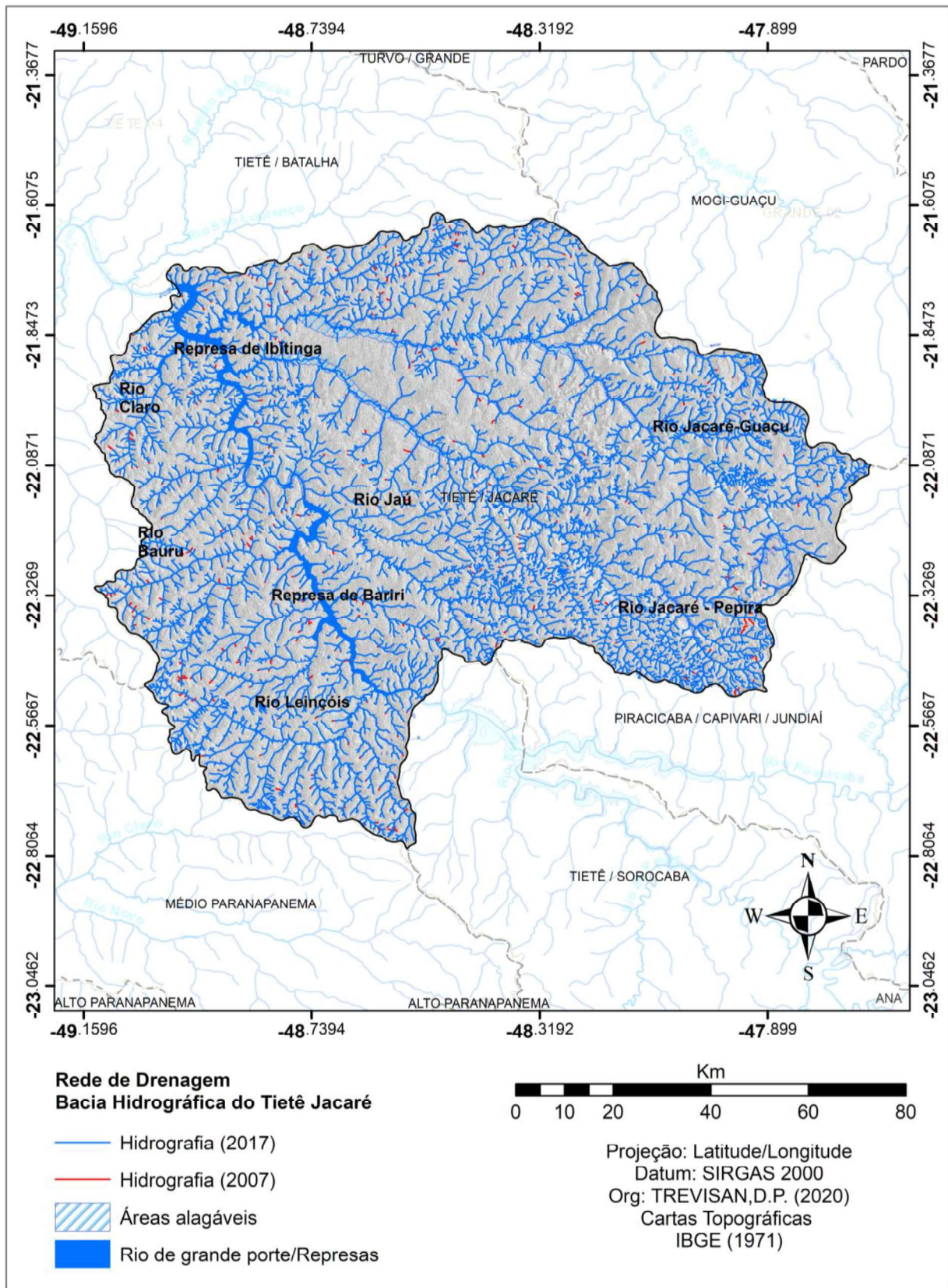


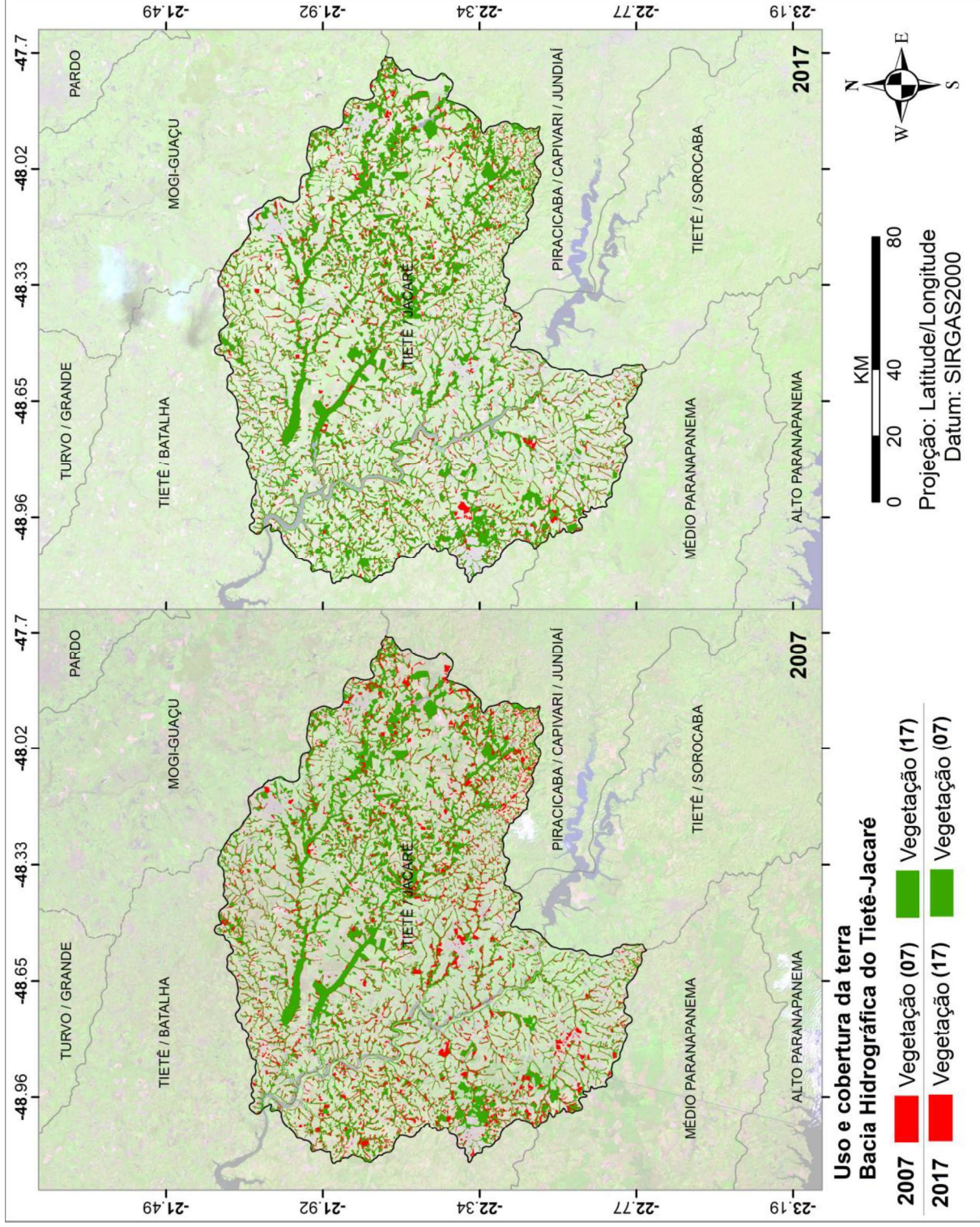
Figura 7.46: Atualização da malha viária da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