UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

VINÍCIUS VIEIRA PONTINI

INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS EM AMBIENTES FLUVIAIS:

ESTUDO DE CASO NO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NOVO, PIÚMA (ES)

VITÓRIA – ES

2018

VINÍCIUS VIEIRA PONTINI

INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS EM AMBIENTES FLUVIAIS:
ESTUDO DE CASO NO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NOVO, PIÚMA (ES)

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Cláudia Câmara do Vale
Coorientador: Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho

VITÓRIA – ES

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

ATA DE DEFESA DE TCC

Aos **29** dias do mês de **novembro** de **2018**, às **14:00** horas, no ***Laboratório Biogeografia e Paisagem Geográfica*** da UFES/CCHN, realizou-se a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) abaixo identificado:

Nome do aluno: **VINÍCIUS VIEIRA PONTINI**

Número de matrícula: **2014100075**

Título do TCC: **INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS EM AMBIENTES FLUVIAIS: Estudo de caso no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Novo, Piúma (ES)**

Banca:

Presidente - Orientadora: **Dra. Cláudia Câmara do Vale**

Membro: **Dr. André L. N. Coelho**

Membro: **Ms. Regina de Marchi Lyra Oliveira**

Após a apresentação e argüição, os membros da banca reuniram-se em sessão secreta para avaliação do trabalho, atribuindo ao TCC a nota 10 (dez).

Vitória, 28 de Novembro de 2018

Dra. Cláudia Câmara do Vale

Ms. Regina de Marchi Lyra Oliveira

Dr. André L. N. Coelho

VINÍCIUS VIEIRA PONTINI

AGRADECIMENTOS

Ao longo de toda a minha trajetória enquanto estudante, sempre frequentei escolas públicas, da educação infantil ao ensino médio. O ingresso no ensino superior público, por muitas vezes, me parecia um sonho (muito) distante, inalcançável. No meu núcleo familiar mais próximo, ninguém, até então, havia conseguido essa “proeza”. Contudo, com muito esforço, incentivo e programas sociais, consegui, no ano seguinte ao término do meu ensino médio, concluído em 2013, ingressar no curso de graduação em Geografia na tão aclamada Universidade Federal do Espírito Santo.

Todavia, antes de ter optado pelo referido curso, essa escolha não foi fácil, assim como não é para vários(as) estudantes. Pensei em Biologia, Publicidade e Propaganda, Jornalismo, Geologia, História... mas, por fim, escolhi a Geografia. Ou, na verdade, fui escolhido por ela. Lembro-me que, quando criança, meu pai trouxe para casa um atlas geográfico com o qual vivia para cima e para baixo, fascinado pelos mapas, bandeiras, capitais e localização das cidades dos países e continentes ali presentes. A partir daí, qualquer “assunto geográfico” me despertava a atenção e curiosidade – relevo, clima, urbanização, hidrografia, população – e isso se refletia na escola, onde a Geografia sempre foi minha matéria preferida.

Ingressei na Ufes em 2014 ainda adolescente, com 17 anos: imaturo, com medo do desconhecido, cheio de dúvidas e com quase nenhuma certeza. As dificuldades, principalmente enquanto calouro, assim como as responsabilidades e os compromissos aumentaram gradativamente com o tempo. Por vezes, pensei em desistir do curso, achei que não daria conta, e algumas situações observadas e vivenciadas no meio acadêmico me desestimulavam cada vez mais, fazendo-me adoecer fisica e psicologicamente. Todavia, a certeza de um futuro melhor e com mais oportunidades e a latente admiração e fascinação pela Geografia foram o combustível para continuar prosseguindo.

Ao chegar ao topo da escada da Graduação e olhar para trás, percebo que os degraus que me permitiram subir até aqui foram colocados por diversos(as) “pedreiros” e “pedreiras”, que não podem ser desconsiderados nos meus agradecimentos.

À minha mãe, Maria Aparecida e ao meu pai, Valmir, simplesmente, por serem meus (maravilhosos) pais. Mãe, pai, muito obrigado por todo amor, afeto, carinho e vida dedicados a mim. Por todas as responsabilidades a mim concedidas desde pequeno, que me fizeram amadurecer sem deixar de ser criança. Por todos os puxões de orelha e corretivos que me fizeram rever os meus erros e ser uma pessoa melhor. Por nunca me deixarem faltar nada do básico e essencial, ainda que isso significasse faltar para vocês. Por desde pequeno me mostrarem a importância dos estudos, tanto para adquirir conhecimento quanto para ascender socialmente de forma digna, sem humilhar ou passar por cima de ninguém. Por terem compartilhado comigo os bons frutos que os estudos têm me proporcionado até agora. Por abdicarem seu tempo e seus afazeres por mim. Por acreditarem e torcerem por mim em toda e qualquer situação. Por me proporcionarem uma vida que vocês não puderem ter. Por tudo.

A todos os meus demais familiares (avôs, avó, tios(as) e primos(as)) por entenderem algumas ausências minhas ao longo desses cinco anos. Especialmente, agradeço à minha tia Martha e ao meu tio Marcéus pelas conversas que me fizeram rever algumas ideias e voltar a trilhar meu caminho na Licenciatura e à minha avó Neves e ao meu avô Darcy que, embora a vida difícil na roça não os tenha permitido estudar, têm, hoje, todos os filhos com ensino médio completo, uma com ensino superior e, agora, o primeiro neto também.

À esta instituição pela excelência na formação, pela adoção da política de cotas sociais que proporcionaram o meu ingresso e o de tantos outros(as) jovens provenientes de escolas públicas ao ensino superior federal e público, por todas as vivências e experiências proporcionadas e pelos auxílios financeiros que me fizeram conhecer mais pedacinhos desse enorme Brasil, como Porto Alegre e Santos.

À minha orientadora, Prof.ª Dr.ª Cláudia Câmara do Vale, por gentilmente aceitar me orientar e por todas as importantes contribuições e ensinamentos para a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho, por todas as pertinentes contribuições para este trabalho e por tudo que pude aprender nas duas Iniciações Científicas em que foi meu orientador e nas disciplinas de Introdução ao Sensoriamento Remoto e Análise e Gestão Ambiental, sendo um profissional e geógrafo sério, atencioso, prestativo e apaixonado pela sua profissão.

À Prof.ª M.ª Regina de Marchi Lyra Oliveira, por gentilmente aceitar compor a banca de avaliação desta monografia e por todo o conhecimento compartilhado, principalmente, sobre Piúma.

A todos(as) os(as) professores(as) desta instituição que atravessaram meu caminho e contribuíram com a minha formação, especialmente, aos Profs. Drs. Soler Gonzalez (meu orientador na Licenciatura), Vilmar José Borges, José Américo Cararo e Me. Luiz Machado Filho (coordenador e orientador do meu estágio no Museu de Minerais e Rochas e pontapé inicial para a pesquisa acadêmica) e à Prof.ª Dr.ª Kiusam Regina de Oliveira, por todos os seus ensinamentos de vida, seu olhar sensível para o próximo e sua doçura, sendo luz num momento de escuridão. Um agradecimento especial à Prof.ª Dr.ª Giseli Modolo Vieira Machado e ao Prof. Me. Fernando Mieis Caus por gentilmente sanarem dúvidas que ajudaram a escrever este trabalho.

A todas as demais pessoas que trabalham nesta instituição: cozinheiros(as), bibliotecários(as), auxiliares de serviços gerais, faxineiros(as), motoristas, seguranças, funcionários das copiadoras, das cantinas (especialmente, à Andressa do Honofre, sempre gentil, sorridente e atenciosa com cada cliente) e todos(as) os(as) demais que não foram citados.

A todos(as) os(as) professores(as) que contribuíram com a minha formação, da pré-escola ao ensino médio. Especialmente, ao Anderson Oliveira, que impulsionou e atiçou ainda mais minhas curiosidades geográficas no ensino fundamental e às professoras do ensino médio e agora colegas de profissão Degiane Schiavo e Suely Bittencourt pelo carinho. Também, à Marcela Moraes, professora de Geografia que confiou neste graduando para confeccionar mapas para a sua dissertação e que me recebeu com enorme gentileza quando precisei cursar a disciplina de Estágio Supervisionado I na escola onde trabalha.

Ao Projeto Universidade Para Todos (PUPT) e à toda a equipe docente deste cursinho pré-vestibular gratuito e destinado a jovens de escolas públicas por lutarem por um ensino superior público com maior participação deste grupo social. Obrigado por serem uma peça fundamental na conquista do meu e de tantos outros sonhos.

A todos(as) os(as) colegas graduandos(as), do curso de Geografia ou outros, por todas as discussões e debates promovidos nas disciplinas que, de alguma forma,

contribuíram com a minha formação. Dentre estes(as), preciso destacar aqueles(as) que tiveram um papel superior na minha trajetória acadêmica por motivos diversos.

Ao Anaor, pela bravura e determinação para voltar à sala de aula para concluir a educação básica já adulto, trabalhando, com família constituída e, posteriormente, ingressar na Universidade. Pela simplicidade e sabedoria de quem a vida muito ensinou e por torcer pelo nosso sucesso, ainda que de longe.

Ao Arthur, por deixar sua terra natal, Cachoeiro de Itapemirim, para vir à “cidade grande” cursar o ensino superior. Por ser um cara alto astral, divertido, sempre com uma fala para animar quem está próximo e por tudo que pude aprender contigo, sobre Geografia, futebol, música e *memes*. Por todas as vezes que me permitiu ficar no seu espaço de estágio, seja para passar o tempo ou para fazer trabalhos, incluindo esta monografia, ainda que isso significasse o comprometimento dos seus afazeres, e por todos os auxílios com o ArcGIS.

À Cecília e ao Yuri, meus calouros “netos”, ingressantes de 2016, por gentilmente aceitarem fazer comigo os trabalhos em grupo nos PEEs que posteriormente precisei cursar com a sua turma, fazendo-me sentir um pouco menos estranho em meio a tantos rostos pouco conhecidos. Obrigado pelas parcerias e pela confiança.

Ao Emanuel, por persistir até o fim da Licenciatura, mesmo que, no trajeto, a vida tenha-lhe pregado infelizes peças. Obrigado pela amizade, gentileza e gargalhadas que cativam a todos ao redor e, também, por todos os *rolês* para além dos muros da Universidade.

Ao Glaycon, por mesmo após ter se formado em Psicologia ter retornado à Ufes, agora como estudante de Geografia. Obrigado pelas conversas regadas de dicas e conselhos e por acreditar em mim, quando nem eu mesmo acreditava.

