

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

LARISSA BINHOTI DAL' ANNIO

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DE
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA EM FUNÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO
DO SOLO**

FLORIANÓPOLIS, 2019.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

LARISSA BINHOTI DAL' ANNIO

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DE
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA EM FUNÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO
DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de engenheira civil.

Orientadora:
Profa. Dra. Fernanda Simoni Schuch

FLORIANÓPOLIS, 2019.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Dal' Annio, Larissa Binhoti
Análise da Variação do Tempo de Concentração de Sub-bacia Hidrográfica em Função do Uso e Ocupação do Solo / Larissa Binhoti Dal' Annio ; orientação de Fernanda Simoni Schuch. - Florianópolis, SC, 2019.
83 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.
Inclui Referências.

1. Sensoriamento remoto. 2. Mapas de uso e ocupação do solo. 3. Tempo de concentração. 4. Bacia hidrográfica. I. Schuch, Fernanda Simoni. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Construção Civil. III. Título.

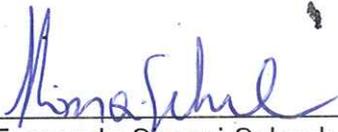
**ANÁLISE DA VARIAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DE
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA EM FUNÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO
DO SOLO**

LARISSA BINHOTI DAL' ANNIO

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheira Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 02 de Julho, 2019.

Banca Examinadora:



Fernanda Simoni Schuch, Doutora



Dalton Luiz Lemos II, Doutor



Maurília de Almeida Bastos, Doutora



Samuel João da Silveira, Doutor

Dedico esse trabalho de conclusão de curso aos meus pais, Ilsonar e Jucilene, por todo amor e incentivo. E também à minha irmã, Lorena, minha eterna amiga. Vocês são a luz da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, luz e energia maior.

Aos meus pais, Ilsomar e Jucilene, por nunca medirem esforços e estarem sempre ao meu lado. A eles devo tudo que tenho e que sou. Essa conquista é nossa.

A minha irmã, Lorena, por todo carinho e incentivo. É a minha pessoa.

A minha orientadora, professora Fernanda, por todo auxílio e dedicação. Meu muito obrigada.

Aos meus familiares e amigos, por me apoiarem nessa caminhada.

Aos meus colegas de curso, em especial, minha amiga Fernanda. Muitos foram os desafios, mas vencemos todos. Obrigada.

A todos os professores dessa instituição, por compartilharem conhecimento, bem como aos membros da banca, pela colaboração e contribuição.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse estudo.

“Quem disser que a natureza é indiferente às dores e preocupações dos homens, não sabe de homens nem de natureza.”

José Saramago

RESUMO

O desenvolvimento da humanidade resulta da necessidade de ocupar um espaço para acolher um conjunto de pessoas. As organizações iniciaram na época das cavernas e desde então a população busca locais que garantam a sua permanência. Uma vez que os núcleos urbanos passaram a desenvolver-se, houve uma preocupação com a ocupação racional dos espaços. A ocupação dos centros urbanos ocorreu de forma rápida, principalmente ao longo da costa brasileira, no entanto, as políticas públicas não acompanharam tal processo. Desta forma, o crescimento dessas áreas veio seguido de problemas sociais e ambientais, como inundações e enchentes urbanas. Com relação ao problema gerado pela ocupação desordenada do solo nas cidades, em específico, as enchentes, percebe-se que os órgãos responsáveis não tratam o assunto com a atenção que o mesmo necessita. Nesse contexto, essa pesquisa tem como objetivo relacionar o uso e a ocupação do solo de uma área litorânea com o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica. Mais especificamente, a área de estudo compreende parte da bacia hidrográfica do Rio Biguaçu, em específico aquela pertencente a cidade de Biguaçu, no estado de Santa Catarina. Para cumprir o objetivo estabelecido nesse estudo, executa-se processos como a revisão de literatura, a delimitação da área, a coleta de dados, a produção de mapas de uso e ocupação do solo com o software Quantum GIS (QGIS), o cálculo do tempo de concentração por diferentes métodos e em diferentes datas e analisa-se a variação do tempo de concentração em função do uso e ocupação do solo. A produção de mapas de uso e ocupação do solo com o auxílio do software QGIS é realizada a partir de imagens de satélite, tanto as imagens quanto o software utilizado apresentam caráter livre e gratuito. Realiza-se o cálculo do tempo de concentração da bacia hidrográfica mediante dois métodos semi-empíricos, a do Soil Conservation Service (SCS) e da Federal Aviation Administration (FAA). Com o propósito de analisar a variação do tempo de concentração da bacia hidrográfica no decorrer dos anos, adotam-se três diferentes datas de investigação, 1997, 2008 e 2018. Após a análise dos resultados, verifica-se que, a maior variação do tempo de concentração foi a redução de 28,21% no período entre 1997 e 2008 e que os métodos SCS e FAA apresentam valores similares.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Mapas de uso e ocupação do solo. Tempo de concentração. Bacia hidrográfica.

ABSTRACT

The development of humanity results from the need to occupy a space to welcome a group of people. The organizations began in the time of the caves and since then the population looks for places that guarantee its permanence. Once the urban nuclei began to develop, there was a concern with the rational occupation of spaces. The occupation of the urban centers occurred quickly, mainly along the Brazilian coast, however, the public policies did not follow this process. In this way, the growth of these areas was followed by social and environmental problems, such as floods and urban floods. With regard to the problem generated by the disordered occupation of the soil in cities, in particular, the floods, it is noticed that the responsible organs do not treat the subject with the attention that it needs. In this context, this research aims to relate the use and occupation of the soil of a coastal area with the time of concentration of a river basin. More specifically, the study area comprises part of the Biguaçu river basin, specifically that pertaining to the city of Biguaçu, in the state of Santa Catarina. In order to fulfill the objective established in this study, processes such as literature review, area delimitation, data collection, production of land use and occupation maps with Quantum GIS software (QGIS), calculation of concentration time by different methods and in different dates and the analysis of the variation of concentration time in function of the use and occupation of the soil. The production of maps of land use and occupation with the help of QGIS software is carried out from satellite images, both the images and the software used are free. The basin concentration time is calculated by two semi-empirical methods, the Soil Conservation Service (SCS) and the Federal Aviation Administration (FAA). In order to analyze the variation of the time of concentration of the river basin over the years, three different dates of investigation, 1997, 2008 and 2018 are adopted. After the analysis of the results, it was verified that the greatest variation of the concentration time was the reduction of 28.21% in the period between 1997 and 2008 and that the SCS and FAA methods presented similar values.

Keywords: Remote sensing. Maps of land use and occupation. Concentration time. River basin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ordem dos cursos d'água	29
Figura 2 – Alterações hidrológicas consequentes do crescimento urbano.....	33
Figura 3 – Fluxograma	41
Figura 4 – Ordem dos cursos d'água da SBH1 e SBH2.....	49
Figura 5 – Pontos de controle para a imagem do satélite LANDSAT 5.....	53
Figura 6 – Pontos de controle para a imagem do satélite CBERS 2B.....	58
Figura 7 – Divisão dos trechos da SBH1 e SBH2	67
Figura 8 – Uso e ocupação do solo para a SBH1	70
Figura 9 – Variação do uso e ocupação do solo para a SBH1	71
Figura 10 – Uso e ocupação do solo para a SBH2	72
Figura 11 – Variação do uso e ocupação do solo para a SBH2.....	73
Figura 12 – Variação do tempo de concentração para a SBH1	74
Figura 13 – Variação do tempo de concentração para a SBH2	75
Figura 14 – Análise dos métodos para a SBH1.....	77
Figura 15 – Análise dos métodos para a SBH2.....	77

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Localização da área de estudo.....	22
Mapa 2 – Mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 1997.....	56
Mapa 3 – Mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 2008.....	61
Mapa 4 – Mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 2018.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das resoluções dos satélites adotados	27
Tabela 2 – Características das imagens de satélite utilizadas	38
Tabela 3 – Classificação do índice Kappa	45
Tabela 4 – Valores para o coeficiente k	46
Tabela 5 – Valores para o coeficiente C	47
Tabela 6 – Resumo dos dados fisiográficos.....	50
Tabela 7 – Classificação do coeficiente de compacidade	51
Tabela 8 – Classificação do fator de forma	51
Tabela 9 – Classificação da densidade de drenagem.....	51
Tabela 10 – Pontos de controle para a imagem do satélite LANDSAT 5	53
Tabela 11 – Amostras para a classificação da imagem do satélite LANDSAT 5.....	54
Tabela 12 – Resultado dos algoritmos para a imagem do satélite LANDSAT 5.....	55
Tabela 13 – Resumo das proporções para o ano de 1997	57
Tabela 14 – Pontos de controle para a imagem do satélite CBERS 2B	58
Tabela 15 – Amostras para a classificação da imagem do satélite CBERS 2B	59
Tabela 16 – Resultado dos algoritmos para a imagem do satélite CBERS 2B	60
Tabela 17 – Resumo das proporções para o ano de 2008	62
Tabela 18 – Amostras para a classificação da imagem do satélite CBERS 4.....	63
Tabela 19 – Resultado dos algoritmos para a imagem do satélite CBERS 4.....	63
Tabela 20 – Resumo das proporções para o ano de 2018	66
Tabela 21 – Coeficientes relacionados ao uso e ocupação do solo.....	67
Tabela 22 – Coeficientes de escoamento do método racional	68
Tabela 23 – Tempos de concentração	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBERS – China Brazil Resources Satellite

CCD – Câmera Imageadora de Alta Resolução

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

FAA – Federal Aviation Administration

GDAL – Geospatial Data Abstraction Library

GPL – General Public Licence

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IRS – Imageador Multiespectral e Termal

MDE – Modelo Digital de Elevação

MUX – Câmera Multiespectral Regular

OEA – Organização dos Estados Americanos

PAN – Câmera Pancromática e Multiespectral

QGIS – Quantum GIS

SBH1 – Sub-bacia Hidrográfica 1

SBH2 – Sub-bacia Hidrográfica 2

SCP – Semi-Automatic Classification Plugin

SCS – Soil Conservation Service

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SIRGAS2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

TM – Thematic Mapper

USGS – United States Geological Survey

UTM – Universal Transversa de Mercator

WFI – Câmera de Campo Largo

WSDOT – Washington State Department of Transportation

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	SÍNTESE HISTÓRICA DO MUNICÍPIO DE BIGUAÇU	18
1.2	LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
1.3	JUSTIFICATIVA	23
1.4	OBJETIVOS	24
1.4.1	Objetivo Geral	24
1.4.2	Objetivos Específicos	24
2	REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1	SENSORIAMENTO REMOTO E IMAGENS DE SATÉLITE	25
2.2	CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS	28
2.3	MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	29
2.4	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS	32
3	MATERIAIS E MÉTODO	35
3.1	MATERIAIS	37
3.1.1	Imagens de Satélite	37
3.1.2	Cartas	38
3.1.3	Software QGIS	39
3.2	MÉTODO	40
3.2.1	Delimitação da Área	41
3.2.2	Características Fisiográficas	42
3.2.3	Produção de Mapas de Uso do Solo com o Software QGIS	43
3.2.4	Cálculo do Tempo de Concentração por diferentes métodos	45
3.2.5	Cálculo do Tempo de Concentração por diferentes datas	47
3.2.6	Análise da Variação do Tempo de Concentração em função do Uso e Ocupação do Solo	47
4	RESULTADOS	49
4.1	CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS	49
4.1.1	Hierarquização Fluvial	49
4.1.2	Dados Fisiográficos	50
4.2	MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	52
4.2.1	Mapa de Uso e Ocupação do Solo (1997)	52
4.2.2	Mapa de Uso e Ocupação do Solo (2008)	57
4.2.3	Mapa de Uso e Ocupação do Solo (2018)	62

4.3	TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO.....	66
4.3.1	Trechos	66
4.3.2	Coeficientes	67
4.3.3	Tempos de Concentração	68
5	ANÁLISES	70
6	CONCLUSÃO	78
	REFERÊNCIAS.....	80

1 INTRODUÇÃO

A história da humanidade resulta da necessidade pela ocupação de um determinado espaço para abrigar um conjunto de pessoas. As primeiras formas de organizações iniciaram com a capacidade do homem primitivo de escolher um local seguro para proteger-se de animais e intempéries, sendo as cavernas as formas iniciais. Desta maneira, deu-se início às práticas agrícolas e domesticação de animais, as quais favoreceram a permanência nesses locais, e assim surgiram as primeiras aglomerações humanas. A medida que os núcleos urbanos desenvolviam-se, houve uma preocupação com a ocupação racional dos espaços, uma vez que as inovações proporcionadas pela Revolução Industrial trouxeram como principal consequência a urbanização da população, que historicamente localizava-se em zonas rurais. No Brasil o deslocamento da população rural para as cidades acentuou-se em 1960 com o início da mecanização do campo (HECK; ALVES; PEREIRA, 2012).

Os aglomerados urbanos desenvolveram-se inicialmente ao longo da costa brasileira e posteriormente à margem dos rios em direção ao interior do continente. Segundo Cristo e Gruber (2009), a utilização dos ambientes costeiros e das áreas litorâneas advém de um processo histórico de ocupação, uma vez que as áreas próximas aos mares e oceanos representavam a facilidade ao transporte de mercadorias, bem como de objetos de exploração. A ocupação dessas áreas consolida-se com a construção de importantes cidades brasileiras, inicialmente na região nordeste e posteriormente para as demais regiões com intensa ocupação urbana. Conforme Gruber (2003), a zona costeira, definida como a área de interface entre o ar, a terra e o mar, é uma das áreas submetidas a maior estresse ambiental, em consequência da acentuada exploração de seus recursos naturais e o uso desordenado do solo.

O processo de ocupação dos centros urbanos, em especial das áreas litorâneas, ocorreu de forma acelerada, no entanto, a rápida urbanização não foi seguida de políticas públicas de desenvolvimento urbano, capazes de receber os novos contingentes populacionais. Desta forma, de acordo com Ugeda Junior e Amorim (2009), o desenvolvimento metropolitano veio acompanhado de problemas sociais e ambientais, tais como a carência de infraestrutura urbana, a ocupação desordenada, a poluição, a intensificação do trânsito, a ocupação de áreas de

mananciais da planície de inundação dos rios e de vertentes de declive acentuado. No que diz respeito aos impactos ambientais gerados, Tucci e Mendes (2006) destacam as enchentes urbanas, as quais são agravadas pelas precipitações críticas, que por sua vez são mais intensas e de baixa duração nas áreas urbanas.

Com relação as inundações causadas pela urbanização desordenada, constata-se que, as enchentes aumentam a sua frequência e magnitude em função da impermeabilização do solo e da construção da rede de condutos pluviais (TUCCI, 2008). No tocante ao problema gerado pela ocupação desordenada, em específico, as inundações, pode-se perceber que os órgãos competentes não tratam o assunto com a devida atenção exigida, dificultando assim a redução dos impactos causados pelo processo de ocupação. Tucci (2008) afirma que, a dificuldade em reduzir os impactos gerados deve-se principalmente pela falta de conhecimento dos profissionais atuantes quanto aos problemas e suas causas e também pela desatualização desses no que se refere a visão ambiental, os mesmos buscam soluções estruturais que alteram no ambiente. O autor destaca também a falta de capacidade gerencial dos municípios, visto que, esses não possuem estrutura para planejar e gerenciar adequadamente os diferentes aspectos da água no meio urbano.

Sendo assim, o presente estudo objetiva relacionar o uso e a ocupação do solo de uma área litorânea com o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, uma vez que, segundo Mata-Lima et al. (2007), o tempo de concentração é uma grandeza essencial para a determinação do escoamento produzido na bacia hidrográfica e também para o dimensionamento de sistemas de drenagem, armazenamento e controle. Pode-se formular o problema que guia essa pesquisa desta maneira, os problemas ambientais são gerados a partir do uso e ocupação inadequada do solo. A falta de planejamento do meio urbano resulta em um crescimento desordenado do mesmo e dessa forma, os impactos gerados interferem na qualidade de vida daqueles que utilizam o ambiente. A pergunta de pesquisa propõe o seguinte questionamento, qual a influência da urbanização de um município no tempo de concentração de uma bacia hidrográfica. Deste modo, a seguinte hipótese guia a pesquisa, a ocupação desordenada do solo com a instalação de edificações e da infraestrutura urbana são fatores condicionantes do escoamento superficial da água, assim, interferem diretamente no valor final do tempo de concentração de uma bacia hidrográfica urbana.

1.1 SÍNTESE HISTÓRICA DO MUNICÍPIO DE BIGUAÇU

Após trinta anos da descoberta do Brasil, em 1530 Portugal enviou uma expedição colonizadora, sob responsabilidade de Martim Afonso de Souza, a qual trouxe consigo povoadores, ferramentas, sementes e animais de criação. No momento em que aportou em terras brasileiras, Martim fundou a Vila de São Vicente no litoral, surgindo assim o primeiro município. Os primeiros habitantes da Ilha de Santa Catarina eram constituídos por índios, náufragos, degredados, desertores, padres missionários, aventureiros portugueses, espanhóis e outras nacionalidades. O litoral próximo à Ilha de Santa Catarina, na época denominada por Sertão dos Patos ou também Terra dos Carijós com a presença de indígenas, tornou-se um local de investidas de expedições de caça ao índio, com a finalidade de mão de obra nas lavouras da Capitania de São Vicente (SANTOS, 2015).

Segundo Câmara (1940) somente em 1748 iniciou-se o processo de povoamento do município de Biguaçu. Foram enviados para residir no Novo-Mundo, denominação adotada pelo governo português, os primeiros colonos portugueses, os açorianos, à Ilha de Santa Catarina. Esses foram enviados pelo governo da Capitania para o continente, fundava-se assim a povoação de São Miguel, núcleo inicial do povoamento de Biguaçu. Conforme Silva (2007), na formação da população de Biguaçu, pode-se destacar três grupos étnicos, os portugueses imigrantes da Ilha de Açores, os negros vindos da África e utilizados como mão-de-obra escrava e os alemães da cidade de Bremen. Os negros eram a principal mão-de-obra nos grandes latifúndios no vale do Rio Biguaçu.

A evolução populacional na vida econômica da Freguesia de São Miguel, é muito importante na formação histórica da cidade de Biguaçu. De acordo com Santos (2015), o início da evolução populacional foi marcado pela presença de povoadores açorianos e madeirenses. O local foi ocupado, gradativamente, pelos descendentes dos primeiros povoadores, pelos escravos, tanto de origem africana quanto brasileira, por imigrantes alemães e italianos, e de outras etnias em menor quantidade. Diversos motivos ocasionaram a decadência do Município de São Miguel, favorecendo a transferência da sede municipal para a Vila de Biguaçu, podendo citar a presença de epidemias gerando mortes, o fim da exploração da mão de obra de etnia negra e o declínio econômico, uma vez que a produção agrícola não era suficiente para garantir

uma margem de lucros adequada, devido à pouca quantidade e qualidade dos produtos.

A partir de 1830, a população começou a se dispersar, parte dos colonos deslocaram-se para São José e o restante procuraram terras localizadas no vale do Rio Louro, afluente da margem direita do Rio Biguaçu, conhecido como Alto-Biguaçu. Vale destacar que os descendentes de açorianos, instalados em São Miguel, começaram a ocupar os fundos dos vales do Alto-Biguaçu (FORTES, 2000). De acordo com a Prefeitura Municipal de Biguaçu (2015), diante da decadência econômica, face aos frequentes surtos de malária e ao desmembramento de novas freguesias, São Miguel perdeu aos poucos seus prestígios. Assim, em 1882, surgiu uma nova freguesia, denominada São João Evangelista, na margem direita do Rio Biguaçu. Essa cresceu frente às terras férteis, ao trabalho dos colonos, a construção de uma igreja e um cemitério.

No ano de 1886, lideranças políticas conseguem transferir a sede do município para o centro da cidade, no entanto, em 1888, por decisão do governo da província, a sede municipal volta para São Miguel, efetivada quase no final de 1889 devido a oposição dos vereadores (PREFEITURA MUNICIPAL DE BIGUAÇU, 2015). Em 1894 a sede do município de Biguaçu foi definitivamente instalada no povoado de Biguaçu. No Alto-Biguaçu, os alemães passaram a gerar um excedente de produção agrícola e madeira, dando início ao comércio entre a colônia e a freguesia de São Miguel. O transporte utilizado para o escoamento da produção foi por meio da navegação fluvial do próprio Rio Biguaçu (SILVA, 2007).