.





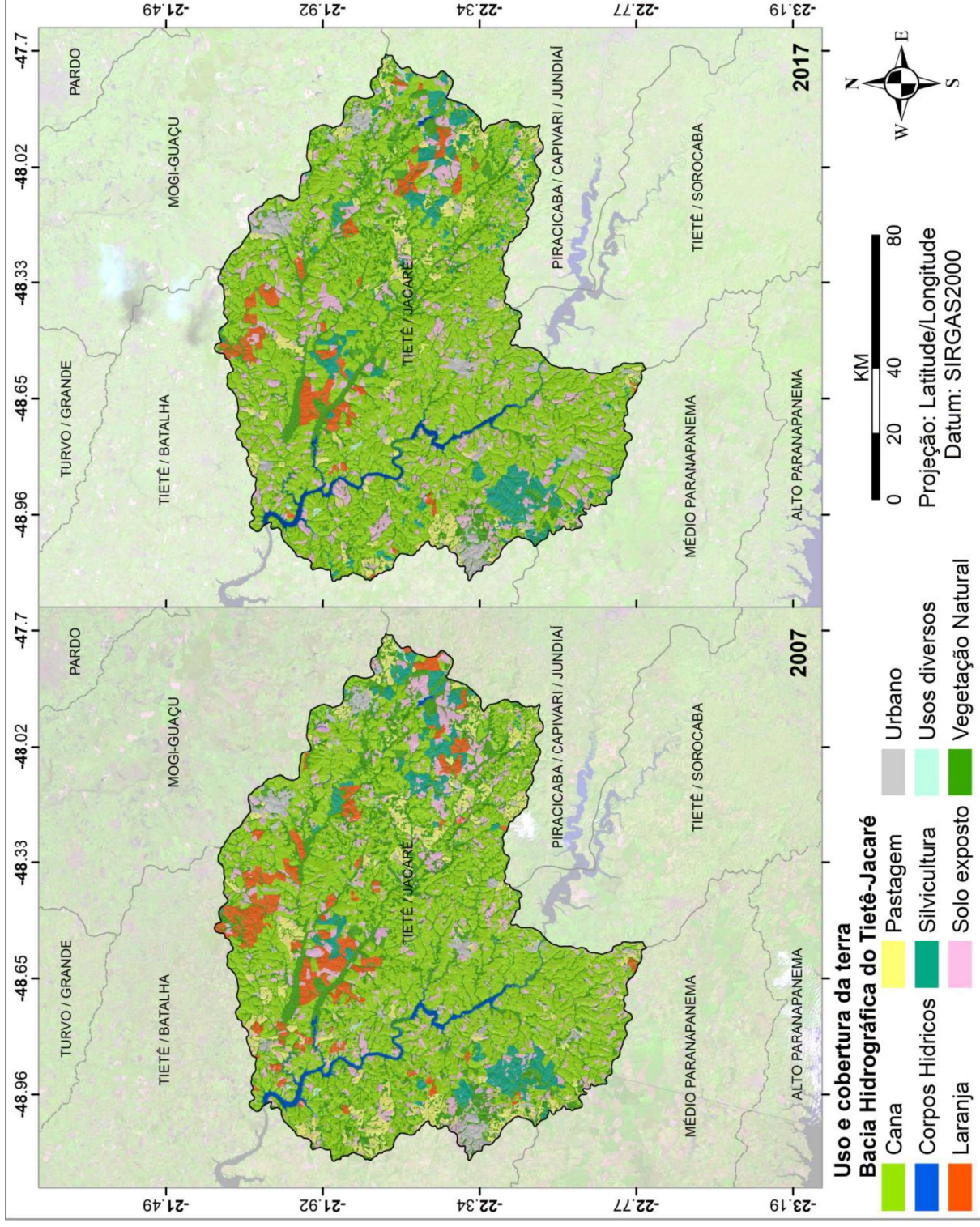
**Figura 7.47:** Atualização da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.