Ao Gusmar, por retornar à sala de aula já com mais de 50 anos, mesmo que tivesse que dividi-la com a família constituída e trabalho. Pelo apoio financeiro no início da minha trajetória na Ufes, por todas as conversas, ensinamentos de vida, incentivo e torcida ao longo do curso.

À Isys, por ser minha melhor “vóterana”. Por tudo que aprendi contigo durante o estágio no Museu de Minerais e Rochas, tanto em relação à Geografia quanto à vida. Por todas as risadas, os papos sérios, os puxões de orelha e por sempre ouvir meus

devaneios, problemas, minhas indagações e por sempre me incentivar a me impor e a me valorizar.

Ao Leonardo, por lutar contra o sono de todas as manhãs para estar na Universidade. *Geo-irmão 1*, obrigado por tanto me importunar para experimentar comida japonesa, da qual, hoje, sou fã. Por compartilhar as alegrias e tristezas nos trabalhos que fizemos. Pelas doses de motivação e animação e por todas as felizes vivências proporcionadas.

À Louriene, por todo o seu amor à Geografia que, de tão imenso, supera as necessidades e vontades do corpo que, às vezes, pedem descanso. *Lori*, obrigado por toda a parceria ao longo da minha jornada na Ufes e pelo seu jeito irreverente e único de ser que cativa a todos, pelos devaneios cartográficos e por todo o carinho.

Ao Mathias, por deixar Vargem Alta para buscar novas oportunidades em Vitória. Os três períodos em que esteve conosco antes de ter optado abandonar o curso e trilhar novos caminhos foram suficientes para defini-lo como uma pessoa bacana, esforçada e, por vezes, engraçada. Pelas piadas, comentários engraçados, sempre me animando e colocando pra cima, e por lembrar de torcer por mim e pelos(as) demais, ainda que não esteja caminhando conosco.

À Talita, por ter escolhido terminar primeiro a Graduação em Geografia para, então, trilhar novos (possíveis) caminhos. Obrigado por todas as palhaçadas, conversas e comentários que animaram o meu dia incontáveis vezes, por ser “pra frente” e não levar desaforo para casa. Por todos os *rolês* e carinho a mim concedido.

Ao Vitor, por prestar as melhores consultorias com o ArcGIS. *Geo-irmão 2*, obrigado pela parceria, pelos papos engraçados e sérios e por todos os *memes* em que me marcou no Facebook, sempre me animando e tirando risadas quando mais precisava me distrair e rir. Por me ouvir e por ser o mago do ArcGIS, sempre respondendo prontamente às minhas dúvidas, seja dia ou noite, e ajudando com a minha pesquisa de forma brilhante. Por todos os *rolês*, por ser uma pessoa divertida, atenciosa e prestativa, sempre vibrando com minhas conquistas.

A todos(as) vocês, gratidão por marcarem a minha história!

“Here comes Johnny singing oldies, goldies
‘Be-bop-a-lula’, ‘Baby’, ‘What I say’
Here comes Johnny singing ‘I Gotta Woman’
Down in the tunnels, trying to make it pay

He got the action, he got the motion
Oh yeah, the boy can play
Dedication, devotion
Turning all the night time into the day

He do the song about the sweet lovin' woman
He do the song about the knife
And he do the walk, he do the walk of life
Yeah, he do the walk of life.

[…].”

Dire Straits – Walk of Life

RESUMO

O objetivo principal do presente estudo foi analisar as alterações espaço-temporais ocorridas no baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Novo, com enfoque no rio Piúma em dois setores de análise. As estratégias metodológicas pautaram-se na revisão bibliográfica sobre as temáticas e problemática, aquisição de dados hidrológicos, vetoriais e matriciais digitais que foram analisados, tratados e manipulados com o uso concomitante de produtos e técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e sensoriamento remoto, além de campanhas de campo. Foram gerados mapeamentos em uma perspectiva multitemporal (1951, 1978, 2005 e 2018) para identificar tais alterações ao longo do período considerado. Os resultados apontam que nos dois setores o curso d'água sofreu alterações diretas e indiretas drásticas, onde destacam-se: a supressão de trechos sinuosos, agora retificados; a perca de prolongamentos; aterros em diferentes trechos; assoreamento do estuário; crescimento urbano significativo em ambas as margens e supressão da vegetação ciliar. Espera-se que este trabalho sirva de estímulo a outros com problemática similar e, ao expor espaço e temporalmente as transformações na área analisada, auxilie na adoção e realização de medidas em prol da redução dos impactos socioambientais pelos órgãos competentes, tornando os cursos d'água e ambientes fluviais associados menos artificiais e contribua, também, para a construção e preservação da história recente do município de Piúma e de seu rio.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica do Rio Novo, Canal de Itaputanga, Espírito Santo, rio Piúma, intervenções antropogênicas.

ABSTRACT

The main goal of this study was to analyze the spatio-temporal changes that occurred in the lower course of the Novo River watershed, focusing on the Piúma River in two sectors of analysis. The methodological strategies based on bibliographical review about the themes and problem, hydrological, vector and raster data acquisition which were analyzed, processed and manipulated with the concomitant use of Geographic Information System (GIS) and remote sensing products and techniques, in addition to field campaigns. There were generated maps in a multitemporal perspective (1951, 1978, 2005 and 2018) to identify such changes over the considered period. The results indicate that in both sectors of the watercourse it has suffered drastic direct and indirect changes, where some can be highlighted: suppression of meandering passages, now rectified; loss of river extensions; landfills in different sections; estuary silting; significant urban growth on both river banks and riparian vegetation suppression. It is hoped that this work will serve as a stimulus to others with similar problems and, by exposing the spatial and temporal transformations in the area analyzed, assist in the adoption and implementation of measures for the reduction of socio-environmental impacts by competent organs, making the waterways and associated river environments less artificial and also contribute to the construction and preservation of the recent history of the municipality of Piúma and its river.

Key words: Novo River Watershed, Itaputanga Channel, Espírito Santo, Piúma River, anthropogenic interferences.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Esquematização dos principais elementos de uma bacia hidrográfica. 24

Figura 2. Perfis longitudinal e transversais de um rio 30

Figura 3. Ilustração explicativa sobre os fenômenos de enchente, inundação e alagamento 31

Figura 4. Exemplo de obra de canalização no rio Marinho, na década de 1980, que limita os municípios de Cariacica e Vila Velha (ES) 35

Figura 5. Captura de tela do *software* ArcGIS 10.2 mostrando a sequência de comandos empregados para a geração do produto *Hillshade* 41

Figura 6. Captura de tela do *software* ArcGIS 10.2 mostrando a sequência de comandos empregados para a geração interpolação entre o modelo *TIN* e o plano de informação em formato de linha do rio Novo 42

Figura 7. Fluxograma metodológico 46

Figura 8. A) Trecho retificado do rio Novo percorrendo o Vale do Orobó. B) Área alagada localizada na planície de inundação do rio 49

Figura 9. Perfil longitudinal aproximado do rio Novo 61

Figura 10. Trapiche de Piúma (seta vermelha), situado à margem direita do rio homônimo, em 1908. 74

Figura 11. Vista a montante do Canal de Itaputanga 78

Figura 12. Construção de depósito tecnogênico com o intuito de aterrar a foz do Canal de Itaputanga, [197-] 79

Figura 13. A) Obras do vertedouro do Canal de Itaputanga. B) Canal e vertedouro (seta vermelha) vistos de cima, bem como parte do rio Piúma 80

Figura 14. Protesto de moradores interditando o trânsito na ponte sobre o Canal de Itaputanga após a prefeitura de Piúma abri-lo para aumentar a vazão do rio em virtude das inundações em áreas a montante, em dezembro de 2016 82

Figura 15. Vista parcial do Canal de Itaputanga e sua foz, [1980] 86

Figura 16. Residências próximas à margem esquerda do canal 90

Figura 17. A) Calçadão parcialmente destruído. B) Faixa de afloramento de minerais escuros (seta vermelha), com o Monte Aghá ao fundo (seta amarela) 92

Figura 18. Vista parcial do rio Piúma, em primeiro plano, no centro do município homônimo, [1980] 95

Figura 19. Margem direita concretada do rio Piúma (seta vermelha) 101

Figura 20. Margens direita do estuário do rio Piúma (seta vermelha), de domínio sedimentar, e esquerda (seta amarela), de domínio cristalino 103

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Novo no Espírito Santo, municípios pertencentes à mesma e localização aproximada da área de estudo 21

Mapa 2. Mapa de localização das estações fluvio e pluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Novo 40

Mapa 3. Mapa da precipitação média anual (1947-2012) da Bacia Hidrográfica do Rio Novo 51

Mapa 4. Mapa das Unidades Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Novo 57

Mapa 5. Mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Novo 60

Mapa 6. Mapa de declividade do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Novo 63

Mapa 7. Mapa de tipologia de solos Bacia Hidrográfica do Rio Novo 65

Mapa 8. Mapa do uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Novo 69

Mapa 9. Mapa da rede de transportes e urbanização da Bacia Hidrográfica do Rio Novo 71

Mapa 10. Segmentos de análise espacial no baixo curso da BHRN 77

Mapa 11. Mapa de áreas sazonalmente inundáveis em Piúma no ano de 2008, em preto 81

Mapa 12. Canal de Itaputanga em 1951 83

Mapa 13. Canal de Itaputanga em 1978 85

Mapa 14. Canal de Itaputanga em 2005 87

Mapa 15. Canal de Itaputanga em 2018 89

Mapa 16. Evolução multiespacial e temporal da morfologia do Canal de Itaputanga 91

Mapa 17. Rio Piúma em 1951 94

Mapa 18. Rio Piúma em 1978 96

Mapa 19. Rio Piúma em 2005 98

Mapa 20. Rio Piúma em 2018 100

Mapa 21. Evolução multiespacial e temporal da morfologia do rio Piúma 102

Mapa 22. Zoneamento do município de Piúma quanto ao patrimônio ambiental, disposto no PDM 111

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Crescimento populacional nos municípios da BHRN 72

Gráfico 2. Dados da vazão média anual na estação Pau d'Alho (rio Novo), de 1971 a 2012 106

Gráfico 3. Dados da vazão média anual na estação Iconha-Montante (rio Iconha), de 1970 a 2012 107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Tipos de impactos antrópicos em rios e exemplos estrangeiros 32

Quadro 2. Classes do relevo capixaba propostas por Coelho et al. (2012) e as suas subclasses que ocorrem, predominantemente, na BHRN 54

Quadro 3. Síntese das principais alterações diretas e indiretas no Canal de Itaputanga e no rio Piúma (1951-2018)..... 104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição das estações pluviométricas na BHRN..... 38