Conforme Fortes (2000), até 1916 o Rio Biguaçu apresentou significativa importância para a dinâmica da economia, uma vez que esse era a principal via para o escoamento dos produtos agrícolas, desde o Alto-Biguaçu até a foz do rio, sendo então comercializados na cidade de Biguaçu, e o restante transportado para Florianópolis. Após a enchente de 1916 o rio perdeu a sua condição natural de via navegável, mas os problemas relacionados às enchentes permaneceram. O setor agropecuário continua sendo a principal atividade econômica da área, mesmo que o rio tenha perdido sua importância econômica. No entanto, o êxodo para a área urbana de Biguaçu e para Florianópolis tem contribuído para alterar o perfil socioeconômico do local. Benedet (2015) afirma que, atualmente, as atividades que mais contribuem para a economia do município consistem na distribuidora de combustíveis localizada

no bairro Rússia, no gasoduto Bolívia-Brasil, na mineração de rochas para a construção civil e na produção de plásticos.

No decorrer dos anos a ocupação do centro urbano do município localizou-se na faixa costeira, entre o Rio Biguaçu, estendendo-se para a cidade de São José, localizada ao sul da área urbana. A expansão do núcleo também alcançou o limite com a área urbana de São José, a qual já faz limite com a área urbana de Florianópolis. Assim, o município de Biguaçu passou a integrar a área conurbada de Florianópolis (BENEDET, 2015).

O clima da cidade de Biguaçu pode ser definido como tropical temperado, com verões quentes e invernos amenos. O caráter temperado do clima confere a região, ao longo do ano, uma oscilação térmica amena (ELETROSUL, 2018). A área de estudo apresenta uma pluviosidade significativa no decorrer dos meses. Ao analisar-se a série histórica de dados pluviométricos anuais para os anos de 1911 a 2013, é possível verificar que a mesma apresenta valores anuais entre 1200 mm e 2000 mm. A partir do ano de 1970 até a atualidade o comportamento das médias do município torna-se mais regular, alcançando desta forma um valor médio anual de 1540 mm (HOFFMANN; NANNI, 2017).

1.2 LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende parte da bacia hidrográfica do Rio Biguaçu, em específico aquela pertencente a cidade de Biguaçu, no estado de Santa Catarina. O local definido caracteriza-se por apresentar um significativo crescimento populacional, bem como a tendência de ocupação dos centros urbanos, conforme os últimos censos realizados. De acordo com a pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010 a população da cidade alcançou 58.206 habitantes, crescimento de 21,07% desde o censo demográfico realizado em 2000, o qual totalizou 48.077 habitantes, sendo a ocupação da área urbana já predominante (SEBRAE, 2013). Segundo Benedit (2015), o município de Biguaçu está localizado na região litorânea de Santa Catarina e integra a área conurbada da cidade de Florianópolis. A sede do município localiza-se na planície costeira, tendo o seu desenvolvimento histórico relacionado ao sítio de ocupação, à acessibilidade ao mar e ao contexto histórico de Florianópolis.

O desenvolvimento do presente estudo visa analisar a porção da bacia hidrográfica do Rio Biguaçu pertencente ao município de Biguaçu, uma vez que, de acordo com Silva (2007), a referida bacia possui uma área de aproximadamente 389,70 km² e compreende o município de Antônio Carlos e grande parte do município de Biguaçu, ambos pertencentes à microrregião de Florianópolis. Desta maneira, a área de estudo limita-se ao contorno do município de Biguaçu, principalmente aquela localizada na área urbana da cidade. Adota-se para a presente pesquisa a nomenclatura de sub-bacia para as porções selecionadas da bacia hidrográfica.

O estudo analisa a Sub-bacia Hidrográfica 1 (SBH1) e a Sub-bacia Hidrográfica 2 (SBH2). A respeito da identificação adotada para as sub-bacias hidrográficas, não é possível concluir por meio de pesquisas bibliográficas e visitas in loco o nome dos rios em análise, assim, as mesmas são identificadas de maneira numérica, conforme mencionado. As sub-bacias hidrográficas identificadas por suas respectivas nomenclaturas serão apresentadas na sequência. Sendo assim, apresenta-se a localização da área de estudo mediante o Mapa 1.

Mapa 1 – Localização da área de estudo

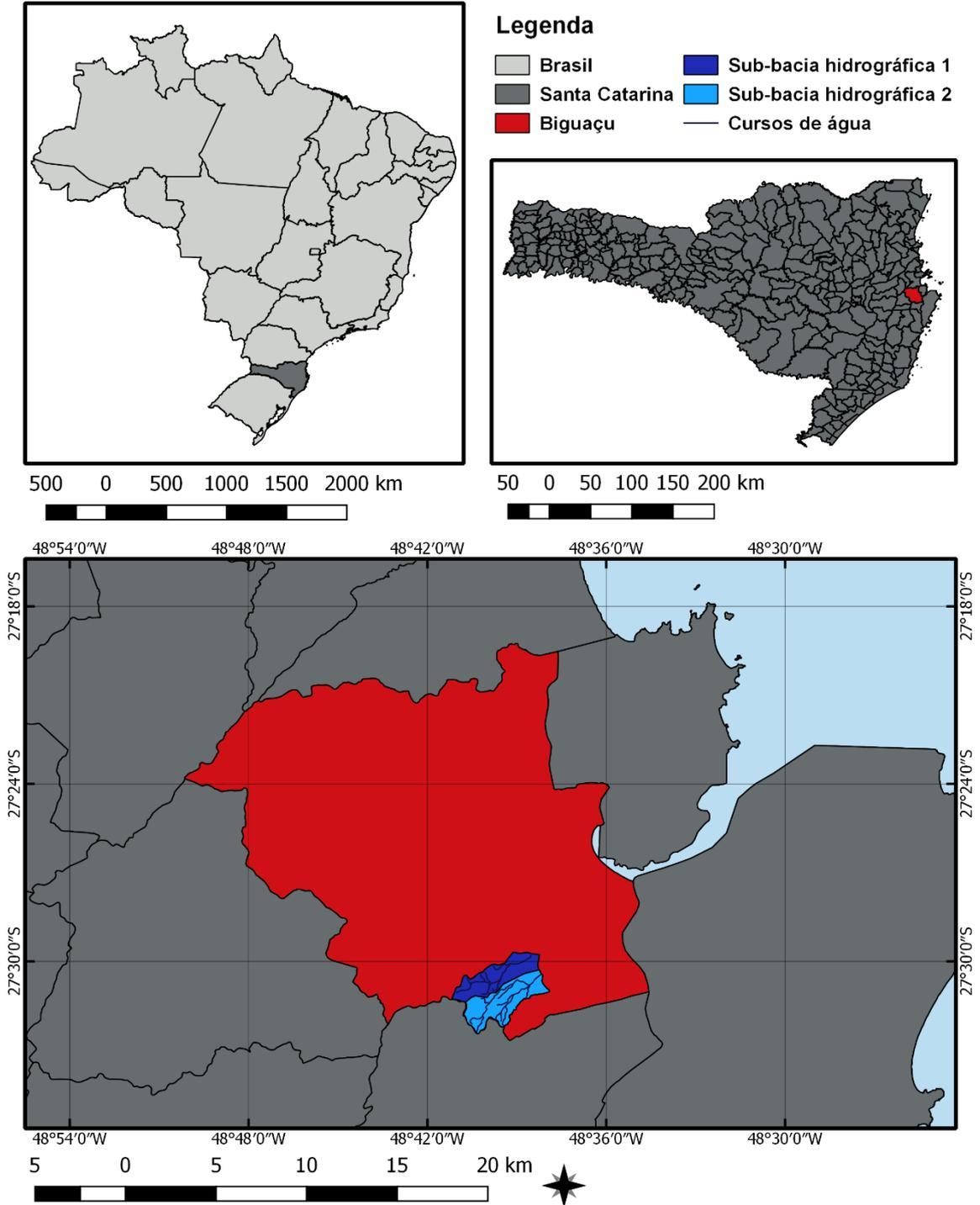
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Sistema de Coordenadas Geográficas

Datum: SIRGAS2000

Base Cartográfica: IBGE (2017)

Elaboração: Larissa Binhoti Dal' Anno



Fonte: Elaboração própria (2019).

1.3 JUSTIFICATIVA

Ao longo da história da humanidade o homem tem utilizado o ambiente natural com a intenção de sobreviver e reproduzir-se. No entanto, essa relação dialética, essencial para a transformação e desenvolvimento das sociedades, embora necessária, gera impactos. O cenário atual, onde os impactos tornam-se mais evidentes, é reflexo do uso desordenado da terra, da falta de legislação eficaz e atuante, assim como da frágil ou até mesmo falta de consciência da sociedade como um todo (CAMPOS, 2008). O uso inadequado do solo tem acarretado inúmeros problemas de caráter ambiental, tais como, o comprometimento de fontes e mananciais de água, a degradação de habitats naturais, a erosão, enchentes e assoreamento do solo (WEISS et al., 2013).

No decorrer dos anos a Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçu sofreu grandes impactos relacionados à ocupação urbana. Os problemas ambientais da área estão interligados produzindo um efeito em cadeia. O principal deles refere-se as enchentes, as quais afetam com uma certa frequência a bacia, principalmente na área urbana de Biguaçu, produzindo efeitos catastróficos à economia do município (SILVA, 2007). O crescimento urbano, o qual ocorreu por meio da fixação de moradias e apropriação dos recursos naturais visando as necessidades básicas de subsistência, causou alterações hidrológicas nos ambientes. Foram realizados desmatamentos e a retirada de madeira para a construção de casas, resultando em uma menor infiltração da água no solo. Portanto, segundo Silva (2007), as ações do homem através de atividades de ocupação, num valor superior ao que o ambiente pode suportar, causam desequilíbrios nos componentes dos ambientes.

A questão ambiental, no que diz respeito às enchentes, está relacionada ao planejamento para a construção e ampliação da infraestrutura da cidade, incluindo obras e propostas necessárias ao desenvolvimento das políticas voltadas a minimizar os impactos gerados pelos processos de ocupação urbana. É nesse contexto que o estudo desenvolve-se, determinando e avaliando a variação do tempo de concentração de uma bacia hidrográfica de acordo com o uso e a ocupação do solo, gerando resultados que interferem no dimensionamento dos projetos de engenharia. Conforme Marques, Silva e Acácio (2015), o desenvolvimento sustentável das cidades destaca-se pela eficiente gestão e concepção dos projetos de drenagem,

acompanhado por políticas de desenvolvimento urbano, no planejamento do uso e ocupação do solo, com a finalidade de reduzir os impactos causados pela urbanização.

1.4 OBJETIVOS

O desenvolvimento do estudo proposto baseia-se em objetivos geral e específicos. O objetivo geral busca sintetizar o que se pretende alcançar com a pesquisa, os objetivos específicos buscam minuciar o objetivo geral com maiores detalhes. Segundo Zanella (2011), os objetivos mostram o que se pretende com a investigação. Por isso, devem apresentar clareza, precisão e realismo.

1.4.1 Objetivo Geral

O presente trabalho de conclusão de curso tem como principal objetivo determinar a variação do tempo de concentração de sub-bacia hidrográfica, localizada na cidade de Biguaçu, Santa Catarina, em função do uso e ocupação do solo.

1.4.2 Objetivos Específicos

Segundo Gil (2002), os objetivos gerais de uma pesquisa são o ponto de partida, no entanto, na maioria dos casos, esses não possibilitam o início da investigação. Portanto, esses precisam ser redefinidos, esclarecidos e delimitados, surgindo os objetivos específicos da pesquisa. Sendo assim, apresenta-se na sequência os objetivos específicos norteadores do estudo.

- a) determinar a área de estudos por meio da delimitação da bacia hidrográfica;
- b) mapear o uso e ocupação do solo em diferentes datas;
- c) calcular o tempo de concentração da bacia hidrográfica, com diferentes métodos, que abordam o uso e ocupação do solo;
- d) utilizar softwares livres e imagens gratuitas para realizar o trabalho;
- e) analisar a variação do tempo de concentração em função da variação do uso e ocupação do solo da área de estudos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A fundamentação teórica aborda os principais aspectos referente a determinação da variação do tempo de concentração de uma bacia hidrográfica em função do uso e ocupação do solo. Serão abordados aqui, o sensoriamento remoto e imagens de satélite, as características fisiográficas, os mapas de uso e ocupação do solo e a determinação do tempo de concentração de bacias hidrográficas urbanas. Portanto, apresenta-se na sequência os tópicos citados a respeito do tema em análise.

2.1 SENSORIAMENTO REMOTO E IMAGENS DE SATÉLITE

O termo sensoriamento remoto diz respeito a um conjunto de técnicas destinadas à obtenção de informações sobre objetos, sem a necessidade de contato físico entre os mesmos. Para a melhor compreensão dessa definição, pode-se identificar quatro elementos fundamentais: a radiação eletromagnética, a fonte, o sensor e o alvo. A radiação eletromagnética é o elemento de ligação entre todos os demais elementos. A fonte de radiação, que no caso da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto no estudo dos recursos naturais, é o sol. O sensor é o instrumento capaz de coletar e registrar a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelo objeto, que também pode ser denominado de alvo. Sendo o alvo o elemento que busca-se extrair informações (NOVO; PONZONI, 2001).

Segundo Rodríguez (2005), o sensoriamento remoto pode ser definido como um conjunto de hardwares e softwares utilizados na coleta e tratamento de informações espectrais obtidas à distância dos alvos, os quais estão localizados na superfície terrestre. Ainda, de acordo com a autora, a grande maioria dos sensores utilizados para quantificar a radiação eletromagnética utiliza como fonte a radiação solar, com exceção dos sensores ativos, caso dos radares e laser, que possuem suas próprias fontes de radiação. Dessa maneira, são capazes de detectar qualquer informação da superfície terrestre independente da condição atmosférica.

Os sistemas de sensoriamento remoto podem ser caracterizados de diversas formas. Quanto ao nível de aquisição em terrestre, aéreo e orbital. Quanto a fonte de energia radiante em ativos ou passivos. Quanto ao tipo de produto gerado ou formado do dado produzido em imageadores e não imageadores. Quanto a região do espectro que operam em visível, infravermelho próximo, infravermelho médio,

infravermelho distante ou termal e micro-ondas. Resumidamente, o sensoriamento remoto pauta-se na fonte de energia ou iluminação, propagação da radiação eletromagnética e atmosfera, interação com os alvos da superfície terrestre, retransmissão da radiação eletromagnética na atmosfera, registro da energia pelos sensores instalados em diferentes estruturas, geração dos produtos de sensoriamento remoto que foram processados em terra, interpretação e análise dos dados obtidos e geração de produtos (HAYAKAWA et al., 2016).

Conforme Novo e Ponzoni (2001), a determinação do tipo de dado de sensoriamento remoto a ser obtido varia de acordo com a informação necessária, com o tamanho e com a dinâmica dos objetos ou alvos em estudo. Os dados são adquiridos por meio de sensores que diferenciam-se pelos seus funcionamentos e por suas resoluções, sendo elas a espectral, a espacial, a radiométrica e a temporal. Quando deseja-se obter informações com alta resolução espacial os dados podem ser adquiridos no formato de imagens bidimensionais, essas imagens são utilizadas para áreas amplas, como aquelas fornecidas pelos satélites meteorológicos. Os espectrômetros são empregados para identificar a composição química dos objetos. Tratando-se de estudos da superfície terrestre, é indicado uma boa resolução espacial, bem como a aplicação de espectrômetros imageadores. Para a determinação de medidas precisas da intensidade do campo eletromagnético utiliza-se os radiômetros.

A utilização do sensoriamento remoto para adquirir dados relacionados ao uso e ocupação do solo com a finalidade de monitoramento e análises dos recursos naturais tem sido bastante difundida. Os sensores possuem diferentes resoluções, espectral, espacial, radiométrica e temporal, tornando assim maiores os níveis de informações a serem extraídos dos dados (SANO et al., 2009). Segundo Rodríguez (2005), a espectral possibilita o estudo do comportamento espectral dos objetos situados na superfície, a espacial define a menor distância determinada por um sensor entre dois objetos distintos, a radiométrica define a sensibilidade do sensor e por fim, a temporal refere-se a frequência na passagem do satélite sobre uma mesma área.

Há uma crescente necessidade de obtenção de dados a respeito da superfície da Terra. Uma das poucas alternativas capazes de atender tais necessidades nos campos da agricultura, meio ambiente, costas marítimas, florestas, entre outras, é o uso de imageamento por satélite. Tanto o Brasil como a China

possuem vastos territórios, com inúmeras fisionomias e problemas suscetíveis de serem observados e analisados por meio de dados orbitais de sensores remotos. Tais considerações levaram ao estabelecimento de um programa de desenvolvimento de satélites de sensoriamento remoto entre o Brasil e a China, o qual teve início no ano de 1988 (EPIPHANIO, 2009).

O Programa China Brazil Resources Satellite (CBERS) tem como principal função projetar, construir, lançar e operar satélites de sensoriamento remoto. Após o lançamento dos primeiros satélites desse, optou-se pela continuidade da missão, em sequência aos CBERS-1, CBERS-2 e CBERS-2B. A nova família de satélites, constituída pelos CBERS-3 e CBERS-4, apresenta uma configuração diferente em relação a partição de custos entre os países envolvidos. O novo arranjo caracteriza-se por apresentar metade dos custos para ambos, quando inicialmente a China era responsável por 70% destes e o Brasil por 30% (EPIPHANIO, 2009).

De acordo com o INPE (2018b), o satélite CBERS 4 possui quatro sistemas imageadores. O Brasil é responsável pela Câmera Multiespectral Regular (MUX) e pela Câmera de Campo Largo (WFI), enquanto que a China é responsável pela Câmera Pancromática e Multiespectral (PAN) e pelo Imageador Multiespectral e Termal (IRS). Os imageadores mencionados conferem ao satélite uma complexidade em termos de imageamento. Coincidentemente, esses imageadores complementam-se e fornecem uma variedade de atributos aos usuários.

Existe uma extensa gama de satélite, no entanto, para o desenvolvimento do presente estudo, serão utilizadas imagens gratuitas dos satélites LANDSAT 5, CBERS 2B e CBERS 4. Na sequência, a Tabela 1 apresenta as diferentes resoluções pertencentes a cada um dos satélites adotados.

Tabela 1 – Resumo das resoluções dos satélites adotados

Características dos satélites adotados			
Resolução	LANDSAT 5	CBERS 2B	CBERS 4
Espectral	7 bandas	5 bandas	3 bandas
Espacial	30 m	20 m	10 m
Radiométrica	8 bits	8 bits	8 bits
Temporal	16 dias	26 dias	52 dias

Fonte: Adaptado de INPE (2018).

Assim, de acordo com a tabela exibida, pode-se observar as diferentes características inerentes aos satélites adotados.

2.2 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

Os dados fisiográficos são informações que podem ser obtidas de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite. Basicamente, são áreas, comprimentos, declividades e coberturas do solo adquiridos diretamente ou expressos por meio de índices (TUCCI, 2001). Ainda, de acordo com Palaretti (2013), a importância de se estudar as características fisiográficas deve-se a possibilidade de comparar bacias hidrográficas, interpretar fenômenos passados, assim como efetuar previsões de descarga de um rio. A seguir são comentadas algumas destas medidas e índices mais utilizados.

Segundo Tucci (2001), a área da bacia é um dado fundamental para determinar o potencial de geração de escoamento da bacia hidrográfica, pois seu valor multiplicado pela lâmina da chuva precipitada indica o volume de água recebido pela bacia. Assim, considera-se como a área da bacia hidrográfica a sua área projetada verticalmente.

Conforme Palaretti (2013), a declividade média do rio principal está diretamente associada ao tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos d'água. "Quanto maior a declividade de um terreno, maior a velocidade de escoamento, menor T_c e maior as perspectivas de picos de enchentes." (PALARETTI, 2013, p. 8).