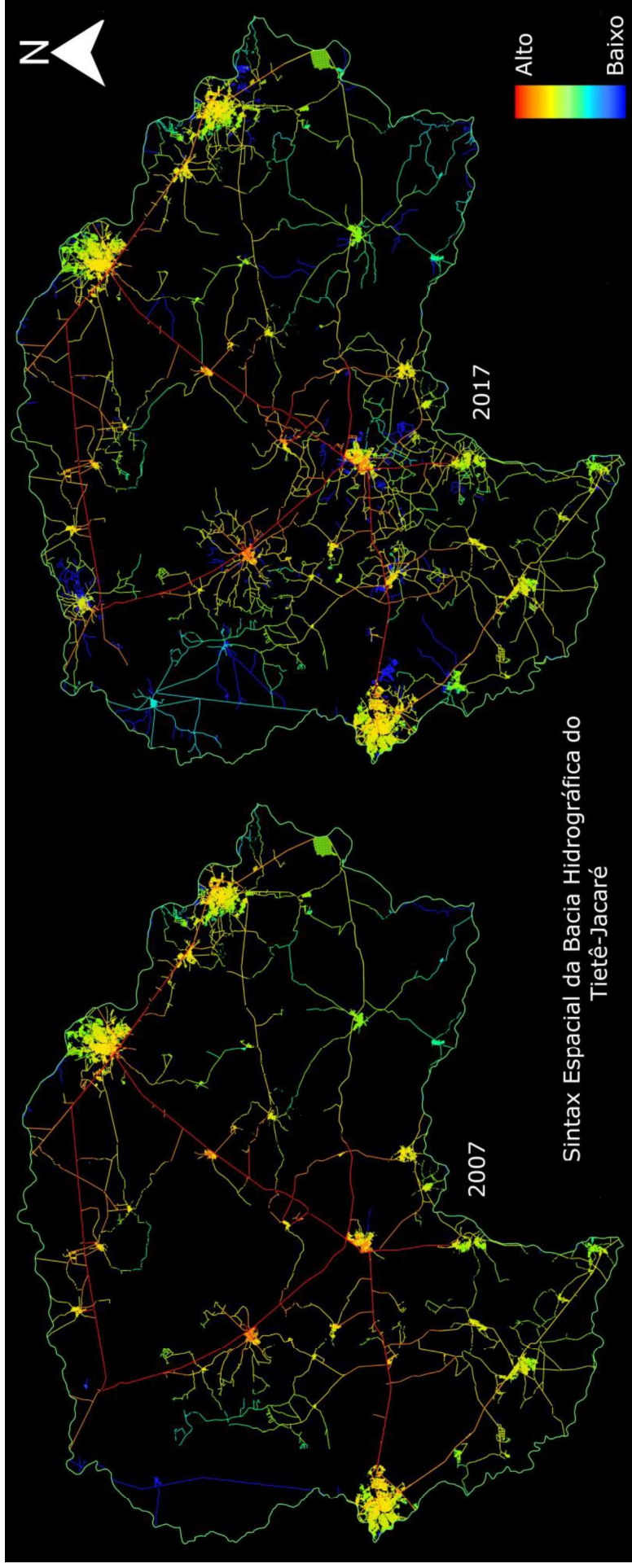


**Figura 7.48:** Vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.



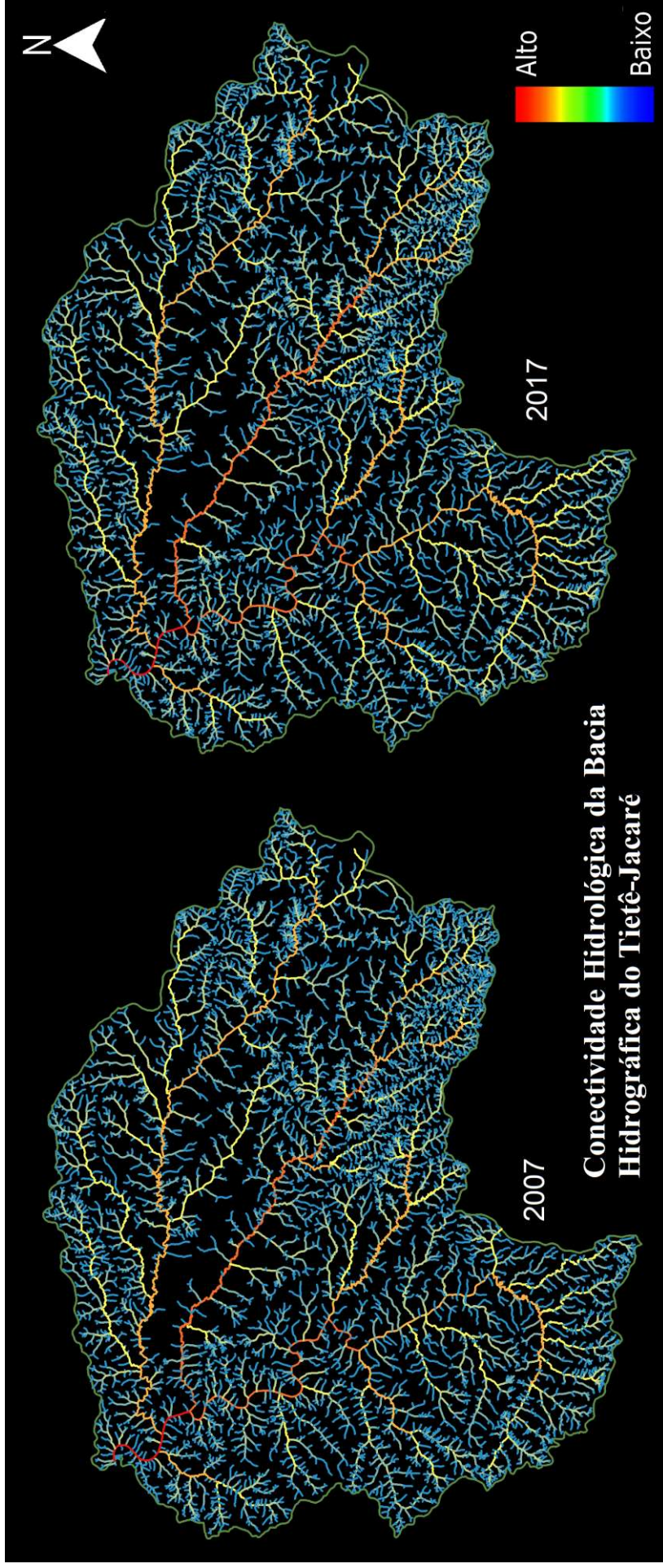


**Figura 7.49:** Uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.

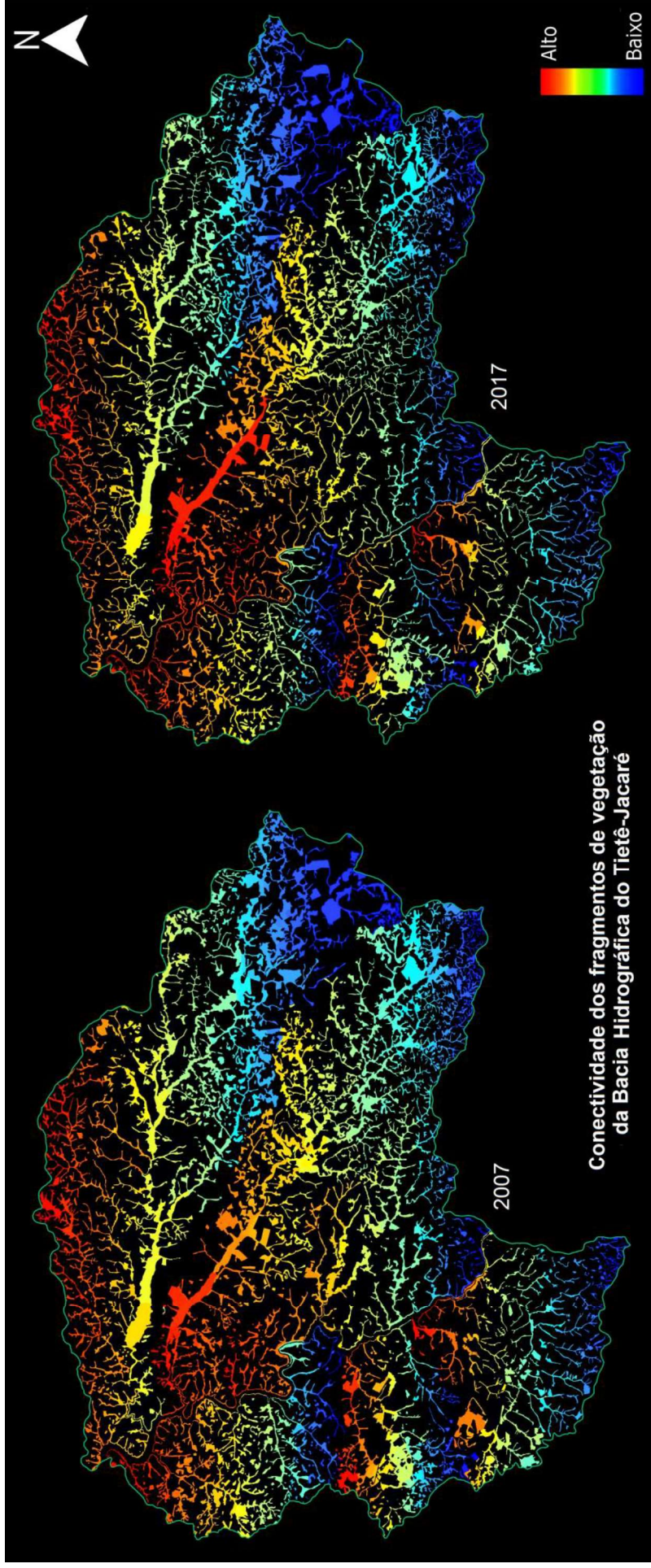


**Figura 7.50:** Sintaxe Espacial da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.





**Figura 7.51:** Conectividade Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré



**Figura 7.52:** Conectividade dos fragmentos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré em 2007 e 2017.



## 7.8 Referências

BARRA BONITA. **Barragem do Rio Tietê no município Barra Bonita do Tietê**, 2019. Disponível em < [http://bes-br.com/?page\\_id=1507](http://bes-br.com/?page_id=1507)> Acesso em 30 de outubro de 2019.

MAPIO. **Hidrelétrica de Ibitinga**, 2019. Disponível em <<https://mapio.net/pic/p-10736479/>> Acesso em 25 de novembro de 2019.

SOCIAL BAURU. **Igreja Tenrikyo de Bauru**, 2019. Disponível em < [http://bes-br.com/?page\\_id=1507](http://bes-br.com/?page_id=1507)> Acesso em 30 de novembro de 2019.

## 7.9 Glossário

O presente glossário foi realizado com o intuito de complementar as discussões apresentadas nesta tese de doutoramento, sendo compilados os principais termos técnicos utilizados.