Tabela 2. Descrição das estações fluviométricas na BHRN..... 39

Tabela 3. Unidades Geomorfológicas ocorrentes na BHRN, segundo Coelho et al., 2012..... 56

Tabela 4. Hipsometria da BHRN..... 59

Tabela 5. Padrões de declividade do relevo na BHRN 62

Tabela 6. Tipologias de solos ocorrentes na BHRN..... 64

Tabela 7. Uso e cobertura da terra na BHRN 68

Tabela 8. Crescimento populacional nos municípios da BHRN 72

LISTA DE ABREVIAÇÕES/SIGLAS

§ – Parágrafo

Af – Clima Tropical Úmido ou Superúmido, sem estação seca

AGERH – Agência Estadual de Recursos Hídricos

ANA – Agência Nacional de Água

APP – Área de Preservação Permanente

Aprox. – Aproximada

BA – Bahia

BHRN – Bacia Hidrográfica do Rio Novo

CEEIBH – Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas

Cesan - Companhia Espírito Santense de Saneamento

Cf – Clima Tropical Úmido de Altitude (mesotérmico), sem estação seca

CPRM / SGB – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil

DER-ES – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo

DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ES – Espírito Santo

GEOBASES – Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDW – Inverse Distance Weighted

IFES – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

IHGP – Instituto Histórico e Geográfico de Piúma

IJSN / CGEO – Instituto Jones dos Santos Neves / Coordenação de Geoprocessamento

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

km – quilômetro

m – metro

MDE – Modelo Digital de Elevação

MG – Minas Gerais

mm – milímetro

NE – Nordeste

NW – Noroeste

PERH – Plano Estadual dos Recursos Hídricos

PDM – Plano Diretor Municipal

RJ – Rio de Janeiro

S – Sul

SE – Sudeste

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

TIN – *Triangulated Irregular Network*

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

USGS – United States Geological Survey

UTM – Universal Transversa de Mercator

W – Oeste

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 19

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL 23

2.1 Bacias hidrográficas: breves considerações 23

2.1.1 Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas brasileiras 25

2.2 Ambientes de rios e canais 28

2.3 Atuação antrópica sobre sistemas fluviais 31

3. MATERIAIS E MÉTODOS 37

3.1 Levantamento bibliográfico 37

3.2 Levantamento de dados cartográficos sobre a área de estudo 37

3.3 Levantamento de dados hidrológicos sobre a área de estudo 38

3.4 Tratamento dos dados cartográficos e hidrológicos 41

3.5 Segmentação da área de estudo 44

3.6 Campanhas de campo 45

4. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NOVO 47

4.1 Localização e aspectos hidrológicos 47

4.2 Aspectos climatológicos 49

4.3 Aspectos geológicos e geomorfológicos 52

4.3.1 Geologia 52

4.3.2 Geomorfologia 54

4.4 Aspectos pedológicos 64

4.5 Uso e cobertura da terra na bacia e aspectos socioeconômicos 67

5. ANÁLISE DO RIO PIÚMA – BAIXO CURSO DA BACIA DO RIO NOVO 76

5.1 Segmento de análise 1 78

5.2 Segmento de análise 2 93

5.3 Vazões médias anuais históricas 104

5.4 Recursos hídricos e a legislação: breves apontamentos 107

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 113

7. REFERÊNCIAS 116

ANEXOS 124

Anexo A 125

Anexo B 127

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os ambientes fluviais, e particularmente os rios, constituem palco de investigação científica de diversos profissionais (biólogos, geólogos, geógrafos, engenheiros), ora de caráter multidisciplinar, onde, a princípio, não existem relações entre as ciências, ora interdisciplinar, com o intercâmbio e interação de conhecimentos oriundos de diversas áreas na busca, por exemplo, pela compreensão da dinâmica desses ambientes, de como a ação humana os modificam e da viabilidade ou não de interferência antrópica por meio de obras de engenharia em prol da redução da expressividade de fenômenos naturais, como enchentes e inundações.

Os rios e as suas áreas marginais de topografia plana são locais visados há milhares de anos pelo homem em função não apenas da fundamental importância da água para a sua sobrevivência, mas também, com o avanço técnico-científico e com mudanças culturais, econômicas, políticas e sociais mais recentes historicamente, para fins industriais, de irrigação de áreas cultivadas, recreação, turismo, dentre outras finalidades de natureza antrópica. Em adição a isso, favoreceram o surgimento e expansão de núcleos urbanos (CUNHA, 2001).

Indiretamente, os rios refletem as condicionantes naturais e as atividades humanas executadas na bacia hidrográfica, sofrendo, em virtude da escala e intensidade de mudanças nesses dois elementos, mudanças, efeitos e/ou impactos no comportamento da descarga, sólida e dissolvida, e poluição das águas (CUNHA, 2008), o que vai de encontro à ideia, como argumenta Smol (2008, p. 8, tradução nossa), de que “[...] rios são deteriorados por influências humanas”.

Exemplos de degradação de canais fluviais por atividade humana são, como aponta Cunha (2008): a substituição das matas ciliares por terras cultivadas, o avanço da urbanização e a ação direta nos canais, como atividades mineradoras (alúvios) e de obras de engenharia, a exemplo da canalização (retificação, alargamento e aprofundamento do canal), barramentos para controle de vazão e construção de pontes e diques artificiais.

Em relação à canalização, esse termo engloba todas as obras estruturais feitas no canal fluvial que visam o controle das enchentes, melhoria da drenagem, manutenção

da navegação, redução da erosão das margens ou desvio para construção de estradas (KELLER, 1976[1]; BROOKES, 1985[2]; apud CUNHA, 2012). Diversos autores têm discutido os efeitos e repercussões desse procedimento em ambientes fluviais (BROCANELI; STUERMER, 2007; CUNHA, 2001, 2008, 2012; DALLAPICOLA, 2015; GIL, 2017; SARTÓRIO, 2015, 2017; SILVA, 2012).

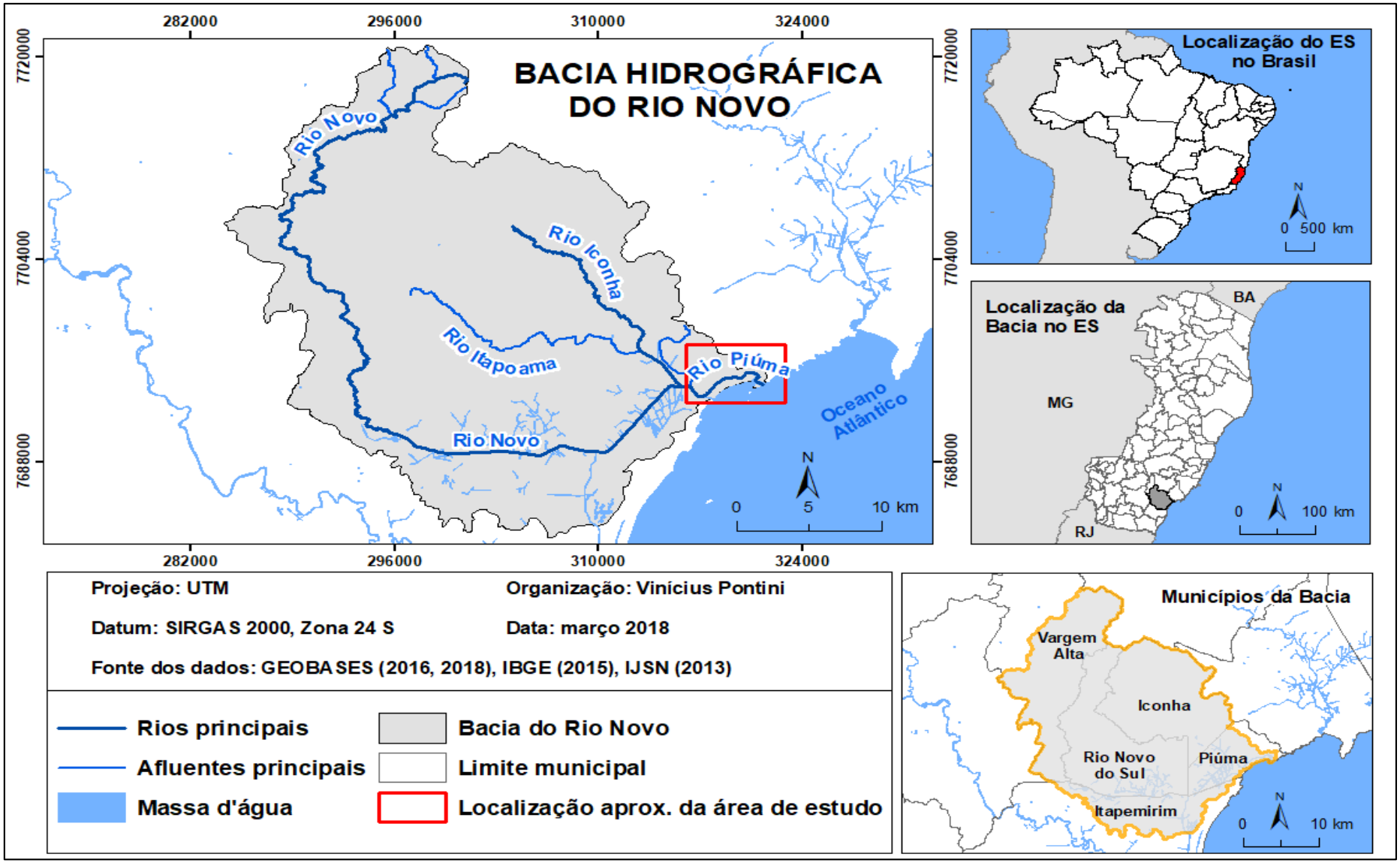
Nesse cenário, comumente adota-se o emprego do termo “impacto ambiental” que, como discorre Coelho Neto (2001)

> é o processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações (uma nova ocupação e/ou construção de um objeto novo: uma usina, uma estrada ou uma indústria) no ambiente. Diz respeito ainda à evolução conjunta das condições sociais e ecológicas estimulada pelos impulsos das relações entre forças externas e internas à unidade espacial e ecológica, histórica ou socialmente determinada. É a relação entre sociedade e natureza que se transforma diferencial e dinamicamente. Os impactos ambientais são escritos no tempo e incidem diferencialmente, alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço (COELHO NETO, 2001, p. 24-25).