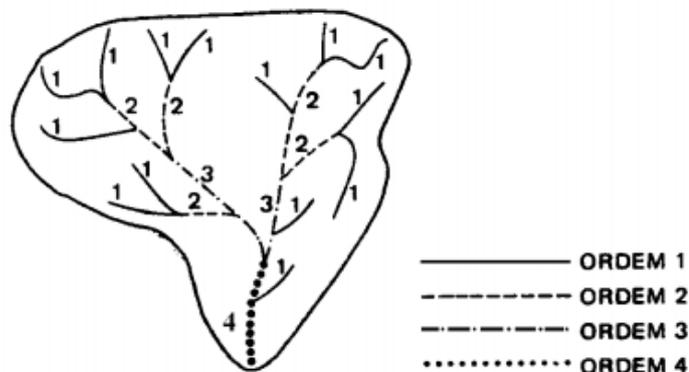
A forma superficial de uma bacia hidrográfica possui um importante papel no seu comportamento hidrológico, uma vez que, afeta de maneira direta o tempo de transformação da chuva em escoamento (VILLELA; MATTOS, 1975). A análise da forma de uma bacia é realizada por meio do cálculo de índices. Dentre os métodos pode-se destacar o coeficiente de compacidade e o fator de forma. Conforme Villela e Mattos (1975), existem diversos índices utilizados para determinar a forma das bacias, de forma a relacionar as mesmas com formas geométricas conhecidas. Assim, segundo os autores, o coeficiente de compacidade a relaciona com um círculo e o fator de forma com um retângulo.

A rede fluvial de drenagem de uma bacia hidrográfica pode ser classificada de acordo com uma hierarquia, sendo o método mais utilizado o de Horton modificado por Strahler (TUCCI, 2001). Conforme Palaretti (2013), o procedimento de ordenamento dos canais da rede de drenagem pode ser resumidamente explicado da

seguinte maneira, os cursos primários recebem o número 1, a união de dois cursos de mesma ordem origina um curso de ordem superior e por fim, a união de dois cursos de ordem diferente faz com que predomine a ordem do curso maior.

A respeito da hierarquia de classificação, quanto maior a ordem dos cursos d'água, maior o grau de ramificação da rede de drenagem de uma bacia e maior a tendência para o pico de cheia (PALARETTI, 2013). Nesse contexto, apresenta-se na Figura 1 a ordem dos cursos d'água utilizando o método de Horton modificado por Strahler, conforme citado.

Figura 1 – Ordem dos cursos d'água



Fonte: PALARETTI (2013).

2.3 MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Segundo Campos (2008), a interação entre a sociedade e a natureza tem ao longo dos anos resultado na degradação das mesmas. De um lado altera-se a dinâmica dos sistemas naturais, como consequência dos impactos gerados pela apropriação do meio pela sociedade, de outro, a sociedade perde a qualidade de vida, uma vez que, essa depara-se com os efeitos negativos que os impactos causados sobre o ambiente têm desencadeado, como o aumento da frequência das inundações, a poluição do ar e a da água, bem como as oscilações do clima. Conforme Nascimento e Fernandes (2017), os impactos ambientais como o aumento do desmatamento, a escassez de recursos hídricos, os processos erosivos e o manejo do solo são assuntos tratados com maior frequência, a fim de obter-se medidas capazes de mitigar esses problemas ambientais.

Os produtos cartográficos são gerados com o intuito de representar os impactos ambientais citados anteriormente. A produção cartográfica pode resultar em mapas geológico ou geotécnico, geomorfológico, de altitude, de declividade, de forma

da encosta, da hidrografia, do fluxo das águas superficiais, da fragilidade ambiental, do tecnógeno, de inventário, do risco de deslizamento, dos atributos de vulnerabilidade e do uso e ocupação do solo. No entanto, os mesmos diferem em função da proposta de investigação ou mapeamento realizado (BENEDET, 2015). Os mapas podem ser definidos como instrumentos que orientam a análise, as ações de prevenção e a mitigação frente aos acidentes e desastres. Subsidiem ainda o planejamento das áreas urbanas (ALHEIROS et al., 2004).

A análise do uso e cobertura do solo, mediante informações de sensoriamento remoto, constitui uma ferramenta muito útil ao planejamento e administração da ocupação do meio físico. Por meio da interpretação de imagens de satélite obtém-se um mapa temático preciso das diferentes estruturas resultantes do processo de uso e ocupação do solo. O conhecimento da ocupação do solo quanto à sua natureza, localização, forma de ocorrência, mudanças ocorridas em determinados períodos, são de suma importância para a programação de atividades que visam o desenvolvimento de uma determinada região (BARROS; OLIVEIRA, 2012).

Ainda, segundo as autoras, o levantamento do uso da terra pode ser obtido a partir do uso de dados multiespectrais, fornecidos por satélites de sensoriamento remoto, associados às técnicas de interpretação. As vantagens de utilizar dados dessa natureza nos levantamentos de uso do solo, são de atingir áreas de difícil acesso e realizar o imageamento às altas altitudes, possibilitando assim uma visão sinóptica da superfície terrestre, com respectividade, viabilizando as ações de monitoramento.

A identificação e o mapeamento das diferentes classes de uso do solo e das atividades desenvolvidas são de extrema importância, uma vez que, a realização dessas atividades tem como função gerar subsídios para a análise da dinâmica socioambiental na bacia, visando caracterizar e quantificar os impactos gerados e suas consequências para a população (CAMPOS, 2008). Segundo a OEA (1993), os mapas são importantes ferramentas, pois representam os processos e os aspectos da realidade, em diferentes escalas, localizando-os no tempo e no espaço.

O mapa é um dos principais produtos gerados pela cartografia. Esses podem ser classificados, conforme a finalidade com que são produzidos, em mapas de propósito geral e mapas temáticos (ROBBI, 2000). A autora afirma que, os mapas

topográficos caracterizam-se por serem mapas de propósito geral. Nos topográficos são representadas as feições naturais e artificiais da superfície da terra. As feições artificiais são aquelas produzidas pelo homem, conseqüente da ocupação territorial, como rodovias, construções e tubulações de saneamento básico. As feições naturais são constituídas por feições naturais, como relevo e hidrografia.

Os mapas temáticos são importantes ferramentas para a representação dos diferentes aspectos de uma determinada região, onde destacam-se os aspectos ambientais, os quais estão relacionados à manutenção, conservação e preservação de áreas urbanas e rurais (MAZUR; BRANDALIZE, 2017). Conforme Robbi (2000), o propósito dos mapas temáticos é mostrar as características estruturais de alguma distribuição geográfica particular. A geração de mapas temáticos de forma rápida e fácil aumenta as possibilidades de visualização dessas informações geográficas.

A respeito do ordenamento do território, Régis Filho (2008, p. 60) afirma que, “o ordenamento do território tem como finalidade a organização do espaço com vista a responder e compatibilizar as necessidades humanas com tradução espacial no território.” Dessa maneira, de acordo com o autor, são analisadas as diversas estruturas territoriais, procurando unir de maneira correta as pretensões à utilização do solo disponível. Segundo Mazur e Brandalize (2017), para organizar todo o conhecimento produzido sobre o território recorre-se à classificação do uso do solo.

Nesse contexto, classifica-se o mapa de uso e ocupação do solo como um mapa temático, uma vez que, esse modelo de mapa apresenta informações relacionadas a cada uso do solo. De acordo com Mazur e Brandalize (2017), o mapa de uso e ocupação deve apresentar a hidrografia, ressaltando os tipos de vegetação existente, áreas de preservação permanente e áreas destinadas à reserva legal. Ainda, conforme as autoras, esse tipo de mapa é considerado uma ferramenta indispensável aos estudos de cunho ambiental, a qual auxilia na definição de decisões em ordenamento e planejamento do território e também na definição de políticas para a gestão de recursos naturais.

A utilização de imagens orbitais representa um importante instrumento para elaborar mapas temáticos relacionados ao uso e ocupação do solo. A aquisição sistemática de dados dessa natureza permite o mapeamento eficaz da área proposta e a possibilidade de contínuo monitoramento, além de ser uma ferramenta utilizada

para planejar o uso do solo (WEISS et al., 2013). A utilização de técnicas de geoprocessamento, bem como de sistemas de informações geográficas auxiliam na produção de mapas temáticos, os quais representam os cenários de uso e ocupação do solo e possibilitam a interpretação da dinâmica de interação entre o homem e a natureza (NASCIMENTO; FERNANDES, 2017).

Segundo Campos (2008), de posse dos mapas de uso da terra é possível idealizar o uso de forma racional, conforme as potencialidades e as fragilidades da área de estudo, e estabelecer diretrizes para mitigar eventuais impactos. No mapeamento do uso do solo deve-se considerar os aspectos quantitativos, como a área ocupada por cada classe, bem como os aspectos qualitativos, os quais estão relacionadas as mudanças ocorridas no local de estudo, na procura de uma causa e um efeito, como o tipo de uso e os impactos gerados por esse.

2.4 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS

Campos e Cardoso (2004) afirmam que, o desmatamento, a produção de monoculturas, o uso de agrotóxicos, a poluição ambiental e automotiva, os lixos, os esgotos, entre outros fatores, favorecem a destruição dos recursos naturais renováveis e assim propiciam a deterioração das unidades geográficas no Brasil, entre elas, as bacias hidrográficas. Essas, segundo Resck (1992), assumem importante papel no planejamento e gestão ambiental, pois todos os fatores que interferem a produção e o equilíbrio no meio ambiente refletem sobre suas características físicas, bióticas e antrópicas. Nesse contexto, com o intuito de analisar os impactos causados pela urbanização, a unidade geográfica de análise será a bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica pode ser definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída denominado exutório. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório. Dessa maneira, a mesma pode ser considerada um sistema físico, uma vez que, a entrada é o volume de água precipitada e a saída é o volume de água escoada pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados, bem como os infiltrados profundamente no solo (TUCCI, 2001). Ainda, de acordo com Tucci e

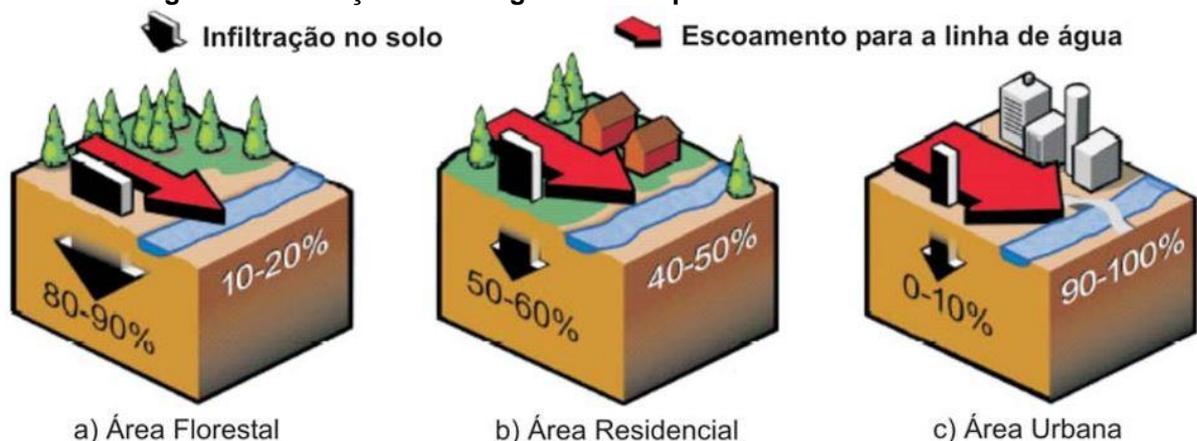
Mendes (2006), para cada seção de um rio existirá uma bacia hidrográfica. Considerando esta seção, a bacia é toda a área que contribui por gravidade para os rios até chegar a seção que define essa.

De acordo com Mata-Lima et al. (2007), as bacias hidrográficas podem ser classificadas como bacias rurais e bacias urbanas em função da rugosidade da superfície. As primeiras produzem um menor escoamento quando comparado as últimas. As bacias rurais caracterizam-se por apresentar maior capacidade de infiltração e, conseqüentemente, menor escoamento devido a cobertura vegetal que oferece resistência ao escoamento. Nesse caso, a cobertura citada funciona como macrorugosidade. No caso das bacias urbanas, a quantidade de precipitação que atinge a superfície do solo e o escoamento são significativamente superiores. Conforme Fritzen e Binda (2011), a hidrologia da área urbana possui diversas peculiaridades quando comparada às áreas rurais e florestadas. Isso ocorre em virtude da intensidade da ocupação humana e aos níveis de alteração no ambiente.

O desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal provocando vários efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural. Com a impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas e pátios, a água que infiltrava, passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização, passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade de escoamento das seções (TUCCI; BERTONI, 2003, p. 89).

Nesse contexto, apresenta-se na Figura 2 as alterações hidrológicas decorrentes do processo de crescimento urbano, conforme exposto anteriormente.

Figura 2 – Alterações hidrológicas consequentes do crescimento urbano



Fonte: MATA-LIMA et al. (2007).

A diferença entre o escoamento das bacias rurais e urbanas deve-se principalmente ao fato de as últimas apresentarem cobertura vegetal reduzida, menor

infiltração em razão da impermeabilização do solo e o escoamento ocorrer segundo planos e canais muito bem definidos. Todos os fatores citados contribuem para que o tempo de concentração seja inferior em bacias com características urbanas (MATA-LIMA et al., 2007).

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido como o tempo necessário para que toda a área dessa contribua para o escoamento superficial em um determinado ponto de controle. Fatores como a forma da bacia, a sua declividade média, a sinuosidade e a declividade do seu curso principal influenciam no tempo de concentração (ARAÚJO et al., 2011). Conforme Targa et al. (2012), o tempo de viagem da água da chuva que cai na região mais remota da bacia até o exutório é denominado de tempo de concentração. O uso do solo pode alterar as características naturais do mesmo, modificando as quantidades de água que infiltram, que escoam e que evaporam, alterando assim o tempo de viagem da água, bem como o comportamento hidrológico da bacia. O desmatamento e a urbanização caracterizam algumas das mais agressivas maneiras de modificação do uso e ocupação de uma bacia hidrográfica.

Existem inúmeras fórmulas para determinar-se o tempo de concentração, a grande maioria leva em consideração exclusivamente a declividade do curso principal e a área da bacia. No entanto, a mais adequada depende das condições específicas para as quais foi elaborada. Para tal, é necessário identificar a origem dos estudos para ser identificadas suas limitações e aplicabilidade (ARAÚJO et al., 2011). Pode-se determinar o tempo de concentração de bacias hidrográficas por meio de métodos estritamente empíricos e semi-empíricos. De acordo com Mata-Lima et al. (2007), os métodos empíricos baseiam-se em uma relação entre o tempo de concentração e as características fisiográficas da bacia, fornecendo resultados mais confiáveis. Ainda, conforme o autor, os métodos semi-empíricos incluem parâmetros que variam em função do uso e ocupação do solo da bacia, configurando, assim, maleabilidade no seu uso. Os métodos a serem adotados serão abordados no item que segue.

3 MATERIAIS E MÉTODO

O presente estudo caracteriza-se por ser uma pesquisa aplicada, utilizando um estudo de caso para o avanço do mesmo. Os métodos empregados para a elaboração desse desenvolvem-se a partir da pesquisa qualitativa e quantitativa. O desenvolvimento do estudo apresentado pode ser delineado como uma pesquisa bibliográfica, de caráter descritivo, a respeito da determinação da variação do tempo de concentração de uma bacia hidrográfica em função do uso e ocupação do solo. Para tal, a opção metodológica busca contemplar como área de estudo parte da Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçu, localizada na cidade de Biguaçu, Santa Catarina.

Com relação à pesquisa qualitativa, Prodanov e Freitas (2013, p. 70) afirmam que, “esta não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Tal pesquisa é descritiva.” Esse tipo de abordagem difere da quantitativa pelo fato de não utilizar dados estatísticos para a análise de um problema, desta maneira, não tem como prioridade numerar ou medir unidades. Os dados coletados são descritivos e buscam retratar o maior número possível de elementos existentes na realidade estudada (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Ainda, conforme Kauark, Manhães e Medeiros (2010), a pesquisa qualitativa considera que existe uma relação entre o mundo real e o sujeito, ou seja, um vínculo entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. Nesse processo a interpretação, bem como a atribuição dos significados dos fatos são básicas. Esse tipo de abordagem não necessita do uso de métodos e técnicas estatísticas. Os focos principais dessa caracterizam-se pelo processo e seu significado. Zanella (2011) confirma que, esse tipo de análise apoia-se nos conhecimentos teórico-empíricos, os quais permitem atribuir-lhe cientificidade.

A abordagem quantitativa caracteriza-se pela utilização de instrumentos estatísticos, tanto na coleta dos dados como no tratamento dos mesmos, e tem como objetivo medir relações entre as variáveis envolvidas. Nesse tipo de estudo, o pesquisador parte de um plano já preestabelecido com variáveis e hipóteses devidamente definidas. Busca medir e quantificar os resultados oriundos da investigação conduzida, elaborando-os em dados estatísticos (ZANELLA, 2011). A pesquisa quantitativa estuda o que pode ser quantificável, ou seja, transforma em

números as opiniões e as informações adquiridas com o intuito de classificá-las e analisá-las (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010).

Segundo Prodanov e Freitas (2013), para o desenvolvimento da pesquisa de caráter quantitativa, é necessário formular hipóteses e classificar a relação entre as variáveis, com o intuito de garantir a precisão dos resultados, de forma que se evite qualquer contradição no processo de análise e interpretação. Essa forma de abordagem pode ser utilizada em diversos tipos de pesquisas, inclusive nas descritivas, principalmente quando buscam a relação causa-efeito entre os fenômenos e também pela simplicidade de descrever a complexidade de determinada hipótese ou de um problema e também por observar a interação de certas variáveis.

Um método de abordagem não exclui o outro, ou seja, pode haver a combinação das pesquisas qualitativas e quantitativas. De acordo com Strauss e Corbin (2008), a questão não é utilizar uma técnica ou outra, mas como essas devem trabalhar juntas de tal forma que possam permitir o desenvolvimento da teoria em estudo. “O método qualitativo deve dirigir o quantitativo, e o método quantitativo resulta no qualitativo, em um processo circular, mas, ao mesmo tempo, evolutivo, com cada método contribuindo para a teoria a maneira como só ele pode fazer.” (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 45).

A partir da combinação das pesquisas qualitativas e quantitativas, pode-se utilizar o estudo de caso para o desenvolvimento do estudo apontado. O estudo de caso pode ser definido como um estudo profundo e exaustivo de um objeto ou até mesmo poucos objetos, de maneira a permitir o aprofundamento do seu conhecimento (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010). Prodanov e Freitas (2013) reconhecem que, é um tipo de pesquisa qualitativa e/ou quantitativa, entendido como uma categoria de investigação que tem como finalidade o estudo aprofundado de uma unidade. De acordo com os autores, são necessários requisitos, como severidade, objetivação, originalidade e coerência, para a sua realização.

Traçadas as abordagens empregadas para o desenvolvimento da pesquisa, apresenta-se na sequência os materiais utilizados, bem como o método aplicado para a realização dessa. Segundo Zanella (2011), o correto planejamento da pesquisa visa determinar as técnicas de coleta e análise de dados, prevendo os materiais essenciais, bem como o armazenamento das informações obtidas.

3.1 MATERIAIS

Para o correto desenvolvimento e sucesso de uma pesquisa, deve-se levar em consideração a problemática referente aos recursos disponíveis. O pesquisador deve possuir consciência do tempo a ser utilizado e deve também prover-se dos equipamentos e dos materiais necessários para a realização dessa (GIL, 2002). A coleta de dados baseia-se em reunir todas as informações, materiais e elementos essenciais para o desenvolvimento de uma pesquisa. De acordo com Zanella (2011), a coleta de dados origina-se de documentos, de observação ou ainda por meio de declarações de pessoas que possuem as informações necessárias aos objetivos do estudo. Ainda, segundo a autora, as técnicas mais utilizadas para a coleta de dados consistem na análise documental, entrevista, questionário e observação.

3.1.1 Imagens de Satélite

Ao longo dos anos diversos satélites surgiram e deixaram de operar, sendo substituídos por novos modelos, cujas características dos sensores foram aprimoradas ou até mesmo substituídas. Dessa maneira, os novos satélites, como é o caso do CBERS 4, passaram a operar recentemente, tornando inviável a apresentação de imagens antigas ao seu lançamento. Diante do exposto, com a intenção de cumprir o objetivo desse estudo, gerar mapas de uso e ocupação do solo para diferentes datas, busca-se utilizar também imagens de satélites antigos ao CBERS 4 para realizar tal atividade.

Assim, baseado em estudos semelhantes já desenvolvidos para a análise do uso e ocupação do solo, serão utilizadas imagens do satélite LANDSAT 5 para o ano de 1997 e do satélite CBERS 2B para o ano de 2008. A respeito das imagens selecionadas para a realização desse estudo, adotam-se os seguintes critérios, pelo menos dez anos entre a tomada da cena, com a finalidade de observar as variações ocorridas no uso e ocupação do solo, e a ausência de nuvens nas imagens, uma vez que facilita a identificação do tipo de solo.