**Alteração:** modificação, mudança do estado normal.

**ArcGis:** sistema de informação geográfica para trabalhar com mapas e informação mantido pelo Instituto de Pesquisa de Sistemas Ambientais (ESRI).

**Área antropizada:** área onde há ocupação do homem, exercendo atividades sociais, econômicas e culturais sobre o ambiente.

**Atividade agrícola:** conjunto de técnicas utilizadas para cultivar plantas com o objetivo de obter alimentos, bebidas, fibras, energia, matéria-prima, entre outros.

**Atividade econômica:** atividades desenvolvidas pelo ser humano para obtenção de um produto, bens e serviços destinados a atender às necessidades e desejos da sociedade.

**Bacia hidrográfica:** área ou região de drenagem de um rio principal e seus afluentes.

**Bases de dados:** coleções eletrônicas que armazenam quantidades de informação.

**Carta planialtimétrica:** representação das informações planimétricas e altimétricas

**Centro das indústrias do estado de São Paulo (CIESP):** entidade civil sem fins lucrativos, fundado em 1928, reúne empresas industriais e suas controladoras, e associações ligadas ao setor produtivo, bem como empresas que possuem por objeto atividades diretamente relacionadas aos interesses da indústria.

**Ciclo hidrológico:** descreve o movimento contínuo da água sobre, acima e abaixo da superfície da Terra.

**Cidade:** aglomeração humana localizada numa área geográfica e destina-se à moradia e a atividades culturais, mercantis, industriais e financeiras.