A mesma autora alega que estudar fatores, tais como localização e distância associados às características demográficas do ambiente construído (cidade) para entender os impactos ambientais não é suficiente. Compreendê-los como processo impõe a compreensão da história (não-linear) de sua produção, o padrão de desenvolvimento urbano e os modelos internos de diferenciação social (COELHO NETO, 2001). Também é importante conceber a natureza e a sociedade enquanto agentes que, a partir das relações estabelecidas entre si, (re)produzem o espaço geográfico.

O interesse pelo desenvolvimento da pesquisa na Bacia Hidrográfica do Rio Novo (BHRN), que abrange uma área aproximada de 762 km² distribuída ao longo de cinco municípios do sul capixaba (Iconha, Itapemirim, Piúma, Rio Novo do Sul e Vargem Alta) (Mapa 1) e, especialmente, o seu baixo curso, no município de Piúma, se dá pela singular característica da bacia de possuir, próximo do ponto de confluência dos rios Novo e Iconha, que passa a ser denominado rio Piúma até à foz, canais fluviais retilíneos em virtude de obras de canalização e retificação, incluindo as próprias

[1] KELLER, E. A. Channelization environmental, geomorphic and engineering aspects. In: COATES, D. R. (Ed.) *Geomorphology and Engineering.* London: George Allen and Unwin, 1976. p. 115-140.
[2] BROOKES, A. River Channelization: Traditional Engineering Methods, Physical Consequences and Alternative Practices. *Progress in Physical Geography*, 9, 1:325-326, 1985.



Mapa 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Novo no Espírito Santo, municípios pertencentes à mesma e localização aproximada da área de estudo.

calhas principais dos rios supracitados, além de canais antrópicos construídos com o intuito de promover a drenagem da área, além da utilização em atividades intuito de promover a drenagem da área, além da utilização em atividades agropecuárias.

Além disso, nota-se que no levantamento bibliográfico sob a forma de monografias, dissertações, teses, artigos e livros sobre o recorte espacial proposto realizado na *Internet* e na ferramenta *on-line* de busca de obras do Repositório Institucional da Ufes existem poucos trabalhos que adotem a referida bacia e mesmo o município de Piúma, principal núcleo urbano do baixo curso, como escala de análise. Busca-se, assim, colocar o recorte espacial proposto em xeque e contribuir, a partir da abordagem geográfica, para o enriquecimento bibliográfico e investigativo sobre o mesmo e a temática.

Partindo da hipótese de que a ação antrópica alterou significativamente a morfologia fluvial, além dinâmica hidrológica local, o objetivo principal do presente estudo foi analisar as alterações espaço-temporais (de 1951 até o presente) ocorridas no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Novo, com enfoque no rio Piúma. Como objetivos específicos, a pesquisa pretendeu:

- Caracterizar as condicionantes socioambientais da BHRN, relacionando-as, quando possível, às mudanças diretas e indiretas ocorridas nos cursos d'água, especialmente, no seu baixo curso;

- Identificar as alterações realizadas diretamente no rio Piúma e indiretamente em suas áreas marginais e na bacia de drenagem;

- Contribuir com a proposição de diretrizes municipais para o planejamento urbano e ambiental a fim de minimizar os impactos nos ambientes fluviais e áreas marginais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL

2.1 Bacias hidrográficas: breves considerações

Nos estudos mais recentes sobre a paisagem, a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento que vem ganhando maior destaque e utilização. A despeito da paisagem, uma das principais categorias geográficas que estruturam as investigações dessa ciência, esta pode ser interpretada de diversas formas. Aqui, entende-se por paisagens os indivíduos geográficos que

> [...] podem ser e (e são) humanizadas por diferentes conjuntos culturais ao longo da história da sociedade. [...] agregam elementos e processos com diferentes naturezas, dimensões e durações que, relacionando-se numa determinada área da superfície terrestre, dão origem a uma unidade visível. Essa unidade visível provoca e se relaciona com o espírito humano, tornando-se sujeita às ações e decisões dos indivíduos e da sociedade conforme seus interesses variados. [...] apresentam grande variedade ao longo da superfície terrestre, o que ocorre em função de diversos fatores de diferenciação (clima, tectônica, relevo etc.). Elas também variam ao longo do tempo (CAVALCANTI, 2014, p. 17-18).

Os rios são os principais componentes das bacias hidrográficas ou de drenagem, que ainda são palco de discussões sobre o seu conceito. Cunha e Coelho Neto (2008, p. 70) a compreendem como a "área de drenagem de um rio principal e de seus tributários, [...] compostas de subsistemas (microbacias) e de distintos ecossistemas (várzea, terra firme)". Tal concepção é muito próxima à defendida por Suguio e Bigarella (1990, p. 13), para os quais é "a área abrangida por um rio ou por um sistema fluvial composto por um curso principal e seus tributários".

Coelho (2007) elucida que a bacia hidrográfica é, comumente, contornada por um divisor ou interflúvio, que é a linha de separação que parcela as precipitações que caem em bacias vizinhas e que direciona a drenagem superficial gerada para um ou outro sistema fluvial. O autor também argumenta que, contrariamente ao divisor, há o talvegue, que é caracterizado pela linha que liga os pontos de maior profundidade no vale fluvial, formando a área para onde convergem as águas oriundas das vertentes (Figura 1).

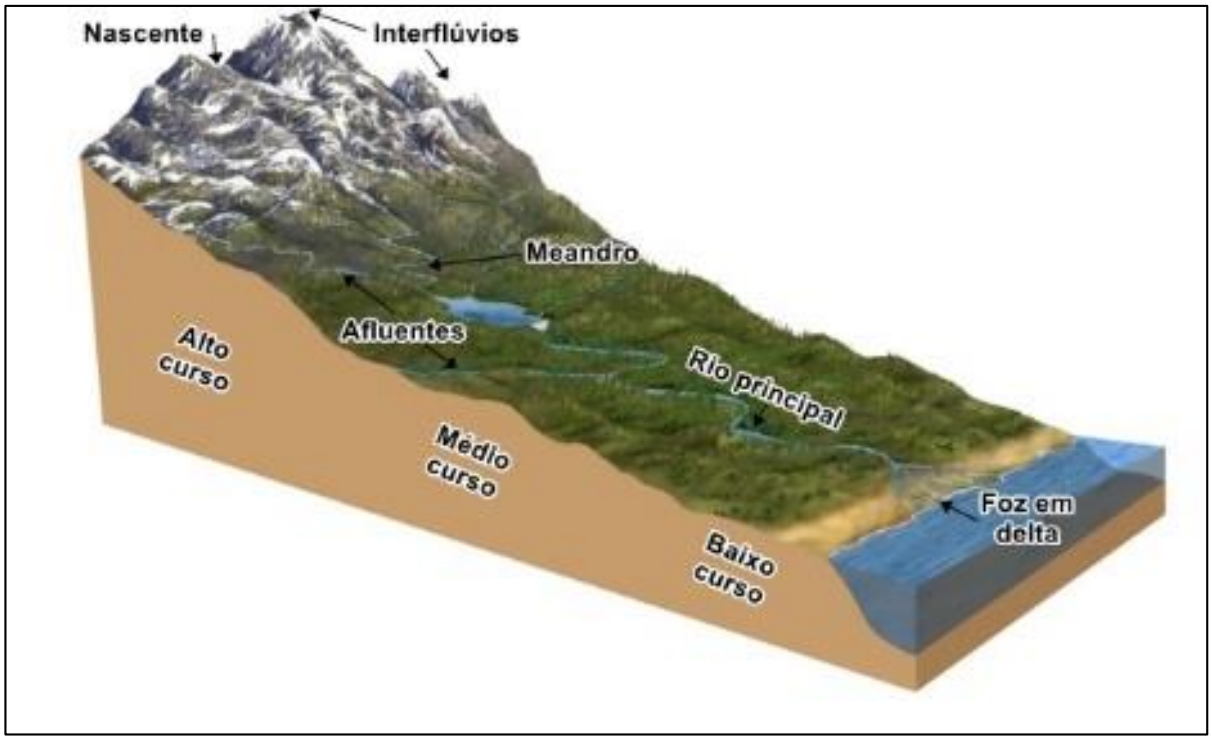


Figura 1. Esquematização dos principais elementos de uma bacia hidrográfica. Adaptado pelo autor. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/artigos/bacias-hidrograficas-saiba-mais-sobre-elas>. Acesso em: 29 nov. 2018.

Numa bacia hidrográfica, todos os rios possuem, pelo menos, um nível de base, entendido como o local de menor elevação em relação ao qual um rio pode erodir o seu próprio canal (RICCOMINI; GIANNINI; MANCINI, 2003) e abaixo do qual, em virtude da perda de energia, ocorrem processos deposicionais. Na maioria dos casos, o mar constitui-se como o nível de base global, podendo haver níveis de base regionais ou locais de acordo com o sistema deposicional.

As bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas compreendidas. Mudanças significativas em quaisquer unidades podem acarretar em alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga de cargas sólidas e dissolvidas). Em adição a isso, em função da escala e da intensidade da mudança, os tipos de leito e de canais podem se alterar.

As manifestações e materializações de relações estabelecidas entre a sociedade e a natureza podem ser observadas nas bacias de drenagem que, em muitos casos, são palco de impactos socioambientais atrelados a um mau ordenamento e a uma má gestão do território frente aos condicionantes físico-naturais. Coelho (2009) alega que,

se analisados em conjunto, os processos físicos e socioeconômicos promovem com o passar do tempo mudanças hidrológicas, bióticas, dentre outras, moldando na calha principal do rio uma morfologia direcionada por essas condições. O produto destas relações, como discorre Deina (2013) tem se materializado de maneira bastante degradante.

Em relação às diversas pesquisas que se pautam nos estudos sobre bacias hidrográficas, a escolha por esses recortes se dá, sobretudo, pelo caráter integrador das dinâmicas sociais e físicas que se cristalizam no seu interior e suas repercussões, norteando discussões que contemplem a gestão e o planejamento territorial, urbano e ambiental em suas dimensões e pelo seu caráter de modelar o relevo, uma vez que seus principais componentes, os rios, são os principais agentes exógenos da transformação do relevo nos climas tropical e equatorial em virtude da sua capacidade de erosão, transporte e deposição.

A bacia, além de ser uma realidade física, é também um conceito socialmente construído (CUNHA; COELHO NETO, 2008). Assim, passa a ser um campo de ação política, de compartilhamento de responsabilidades e de tomada de decisões. Os autores argumentam que devido a problemas como desmatamento, mudanças microclimáticas, contaminação dos rios, erosão, enchentes e tensões físico-sociais de natureza diversa houve a necessidade de cooperação entre diferentes esferas administrativas, culminando na constituição de um novo arranjo institucional cristalizado na forma de comitês de bacia.