Quanto ao satélite CBERS 4, por tratar-se de um modelo recente, não há estudos desenvolvidos a respeito do sensor a ser utilizado para investigações de uso e ocupação do solo. Dessa maneira, busca-se analisar as características do sensor

CCD do satélite CBERS 2B e assim identificar qual sensor do CBERS 4 mais se adequa a esse tipo de análise.

De acordo com o INPE (2018a), o sensor CCD do CBERS 2B apresenta cinco faixas espectrais, incluindo uma faixa pancromática de 0,51 - 0,73 μm , resolução espacial de 20 m e largura da faixa imageadora de 113 km, enquanto o sensor PAN apresenta a banda espectral um na faixa de 0,51 - 0,85 μm e resolução espacial de 5 m para essa banda, banda espectral dois na faixa de 0,52 - 0,59 μm , banda espectral três na faixa de 0,63 - 0,69 μm , banda espectral quatro na faixa 0,77 - 0,89 μm e resolução espacial de 10 m para essas e ainda, largura da faixa imageadora de 60 km. Assim, adota-se o sensor PAN com resolução espacial de 10 m para o satélite CBERS 4.

Desta maneira, apresentam-se mediante a Tabela 2 as características das cenas adotadas de cada sensor para a realização desse estudo.

Tabela 2 – Características das imagens de satélite utilizadas

Imagens de satélite					
Satélite	Sensor	Resolução espacial	Data de aquisição	Órbita	Ponto
LANDSAT 5	TM	30 m	05/04/1997	220	79
CBERS 2B	CCD	20 m	11/06/2018	155	131
CBERS 4	PAN	10 m	06/06/2018	156	131

Fonte: Elaboração própria (2018).

Conforme a tabela exibida, verifica-se que foram adotados diferentes satélites e sensores, bem como resoluções espaciais para as três datas selecionadas. Assim, a escolha das imagens foi realizada de acordo com a resolução espacial e temporal das mesmas, uma vez que, necessitava-se de intervalos de dez anos entre as cenas, e também pela ausência de nuvens.

3.1.2 Cartas

A carta é a representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, a mesma é destinada a fins práticos da atividade humana, possibilitando a avaliação precisa de distâncias, direções e a localização geográfica de pontos, áreas e detalhes. A carta possui uma representação similar ao mapa, no entanto, essa possui caráter especializado, produzida com uma finalidade específica e, geralmente, em grande escala. A palavra carta, portanto, é utilizada para denominar um documento cartográfico de maior precisão (AGUIRRE; MELLO FILHO, 2009).

Neves (2008) afirma que, a carta topográfica pode ser definida como um documento cartográfico utilizado para inúmeras finalidades, como elaboração de bases cartográficas para outros mapas, perfis topográficos e diversos estudos temáticos. A carta topográfica pode ser utilizada com a finalidade de explorar o espaço. A partir dessa pode-se obter informações a respeito da hidrografia, uso e ocupação do solo, localidades, transporte, e, principalmente, o relevo, determinado em curvas de nível e pontos cotados.

Desta maneira, utilizam-se como parâmetro de pesquisa as cartas topográficas que representam a cidade de Biguaçu e o seu entorno. Assim, adota-se a carta topográfica Biguaçu, denominada por folha SG-22-Z-D-II-4, cuja projeção é Universal Transversa de Mercator (UTM), datum vertical: Imbituba, Santa Catarina, datum horizontal: Chuá, Minas Gerais, com data de 1974, produzida na escala 1:50.000, desenvolvida pelo IBGE. E ainda, a carta topográfica de Florianópolis, designada por folha SG-22-Z-D-V-2, cuja projeção é Universal Transversa de Mercator (UTM), datum vertical: Imbituba, Santa Catarina, datum horizontal: SAD69, com data de 1995, produzida na escala 1:50.000, e também desenvolvida pelo IBGE.

Ainda, emprega-se no desenvolvimento desse estudo, as cartas digitais, dos municípios citados, cuja projeção é Universal Transversa de Mercator (UTM), datum: SAD69, com data de 2003, produzidas na escala 1:50.000, editadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). Vale ressaltar que, a partir das cartas digitais, foram obtidos os cursos de água e as curvas de nível. De posse dos dados citados, delimitou-se a área de estudo e foram obtidos os dados essenciais para determinar as características fisiográficas das sub-bacias hidrográficas.

3.1.3 Software QGIS

A evolução dos softwares livres alcançou um nível competitivo com as ferramentas proprietárias, sendo o caso do software QGIS. Esse é um visualizador de dados geográficos, de caráter livre com código aberto e gratuito (VALIN, 2009). De acordo com Melo (2005), é um sistema de informação geográfica, utilizado para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, com alto desempenho e multiplataforma, ou seja, é compatível com as plataformas Linux, Unix, MacOS e Windows.

O QGIS possui poucos recursos para tratamento dos dados, no entanto, por meio das bibliotecas Geospatial Data Abstraction Library (GDAL), a qual trata especificamente dos formatos matriciais, e OGR, responsável por manipular os formatos vetoriais, é possível acessar, armazenar e manipular inúmeros dados matriciais e vetoriais (UCHOA; FERREIRA, 2004). Possui também a biblioteca Qt, a qual permite a construção de algumas interfaces gráficas (MELO, 2005).

Conforme Melo (2005), a arquitetura de plugins, projetada no QGIS, possibilita que outras funcionalidades sejam adicionadas na aplicação, desta forma, diversas características são acrescentadas por meio desse recurso. O Quantum GIS apresenta ainda como vantagem a licença General Public Licence (GPL), a qual o torna disponível gratuitamente e confere ainda liberdade de uso, cópia e distribuição ao usuário do software. O que significa que, se alguma empresa ou órgão público necessitar reproduzir a metodologia empregada nessa pesquisa, poderá fazê-la sem que isto implique em custos de aquisição de software, o que pode ser muito oneroso para um município de pequeno porte, por exemplo.

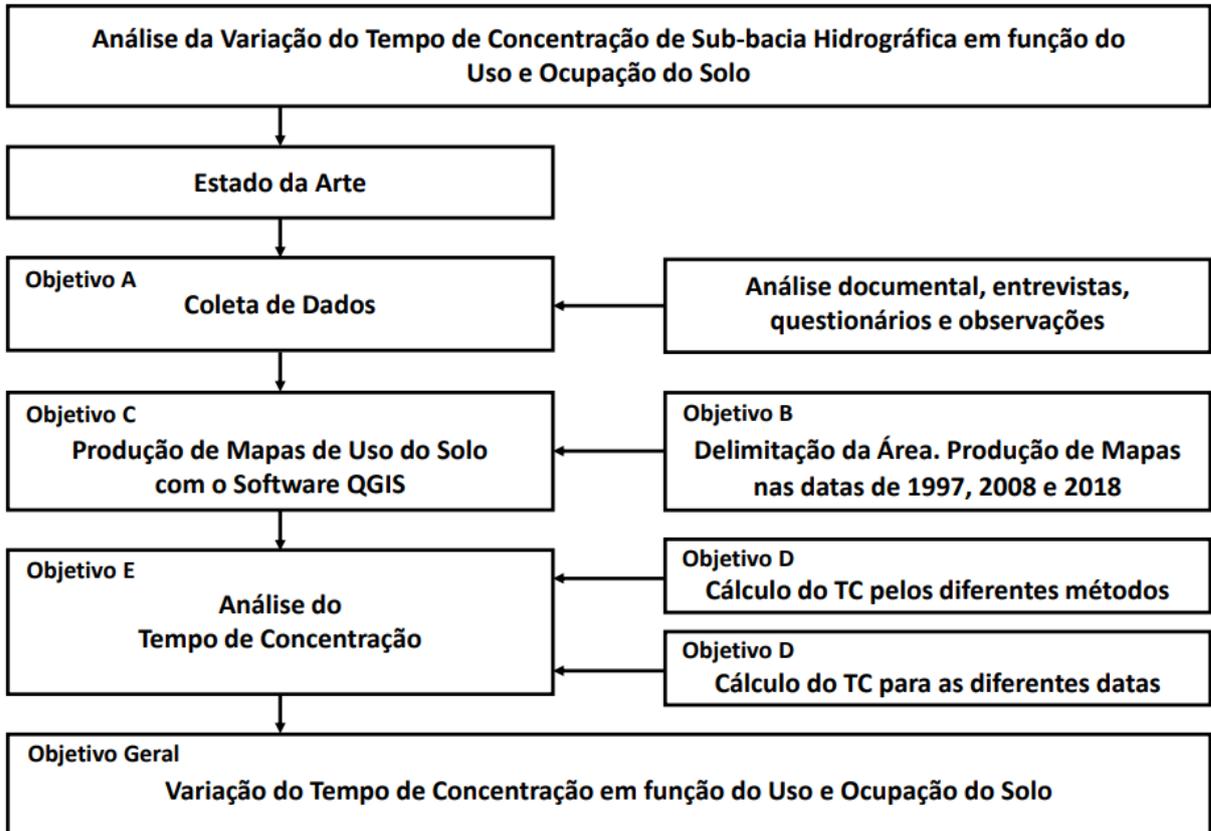
Diante do exposto, adota-se para o prosseguimento dessa pesquisa o software Quantum GIS, versão 2.18.24, denominado por Las Palmas.

3.2 MÉTODO

O método consiste em um conjunto de procedimentos ou processos mentais que devem ser aplicados no estudo. Pode-se dizer que essa é a linha de raciocínio empregada no processo de pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013). Determinado o tipo de pesquisa a ser realizada, aplicada, assim como o tipo de delineamento a ser adotado, pesquisa aplicada, pode-se descrever de forma mais específica os procedimentos efetuados em cada etapa do estudo, conforme o fluxograma apresentado na sequência.

Assim, apresenta-se mediante a Figura 3 o fluxograma desenvolvido para o método do presente estudo.

Figura 3 – Fluxograma



Fonte: Elaboração própria (2019).

3.2.1 Delimitação da Área

A delimitação da área de estudo compreende a área que pretende-se analisar. No que diz respeito a essa pesquisa, a área de interesse refere-se as sub-bacias hidrográficas. Existem diversas formas de realizar a delimitação das mesmas. No entanto, para delimitar as sub-bacias hidrográficas desse trabalho utiliza-se o software QGIS. De acordo com Fan (2017), para a realização desse processo são empregados dados e um programa. A respeito do programa, utiliza-se o software citado anteriormente, quanto aos dados, é necessário o Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno e os arquivos no formato shapefile com os limites do local de estudo.

Com relação ao MDE, esse foi gerado por meio de imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), a partir da plataforma eletrônica da United States Geological Survey (USGS). Ainda, no tocante aos arquivos no formato shapefile, foram obtidos na plataforma eletrônica do IBGE. Vale ressaltar que, esses arquivos

são empregados tanto para a delimitação da área de estudo quanto para a localização da mesma.

3.2.2 Características Fisiográficas

Segundo Tucci (2001), a área da bacia pode ser expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km²) e pode ser obtida por planimetragem direta de mapas ou por cálculos matemáticos de mapas arquivados eletronicamente com o auxílio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

O comprimento do rio principal pode ser determinado a partir do perfil longitudinal do curso d'água medindo-se o comprimento do trecho entre a nascente mais distante e o ponto de interesse ou exutório (TUCCI, 2001).

A declividade média do rio principal pode ser definida a partir do gráfico do perfil longitudinal do rio, onde calcula-se a área do gráfico, obtendo um triângulo retângulo de área equivalente, cuja base é igual ao comprimento do curso d'água, ou seja, da nascente até o exutório (PALARETTI, 2013).

Segundo Palaretti (2013), o coeficiente de compacidade pode ser definido como a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia.

Sendo assim, apresenta-se o coeficiente de compacidade mediante a Equação 1.

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Onde:

Kc = coeficiente de compacidade

P = perímetro da bacia (km)

A = área da bacia (km²)

De acordo com Palaretti (2013), define-se o fator de forma como a razão entre a área da bacia e o quadrado do seu comprimento axial medido ao longo do curso d'água principal do exutório à cabeceira mais distante.

Desta forma, apresenta-se o fator de forma mediante a Equação 2.

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Onde:

Kf = fator de forma

A = área da bacia (km²)

L = comprimento da bacia (km)

A densidade de drenagem representa a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e a sua área total (PALARETTI, 2013).

De maneira análoga, apresenta-se a densidade de drenagem mediante a Equação 3.

$$Dd = \frac{\sum L}{A} \quad (3)$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem (km/km²)

A = área da bacia (km²)

L = comprimento principal e afluentes da bacia (km)

3.2.3 Produção de Mapas de Uso do Solo com o Software QGIS

A análise do uso e da ocupação do solo da área de estudo adotada consiste em produzir mapas temáticos a partir de imagens de satélite. Para tal análise adotam-se três datas distintas com o intuito de verificar a ocupação do município em pesquisa. Desta forma, deve-se produzir um mapa para cada data determinada, 1997, 2008 e 2018, uma vez que, o intuito é investigar as variações ocorridas na ocupação ao longo dos anos. Para a produção desses mapas utiliza-se o software livre e gratuito QGIS. As especificações referentes a versão desse programa, assim como as características das imagens de satélite utilizadas encontram-se detalhadas nos materiais dessa pesquisa.

Com o intuito de elaborar os mapas de uso e ocupação do solo utiliza-se o complemento Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), o qual foi desenvolvido para o software QGIS. De acordo com Araújo (2015), o complemento citado torna

possível a classificação semi-automática ou supervisionada de imagens de satélite. O processo consiste em selecionar amostras de determinada classe com a finalidade de auxiliar o complemento a classificar o tipo de ocupação exibida na imagem. Segundo Congedo (2017), para realizar a classificação da imagem é necessário um algoritmo de classificação capaz de comparar as características espectrais de cada pixel com as características de cobertura da terra de referência.

Conforme Congedo (2017), o complemento SCP apresenta três possíveis algoritmos de classificação, minimum distance, maximum likelihood e spectral angle mapping. O algoritmo minimum distance calcula a distância Euclidiana entre as assinaturas espectrais dos pixels da imagem e as assinaturas espectrais selecionadas. Ainda, o autor afirma que, o algoritmo maximum likelihood calcula a distribuição de probabilidade para as classes de acordo com o teorema de Bayes. Por fim, o algoritmo spectral angle mapping calcula o ângulo espectral entre as assinaturas espectrais dos pixels da imagem e as assinaturas espectrais selecionadas.

Com relação ao algoritmo adotado para elaborar os mapas de uso e ocupação do solo, foram realizados testes com a intenção de observar a nitidez, bem como a qualidade temática dos mapas. Os resultados obtidos serão apresentados na sequência, assim como os algoritmos utilizados para a produção dos mapas citados para os anos de 1997, 2008 e 2018 e as demais informações pertinentes ao desenvolvimento do estudo. Destaca-se que a análise da qualidade temática dos mapas será feita com o índice Kappa.

Segundo Leão et al. (2007), os produtos obtidos por meio do processamento digital de imagens requerem uma avaliação a respeito da sua acurácia, ou seja, é necessário conferir a confiabilidade do mapa a fim de facilitar o processo de tomada de decisão. Um dos principais parâmetros utilizados para avaliar a qualidade de uma classificação diz respeito ao Kappa. De acordo com os autores, o índice Kappa mede o grau de concordância da classificação digital com a verdade de campo.

Assim, para avaliar o índice, apresenta-se mediante a Tabela 3 a classificação dos valores determinados.

Tabela 3 – Classificação do índice Kappa

Classificação do índice Kappa	
Valor do índice Kappa	Concordância
< 0,20	Pobre
0,21 - 0,40	Fraca
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 - 0,80	Boa
0,81 - 1,00	Muito boa

Fonte: LEÃO et al. (2007).

Salienta-se que, este mapeamento é base para o cálculo dos tempos de concentração, como se pode ler a seguir.

3.2.4 Cálculo do Tempo de Concentração por diferentes métodos

Como o intuito deste trabalho é analisar o tempo de concentração em função do uso e ocupação do solo existente, utiliza-se as fórmulas semi-empíricas. Desta forma, adota-se dois métodos semi-empíricos para o cálculo do tempo de concentração da bacia hidrográfica. Sendo eles a do Soil Conservation Service (SCS) e da Federal Aviation Administration (FAA). Conforme Mata-Lima et al. (2007), o primeiro método é aquele recomendado pelo Washington State Department of Transportation (WSDOT), já o segundo caracteriza-se por ser o mais utilizado no estudo de bacias hidrográficas urbanas.

O método do Soil Conservation Service (SCS) considera as características físicas da bacia hidrográfica, como a dimensão, a declividade dos cursos d'água, o tipo de solo e cobertura vegetal. Assim, o uso das técnicas de sensoriamento remoto, bem como de geoprocessamento tornam-se excelentes ferramentas na otimização da aplicação do método (TASSI; BASTOS; MIRANDA, 2005). Ainda, Hoepfner (2007) afirma que, o método do SCS é o mais indicado para determinar as vazões de enchente para os projetos de macrodrenagem, uma vez que, esse método utiliza atributos específicos da bacia hidrográfica.

Segundo Tomaz (2010), o método do FAA é válido para pequenas bacias onde há o predomínio do escoamento superficial sobre o solo. O comprimento, a declividade e o coeficiente de escoamento são utilizados para o escoamento principal do talvegue. Conforme Tassi, Bastos e Miranda (2005), o coeficiente de escoamento

do método racional depende das seguintes características, solo, cobertura, tipo de ocupação, tempo de retorno e intensidade da precipitação. De maneira geral, esse coeficiente é tabelado para as diversas superfícies existentes e pode ser facilmente encontrado em literatura especializada.

Sendo assim, apresenta-se o método do Soil Conservation Service (SCS) mediante a Equação 4.

$$T_c = \frac{L}{k\sqrt{i}} \quad (4)$$

Onde:

T_c = tempo de concentração (min)

L = comprimento do canal (m)

i = declividade (m/m)

k = coeficiente relacionado ao uso e ocupação do solo (m/min)

Os valores utilizados para o L e para o i serão obtidos por meio dos dados vetoriais das cartas digitais já citadas. A respeito do k , os valores serão obtidos a partir da Tabela 4 apresentada na sequência.

Tabela 4 – Valores para o coeficiente k

Coeficiente k	
Tipo de cobertura	k (m/min)
Área pavimentada	375
Área de pastagem	125
Área de floresta	50

Fonte: Adaptado de WSDOT (1997).

De modo igual, apresenta-se o método da Federal Aviation Administration (FAA) por meio da Equação 5.

$$T_c = 1,8(1,1 - C)L^{0,5} i^{-0,333} \quad (5)$$

Onde:

T_c = tempo de concentração (min)

L = comprimento do canal (ft)

i = declive médio (%)

C = coeficiente de escoamento do método racional

Os valores utilizados para o L e para o i serão obtidos por meio dos dados vetoriais das cartas digitais já citadas. A respeito do C, os valores serão obtidos a partir da Tabela 5 apresentada na sequência.

Tabela 5 – Valores para o coeficiente C

Coeficiente C			
Tipo de cobertura	Plano	2% até 10%	Acima de 10%
Pavimentos e telhados	0,90	0,90	0,90
Terras de pastagem	0,25	0,30	0,35
Florestas	0,10	0,15	0,20

Fonte: Adaptado de WSDOT (1997).

Apresentados os métodos semi-empíricos essenciais para a determinação do tempo de concentração de bacias hidrográficas, utiliza-se a ferramenta eletrônica Excel para o desenvolvimento dos cálculos desse estudo. Para tal determinação são necessários os dados citados, os quais são resultantes da realização das etapas anteriores a essa, principalmente no que diz respeito a produção de mapas de uso do solo com o auxílio do software QGIS.

3.2.5 Cálculo do Tempo de Concentração por diferentes datas

Até o ano de 1970 considerou-se Biguaçu uma pequena cidade, hoje essa consiste em um importante pólo industrial e comercial da região da Grande Florianópolis (SEBRAE, 2013). Conforme o autor, a população do município apresentou um crescimento considerável, favorecendo assim a expansão da cidade. Desta maneira, busca-se analisar a evolução da ocupação urbana do município de Biguaçu. Essa análise baseia-se no estudo dos mapas de uso do solo produzidos a partir de fotografias aéreas para três diferentes datas, 1997, 2008 e 2018. A interpretação desses permite identificar a expansão da ocupação em diferentes momentos e assim determinar o tempo de concentração para as datas mencionadas.