**Classificação climática:** estudo da climatologia que define os limites dos tipos climáticos que ocorrem em uma determinada área baseado em termos de temperatura, umidade e distribuições estacionais.

**Comitê de bacia hidrográfica:** termo que indica uma comissão, junta, delegação ou reunião de pessoas, para debate e execução de ações de interesse comum no contexto de bacia hidrográficas.

**Comitê de bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré:** criado em 10/11/95, seguindo o contexto do Art. 4º das disposições transitórias da Lei nº 7663/91.

**Compartimento da paisagem:** divisão dos diversos componentes de uma paisagem.

**Complexo sucroalcooleiro:** cadeia de produção de álcool e açúcar.

**Conectividade:** capacidade de um elemento de estabelecer uma conexão entre os demais. Interação entre os atributos das espécies e a estrutura da paisagem na determinação dos movimentos da biota entre fragmentos de habitat.

**Conectividade da paisagem:** capacidade dos elementos da paisagem em estabelecer conexão entre si.

**Conectividade dos fragmentos de vegetação:** capacidade dos fragmentos de vegetação em estabelecer conexão entre si.

**Conectividade hidrológica:** capacidade da rede de drenagem em estabelecer conexão entre si, considerando o ordenamento e graus dos rios, onde ocorre transferência de matéria, energia e organismos no sistema.

**Conectividade viária:** capacidade da malha viária em estabelecer conexão entre si, considerando o ordenamento das estruturas da paisagem.