2.1.1 Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas brasileiras

Na década de 1970, a legislação voltada para a regulagem do uso e do acesso aos recursos hídricos no Brasil, embora ampla, não correspondia mais aos problemas ambientais específicos originados no contexto do desenvolvimento industrial. As fontes conflituosas entre múltiplos usuários se multiplicavam com a construção de hidrelétricas, com o despejo de esgotos urbanos e industriais no leito dos rios, com a contaminação dos lençóis freáticos pela indústria e pela agricultura, com a elevação da demanda de água tratada nos centros urbanos e com a expansão da agricultura

irrigada, entre outros fatores desestabilizadores das relações sociais apreciados no Código de Águas de 1934 (CUNHA; COELHO NETO, 2008).

Ainda no país, COELHO (2007) discorre que a ascensão de novos estudos voltados para bacias hidrográficas teve início em meados de 1978, por meio de uma portaria interministerial que culminou na criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH), que objetivava, principalmente, classificar os corpos d'água, estudá-los de forma integrada e acompanhar o uso racional dos recursos hídricos federais, visando obter o melhor aproveitamento múltiplo de cada bacia. Contudo, com o passar dos anos, não conseguiu atingir as suas metas.

O autor também releva que, na esfera global,

> foram realizados diversos eventos como a Conferência Europeia da Água, em Estrasburgo, França, 1968; a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo, 1972; a Conferência das Nações Unidas sobre a Água, em Mar del Plata, Argentina, 1977; a Conferência de Dublin, Irlanda, 1992; e a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, Brasil, 1992. Estes eventos proporcionaram a discussão de alguns princípios que foram mais tarde sendo cristalizados, como por exemplo, o entendimento do *recurso hídrico como um bem-dotado de valor econômico*, *a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e ação*, valorizando a participação dos usuários (governantes, empreendedores e comunidades) na gestão (COELHO, 2007, p. 9).

Com a latente necessidade da criação e mudança de novos mecanismos de regulação do uso dos recursos hídricos, originou-se o Projeto de Lei nº 2.249, que foi encaminhado pelo governo federal ao Congresso Nacional em 1991. Esse projeto foi transformado na Lei nº 9.433/97, também conhecida como Lei das Águas, que estabelece princípios básicos para a gestão dos recursos hídricos, como argumenta Luchini (2000): a) a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, associada ao reconhecimento da água como bem econômico; b) o reconhecimento da importância de seus usos múltiplos; e c) a necessidade de um trabalho de gestão a um só tempo descentralizado e participativo.

Os Artigos 1 e 33 da referida lei (BRASIL, 1997, grifos nossos) instauram que:

> Art. 1. A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:
> I - a água é um bem de domínio público;
> II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
> II - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

> IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
> V - **a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;**
> VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.
> Art. 33. Integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos: (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)
> I – o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000);
> I-A. – a Agência Nacional de Águas; (Incluído pela Lei 9.984, de 2000);
> II – os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000);
> **III – os Comitês de Bacia Hidrográfica; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000);**
> IV – os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000);
> V – as Agências de Água. (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000).

Um dos reflexos dessa lei foi a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulado pelo Decreto nº 2.612 de 1998, que estabelece regras para a criação e funcionamento dos comitês de bacia. Esses comitês[3] são definidos, às palavras de Cunha e Coelho (2008, p. 70), "[...] como fórum de decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica e também são formados por representantes dos usuários dos recursos hídricos, da sociedade civil organizada e dos três níveis de governo".

A Agência Nacional de Águas (ANA), criada em 2000, é fruto das discussões estabelecidas no âmbito da Secretaria de Recursos Hídricos, atualmente vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (CUNHA; COELHO, 2008). Comprometida com o cumprimento dos objetivos e diretrizes da Lei das Águas do Brasil, a ANA segue, para tanto, quatro linhas de ação: a) regulação; b) monitoramento; c) aplicação da lei; e d) planejamento (ANA, 2018).

A definição da bacia hidrográfica como a unidade geográfica pertinente para atender a objetivos propostos por organizações institucionais emergentes é reflexo da combinação e articulação entre as dimensões ecológicas, sociais, culturais e políticas

[3] A Bacia Hidrográfica do Rio Novo, discutida nesta pesquisa, possui comitê criado pelo Decreto nº 1.350-R, de 08 de julho de 2004, publicado no DIOES em 09 de julho de 2004. É uma das 12 bacias que possuem comitês no Espírito Santo.

na compreensão do caráter complexo dos processos ambientais (CUNHA; COELHO NETO, 2008).

Apesar da legislação brasileira que trata dos recursos ambientais ter avançado bastante nas últimas décadas, além de ter reconhecimento internacional, Deina (2013) aponta para a carência de articulação das políticas de gestão ambiental com as políticas de ordenamento do território. A autora defende que é necessário que as bacias hidrográficas sejam enquadradas como unidade básica de gestão do território como um todo, ultrapassando limites político-administrativos. Dessa forma, pode-se superar divergências políticas antagônicas e reunir diversos atores em prol da melhor gestão dos recursos hídricos e demais elementos naturais inseridos na bacia hidrográfica, partilhando ações e responsabilidades.

2.2 Ambientes de rios e canais

Christofoletti (1981) argumenta que a geomorfologia fluvial engloba o estudo acerca dos rios e das bacias hidrográficas, colocando-se entre os setores mais dinâmicos do campo científico da geomorfologia. O mesmo autor discorre que a curiosidade dos pesquisadores sempre foi atiçada pela dinâmica e as formas topográficas resultantes da ação fluvial, evidenciando o papel dos rios enquanto agentes exógenos modeladores do relevo, praticando a erosão, transporte e deposição de sedimentos que podem formar vales, áreas mais altas e grandes depósitos sedimentares nas planícies de inundação e nos fundos oceânicos.

Suguio e Bigarella (1990) compreendem o rio sob o olhar geomorfológico e o geológico. Geomorfologicamente, o termo rio refere-se unicamente à designação “corrente canalizada” ou confinada, além de também referir-se aos canais desprovidos de água das regiões mais secas. Geologicamente, o termo é utilizado para denominar o tronco central de um sistema de drenagem. Cunha (2008) entende o rio enquanto um amplo corpo d’água em movimento, preso em um canal, sendo comumente utilizado para indicar o principal tronco do sistema de drenagem.

Canais podem ser caracterizados, de acordo com Cunha (2008), pelos seguintes parâmetros: a) medições de largura (*width*); b) profundidade (*depth*); e c) velocidade (*velocity*), combinadas às variáveis descarga (*discharge*); resistência do fluxo (*flow resistance*) e declividade (*slope*).

A partir do fornecimento de água, proveniente de precipitações pluviais e dos lençóis freáticos, os rios podem ser classificados, conforme Suguio e Bigarella (1990) em: a) efêmeros, que não são abastecidos pelo lençol subterrâneo e que dispõem de água apenas durante e após as chuvas, permanecendo secos a maior parte do ano; b) intermitentes, que contêm água em determinada época do ano e ficam secos noutra; e c) perenes, constantemente abastecidos por um fluxo do lençol subterrâneo moderadamente estável, sempre apresentando água em seu canal. Cunha (2008) aponta que o regime de rios e canais é dependente, em grande parte, da quantidade de água que eles recebem, que pode variar, além da intensidade e quantidade de chuva, da natureza do solo ou rocha sobre os quais fluem e a topografia da superfície.

A associação de determinados elementos inerentes à rede fluvial, como os tipos de leito, de canal e dos de padrão de drenagem, à altimetria e aos controles estruturais da bacia de drenagem, que culminam em importantes níveis de base regionais e locais, possibilita o desenvolvimento de um perfil longitudinal específico, dinâmico e em constante busca de um equilíbrio do balanço entre descarga líquida, erosão, transporte e erosão de sedimentos (CUNHA, 2008).

Para Christofoletti (1981, p. 93) “o perfil longitudinal de um rio mostra a sua declividade, ou gradiente, sendo a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso de água, para as diversas localidades situadas entre a nascente e a foz” (Figura 2). Suguio e Bigarella (1990) afirmam que o rio, ao se ajustar às diversas condições hidrológicas, tem sua morfologia condicionada à essa regulagem, isto é, em seus perfis longitudinal e transversal. O perfil longitudinal em toda sua extensão é fruto da ação feita pelo rio para manter o equilíbrio entre os processos de erosão, transporte e deposição, assumindo a condição de perfil típico, de formato parabólico, côncavo (NOVO, 2008).

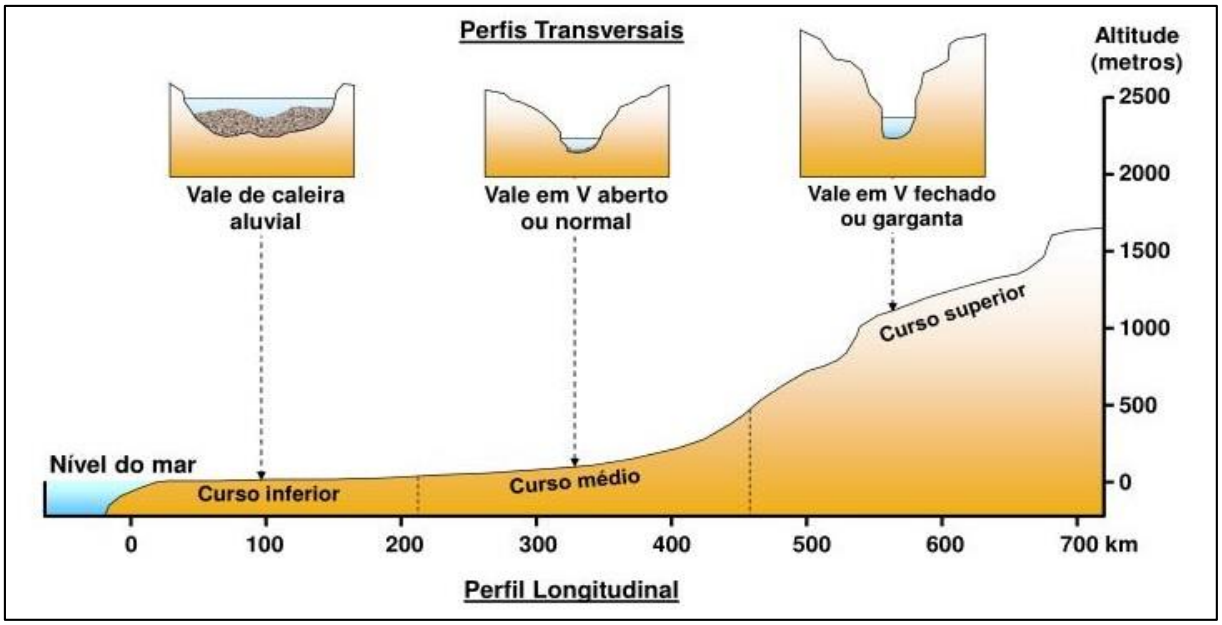


Figura 2. Perfis longitudinal e transversais de um rio. Adaptado pelo autor. Disponível em: <https://www.slideserve.com/webster/perfis-longitudinal-e-transversais-de-um-rio>. Acesso em: 22 fev. 2018.