3.2.6 Análise da Variação do Tempo de Concentração em função do Uso e Ocupação do Solo

A etapa final da pesquisa em desenvolvimento consiste em analisar a variação do tempo de concentração da bacia hidrográfica. Para tal verificação é indispensável o valor do tempo de concentração calculado para os diferentes períodos, conforme especificado no item anterior, cálculo do tempo de concentração

por diferentes datas. A intenção dessa comparação é verificar o quanto, em valores absolutos, e como, se há uma relação linear ou exponencial, é a influência da ocupação desordenada das áreas urbanas por meio da expansão populacional ao longo dos anos no tempo de concentração das bacias hidrográficas. Desta forma, estudos como esse são capazes de interferir no dimensionamento dos sistemas de drenagem, bem como na infraestrutura dos centros urbanos, reduzindo assim os problemas de cunho ambiental, como as inundações e as enchentes.

4 RESULTADOS

O prosseguimento do presente estudo consiste em apresentar os produtos desenvolvidos após a realização das etapas descritas. Serão apresentados aqui, as características fisiográficas, os mapas de uso e ocupação do solo e os tempos de concentração das sub-bacias hidrográficas.

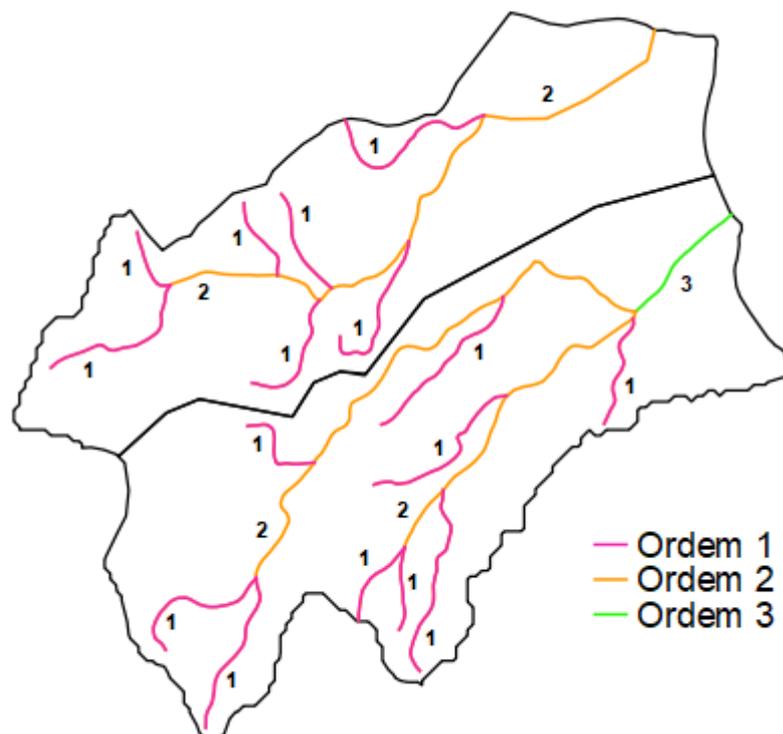
4.1 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

Determinadas as características a serem analisadas, área da bacia, comprimento do rio principal, declividade média do rio principal, índices de forma, densidade de drenagem e hierarquização fluvial, apresentam-se os produtos resultantes.

4.1.1 Hierarquização Fluvial

Após a caracterização do conceito de hierarquização fluvial, exibe-se na Figura 4 a ordem dos cursos d'água utilizando o método descrito anteriormente para as sub-bacias hidrográficas já apresentadas.

Figura 4 – Ordem dos cursos d'água da SBH1 e SBH2



Fonte: Elaboração própria (2019).

Desta maneira, de acordo com a figura apresentada, a SBH1 classifica-se como uma sub-bacia de segunda ordem e a SBH2 classifica-se como uma sub-bacia de terceira ordem.

4.1.2 Dados Fisiográficos

Após a descrição minuciosa das principais características fisiográficas, apresentam-se os valores determinados para os itens abordados anteriormente para as sub-bacias hidrográficas em estudo.

A respeito dos índices de forma, coeficiente de compacidade e fator de forma, e da densidade de drenagem, Palaretti (2013) afirma que, deve-se classificar o valor determinado tanto para os índices de forma, quanto para a densidade de drenagem. Assim, a classificação dos mesmos será apresentada após o resumo dos dados fisiográficos.

As características fisiográficas citadas anteriormente são apresentadas mediante a Tabela 6.

Tabela 6 – Resumo dos dados fisiográficos

Dados fisiográficos		
Características fisiográficas	SBH1	SBH2
Área da Bacia (km ²)	6,467	7,956
Comprimento do Rio Principal (km)	5,585	6,113
Declividade Média do Rio Principal (m/m)	0,065	0,049
Coeficiente de Compacidade	1,493	1,540
Fator de Forma	0,207	0,213
Densidade de Drenagem (km/km ²)	1,672	2,041

Fonte: Elaboração própria (2019).

Determinados os valores para as características fisiográficas, gerados com o auxílio das ferramentas disponibilizadas pelo software QGIS, pode-se analisar e caracterizar por meio das tabelas apresentadas na sequência as peculiaridades pertinentes a cada uma das sub-bacias hidrográficas.

Conforme Palaretti (2013), a classificação da bacia pode ser realizada de acordo com o valor determinado para o coeficiente de compacidade.

Desta maneira, apresenta-se mediante a Tabela 7 os valores limites de classificação para o coeficiente citado.

Tabela 7 – Classificação do coeficiente de compacidade

Índice de forma	
Coeficiente de compacidade	Característica da bacia
1,00 - 1,25	Bacia com alta propensão a grandes enchentes
1,25 - 1,50	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes
> 1,50	Bacia não sujeita a grandes enchentes

Fonte: Adaptado de PALARETTI (2013).

O autor ainda afirma que, da mesma forma que o coeficiente de forma, a classificação da bacia é realizada segundo um valor estipulado para o fator de forma. Assim, apresenta-se na Tabela 8 os valores limites de classificação.

Tabela 8 – Classificação do fator de forma

Índice de forma	
Fator de forma	Característica da bacia
1,00 - 0,75	Bacia com alta propensão a grandes enchentes
0,75 - 0,50	Bacia com tendência mediada a grandes enchentes
< 0,50	Bacia não sujeita a grandes enchentes

Fonte: Adaptado de PALARETTI (2013).

Por fim, Palaretti (2013) afirma que, também deve-se classificar o valor determinado para a densidade de drenagem. Assim, a Tabela 9 apresenta a classificação citada.

Tabela 9 – Classificação da densidade de drenagem

Densidade de drenagem	
Limites de classificação	Característica das bacias
$Dd < 0,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem pobre
$0,5 \leq Dd < 1,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem regular
$1,5 \leq Dd < 2,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem boa
$2,5 \leq Dd < 3,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem muito boa
$Dd \geq 3,5 \text{ km/km}^2$	Bacias excepcionalmente bem drenadas

Fonte: Adaptado de PALARETTI (2013).

Desta maneira, de acordo com os valores apresentados para o coeficiente de compacidade, a SBH1, por apresentar um valor próximo ao limite, bem como a SBH2 caracterizam-se como uma bacia não sujeita a grandes enchentes. A respeito do fator de forma, tanto a SBH1 quanto a SBH2 classificam-se como uma bacia não sujeita a grandes enchentes. Finalmente, a respeito da densidade de drenagem, a SBH1 e a SBH2 classificam-se como bacias com drenagem boa.

4.2 MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Finalizada a descrição dos tipos de mapas a serem elaborados, mapas temáticos, do software utilizado, QGIS, bem como do complemento adotado para a produção dos mapas de uso e ocupação solo, SCP, apresentam-se as etapas realizadas para tal produção. Na sequência são exibidos os mapas de uso e ocupação do solo para os anos de 1997, 2008 e 2018.

4.2.1 Mapa de Uso e Ocupação do Solo (1997)

Inicialmente realizou-se o procedimento adotado como padrão para o desenvolvimento dos mapas do presente estudo. O procedimento consiste em efetuar a reprojeção das camadas da imagem adotada para o datum SIRGAS2000, uma vez que, de acordo com Costa, Freitas e Luz (2005), o IBGE definiu o SIRGAS2000 como novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro e para o Sistema Cartográfico Nacional.

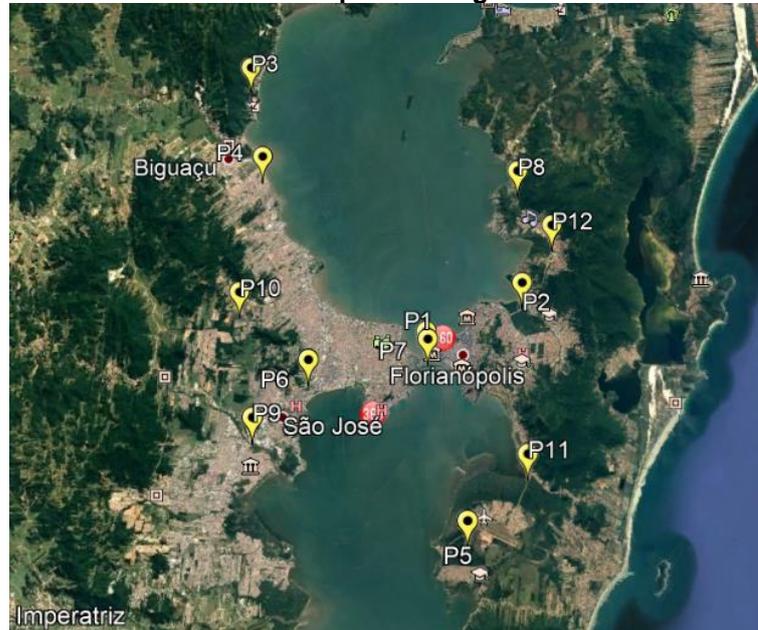
A respeito da composição adotada para a imagem do satélite LANDSAT 5, utilizou-se a composição RGB 432. A composição citada aloca a faixa do infravermelho próximo no canal R, a faixa do vermelho no canal G e a banda verde no canal B. O resultado é uma imagem colorida em falsa cor. Definida a composição da imagem, é necessário analisar a necessidade de realizar o georreferenciamento da mesma. Segundo Silva (2013), o georreferenciamento ou registro de uma imagem, está relacionado à associação de coordenadas da imagem às coordenadas geográficas de um dado sistema de projeção e de coordenadas.

Conforme Silva et al. (2007), as imagens são geradas em diferentes níveis de processamento. As imagens nível 2, objeto de estudo do satélite citado, apresenta uma imagem com correção radiométrica e correção geométrica, usando os parâmetros do satélite para modelar e corrigir distorções. Desta maneira, torna-se necessário realizar o processo de georreferenciamento para a imagem em análise.

De acordo com Pamboukian (2015), este processo utiliza pontos de controle, os quais são feições possíveis de serem identificadas de modo preciso na imagem e no mapa. Para realizar o processo citado utilizou-se uma imagem obtida por meio do Google Earth.

Na sequência apresentam-se os pontos de controle adotados para o georreferenciamento da imagem mediante a Figura 5.

Figura 5 – Pontos de controle para a imagem do satélite LANDSAT 5



Fonte: Elaboração própria (2019).

Ainda, as coordenadas dos pontos de controle adotados para o processo são apresentadas por meio da Tabela 10.

Tabela 10 – Pontos de controle para a imagem do satélite LANDSAT 5

LANDSAT 5		
Ponto	Coordenada X	Coordenada Y
P1	740294.45	6945015.78
P2	745108.14	6947195.73
P3	733023.22	6959900.21
P4	733203.48	6955181.43
P5	741202.76	6936216.96
P6	734533.61	6944745.64
P7	740267.95	6945404.33
P8	745582.37	6952810.52
P9	731660.35	6942318.41
P10	731537.75	6948469.63
P11	744365.98	6938955.26
P12	746898.38	6949872.42

Fonte: Elaboração própria (2019).

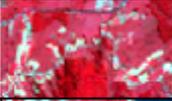
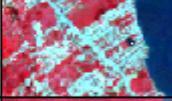
Conforme apresentado, foram selecionados doze pontos de controle para realizar o georreferenciamento da imagem, no entanto, foram utilizados apenas dez pontos, excluindo os pontos P4 e P7. Desconsiderando os pontos citados, obteve-se um erro médio inferior a um, uma vez que, “o ideal é que os erros sejam inferiores a 1

pixel.” (PAMBOUKIAN, 2015, p. 8). Ainda, segundo o autor, deve-se adotar no mínimo três pontos de controle para realizar o processo de georreferenciamento. É necessário ressaltar que, o processo citado desenvolve-se com o auxílio do software QGIS.

Definida a composição e concluído o processo de georreferenciamento, inicia-se a classificação da imagem. Foram adotadas seis classes para a elaboração dos mapas, água, solo exposto, área urbana, vegetação rasteira, vegetação de médio porte e vegetação densa.

Desta maneira, apresenta-se por intermédio da Tabela 11 as amostras selecionadas para cada classe.

Tabela 11 – Amostras para a classificação da imagem do satélite LANDSAT 5

LANDSAT 5	
Classe	Amostra
Água	
Solo exposto	
Área urbana	
Vegetação rasteira	
Vegetação médio porte	
Vegetação densa	

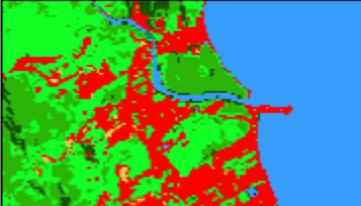
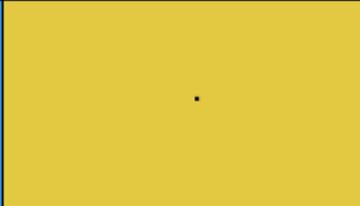
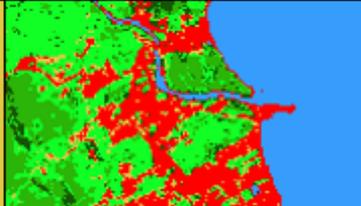
Fonte: Elaboração própria (2019).

Desta maneira, conforme apresentado anteriormente, a tonalidade azul escuro representa a água. O solo exposto é representado pela coloração branca e a área urbana por tons de azul mais claro. A maior dificuldade consiste em diferenciar as classes de vegetação, uma vez que todas são representadas pela cor vermelho. No entanto, de acordo com as amostras apresentadas, as mesmas são distinguidas pela intensidade da cor.

Conforme citado, o complemento utilizado pelo software QGIS apresenta três algoritmos de classificação, minimum distance, maximum likelihood e spectral angle mapping.

Assim, com a intenção de determinar o algoritmo a ser utilizado, apresentam-se os resultados obtidos para cada um dos algoritmos citados por meio da Tabela 12.

Tabela 12 – Resultado dos algoritmos para a imagem do satélite LANDSAT 5

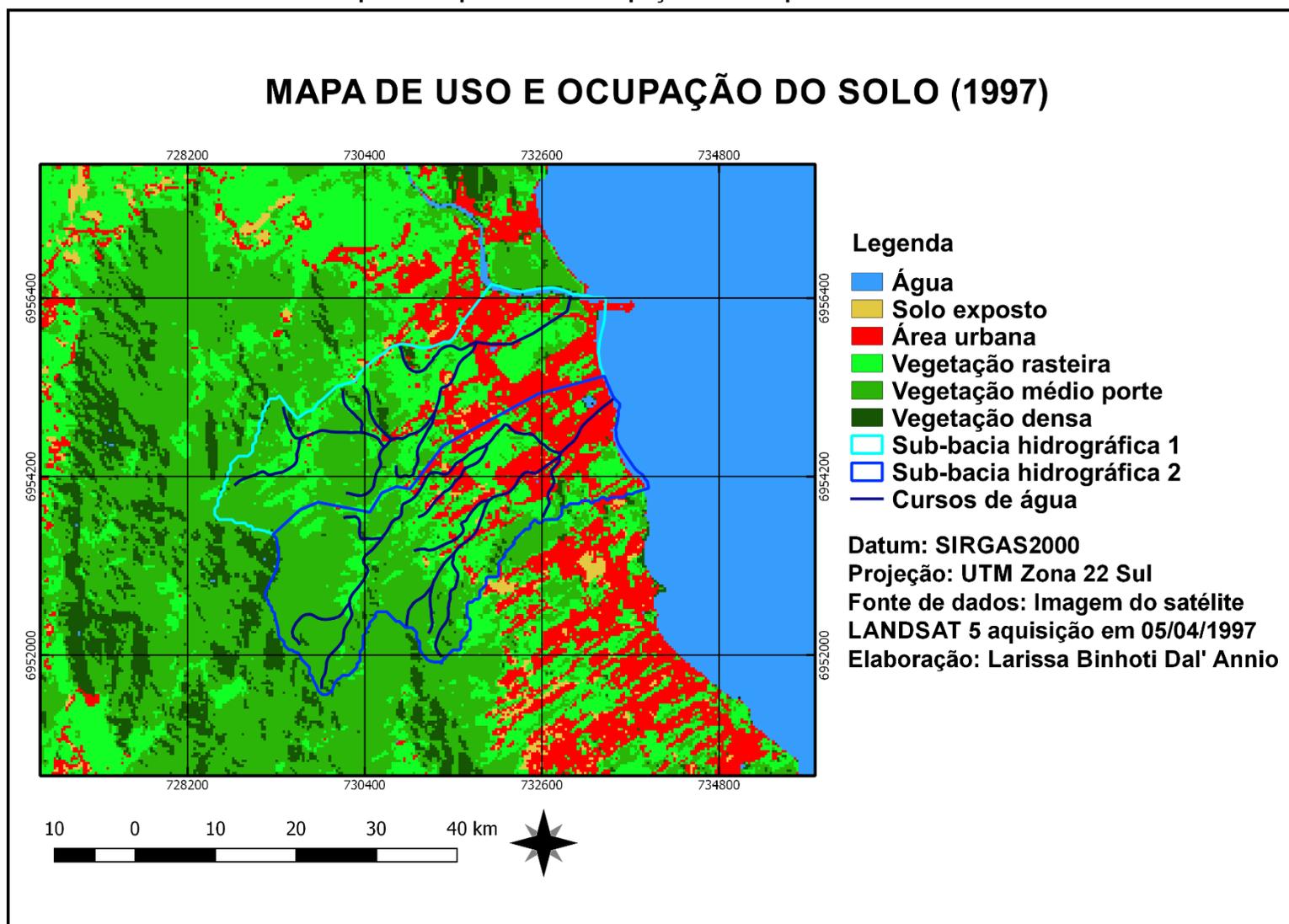
Algoritmos do complemento SCP		
Minimum distance	Maximum likelihood	Spectral angle mapping
		

Fonte: Elaboração própria (2019).

De acordo com a tabela apresentada, o algoritmo maximum likelihood não apresenta resultados similares aos demais algoritmos. Desta forma, restam duas possibilidades de algoritmos a serem utilizados. Conforme as imagens, o algoritmo minimum distance apresenta melhor nitidez quando comparado ao spectral angle mapping. Portanto, utiliza-se o algoritmo minimum distance para a classificação da imagem do satélite LANDSAT 5.

Assim sendo, apresenta-se na sequência o mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 1997 mediante o Mapa 2.

Mapa 2 – Mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 1997



Fonte: Elaboração própria (2019).

Por fim, apresenta-se um resumo das proporções de cada classe identificada no interior das sub-bacias hidrográficas. A finalidade de realizar esse levantamento consiste em verificar as alterações recorrentes no uso e na ocupação do solo ao longo dos anos. Assim, apresenta-se por intermédio da Tabela 13 as proporções de cada classe.

Tabela 13 – Resumo das proporções para o ano de 1997

Porcentagens uso e ocupação do solo		
Classe	SBH1	SBH2
Água	1,96%	1,14%
Solo exposto	0,89%	0,81%
Área urbana	21,37%	21,56%
Vegetação rasteira	36,23%	29,02%
Vegetação médio porte	37,10%	45,44%
Vegetação densa	2,45%	2,03%

Fonte: Elaboração própria (2019).