**Conectividade primária:** primeiro grau de conexão de um sistema.

**Conservação :** conjunto de ações para proteger as espécies, mantendo e restaurando habitats.

**Coordenadoria de Planejamento Ambiental do estado de São Paulo (CPA):** compõe a estrutura básica da Subsecretaria do Meio Ambiente e tem como objetivos propor diretrizes para o ordenamento territorial.

**Corredor ecológico:** área de habitat que conecta populações de vida selvagem separadas por atividades ou estruturas humanas.

**Crescimento:** multiplicação ou aumento em dimensão, volume, quantidade ou intensidade.

**Dado:** características ou informações, geralmente numéricas, coletadas por meio de observação.

**Dado socioeconômico:** envolve condições, elementos, circunstâncias, fatores sociais e econômicos.

**Departamento de águas e energia do estado de São Paulo (DAEE):** autarquia do governo do estado de São Paulo, sendo responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos.

**Departamento de estradas de rodagem do estado de São Paulo (DER):** departamento do governo do estado que tem a função de administrar o sistema rodoviário estadual, além da integração com as rodovias municipais e federais e interação com outros meios de transporte, com o fim maior de atender o usuário e carga.

**DepthMax:** plataforma de software multiplataforma de código aberto para realizar um conjunto de análises de rede espacial projetadas para entender os processos sociais dentro do ambiente construído.

**Desastre antrópico:** gerados pelas ações ou omissões humanas, como acidentes de trânsito, incêndios industriais, contaminação de rios, entre outros.

**Desastre natural:** causados pelo impacto de um fenômeno natural de grande intensidade sobre uma área, podendo ou não ser agravado pelas atividades antrópicas.

**Desenvolvimento:** ação ou efeito de desenvolver; de evoluir.

**Diagnóstico:** Descrição minuciosa de algo, feita pelo examinador, classificador ou pesquisador.

**Digital Globe:** fornecedora comercial americana de imagens espaciais e conteúdo geoespacial e operadora de espaçonaves civis de sensoriamento remoto.

**Digitalização em tela:** processo de digitalizar informações geográficas por meio de sistemas de informação.

**Disponibilidade hídrica:** água disponível para a utilização.

**Distribuição populacional:** distribuição de habitantes em uma determinada região.

**Diversidade biológica:** variabilidade entre os seres vivos de todas as origens, a terrestre, a marinha e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos dos quais fazem parte.

**Ecossistema:** conjunto de comunidades que vivem em um determinado local e interagem entre si e com o meio ambiente, constituindo um sistema estável, equilibrado e autossuficiente.

**Efeito de borda:** alteração na estrutura, na composição e/ou na abundância relativa de espécies na parte marginal de um fragmento.

**Escala:** razão entre uma distância no mapa e a distância correspondente no solo.

**Escala global:** que se estende a todos os países do mundo, atingindo não somente um local, mas vários locais simultaneamente.

**Estabilidade:** característica de um ambiente ou material de manter suas características mediante a uma perturbação.

**Estrada:** qualquer caminho para circulação de seres ou meios de transporte.

**Estrutura da paisagem:** organização dos elementos de uma paisagem.

**Extinção de espécies:** desaparecimento total de diversas espécies, como animais e plantas.

**Ferrovias:** sistema de transporte sobre trilhos que atravessa certa extensão territorial e por onde circulam trens que conduzem passageiros e/ou os mais diversos produtos.

**Fluxo de energia:** fluxo de energia através de uma cadeia alimentar.

**Fluxo de materiais:** transporte de insumos e produtos, comprados ou vendidos.

**Fluxo de nutrientes:** troca contínua de substâncias essenciais para a vida, que acontece do solo para as plantas.

**Fragmentação:** ação de fragmentar, de reduzir a fragmentos.

**Fragmento:** parte de um todo; fração.



**Fundação Florestal:** tem por objetivo contribuir para a conservação, manejo e ampliação das florestas do estado de São Paulo.

**Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE):** centro de referência nacional na produção e disseminação de análises e estatísticas socioeconômicas e demográficas.

**Geoprocessamento:** tratamento das informações geográficas, ou de dados georreferenciados, por meio de softwares específicos e cálculos.

**Gerenciamento:** ação ou efeito de gerenciar.

**Gestão integrada dos recursos hídricos:** processo que promove a coordenação de desenvolvimento e gestão de água, terra e recursos relacionados, a fim de maximizar a resultante econômico e o bem-estar social de forma equitativa, sem comprometer a sustentabilidade de vital dos ecossistemas.

**Google Earth Pro:** software que renderiza uma representação 3D da Terra com base principalmente em imagens de satélite.

**Habitat:** local onde uma determinada espécie vive e desenvolve-se, ou seja, o habitat é o ambiente propício para que uma espécie possa alimentar-se e reproduzir-se.

**Heterogeneidade:** qualidade do que é heterogêneo, do que é composto de coisas, elementos ou partes de natureza diferente.