Nesse cenário, Christofoletti (1980) salienta, dentre outros aspectos, que: a) o rio considerado equilibrado é apenas um simples agente transportador, não realizando entalhamento, tampouco deposição; b) todo e qualquer perfil longitudinal de cursos d'água assinala equilíbrio provisório, que pode ser alterado ao longo do tempo, uma vez que o perfil de equilíbrio definitivo (ou ideal) é noção limite e mera concepção mental; c) o perfil controla a velocidade necessária para efetuar o transporte da carga detrítica por meio da deposição e do entalhamento; e d) o perfil de equilíbrio forma-se em função das grandes cheias, quando o rio atinge seu maior poder de abrasão por conta da alta carga detrítica que lhe é fornecida.

Cunha (2008) argumenta que o rio preserva certa proporcionalidade entre os diferentes tamanhos de sua calha, da nascente à foz, mantendo um equilíbrio que pode ser alterado por interferência antrópica. Visando contornar esse quadro, o próprio rio pode voltar ao seu estado de equilíbrio anterior a partir da intensa erosão das margens, bem como da mudança topográfica do fundo do leito.

2.3 Atuação antrópica sobre sistemas fluviais

Embora a relação do homem com os corpos líquidos e suas repercussões serem registradas há muito tempo, a interferência antrópica sobre os recursos hídricos, bem como seus impactos, elevaram-se em demasia nos tempos historicamente mais recentes, sobretudo nos rios. O advento da urbanização e da industrialização e a eventual concentração da população nas cidades emergiram outras necessidades diferentes daquelas do passado, a exemplo da geração de energia elétrica, da expansão de áreas habitáveis nas cidades, do abastecimento de água nas moradias e indústrias e do controle de enchentes e inundações. É importante destacar que os termos se referem a processos distintos: enquanto aquele se refere ao aumento temporário do canal fluvial sem extravasamento, este diz respeito ao transbordamento do canal fluvial, atingindo áreas marginais (Figura 3).

Figura 3. Ilustração explicativa sobre os fenômenos de enchente, inundação e alagamento. Disponível em: <http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html>. Acesso em: 23 fev. 2018.

Em um cenário internacional, Gregory (2006), em diálogo com autores diversos, ilustra alguns exemplos de impactos humanos que conduzem à mudanças em canais fluviais (Quadro 1).

Quadro 1. Tipos de impactos antrópicos em rios e exemplos estrangeiros.

Tipo de impacto	Exemplo	Fonte
Canalização	Nos Estados Unidos, 26.550 km de grandes obras em rios correspondem a uma densidade de canalização de 0.03km/km²; na Inglaterra e no País de Gales, 8.504 km de obras em rios correspondem a uma densidade de canalização de 0.06km/km².	Leopold (1977) Brookes, Gregory e Dawson (1983)
Modificação de canal	Uma média de <10% do comprimento dos rios alpinos está em um estado semi-natural. Na Alemanha, essa porcentagem é de 2,5%.	Ward et al. (1999)
Desvio de rios	No final do século XIII construiu-se o grande canal de 1.780 km ligando Pequim a Hangzhou, na China, para conectar cinco bacias hidrográficas e transferir água do rio Yangtzé para a planície do norte da China.	Li, Liu and Mou (2000)
Captação de água	Aproximadamente 11% de água doce superficial é captada para uso humano nos Estados Unidos e Canadá.	Karr et al. (2000) Li, Liu and Mou (2000)

Fonte: Adaptado de Gregory (2006).
Organização: autor.

No Brasil, as primeiras interferências nos recursos hídricos parecem datar do século XVII, na cidade do Rio de Janeiro (BOTELHO, 2011). Há registro de protestos de padres franciscanos, em 1641, reivindicando solução para o mau cheiro da Lagoa Santo Antônio. A Câmara acatou o protesto e aumentou a vala de sangramento da lagoa, tida como uma das primeiras obras de saneamento da cidade. Posteriormente, novas obras foram executadas, incluindo a captação de água para abastecimento, como a construção do aqueduto do Carioca, em 1723. Uma das primeiras bacias hidrográficas brasileiras que teve seus rios retificados foi a do rio Tietê, em São Paulo (BOTELHO, 2011). Em 1849, foi concluída a retificação do rio Tamanduateí, afluente do Tietê, visando controlar as enchentes.

Na capital fluminense, as primeiras obras de retificação e canalização fluvial estão associadas ao Plano de Melhoramento da Cidade do Rio de Janeiro, elaborado entre 1875 e 1876. Além das obras de drenagem urbana, foram sugeridas outras, como de

salubridade, saneamento, abertura e alargamento de ruas. Tais obras alterariam drasticamente não só a arquitetura urbana da cidade, como também o funcionamento dos seus sistemas hídricos.

Embora exista atualmente um grande interesse na compreensão do homem enquanto agente geomorfológico, Ashmore (2015) alerta que a geomorfologia possui seu escopo de análise formado quase que exclusivamente pelas ciências naturais, contendo essencialmente nada do papel de processos sociopolíticos como elementos da geomorfologia contemporânea. O autor defende que os rios podem ser considerados uma coprodução híbrida de processos naturais e sociais.

Park (1981[4]) e Knighton (1984[5]), citados por Cunha (2001) dizem que existem dois grupos de mudanças fluviais provocadas pelo homem: as diretas e as indiretas. O primeiro grupo refere-se às mudanças ocorridas diretamente no canal fluvial com o intuito de controlar as vazões ou para a morfologia do canal forçada pelas obras estruturais, com o objetivo de estabilizar as margens, diminuir os efeitos de enchentes, inundações, erosão ou deposição de material, retificar o canal e remover cascalhos. Tais obras mudam, dentre outros aspectos, a seção transversal, o perfil longitudinal do rio e o padrão do canal.

Já o segundo grupo diz respeito às mudanças fluviais indiretas resultantes da ação humana que são realizadas fora da área dos canais, porém modificam o comportamento da descarga e da carga sólida do rio. Dentre essas atividades, que se prolongam por toda a bacia de drenagem, estão aquelas relacionadas ao uso e ocupação da terra, como a remoção da vegetação, desmatamento, emprego de práticas agrícolas inapropriadas e urbanização. Park (1977[6], apud CUNHA, 2001) chama a atenção que as relações obtidas para um ambiente ou tipo de canal, a partir da constatação de tais mudanças, diretas ou indiretas, não podem ser aplicadas para outro, de modo que os resultados sejam avaliados com cuidado e evitando, assim, generalizações.

Os recursos líquidos, conforme Lima-e-Silva, Guerra e Dutra (2007) são ameaçados, particularmente, de três maneiras: a) pelo desmatamento generalizado, diminuindo a

[4] PARK, C. C. Man, river systems and environmental impacts. In*: Physical Geography*, 5(1): 1-31, 1981.
[5] KNIGHTON, A. D. Fluvial forms and processes. Edward Arnold, 218p, 1984.
[6] PARK, C. C. Man-induced changes in stream channel capacity. In: *River Channel Changes*. John Wiley and Sons, 121-124, 1977.

infiltração e aumentando o escoamento; b) pela contaminação dos lençóis freáticos, por meio da poluição dos solos, tanto em áreas urbanas quanto rurais; e c) em alguns locais, pelo uso excessivo desses recursos, por meio do bombeamento para irrigação, ou em grandes empreendimentos industrias, e nas cidades. Os autores também chamam a atenção para a poluição direta das águas, sejam elas salgadas ou doces, por atividades industriais, que constitui outro elemento crucial. Comumente, ocorre uma diminuição drástica da qualidade dos recursos hídricos, a ponto de se fazer necessário um grande investimento financeiro para despoluir lagoas, rios e baías.

As intervenções antrópicas nos cursos d'água urbanos, especialmente nas grandes cidades brasileiras, geraram um novo quadro nas cidades, uma nova paisagem urbana, com a inserção de novos elementos e nova dinâmica (BOTELHO, 2011). A autora também salienta que tais alterações, marcadas, predominantemente, por obras estruturais e mecânicas nos cursos d'água, levaram ao surgimento de problemas ambientais que não eram novos. Pelo contrário, já eram bem conhecidos: enchentes, destruição de casas e patrimônios, propagação de doenças de veiculação hídrica, surgimento de focos de vetores e perdas de vidas humanas.

Além de tentar solucionar o empecilho, assim visto, do extravasamento das águas fluviais dos seus leitos e a inundação de áreas adjacentes, historicamente mais visadas pela ocupação antrópica, o homem também passou a canalizar e retificar trechos meandrantes dos rios, que frequentemente fluem nas áreas de planície de inundação por reduzirem a área útil a ser ocupada. Botelho (2011) argumenta que tais intervenções aumentam a velocidade das águas e diminuem o espaço físico ocupado pelos rios, alterando seu percurso original e reorientando sua corrente. Assim, sua extensão e o tempo que a água dispunha para percorrer cada curva são encurtados.

Dentre as diversas intervenções antrópicas nos cursos fluviais, será dado destaque, especialmente, à canalização, à retificação e ao aterramento por serem realidades presentes na bacia hidrográfica do rio Novo e, sobretudo, no seu baixo curso, discutidos nesta pesquisa. A canalização (Figura 4) é, segundo Cunha (2001), como já discutido, uma obra de engenharia executada no sistema fluvial que requer a direta alteração da calha do rio e gera consideráveis impactos, tanto no canal quanto na planície de inundação. Constituem processos de canalização o alargamento e aprofundamento da calha fluvial, a retificação do canal, a construção de diques e

canais artificiais, a proteção das margens e remoção de obstáculos no canal (CUNHA, 2001), que exigem permanente manutenção da capacidade do canal. Durante a canalização, conforme Botelho (2011), ao dotar o curso d'água de uma seção transversal com forma geométrica definida, normalmente com revestimento, ameniza-se o atrito das águas com o fundo e as laterais.