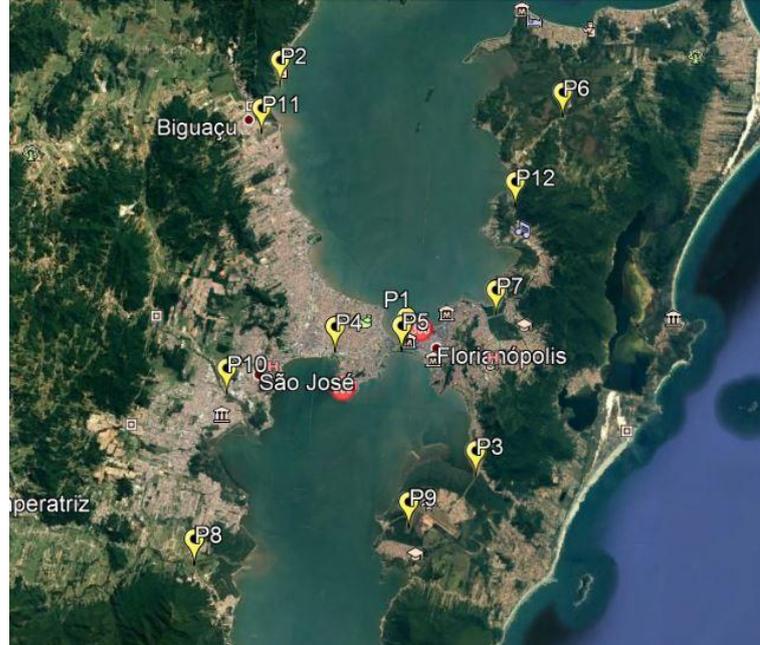
Ainda, apresenta-se o valor do índice Kappa para o mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 1997, o qual foi determinado em 0,76, o que, conforme a tabela já exibida para o presente índice, apresenta uma concordância boa.

4.2.2 Mapa de Uso e Ocupação do Solo (2008)

O primeiro passo para o desenvolvimento do presente mapa de uso e ocupação do solo compreende a reprojeção das camadas da imagem adotada para o datum SIRGAS2000. Quanto a composição, adotou-se para a imagem do satélite CBERS 2B a composição RGB 432. As imagens provenientes do satélite citado são classificadas como imagens nível 2, desta maneira, torna-se necessário realizar o processo de georreferenciamento para a imagem em estudo. Quanto ao processo de georreferenciamento, adotou-se uma imagem fornecida pelo Google Earth. Vale ressaltar que, os pontos de controle utilizados para o ano de 2008 não são os mesmos pontos utilizados para o georreferenciamento de 1997.

Assim, apresentam-se os pontos de controle utilizados para o processo citado por meio da Figura 6.

Figura 6 – Pontos de controle para a imagem do satélite CBERS 2B



Fonte: Elaboração própria (2019).

Ainda, as coordenadas dos pontos de controle utilizados para o processo de georreferenciamento da imagem são apresentadas mediante a Tabela 14.

Tabela 14 – Pontos de controle para a imagem do satélite CBERS 2B

CBERS 2B		
Ponto	Coordenada X	Coordenada Y
P1	740484.09	6945464.22
P2	733090.00	6958497.40
P3	744365.47	6938952.70
P4	736927.28	6944755.95
P5	740271.33	6945010.96
P6	747771.50	6957697.04
P7	744913.28	6947130.67
P8	730736.85	6933731.05
P9	741200.17	6936217.10
P10	731647.12	6942305.16
P11	732333.64	6955876.86
P12	745582.27	6952784.76

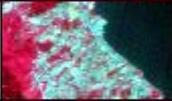
Fonte: Elaboração própria (2019).

De acordo com a tabela anterior, foram adotados doze pontos de controle para o desenvolvimento do processo de georreferenciamento, porém, foram utilizados dez pontos, excluindo os pontos P1 e P12. A exclusão dos pontos destacados interfere

no erro médio do processo, resultando em um erro inferior a um, o que seria o ideal, conforme descrito anteriormente para o mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 1997. Da mesma forma, utiliza-se o software QGIS para a realização do georreferenciamento da imagem de satélite em estudo.

Após a determinação da composição adotada, bem como da conclusão do processo de georreferenciamento, inicia-se a etapa de classificação da imagem. Da mesma forma, foram adotadas as mesmas classes já utilizadas para a imagem do satélite LANDSAT 5, água, solo exposto, área urbana, vegetação rasteira, vegetação de médio porte e vegetação densa. Assim, são apresentadas as amostras selecionadas para a classificação por meio da Tabela 15.

Tabela 15 – Amostras para a classificação da imagem do satélite CBERS 2B

CBERS 2B	
Classe	Amostra
Água	
Solo exposto	
Área urbana	
Vegetação rasteira	
Vegetação médio porte	
Vegetação densa	

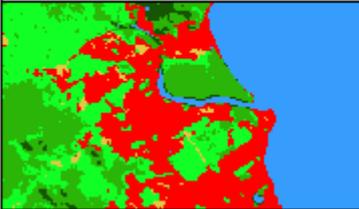
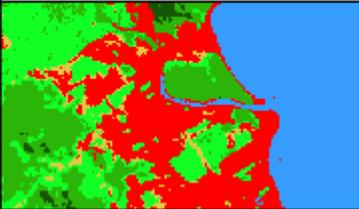
Fonte: Elaboração própria (2019).

Segundo a tabela apresentada, a classe água é representada por um tom de azul mais escuro. O solo exposto é identificado por fragmentos na coloração branca e a área urbana por tons de azul mais claro. As diferentes classes de vegetação, conforme mencionado, são diferenciadas pela intensidade da cor, uma vez que, o vermelho mais claro corresponde a vegetação rasteira, o vermelho intermediário a vegetação de médio porte e o vermelho mais escuro a vegetação densa.

Após a determinação das amostras é possível gerar a classificação da imagem do satélite CBERS 2B, no entanto, é necessário determinar qual dos três algoritmos de classificação do complemento SCP utilizado pelo software QGIS,

minimum distance, maximum likelihood e spectral angle mapping, será o adotado para o mapa de uso e ocupação do solo do ano de 2008. Desta forma, com a finalidade de optar por um dos algoritmos, apresentam-se os resultados obtidos para cada um dos citados mediante a Tabela 16.

Tabela 16 – Resultado dos algoritmos para a imagem do satélite CBERS 2B

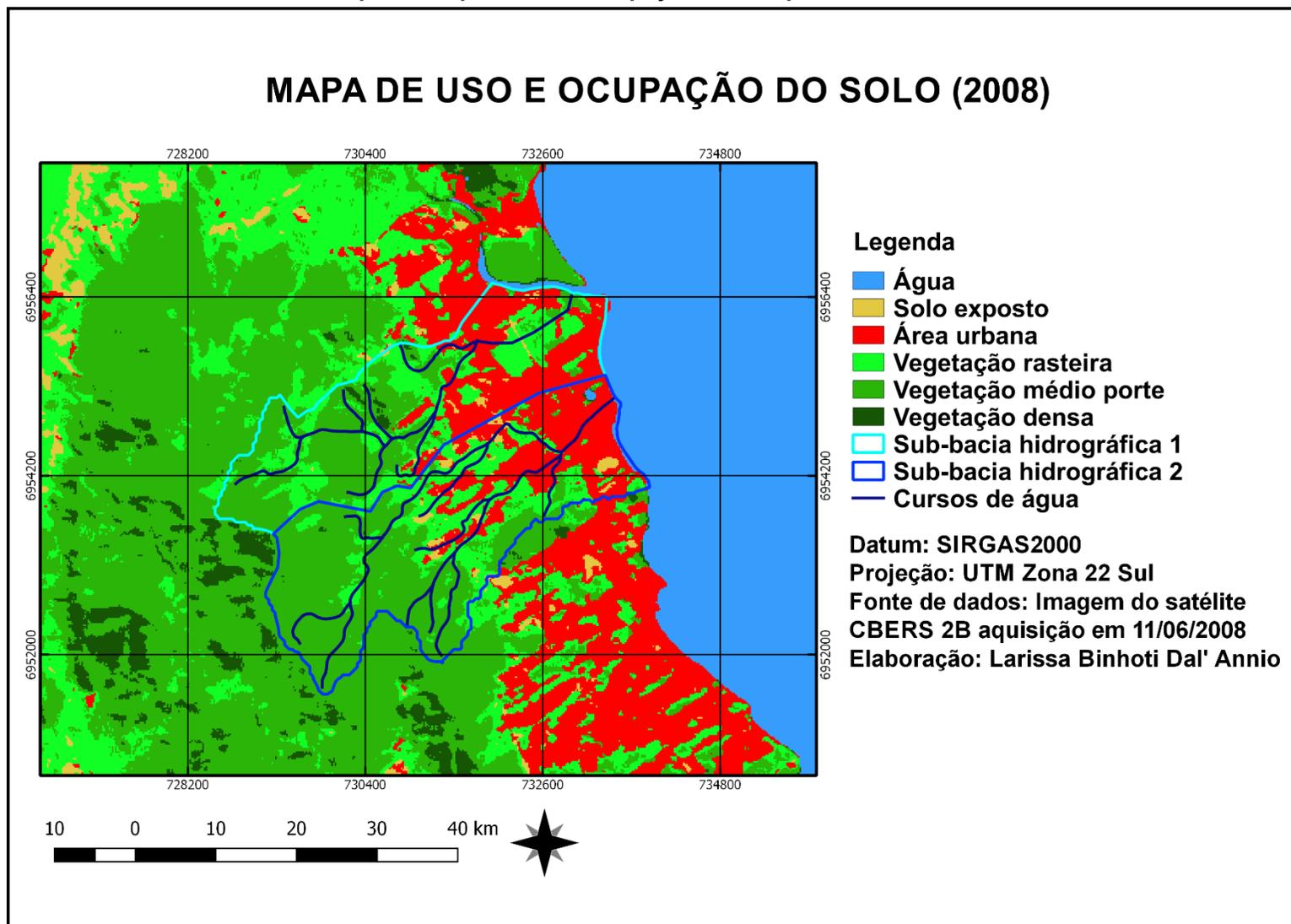
Algoritmos do complemento SCP		
Minimum distance	Maximum likelihood	Spectral angle mapping
		

Fonte: Elaboração própria (2019).

Segundo a tabela exibida, pode-se perceber que todos os algoritmos apresentaram resultados similares. A escolha do algoritmo baseia-se na qualidade da classificação gerada. De acordo com as imagens, o algoritmo minimum distance apresenta características semelhantes ao maximum likelihood, no entanto, o primeiro apresenta melhor nitidez. Assim, utiliza-se o algoritmo minimum distance para a classificação da imagem do satélite CBERS 2B.

Portanto, apresenta-se na sequência o mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 2008 por meio do Mapa 3.

Mapa 3 – Mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 2008



Fonte: Elaboração própria (2019).

De maneira análoga, são apresentadas as proporções de cada classe pertencente ao interior das sub-bacias hidrográficas em análise. Desse modo, a Tabela 17 apresenta o resumo das proporções de cada classe.

Tabela 17 – Resumo das proporções para o ano de 2008

Porcentagens uso e ocupação do solo		
Classe	SBH1	SBH2
Água	0,31%	0,83%
Solo exposto	1,32%	2,35%
Área urbana	27,72%	24,53%
Vegetação rasteira	28,76%	23,10%
Vegetação médio porte	40,76%	49,03%
Vegetação densa	1,13%	0,16%

Fonte: Elaboração própria (2019).

Ainda, apresenta-se o valor do índice Kappa para o mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 2008, o qual foi determinado em 0,78, o que, conforme a tabela já exibida para o presente índice, apresenta uma concordância boa.

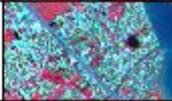
4.2.3 Mapa de Uso e Ocupação do Solo (2018)

De acordo com o procedimento padrão adotado para os demais mapas de uso e ocupação do solo, realizou-se a reprojeção das camadas da imagem adotada para o datum SIRGAS2000. Com relação a composição definida para a imagem do satélite CBERS 4, utilizou-se a composição RGB 432. As imagens provenientes do presente satélite são classificadas como imagens nível 4, assim, de acordo com Silva et al. (2007), são imagens com correções radiométrica e geométrica de sistema, refinadas pelo uso de pontos de controle e de um modelo numérico de elevação do terreno. Portanto, não é necessário realizar o processo de georreferenciamento para a imagem do satélite mencionado.

Determinada a composição a ser utilizada, pode-se iniciar o procedimento de classificação da imagem. Para o mapa de uso e ocupação do solo do ano de 2018, foram adotadas as mesmas classes já citadas, água, solo exposto, área urbana, vegetação rasteira, vegetação de médio porte e vegetação densa.

Na sequência, a Tabela 18 exibe as amostras selecionadas para a classificação.

Tabela 18 – Amostras para a classificação da imagem do satélite CBERS 4

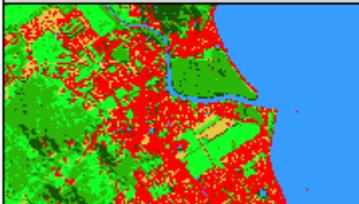
CBERS 4	
Classe	Amostra
Água	
Solo exposto	
Área urbana	
Vegetação rasteira	
Vegetação médio porte	
Vegetação densa	

Fonte: Elaboração própria (2019).

Assim, a classe identificada pela cor azul representa a classe de água. O solo exposto, diferente das demais classificações, é identificado por fragmentos com coloração verde claro e a área urbana por tons de azul mais claro, conforme as demais classificações. As classes de vegetação são identificadas pela cor vermelha, variando a classe de acordo com a intensidade da cor.

A respeito do algoritmo de classificação adotado, de maneira similar aos demais mapas de uso e ocupação do solo, testam-se os três algoritmos, minimum distance, maximum likelihood e spectral angle mapping. Portanto, a Tabela 19 apresenta os resultados obtidos para os algoritmos mencionados.

Tabela 19 – Resultado dos algoritmos para a imagem do satélite CBERS 4

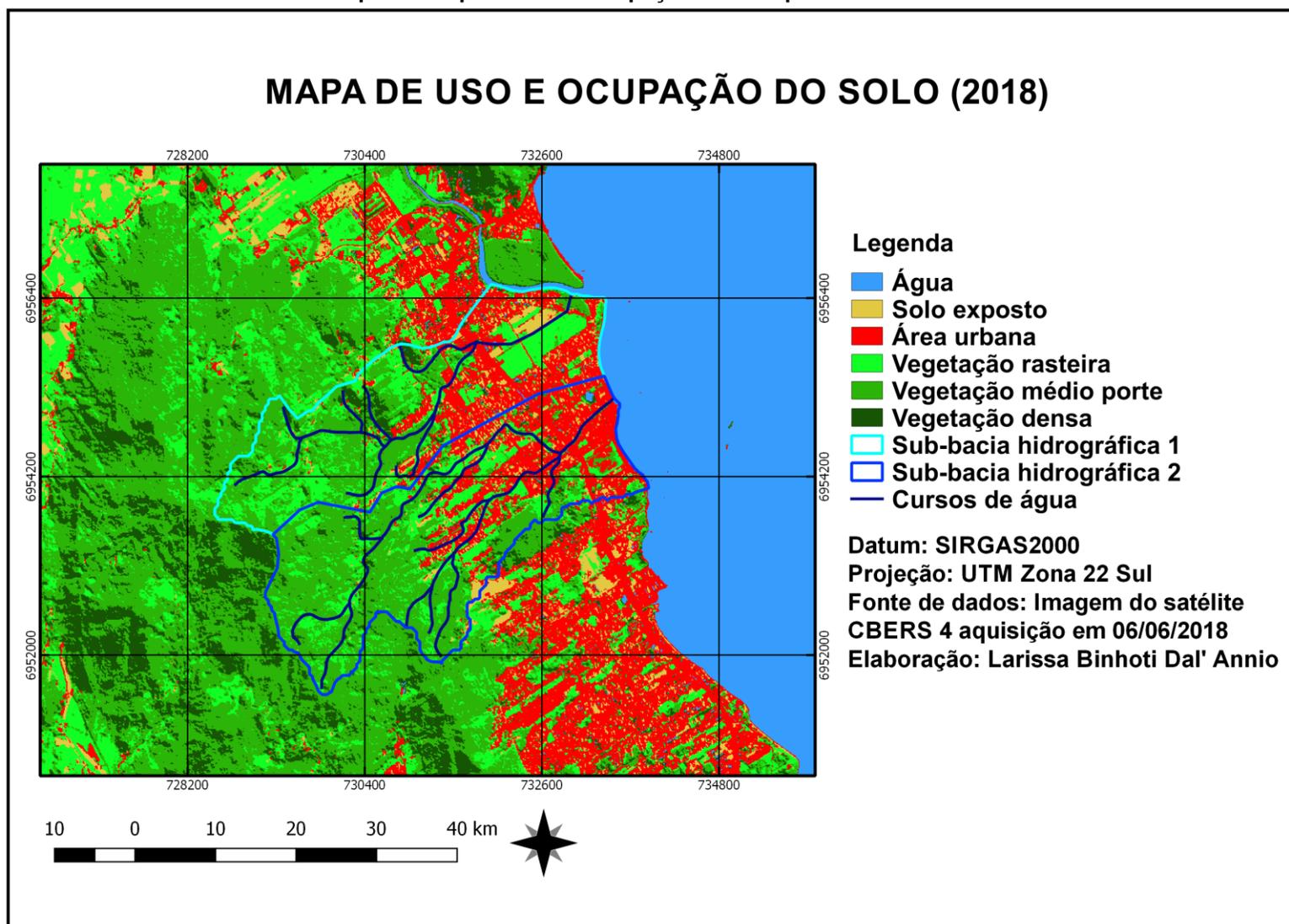
Algoritmos do complemento SCP		
Minimum distance	Maximum likelihood	Spectral angle mapping
		

Fonte: Elaboração própria (2019).

Conforme a tabela exibida, os três algoritmos apresentam resultados para a classificação realizada. O algoritmo spectral angle mapping apresenta uma imagem fragmentada, o que compromete a visualização das classes. Quanto aos algoritmos restantes, o minimum distance representa com maior nitidez as classes. Portanto, adota-se o algoritmo minimum distance para a classificação da imagem do satélite CBERS 4.

Desta forma, apresenta-se na sequência o mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 2018 mediante o Mapa 4.

Mapa 4 – Mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 2018



Fonte: Elaboração própria (2019).

Da mesma forma, apresentam-se as proporções de cada classe identificada no interior das sub-bacias hidrográficas em estudo. Portanto, a Tabela 20 exibe as proporções de cada classe.

Tabela 20 – Resumo das proporções para o ano de 2018

Porcentagens uso e ocupação do solo		
Classe	SBH1	SBH2
Água	0,75%	0,57%
Solo exposto	6,25%	4,27%
Área urbana	25,16%	25,16%
Vegetação rasteira	27,76%	22,56%
Vegetação médio porte	34,62%	44,13%
Vegetação densa	5,46%	3,31%

Fonte: Elaboração própria (2019).

Ainda, apresenta-se o valor do índice Kappa para o mapa de uso e ocupação do solo para o ano de 2018, o qual foi determinado em 0,83, o que, conforme a tabela já exibida para o presente índice, apresenta uma concordância muito boa.

4.3 TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO

A etapa final referente à apresentação dos resultados obtidos durante o desenvolvimento do estudo, consiste em exibir os valores determinados para o tempo de concentração das sub-bacias hidrográficas. Desta maneira, apresentam-se na sequência os trechos adotados, assim como os coeficientes utilizados para a determinação dos tempos de concentração.

4.3.1 Trechos

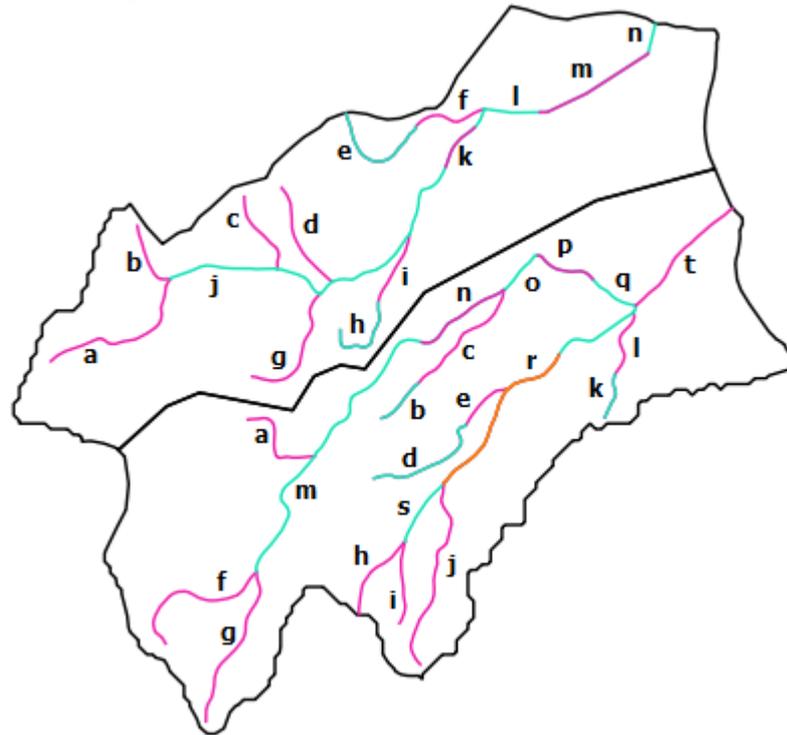
O tempo de concentração total das sub-bacias hidrográficas, de acordo com o WSDOT (1997), pode ser definido como o somatório dos tempos de concentração de cada segmento de rio das sub-bacias hidrográficas. Desta maneira, as redes hidrográficas foram segmentadas em trechos de acordo com a classe de uso e ocupação do solo predominante no local.