**Hidrovia:** rota pré-determinada para o tráfego aquático.

**Hipótese:** possibilidade de (alguma coisa que independe de intenção humana ou causa observável) acontecer.

**Hipsometria:** técnica de representação gráfica de altitudes, com aplicação de meios geodésicos ou barométricos.

**Homogeneidade:** o mesmo que regularidade, conformidade, semelhança.

**Hotspot de biodiversidade:** região biogeográfica que é simultaneamente uma reserva de biodiversidade, que pode estar ameaçado de destruição.

**Imagem de satélite:** imagens captadas por satélites operados por governos e empresas para diferentes fins.

**Impacto ambiental:** alterações no ambiente causadas pelo desenvolvimento das atividades humanas no espaço geográfico.

**Indicador:** elementos que têm como objetivo apontar ou mostrar algo.

**Índice:** quociente que expressa a variação entre os valores de qualquer medida.

**Informação:** resultante do processamento, manipulação e organização de dados, de tal forma que represente uma modificação (quantitativa ou qualitativa).

**Infraestrutura de transporte:** investimento em mobilidade urbana e na construção de estradas, aeroportos, ferrovias, hidrovias e portos é fundamental para o desenvolvimento econômico, uma vez que repercute no deslocamento de pessoas e mercadorias.

**Infraestrutura urbana:** conjunto de serviços básicos indispensáveis a uma cidade ou sociedade, como abastecimento e distribuição de água, gás, energia elétrica, rede telefônica, serviços básicos de saneamento, transporte público e outros.

**Instituto Agrônomo de Campinas (IAC):** instituição de pesquisa e desenvolvimento filiada à Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócios, da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, Brasil, com sede na cidade de Campinas.

**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE):** órgão responsável pela coleta oficial de informações estatísticas, geográficas, cartográficas, geodésicas e ambientais no Brasil.

**Integração:** incorporação de um elemento num conjunto.

**Lagoa:** depressão de pequena profundidade, contendo água doce ou salgada.

**LandSat:** empreendimento mais antigo para aquisição de imagens de satélite da Terra, com o primeiro lançamento em 1972.

**Legislação ambiental:** possui o intuito de proteger o meio ambiente e reduzir ao mínimo as consequências de ações devastadoras, seu cumprimento diz respeito tanto às pessoas físicas quanto às jurídicas.

**Linha axial:** que tem forma de eixo.

**Malha digital:** conjunto de dados geoespacializados.

**Malha viária:** conjunto das vias de transição, arteriais e coletoras, constituindo o principal suporte físico à mobilidade urbana.

**Mapa temático:** mapa projetado especificamente para mostrar um determinado tema conectado a uma área geográfica específica.

**Matriz:** elemento predominante em uma paisagem.

**Método quantitativo:** investigação empírica sistemática de fenômenos observáveis por meio de técnicas estatísticas, matemáticas ou computacionais.

**Métrica:** função que define uma distância entre cada par de elementos de ponto de um conjunto.

**Modelagem ambiental:** modelagem computacional, utilizando modelos matemáticos, aplicada a situações relativas ao meio natural ou a situações criadas pelo Homem ao alterar o meio ambiente.

**Monitoramento:** reunião dos mecanismos desenvolvidos para observar continuamente e de modo repetido.

**Monocultura:** cultura agrícola de apenas um único tipo de produto agrícola.

**Mudança temporal:** alterações ocorridas em uma região ao longo do tempo.

**Município:** espaço territorial político dentro de um estado ou unidade federativa, considerando tanto extensão rural como urbana.

**Nascente:** manifestações superficiais de lençóis subterrâneos, que dão origem a cursos d'água.

**Ordem de interação:** grau de interação dentro de um sistema.

**Ordenamento territorial:** organização e distribuição de elementos dentro de um território.

**Paisagem:** designa uma parte do território, tal como é apreendida pelas populações, cujo caráter resulta da ação e da interação de fatores naturais e/ou humano.

**Perturbação:** ser alvo de alteração.

**Pixel:** ponto físico em uma imagem raster, ou o menor elemento endereçável em um dispositivo de exibição endereçável com todos os pontos; portanto, é o menor elemento controlável de uma imagem representada na tela.

**Planejamento:** estudar antecipadamente o cenário de uma ação ou atividade, definindo os objetivos a serem atingidos, e identificando os meios, as ações e estratégias necessárias para o alcance desses objetivos.

**Planejamento local:** estudar antecipadamente o cenário de uma localidade.

**Planejamento regional:** estudar antecipadamente o cenário de uma região.

**Polígono:** figura geométrica plana e fechada formada por segmentos de reta.

**Polilinha:** sequência aberta ou fechada de segmentos de linhas ou segmentos de arcos conectados, que são tratados como uma única entidade.

**Política pública:** soma das atividades dos governos, que agem diretamente ou através de delegação, e que influenciam a vida dos cidadãos.

**Prática de manejo:** tipo de intervenção humana que ocorre de forma ocasional ou sistemática.

**Precipitação:** qualquer tipo de fenômeno relacionado à queda de água do céu. Isso inclui neve, chuva e chuva de granizo.

**Preservação ambiental:** proteção da natureza, sem considerar a questão econômica ou de uso.

**Processo hidrológico:** o ciclo hidrológico, ou ciclo da água, é o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes (superfície, solo e rocha) e na atmosfera.