Figura 4. Exemplo de obra de canalização no rio Marinho, na década de 1980, que limita os municípios de Cariacica e Vila Velha (ES). A seta amarela indica o antigo curso do rio, sinuoso, ao passo que a seta vermelha indica o rio atualmente canalizado e retificado. Fotografia: Leonel Albuquerque, s.d. Adaptado pelo autor. Disponível em: <http://www.morrodomoreno.com.br/materias/rio-marinho.html>. Acesso em: 28 fev. 2018.

A retificação dos rios objetiva o controle das cheias, a drenagem das terras alagadas e a melhoria do canal para a navegação. Keller (1981[7], apud CUNHA, 2001) alega que esse tipo de obra ainda gera controvérsias, sendo considerada tecnicamente inadequada e com efeitos nocivos ao ambiente. Com a passagem da draga há o aprofundamento do canal, que resulta no abaixamento do nível de base, favorecendo a retomada do processo de erosão nos afluentes.

Cunha (2001) elucida que os impactos geomorfológicos que ocorrem no canal retificado: a) alteram o padrão de drenagem, diminuindo o comprimento do canal, com a perda dos meandros; b) altera a forma do canal; c) reduz a rugosidade do leito; e d)

[7] KELLER, E. A. Hidrology and human use. In: *Environmental Geology*, Charles E. Merril Publishing Company, 227-270, 1981.

eleva seu gradiente. A jusante do canal retificado observam-se: a) um aumento da carga sólida e imediato assoreamento durante a passagem da draga; e b) a erosão no canal pelos eventos torrenciais do regime.

Ainda, a erosão dos bancos de areia, cuja gênese associa-se aos sedimentos provenientes da passagem da draga, pode elevar a quantidade o aporte sedimentar que chega à foz do rio principal, modificando o equilíbrio natural de sedimentação e originando outras formas deposicionais (CUNHA, 2001). Ainda conforme a autora, na planície de inundação o aprofundamento do leito pode transformar os meandros em bacias de decantação, lagos ou pântanos e há a elevação relativa do terraço fluvial em relação ao nível da água.

Ao retificar o trecho do baixo curso de um rio, Botelho (2011) alerta que é necessário considerar que o rio como um tudo será afetado. Os processos erosivos e de transporte que caracterizam o alto e o médio curso dos rios são intensificados, já que, nesse caso, a maior velocidade das águas imprimida a jusante repercute sobre os trechos a montante, tratando-se de um único sistema. Ao erodir e transportar mais sedimentos, o rio irá depositá-los a jusante, havendo redução da declividade. O trecho canalizado tende a ser assoreado ao longo do tempo, especialmente se as margens no alto e médio cursos forem desprovidas de mata ciliar, uma vez que desbarrancamentos das margens são comuns quando da ausência dessa cobertura vegetal. Os sedimentos são transportados e depositados a jusante, diminuindo a área da seção transversal do canal.

O que, a princípio, parece ser a solução dos problemas das enchentes, pois visa evitar o acúmulo das águas e acelerar seu escoamento, pode gerar um efeito contrário. Embora tenha se transcorrido algum tempo, o homem finalmente se deu conta desse cenário e, assim, vem reformulando suas políticas e maneiras de interferir nos rios urbanos. Uma nova visão deu origem a novos pressupostos que marcam a drenagem urbana moderna, colocando em xeque as obras hidráulicas até então consideradas soluções necessárias e tem advogado em prol de uma menor intervenção e até mesmo da renaturalização de rios urbanos (BOTELHO, 2011).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Levantamento bibliográfico

A primeira etapa da pesquisa foi a compilação de dados bibliográficos que dialogassem com a temática, problemática, o objetivo geral e os objetivos específicos. Foram consultados artigos acadêmicos publicados em revistas diversas, livros, reportagens de jornais, documentos oficiais e públicos, Trabalhos de Conclusão de Cursos (TCCs), dissertações e teses. Com isso, foi possível selecionar e reunir materiais para definir uma base teórico-conceitual clara e capaz de orientar os itens supracitados e, também, os futuros resultados, sendo necessária a constante consulta e atualização ao longo de todo o percurso da pesquisa.

3.2 Levantamento de dados cartográficos sobre a área de estudo

Concomitantemente à pesquisa bibliográfica, foram adquiridos gratuitamente os seguintes dados cartográficos a fim de espacializar, obter informações diversas e auxiliar na discussão da pesquisa:

- Planos de informação em formato *shapefile*[8]: Estações Pluvio e Fluviométricas (ANA, 2012); Bacias Hidrográficas, Cursos d'Água, Massa d'Água e Solos (Geobases, 2016, 2018); Continentes e Limite Estadual (IBGE, 2015); Área Efetivamente Urbanizada, Arruamento, Limite Municipal, Sistema Ferroviário e Rodoviário, Mapa Geomorfológico do Espírito Santo, em escala 1:400:000 e Uso e Cobertura da Terra (IJSN/CGEO, 2010, 2012, 2013);

[8] *Shapefile* (.shp) é um formato popular de armazenamento de dados vetoriais (ponto, linha e polígono) desenvolvido e regulado pela empresa estadunidense Esri para armazenar a posição, forma e atributos de feições geográficas. É considerado, todavia, um formato vetorial aberto, sendo considerado o mais amplamente utilizado no mundo.

- Precipitação Pluvial (ANA, 2012);

- Mapa Geológico do Espírito Santo, em escala 1:400:000 (CPRM/SGB, 2015);

- Dados Topográficos da Missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM[9]) com resolução de 30 metros (USGS, 2014);

- Fotografias aéreas históricas que abrangem a área de estudo, dos anos de 1951 e 1978 obtidas junto à biblioteca *on-line* do IJSN.

- Imagens de satélite da série *DigitalGlobe*, obtidas junto à ferramenta de visualização histórica de imagens do *Google Earth*, dos anos de 2005 e 2018.

3.3 Levantamento de dados hidrológicos sobre a área de estudo

Foram adquiridos dados hidrológicos de séries históricas de vazão média anual na bacia por meio do portal *HidroWeb*, disponibilizado pela ANA, bem como planos de informação vetoriais indicando a localização das estações fluviométricas e pluviométricas na BHRN (Tabelas 1 e 2 e Mapa 2).

Tabela 1. Descrição das estações pluviométricas na BHRN.

Nome	Código	Localização	Início de Operação	Final de Operação
Jaciguá (DNOS)	2041010	Rio Novo	1947	2012
Rio Novo do Sul	2040013	Rio Novo	1969	2010
Duas Barras (DNOS)	2040017	Rio Iconha	1957	2012
Iconha-Montante	2040005	Rio Iconha	1947	2012

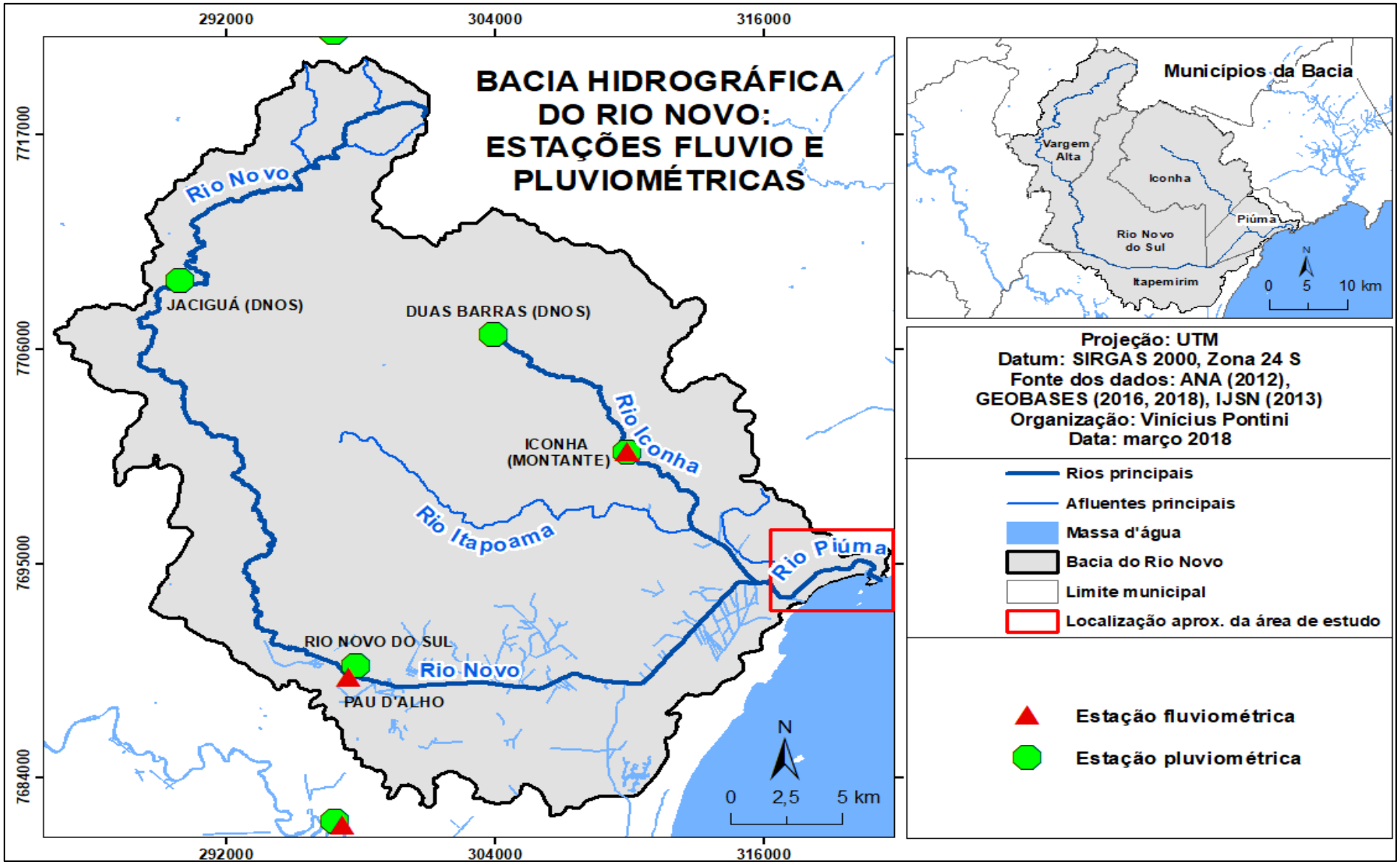
Fonte: *HidroWeb* (ANA). Acesso em: 06 abr. 2018.
Organização: autor.

[9] O objetivo da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (*SRTM*) foi subsidiar a produção de um banco de dados digitais para todo o planeta, necessários na elaboração de um Modelo Digital de Elevação (MDE) das terras continentais.