Assim, a rede hidrográfica da SBH1 foi segmentada em quatorze trechos e a rede hidrográfica da SBH2 foi segmentada em vinte trechos. Ressalta-se ainda que, os trechos segmentados foram utilizados tanto para o cálculo do tempo de

concentração pelo método SCS quanto para o cálculo do tempo de concentração pelo método FAA.

Na sequência a Figura 7 apresenta a divisão dos trechos, separados por tonalidades diferentes, adotados para a SBH1 e para a SBH2.

Figura 7 – Divisão dos trechos da SBH1 e SBH2



Fonte: Elaboração própria (2019).

4.3.2 Coeficientes

Conforme citado anteriormente, o cálculo do tempo de concentração com o auxílio do método SCS necessita do coeficiente relacionado ao uso e ocupação do solo, identificado pela letra k (m/min). Com a finalidade de especificar os valores adotados para o coeficiente mencionado, apresenta-se mediante a Tabela 21 as relações obtidas.

Tabela 21 – Coeficientes relacionados ao uso e ocupação do solo

Coeficiente relacionado ao uso e ocupação do solo		
Tipo de cobertura	Classe	k (m/min)
Área pavimentada	Área urbana	375
Área de pastagem	Vegetação rasteira	125
Área de floresta	Vegetação médio porte	50

Fonte: Adaptado de WSDOT (1997).

Deste modo, faz-se uma relação com o tipo de cobertura apresentada pelo WSDOT (1997) e a classe identificada nos mapas de uso e ocupação do solo já exibidos. Portanto, relaciona-se a área pavimentada com a área urbana, a área de pastagem com a vegetação rasteira e a área de floresta com a vegetação de médio porte.

Da mesma forma, o cálculo do tempo de concentração com o auxílio do método FAA necessita do coeficiente de escoamento do método racional identificado pela letra C. Com o intuito de identificar os valores adotados para o coeficiente citado, apresenta-se mediante a Tabela 22 as relações obtidas.

Tabela 22 – Coeficientes de escoamento do método racional

Coeficiente de escoamento do método racional			
Tipo de cobertura	Classe	C	
Pavimentos e telhados	Área urbana	0,90	
Terras de pastagem	Vegetação rasteira	0,30	0,35
Florestas	Vegetação médio porte	0,15	0,20

Fonte: Adaptado de WSDOT (1997).

Assim, do mesmo modo, faz-se uma relação com o tipo de cobertura apresentada pelo WSDOT (1997) e a classe identificada nos mapas de uso e ocupação do solo já exibidos. Desta maneira, relaciona-se os pavimentos e telhados com a área urbana, terras de pastagem com a vegetação rasteira e florestas com a vegetação de médio porte. A respeito dos valores dos coeficientes para as classes de vegetação rasteira e vegetação de médio porte, os coeficientes 0,30 e 0,15 são utilizados para declives entre 2% e 10%, enquanto que os coeficientes 0,35 e 0,20 são utilizados para declives acima de 10%. Vale ressaltar que, os declives das sub-bacias hidrográficas variaram de 3,12% a 18,93%.

4.3.3 Tempos de Concentração

Especificados os trechos, bem como os coeficientes a serem adotados, uma vez que, os demais parâmetros necessários, como comprimento, declividade e declive, foram obtidos por meio do software QGIS, pode-se realizar a determinação do tempo de concentração. Conforme descrito, o presente estudo tem como objetivo geral analisar a variação do tempo de concentração das sub-bacias, portanto, calcula-se o tempo de concentração para os anos de 1997, 2008 e 2018, com o auxílio de dois métodos, o SCS e o FAA.

Ainda, observa-se que, a análise do tipo de classe de cada trecho é feita de maneira ampla, ou seja, analisa-se a classe predominante no trecho com o intuito de optar por um dos valores apresentados para os coeficientes. Após a determinação de cada um dos segmentos, somam-se todos os trechos e assim determina-se o tempo de concentração total de cada uma das sub-bacias hidrográficas.

Desta maneira, na sequência exibe-se mediante a Tabela 23 o resumo dos valores determinados para o tempo de concentração da SBH1 e SBH2 para os anos de 1997, 2008 e 2018, apresentados de acordo com o método utilizado.

Tabela 23 – Tempos de concentração

Tempo de concentração			
Ano	Método	Tempo de concentração (min)	
		SBH1	SBH2
1997	SCS	296,95	394,51
	FAA	302,18	355,43
2008	SCS	213,18	307,63
	FAA	228,20	312,48
2018	SCS	189,01	250,83
	FAA	190,31	288,46

Fonte: Elaboração própria (2019).

Todos os dados e resultados produzidos durante o desenvolvimento da presente pesquisa foram apresentados. Com relação as análises dos resultados determinados, apresentam-se no item seguinte as análises referentes à pesquisa.

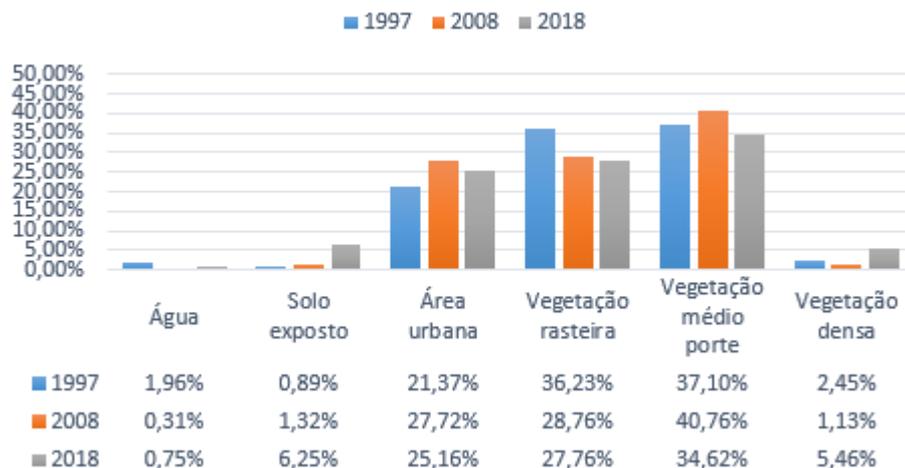
5 ANÁLISES

Determinados os resultados essenciais para o cumprimento do objetivo geral proposto pela presente pesquisa, pode-se realizar as análises quanto aos valores obtidos. Primeiramente analisa-se o uso e a ocupação do solo para as sub-bacias hidrográficas ao longo dos anos e na sequência a variação do tempo de concentração para as sub-bacias hidrográficas no decorrer dos anos, relacionando assim, o uso e a ocupação do solo com a variação do tempo de concentração. Vale ressaltar que, as análises foram realizadas de acordo com os dados apresentados anteriormente.

A primeira análise consiste em verificar as mudanças ocorridas no local de estudo. Para tal, relaciona-se as proporções de cada classe pertencente as sub-bacias para os anos adotados. Ainda, optou-se por analisar de maneira separada os valores para as sub-bacias por questão de organização e clareza dos dados.

Desta maneira, apresenta-se mediante a Figura 8 os dados obtidos para o uso e ocupação do solo para a SBH1.

Figura 8 – Uso e ocupação do solo para a SBH1
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA A SBH1



Fonte: Elaboração própria (2019).

De acordo com a figura apresentada, a classe predominante na SBH1 são as vegetações rasteira e de médio porte. Analisando as variações visualiza-se que, de maneira geral, as mesmas apresentaram uma pequena variação ao longo dos anos, destoando apenas do padrão a vegetação rasteira para os anos de 2008 e 2018,

a qual sofreu uma queda significativa de 20,62% e 23,38%, respectivamente, em relação ao ano de 1997.

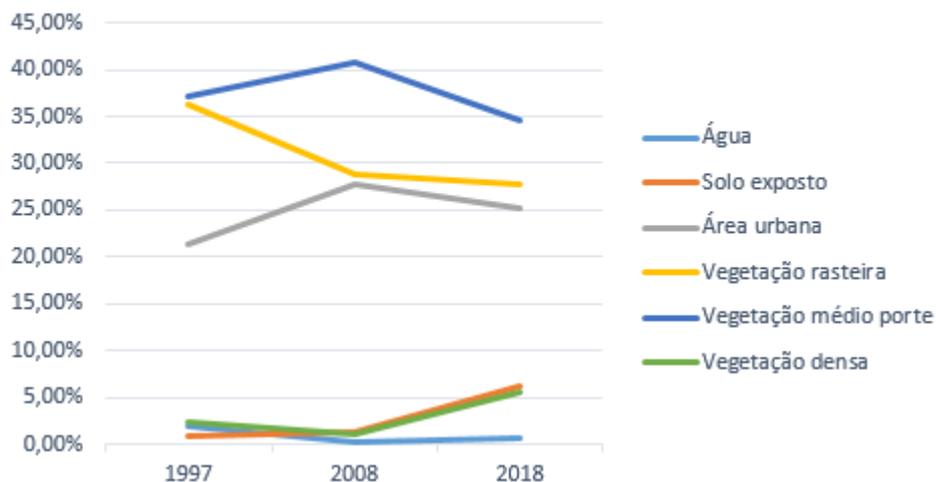
A respeito da classe área urbana, percebe-se que a mesma apresentou um crescimento de 29,71% no intervalo entre 1997 e 2008, no entanto, no intervalo entre 2008 e 2018 o valor manteve-se praticamente o mesmo, com uma redução de 9,23%. Acredita-se que essa variação possa estar relacionada com a qualidade da imagem utilizada para a produção do mapa de uso e ocupação do solo, uma vez que, a imagem utilizada para o ano de 2008 possui uma resolução espacial inferior quando comparada a imagem de 2018.

Ainda, pode-se perceber que as classes água, solo exposto e vegetação densa são as classes com a menor representatividade na sub-bacia e essa característica permanece ao longo dos anos de análise.

Por fim, com o intuito de melhor visualizar a variação das classes de uso e ocupação do solo ao longo dos anos de estudo, 1997, 2008 e 2018, apresentam-se os valores já exibidos.

Assim, a Figura 9 apresenta a variação das classes de uso e ocupação do solo para a SBH1.

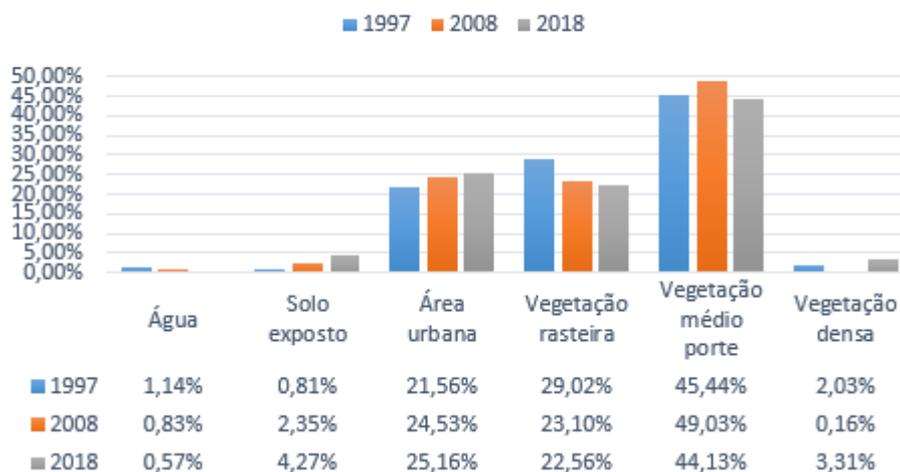
Figura 9 – Variação do uso e ocupação do solo para a SBH1
VARIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA A SBH1



Fonte: Elaboração própria (2019).

Da mesma forma, apresenta-se mediante a Figura 10 os dados obtidos para o uso e ocupação do solo para a SBH2.

Figura 10 – Uso e ocupação do solo para a SBH2
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA A SBH2



Fonte: Elaboração própria (2019).

Conforme a figura apresentada, a classe predominante na SBH2 é a vegetação de médio porte. Percebe-se que a mesma se mantém praticamente constante ao longo dos anos. A maior variação consiste na redução de 9,99%, a qual concentra-se no intervalo entre os anos de 2008 e 2018. A respeito da vegetação rasteira, observa-se uma queda no ano de 2008, no entanto, o valor permanece praticamente constante até o ano de 2018.

Com relação a área urbana, percebe-se que a medida que o tempo passa o percentual da classe aumenta. A maior variação ocorre no intervalo de 1997 a 2008, com um crescimento de 13,77%, já para o intervalo de 2008 a 2018 a oscilação foi mínima, com o crescimento de 2,57%, mantendo o valor praticamente constante.

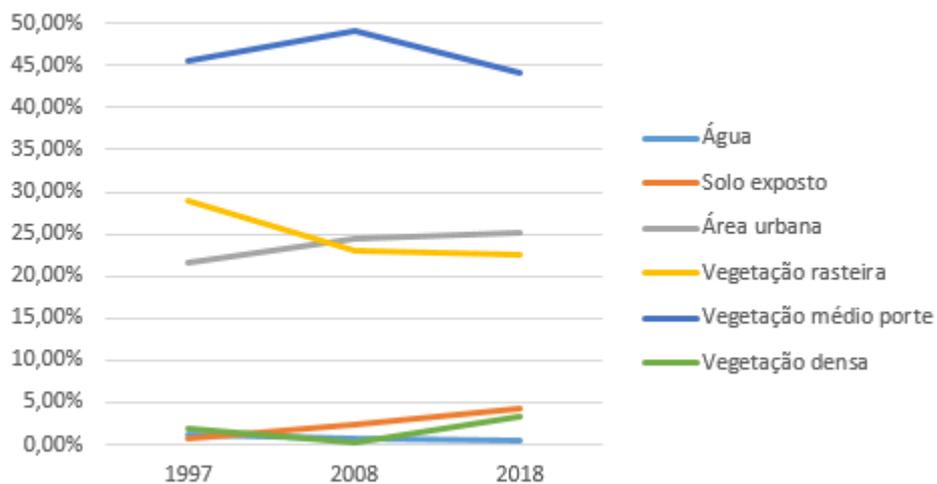
De acordo com o IBGE (2019), o censo realizado no ano 2000 apontou o número de 48.077 habitantes, o último censo, realizado no ano de 2010, totalizou 58.206 habitantes. O mesmo estima para o ano de 2018 a população de 67.458 habitantes. Assim, percebe-se que ao longo desses quase vinte anos, registra-se um crescimento de 40,31% na população da cidade. Desta forma, o crescimento da população e o não aumento significativo de área urbana, deve-se a verticalização. Provavelmente o fato citado justifica o pequeno aumento na área urbana no período entre 2008 e 2018.

Ainda, a respeito das classes água, solo exposto e vegetação densa, percebe-se que são as classes com a menor representatividade na sub-bacia e essa característica permanece ao longo dos anos.

Por fim, do mesmo modo, com o intuito de melhor visualizar a variação das classes de uso e ocupação do solo ao longo dos anos de estudo, 1997, 2008 e 2018, apresentam-se os valores já exibidos.

Portanto, a Figura 11 apresenta a variação das classes de uso e ocupação do solo para a SBH2.

Figura 11 – Variação do uso e ocupação do solo para a SBH2
VARIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA A SBH2

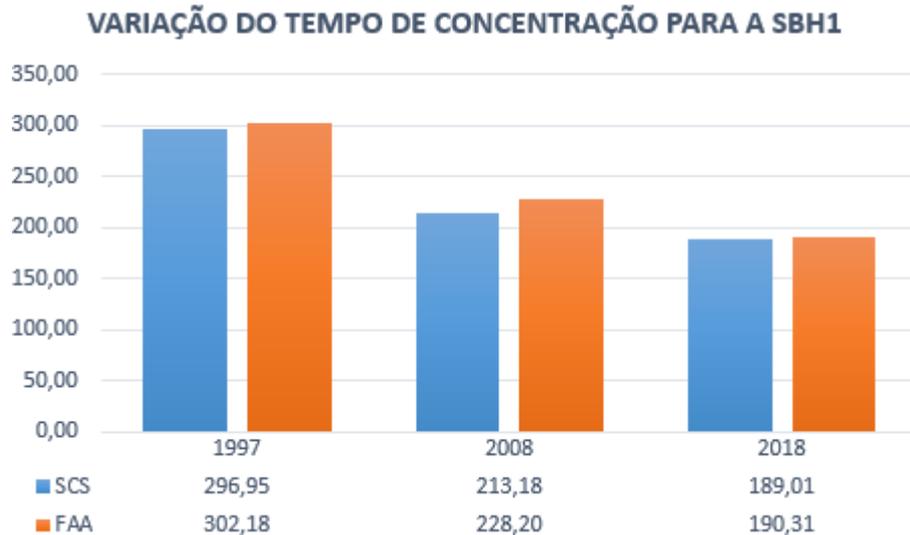


Fonte: Elaboração própria (2019).

A segunda análise, conforme apresentado, visa verificar a variação do tempo de concentração no decorrer dos anos adotados. Da mesma forma, optou-se por analisar de maneira separada os valores para as sub-bacias.

Assim, apresenta-se por meio da Figura 12 os tempos de concentração para a SBH1 determinados por meio dos métodos SCS e FAA.

Figura 12 – Variação do tempo de concentração para a SBH1



Fonte: Elaboração própria (2019).

Segundo a figura apresentada, observa-se que foram determinados os tempos de concentração para os anos de 1997, 2008 e 2018, calculados por meio dos métodos SCS e FAA, conforme proposto pelo presente estudo. De acordo com a figura, há uma diminuição do tempo de concentração ao longo dos anos, fato explicado pelo aumento da área impermeabilizada, ou seja, pela expansão da área urbana.

Analisando a figura apresentada, pode-se constatar que os dois métodos adotados, SCS e FAA, obtiveram valores semelhantes. Ressalta-se apenas que, o método FAA apresentou maiores valores quando comparado ao SCS. No entanto, considera-se que os dois métodos apresentaram valores similares, uma vez que, ambos contemplam coeficientes que representam as características biofísicas das sub-bacias, evidenciando o uso e ocupação do solo.

Com relação a variação do tempo de concentração, analisa-se inicialmente a variação do método SCS. Conforme os dados exibidos, verifica-se que, a maior variação ocorreu entre os anos de 1997 e 2008, com o valor de 83,77 minutos. Entre os anos de 2008 e 2018 o valor variou em 24,17 minutos. O valor de 83,77 minutos pode ser explicado pelo fato de a área urbana ter apresentado maior crescimento no mesmo intervalo de tempo, conforme relatado anteriormente. Desta maneira, o tempo

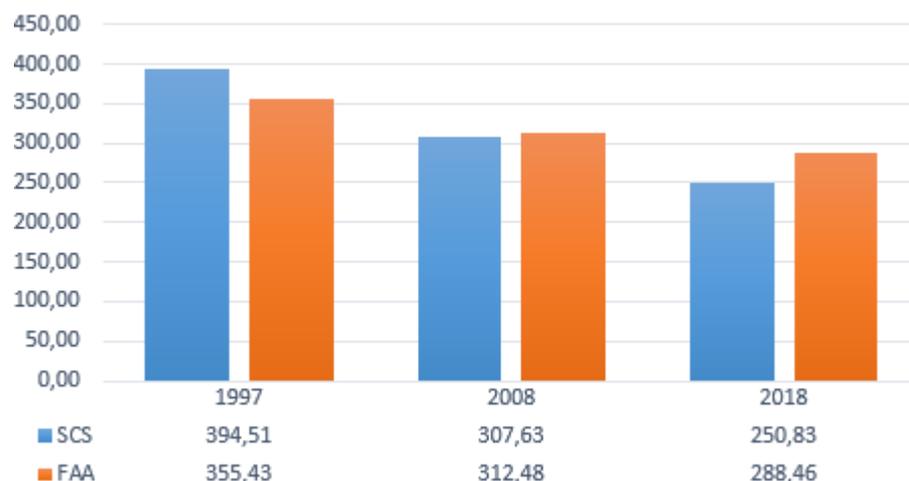
de concentração reduziu 28,21% no período entre 1997 e 2008 e 11,34% no período entre 2008 e 2018.