**Processo natural:** processo que ocorre sem a influência de forças exteriores.

**Raster:** estrutura de dados de matriz de pontos que representa uma grade geralmente retangular de pixels, visível por meio de um monitor, papel ou outro meio de exibição.

**Recuperação:** Ação ou efeito de recuperar.

**Recurso natural:** elemento da natureza que é útil ao ser humano para cultivo, para a vida em sociedade, no processo de desenvolvimento da civilização, ou para sobrevivência e conforto da sociedade em geral.

**Rede de drenagem:** designa os sistemas naturais ou artificiais capazes de drenar água superficial.

**Rede de integração:** designa os sistemas naturais ou artificiais capazes de conectar os elementos da paisagem.

**Regime hidrológico:** conjunto de variações do estado e das características de uma massa de água que se repetem regularmente no tempo e no espaço, alternando as cheias e as vazantes.

**Relatório de disponibilidade de recursos hídricos do estado de São Paulo:** Previsto na Lei nº 7.663/91, é um instrumento de gestão que objetiva monitorar a quantidade e o balanço entre demanda e disponibilidade dos recursos hídricos, e avaliar a eficácia das ações e dos investimentos previstos no Plano de Recursos Hídricos para a recuperação da qualidade e a garantia da oferta de água nas bacias.

**Represa:** proteção contra a invasão das águas, por meio de diques; barragem.

**Resiliência:** capacidade do indivíduo ou sistema em lidar com situações adversas.

**Resistência:** capacidade de um sistema em absorver perturbações sem perder suas características originais.

**Restauração ambiental:** série de atitudes visando devolver ao ambiente suas características naturais, tais como a estabilidade e o equilíbrio dos processos atuantes naquele determinado ambiente, antes deste ter sido degradado por atividades humanas, como a agropastoril ou industrial.

**Rio:** curso de água, usualmente de água doce, que flui por gravidade em direção a um oceano, um lago, um mar, ou um outro rio.

**Rodovia:** via utilizada para grande tráfego de veículos.

**Rua:** espaço público utilizado para deslocamento.

**Sensoriamento remoto:** conjunto de técnicas que possibilita a obtenção de informações sobre alvos na superfície terrestre, através do registro da interação da radiação eletromagnética com a superfície, realizado por sensores distantes, ou remotos.

**Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE):**

**Serviço Geológico do Brasil:** agente de capacitação e de promoção do desenvolvimento, criado para dar apoio aos pequenos negócios de todo o país.

**Serviço ambiental:** processos gerados pela própria natureza através dos ecossistemas, com a finalidade de sustentar a vida na Terra.

**Sintaxe espacial:** conjunto de teorias e técnicas para a análise das configurações espaciais.

**Sistema internacional de Köppen:** sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizada em geografia, climatologia e ecologia.

**Sistema de Informação Geográfica (SIG):** sistema de hardware, software, informação espacial, procedimentos computacionais e recursos humanos que permite e facilita a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem.

**Socioeconomia:** ciência social que estuda como a atividade econômica afeta e é moldada por processos sociais.

**Sub-bacia hidrográfica:** subdivisão de uma bacia hidrográfica.

**Sustentabilidade:** capacidade de sustentação ou conservação de um processo ou sistema, levando em conta todos os agentes presentes.

**Território:** área delimitada sob a posse de um animal, de uma pessoa (ou grupo de pessoas), de uma organização ou de uma instituição.

**Toolbox:** complexo de ferramentas de análise de um software.

**Transição:** processo de mudança.

**Unidade de relevo:** modelo de superfície do Planeta Terra.

**Unidade geológica:** ciências da Terra que se dedica ao estudo da crosta terrestre, da matéria que a compõe, o seu mecanismo de formação, as alterações que ocorrem desde a sua origem e a estrutura que a sua superfície possui atualmente.

**Unidade pedológica:** estudo dos solos no seu ambiente natural.

**Unidade aquífera:** formação ou grupo de formações geológicas que pode armazenar água subterrânea.

**Unidade de conservação:** área, com características naturais relevantes, criada e protegida pelo poder público com o objetivo de conservação.

**United States Geological Survey:** agência científica do governo dos Estados Unidos.

**Uso do solo:** envolve o manejo e a modificação do ambiente natural em um ambiente construído, como assentamentos e habitats seminaturais, como campos aráveis, pastagens e florestas manejadas, entre outros.

**Uso e cobertura da terra:** utilização do solo por atividades naturais ou antrópicas desenvolvidas em determinada região.

**Vegetação:** conjunto de espécies de plantas e a cobertura do solo que elas fornecem.

*World Street Map:* mapeamento que inclui rodovias, estradas principais, estradas secundárias, indicadores de seta unilateral, ferrovias, recursos hídricos, cidades, parques, pontos de referência, pegadas de construção e limites administrativos, sobrepostos em relevo sombreado para contexto adicional.

**Zoneamento ambiental:** instrumento de organização territorial, planejamento eficiente do uso do solo e efetiva gestão ambiental que age por intermédio da delimitação de zonas e uma correspondente atribuição de usos e atividades compatíveis de acordo com as características específicas do território, permitindo, restringindo, ou impossibilitando determinados usos e atividade.