A respeito da variação do tempo de concentração para o método FAA, percebe-se que, a maior variação também ocorreu entre o período de 1997 e 2008, com o valor de 73,98 minutos. Já para o intervalo entre 2008 e 2018 o valor determinado variou em 37,89 minutos. O que significa uma redução de 24,48% e 16,60% respectivamente.

Por fim, analisa-se ainda a variação ocorrida nos tempos de concentração entre os métodos adotados, SCS e FAA. Para o ano de 1997 aponta-se uma variação de 1,73%, para o ano de 2008 uma variação de 6,58% e para o ano de 2018 uma variação de 0,68%. Assim, comprova-se que os valores obtidos para ambos os métodos apresentam grande semelhança.

Do mesmo modo, apresenta-se por meio da Figura 13 os tempos de concentração para a SBH2 determinados por meio dos métodos SCS e FAA.

Figura 13 – Variação do tempo de concentração para a SBH2
VARIAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO PARA A SBH2



Fonte: Elaboração própria (2019).

Seguindo o padrão adotado para a variação do tempo de concentração da SBH1, pode-se notar que para a SBH2 foram determinados também os tempos de concentração para os anos de 1997, 2008 e 2018 e que foram calculados por meio do método SCS e FAA, conforme proposto. Analisando a presente figura, verifica-se que há uma diminuição do tempo de concentração ao longo dos anos.

Segundo a figura apresentada, constata-se que os dois métodos adotados, SCS e FAA, obtiveram valores semelhantes. Ressalta-se apenas que, o método FAA apresentou maiores valores quando comparado ao SCS, com exceção do ano de 1997, onde o método SCS apresentou valor superior. Contudo, considera-se que os dois métodos apresentaram valores semelhantes, devido ao fato já apresentado relacionado as características biofísicas das sub-bacias hidrográficas.

Observando os valores apresentados pelo método SCS, observa-se que, de acordo com os dados exibidos, a maior variação ocorreu entre os anos de 1997 e 2008, com o total de 86,88 minutos. Entre o período de 2008 e 2018 a variação total foi de 56,80 minutos. Conforme apresentado, o maior crescimento da área urbana do local ocorreu no intervalo de tempo entre os anos de 1997 e 2008, resultando assim em uma maior variação do tempo de concentração. Assim, o valor do tempo de concentração sofreu uma redução de 22,02% no período entre 1997 e 2008 e 18,46% no período entre 2008 e 2018.

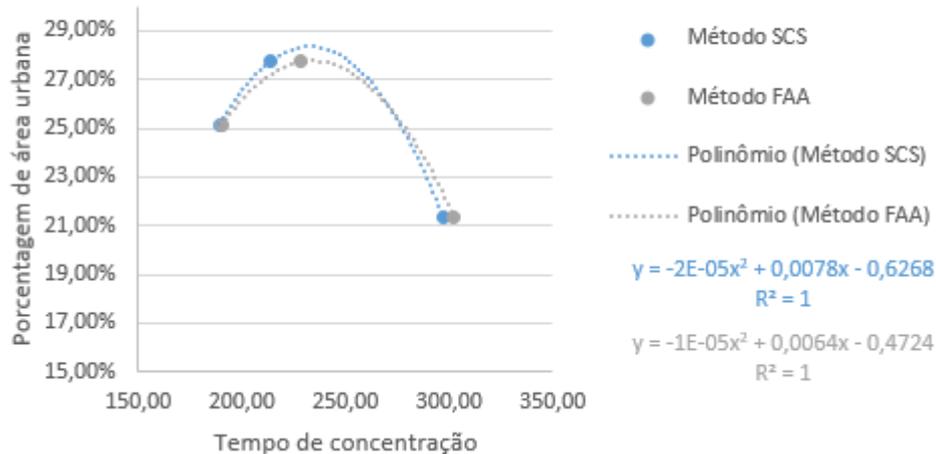
Com relação a variação do tempo de concentração para o método FAA, pode-se observar que, a maior variação também ocorreu entre os anos de 1997 e 2008, onde o valor foi de 42,95 minutos. Para o período entre 2008 e 2018 o valor calculado variou em 24,02 minutos. Desta maneira, houve uma redução de 12,08% entre os anos de 1997 e 2008 e uma redução de 7,69% no intervalo entre os anos de 2008 e 2018.

Verifica-se também a variação ocorrida nos tempos de concentração entre os métodos utilizados, o SCS e o FAA. O ano de 1997 apresenta uma variação de 9,91%, o ano de 2008 uma variação de 1,55% e o ano de 2018 uma variação de 13,04%. Os valores obtidos para a variação entre os métodos para a SBH2 são maiores quando comparados aos valores da SBH1, no entanto, ainda assim pode-se afirmar que os valores obtidos para ambos os métodos apresentam grande correspondência.

Por fim, com o intuito de verificar a correlação existente entre o crescimento urbano e a diminuição do tempo de concentração para as áreas de estudo, apresentam-se as análises realizadas. Apresentam-se primeiramente as análises dos métodos adotados para a SBH1 e na sequência apresentam-se as análises para a SBH2.

Assim, apresenta-se por intermédio da Figura 14 a análise da correlação existente entre o crescimento urbano e o tempo de concentração para a SBH1.

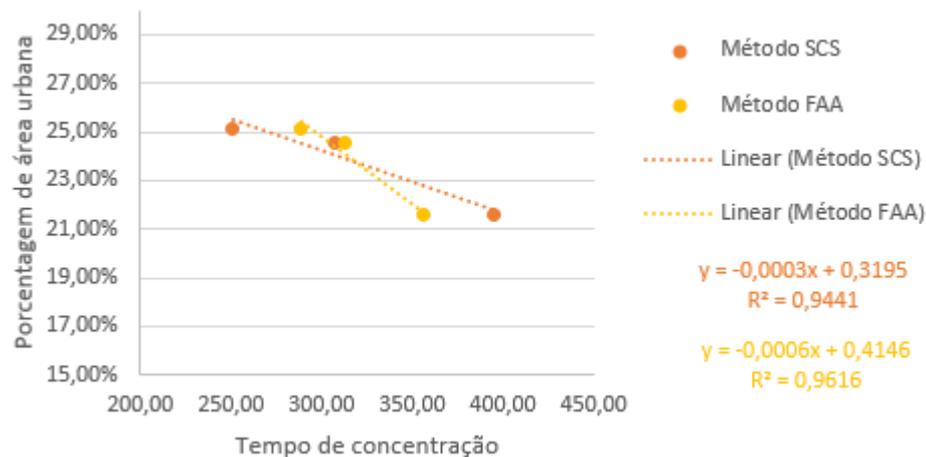
Figura 14 – Análise dos métodos para a SBH1
ANÁLISE DOS MÉTODOS PARA A SBH1



Fonte: Elaboração própria (2019).

Conforme citado, da mesma maneira, a Figura 15 apresenta a correlação existente para a SBH2.

Figura 15 – Análise dos métodos para a SBH2
ANÁLISE DOS MÉTODOS PARA A SBH2



Fonte: Elaboração própria (2019).

Desta maneira, após a análise das figuras apresentadas, verifica-se que, a parábola é a melhor representação da correlação existente entre a expansão da área urbana e a redução do tempo de concentração para a SBH1. Para a SBH2, a correlação existente é linear. A diferença na apresentação da correlação existente entre as sub-bacias hidrográficas deve-se ao uso e ocupação do solo do local, o qual varia para as áreas de estudo.

6 CONCLUSÃO

Com a intenção de cumprir o objetivo proposto pelo presente estudo, relacionar o uso e a ocupação do solo de uma área litorânea com o tempo de concentração, realizaram-se as etapas de produção de mapas de uso e ocupação do solo e a determinação do tempo de concentração. Para a produção dos mapas, foram adotadas três datas distintas, 1997, 2008 e 2018. O critério adotado para a escolha das datas foi o intervalo de pelo menos dez anos. Quanto ao cálculo do tempo de concentração, adotaram-se dois métodos, o SCS e o FAA por levarem em consideração o uso e ocupação do solo.

Mediante os mapas de uso e ocupação do solo, obtiveram-se características essenciais para a determinação do cálculo do tempo de concentração e posterior análise da variação do mesmo. Através dos mapas de uso e ocupação do solo foi possível determinar as proporções existentes de cada classe no interior das sub-bacias hidrográfica estudadas. Assim, pode-se realizar um comparativo do desenvolvimento da SBH1 e SBH2 ao longo dos anos. Por meio dos resultados gerados foi possível verificar principalmente o desenvolvimento urbano da região, o qual foi mais expressivo para a SBH1 durante o intervalo de 1997 a 2008, o qual foi da ordem de 29,71%.

Ainda, com relação a expansão da mancha urbana, vale ressaltar que, ao longo dos anos de análise, de 1997 a 2018, observou-se um crescimento de 17,73% para a SBH1 e 16,70% para a SBH2. Assim, verifica-se que o desenvolvimento da área urbana para a SBH1 apresenta um valor semelhante ao valor determinado para a SBH2. Ou seja, pode-se dizer que o crescimento foi praticamente o mesmo.

De posse dos mapas de uso e ocupação do solo para as datas selecionadas, foi possível determinar o tempo de concentração das sub-bacias hidrográficas. Vale ressaltar ainda que, o tempo de concentração foi realizado trecho a trecho para os dois métodos sugeridos. Quanto aos valores obtidos, a maior variação determinada foi a redução de 28,21% no período entre 1997 e 2008 para a SBH1 utilizando o método SCS. Enquanto que, a menor variação do tempo de concentração apontou a redução de 7,69% no período de 2008 a 2018 para a SBH2 adotando o método FAA.

Observa-se que durante o intervalo de 1997 a 2018, a maior redução concentrou-se no valor de 37,02% para a SBH1, utilizando o método FAA, e 36,42% para a SBH2, adotando o método SCS. Portanto, percebe-se que o valor de redução para as sub-bacias hidrográficas em análise apresentou semelhança, diferindo nos métodos utilizados.

Quanto aos métodos estudados, percebeu-se que ambos apresentaram valores de tempos de concentração similares para as sub-bacias hidrográficas. De maneira geral, os resultados obtidos para o método FAA foram superiores ao SCS. A maior variação registrada foi de 13,04% no ano de 2018 para a SBH2 e a menor variação foi de 0,68% também no ano de 2018 só que para a SBH1. De maneira geral, os métodos utilizados para calcular o tempo de concentração foram eficientes, uma vez que, as ambos adotam características relacionadas ao uso e ocupação do solo e apresentaram valores similares.

Os resultados determinados na presente pesquisa apontam a necessidade de providencias para minimizar os efeitos das ocupações desordenadas dos centros urbanos, uma vez que, à medida que os anos passam o tempo de concentração diminui. Desta maneira, interfere de maneira direta na infraestrutura e na qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, A. J.; MELLO FILHO, J. A. D. **Introdução à Cartografia**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2009. 80 p.
- ALHEIROS, M. M. et al. **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife**. 1. ed. Recife: Ensol, 2004. 345 p.
- ARAÚJO, B. A. M. D. et al. Análise do Tempo de Concentração em Função das Características Fisiográficas em Bacias Urbanas. **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Fortaleza, p. 1-18, 2011.
- ARAÚJO, M. P. D. **Classificação Supervisionada de Imagens Orbitais com o Semi-Automatic Classification Plugin**. Palmas, p. 13. 2015.
- BARROS, C. G. D.; OLIVEIRA, G. A. Utilização de imagens Landsat 5/TM e CBERS 2B/HRC na discriminação do uso e ocupação do solo no município de Vilhena-Rondônia. **4º Simpósio de Geotecnologias do Pantanal**, Bonito, p. 919-925, 2012.
- BENEDET, C. **Análise dos Processos de Movimentos Gravitacionais de Massa nas Enconstas dos Bairros Prado e Saudade e Área Adjacente a BR 101 no Município de Biguaçu (SC) Integrando as Características dos Sítios aos Fatores de Uso e Ocupação Urbana**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 285. 2015.
- CÂMARA, L. Monografia Histórico-Corográfica do Município de Biguaçu. **Biguaçu em Foco**, Biguaçu, p. 127-130, 1940.
- CAMPOS, S. P. D.; CARDOSO, L. G. **Cálculo do Fator LS da Equação Universal de Perdas de Solo**. Pesquisas em Conservação e Recuperação Ambiental no Oeste Paulista. São Paulo, p. 12. 2004.
- CAMPOS, V. D. D. **Dinâmica de Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Arroio dos Pereiras em Irati - PR e sua Influência na Qualidade das Águas Superficiais**. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, p. 112. 2008.
- CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. Release 5.3.2.1. Roma, p. 272. 2017.
- COSTA, S. M. A.; FREITAS, S. R. C. D.; LUZ, R. T. **Atividades Brasileiras referentes ao Projeto SIRGAS**. Caracas, p. 24. 2005.
- CRISTO, S. S. V. D.; GRUBER, N. S. Expansão Urbana e os Conflitos de Uso do Solo em Ambientes Fragilizados do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. **Revista Para Onde**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 1-14, 2009.
- ELETROSUL, E. C. E. S. A. **Caracterização climática de Florianópolis - Geral**. Florianópolis. 2018.
- EPIPHANIO, J. C. N. CBERS: estado atual e futuro. **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, p. 2001-2008, 25-30 abr, 2009.
- ESTATÍSTICA, I. B. D. G. E. **Panorama das cidades: Biguaçu**. Rio de Janeiro. 2019.
- FAN, F. M. **Atividade prática orientada: delimitação de bacias hidrográficas usando o QGIS**. Porto Alegre, p. 25. 2017.

- FORTES, E. Condicionantes históricos do processo de degradação do ambiente natural na bacia hidrográfica do rio Biguaçu - SC. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 5, p. 1413-1419, 2000.
- FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações no Ciclo Hidrológico em Áreas Urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 5, n. 3, p. 239-254, dez, 2011.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S. A., 2002. 176 p.
- GRUBER, N. S. Geografia dos Sistemas Costeiros e Oceanográficos: Subsídios para Gestão Integrada da Zona Costeira. **GRAVEL**, Porto Alegre, p. 81-89, jan, 2003.
- HAYAKAWA, E. H. et al. Sensoriamento Remoto Aplicado aos Estudos Geográficos: Considerações a partir dos trabalhos submetidos ao XI ENANPEGE. **Anpege**, Porto Alegre, v. 12, n. 18, p. 77-96, 2016.
- HECK, C. R. D. L.; ALVES, M. M.; PEREIRA, N. D. O Processo de Ocupação do Espaço Urbano, no Contexto das Políticas Públicas, da Cidade de Lábrea no Estado do Amazonas: O Caso da Comunidade Beira Rio. **IX Convibra Administração**, Congresso Virtual Brasileiro de Administração, p. 1-15, 23-25 nov, 2012.
- HOEPFNER, A. C. **Estudo Comparativo entre Vazões de Pico Estimadas pelo Método Racional e pelo Método do SCS para a Bacia Hidrográfica do Rio Bom Retiro em Joinville-SC**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 57. 2007.
- HOFFMANN, G. P.; NANNI, A. S. O uso da terra e sua influência sobre o volume das águas na Bacia do Rio Biguaçu/SC. **Geosul**, Florianópolis, v. 32, n. 63, p. 97-116, jan/abr, 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama das cidades: Biguaçu**. Rio de Janeiro. 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Câmeras Imageadoras CBERS-1, 2 E 2B**. São José dos Campos. 2018a.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Câmeras Imageadoras CBERS-3 e 4**. São José dos Campos. 2018b.
- KAUARK, F. D. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da Pesquisa: um guia prático**. 1. ed. Itabuna: Via Litterarum, 2010. 88 p.
- LEÃO, C. et al. Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, p. 939-946, 2007.
- MARQUES, E. T. D. S.; SILVA, M. S. G.; ACÁCIO, S. C. **Gestão de Drenagem Urbana no Controle de Enchentes: captação, reservação e armazenamento de águas pluviais**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário Newton Paiva. Belo Horizonte, p. 78. 2015.
- MATA-LIMA, H. et al. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 60, n. 3, p. 525-536, jul/set, 2007.

- MAZUR, S.; BRANDALIZE, M. C. B. Proposta de simbologia para mapas de uso e ocupação do solo no contexto dos assentamentos de reforma agrária. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v. 5, n. 3, p. 453-471, jul/set, 2017.
- MELO, T. E. D. **Software Livre e GIS: Quais são as alternativas?** III Encontro de Software Livre do Amazonas. Manaus, p. 47. 2005.
- NASCIMENTO, T. V. D.; FERNANDES, L. L. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 170-178, jan/abr, 2017.
- NEVES, R. J. **Modelagem e Implementação de Atlas Geográficos Municipais - Estudo de Caso do Município de Cáceres-MT**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 184. 2008.
- NOVO, E. M. L. D. M.; PONZONI, F. J. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, p. 68. 2001.
- OEA. **Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para El Desarrollo Regional Integrado**. 1. ed. Washington: OEA/USAID, 1993. 569 p.
- PALARETTI, L. F. **Manejo de Bacias Hidrográficas**. Jaboticabal, p. 11. 2013.
- PAMBOUKIAN, S. V. **Georreferenciamento (registro) de imagens no QGIS***. São Paulo, p. 9. 2015.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE BIGUAÇU. **A Cidade: História de Biguaçu**. Biguaçu. 2015.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.
- RÉGIS FILHO, D. **Mapas Temáticos Interativos da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi Florianópolis-SC**. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, p. 123. 2008.
- RESCK, D. V. S. **Manejo e Conservação do Solo em Microbacias Hidrográficas na Região dos Serrados**. 1. ed. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1992. 17 p.
- ROBBI, C. **Sistema para Visualização de Informações Cartográficas para Planejamento Urbano**. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, p. 369. 2000.
- RODRÍGUEZ, A. C. M. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado na Análise da Legislação Ambiental no município de São Sebastião (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 217. 2005.
- SANO, E. E. et al. Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+. **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, p. 1199-1206, 25-30 abr, 2009.
- SANTOS, J. G. D. **História de Biguaçu ao Alcance de Todos - Parte 1**. 1. ed. Blumenau: Nova Letra, 2015. 249 p.
- SEBRAE. **Santa Catarina em Números: Biguaçu**. Florianópolis, p. 133. 2013.
- SILVA, A. M. **Tutorial de Spring**. João Pessoa, p. 36. 2013.

- SILVA, M. A. O. D. et al. O Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto no MS³. **II Simpósio Brasileiro de Geomática**, Presidente Prudente, p. 469-476, 2007.
- SILVA, V. R. **Análise Sócio-Ambiental da Bacia do Rio Biguaçu-SC: Subsídios ao Planejamento e Ordenamento Territorial**. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 227. 2007.
- STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Pesquisa Qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 288 p.
- TARGA, M. D. S. et al. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012.
- TASSI, R.; BASTOS, C. A. B.; MIRANDA, T. C. Aspectos metodológicos sobre o emprego do método do SCS com auxílio de ferramentas de geoprocessamento no projeto de estruturas de drenagem de uma rodovia. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Rio Grande, n. 7, p. 27-37, set, 2005.
- TOMAZ, P. **Curso de Manejo de Águas Pluviais**. Guarulhos, p. 1420. 2010.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2001. 939 p.
- TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.
- TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. 1. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 156 p.
- TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. 2. ed. Brasília: MMA, 2006. 302 p.
- UCHOA, H. N.; FERREIRA, P. R. **Geoprocessamento com Software Livre (Versão 1.0)**. Campina Grande, p. 31. 2004.
- UGEDA JUNIOR, J. C.; AMORIM, M. C. D. C. T. Indicadores ambientais e planejamento urbano. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 2, n. 31, p. 5-35, jul/dez, 2009.
- VALIN, M. M. **Uso de Softwares Livres para o Desenvolvimento de SIG WEB de Acessibilidade e Atrativos Turísticos: Estudo de Caso da Cidade de Campinas - SP**. Dissertação (Mestrado em Concentração em Transporte) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 142. 2009.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. 1. ed. São Paulo: Mcgraw-hill do Brasil, 1975. 245 p.
- WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Hydraulics Manual**. Olympia, p. 316. 1997.
- WEISS, C. V. D. C. et al. Mapeamento do uso e ocupação do solo utilizando imagens de satélite do sensor TM/Landsat 5 no litoral sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu, p. 9209-9215, 13-18 abr, 2013.
- ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de Pesquisa**. 2. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2011. 134 p.