Tabela 2. Descrição das estações fluviométricas na BHRN.

Nome	Código	Localização	Início de Operação	Final de Operação
Pau d'Alho	57300000	Rio Novo	1970	2012
Iconha-Montante	57320000	Rio Iconha	1970	2011

Fonte: *HidroWeb* (ANA). Acesso em: 06 abr. 2018.
Organização: autor.



Mapa 2. Mapa de localização das estações fluvio e pluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Novo.

3.4 Tratamento dos dados cartográficos e hidrológicos

Os dados vetoriais e matriciais foram processados no *software ArcGIS* 10.2 e ajustados, conforme a necessidade, ao sistema de projeção *UTM*, Datum *SIRGAS* 2000, Zona 24 Sul (IBGE, 2005). O primeiro passo foi a extração dos limites da BHRN no plano de informação Bacias Hidrográficas, começando pela seleção da mesma pelo comando *Select Features* e posterior recorte pelos comandos *Data* e *Export Data*. Foi adotado o mesmo procedimento para o plano de informação Cursos d'Água para extração dos rios Novo, Iconha e seus principais afluentes.

A partir disso, foi possível gerar os seguintes mapeamentos da bacia: a) Declividade; b) Hipsometria; c) Localização; d) Localização das Estações Pluvio e Fluviométricas; e) Solos; f) Uso e Cobertura da Terra; g) Unidades Geomorfológicas; e h) Transportes e Urbanização, analisados em escala de 1:200.000. As variáveis *Declividade* e *Hipsometria* partiram do dado *SRTM* recortado no limite da bacia, gerando a declividade segundo o critério porcentagem e reclassificado por meio da ferramenta *ArcToolbox* e dos comandos *Extract by Mask*, *Slope* e *Reclassify* e a hipsometria pelo último comando. Para realçar a rugosidade do relevo também oriundo do dado SRTM foi utilizada a ferramenta *ArcToolbox* e os comandos *Spatial Analyst Tools*, *Surface* e *Hillshade* (Figura 5).

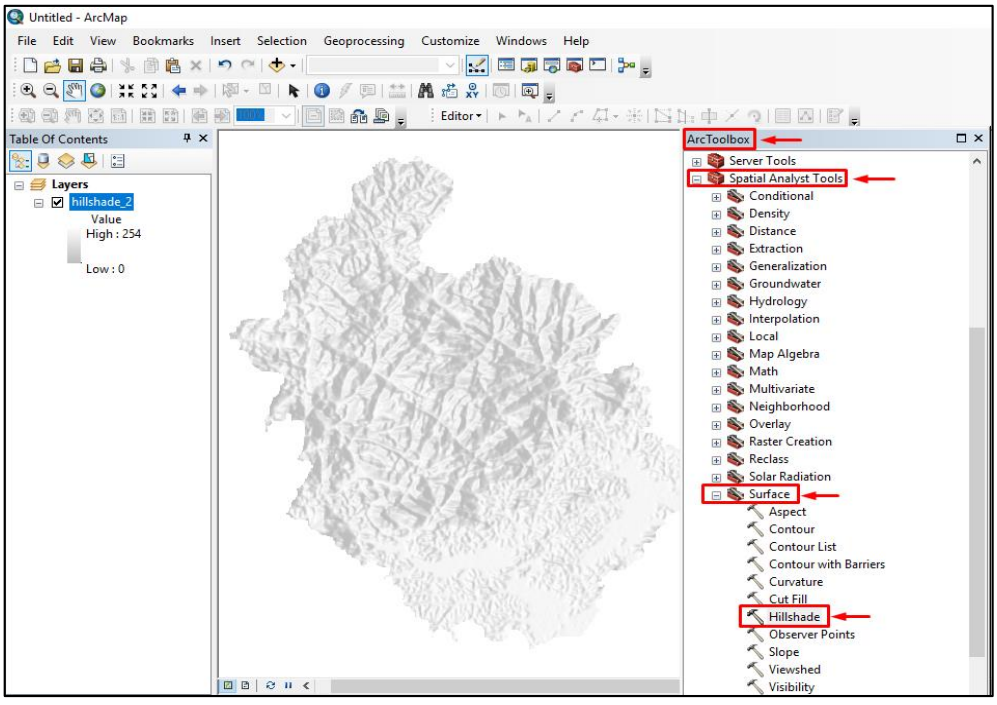


Figura 5. Captura de tela do *software* ArcGIS 10.2 mostrando a sequência de comandos empregados para a geração do produto *Hillshade*. Adaptado pelo autor.

As variáveis *Solos*, *Uso e Cobertura da Terra* e *Unidades Geomorfológicas* foram recortadas em seus respectivos planos de informação vetoriais no limite da bacia na ferramenta *ArcToolbox* e pelos comandos *Analysis* Tools, *Extract* e *Clip*, dissolvidas em suas respectivas tipologias pelos comandos *Data Management Tools*, *Generalization* e *Dissolve*.

O gráfico do perfil longitudinal do rio Novo foi gerado a partir da transformação do dado *SRTM* matricial para um modelo *TIN*[10], por meio da ferramenta *ArcToolbox* e dos comandos *3D Analyst Tools*, *Conversion*, *From Raster* e *Raster to TIN*. Após, o plano de informação em formato linha contendo o rio Novo e o modelo *TIN* gerado foram interpolados para que o gradiente topográfico do rio pudesse ser calculado pelo *software*. Utilizou-se novamente a ferramenta *ArcToolbox* e os comandos *3D Analyst Tools*, *Functional Surface* e *Interpolate Shape* (Figura 6).

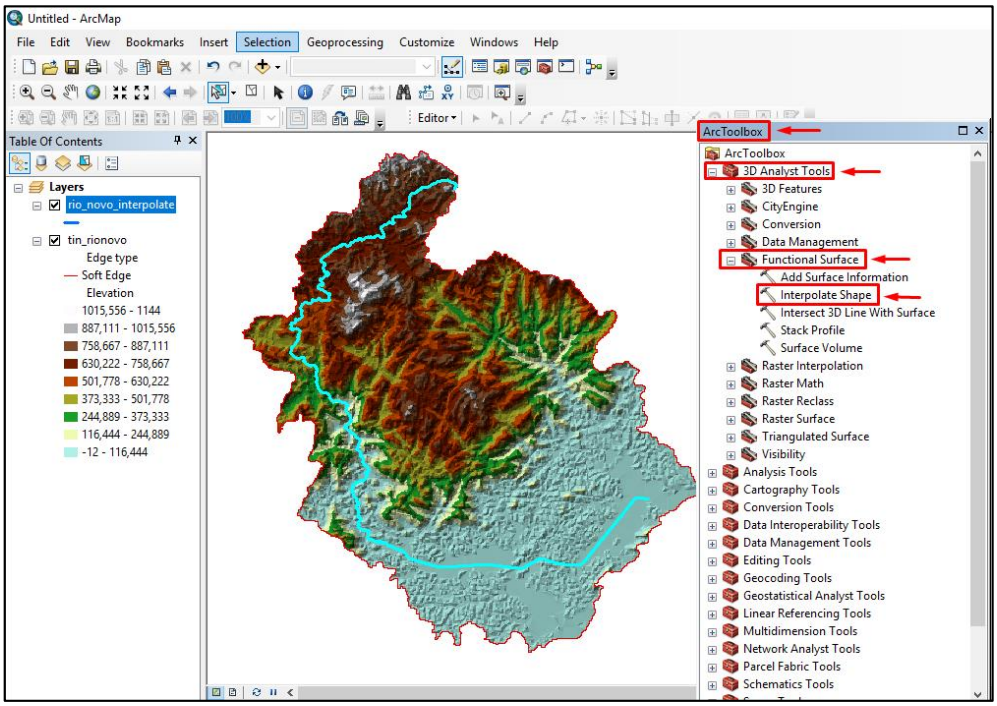


Figura 6. Captura de tela do *software* ArcGIS 10.2 mostrando a sequência de comandos empregados para a geração interpolação entre o modelo *TIN* e o plano de informação em formato de linha do rio Novo. Adaptado pelo autor.

[10] O *Triangulated Irregular Network* (*TIN*), ou Rede Triangular Irregular, consiste em um modelo digital gerado a partir de curvas de nível e/ou pontos cotados. No processo ocorre a interpolação dos valores altimétricos através da criação de triângulos entre as linhas, criando um modelo matemático com valores de altitude.

Antes das fotografias aéreas históricas e das imagens de satélite serem inseridas no *ArcGIS* 10.2, padronizou-se o sistema de projeção *UTM*, Datum *SIRGAS* 2000, Zona 24 Sul nas propriedades dos planos de informação. Após a inserção das mesmas, foi necessário georreferenciá-las. Para tanto, foi utilizado o plano de informação Limite Municipal. A operação foi feita a partir do comando *Georeferencing*, desmarcando a opção *Auto Adjuste* e criando nove pontos de controle, com a posterior habilitação da opção acima.

Ressalta-se que foram feitos, quando necessários, ajustes, correções e validações quanto à espacialização das informações dispostas nos mapas gerados por meio de consulta à imagens atuais do *Google Earth* e ao banco de mapas do *ArcGIS* 10.2, que utiliza imagens de satélite da série *DigitalGlobe*, com data de passagem em 03 de outubro de 2015.

A opção metodológica para constatar interferências antrópicas diretas no curso d'água foi mapear suas margens e, desse modo, colocar em xeque as alterações morfológicas do mesmo em uma perspectiva multiespacial e temporal atrelada à expansão do tecido urbano de Piúma, o que justifica a escolha do intervalo temporal de vinte e sete anos entre os três primeiros dados em ordem cronológica (1951-1978-2005) e de treze anos entre os dois últimos (2005-2018) para se constatar significativas alterações no canal e na malha urbana, além da necessidade de se trabalhar com fotografias aéreas para traçar o cenário do rio anterior à década de 2000, sendo que inexistem tais produtos cobrindo a área de estudo nas décadas de 1960, 1980 e 1990. Após o georreferenciamento dos dados cartográficos supracitados, criaram-se planos de informação em formato *shapefile* em formato de linha para delimitar as margens do rio em dois segmentos nos quatro anos considerados. Ressalta-se que, apesar da fotografia aérea de 1978 apresentar resolução espacial inferior aos demais dados, o mapeamento, em geral, não foi comprometido pela identificação do espelho d'água, em tons de cinza escuro, e das áreas marginais, em tons claros de cinza.

Em adição a isso, foram calculados o comprimento de ambas as margens e a largura máxima do rio em cada segmento e em cada ano. Pra tanto, foram traçados transectos (T1-T4) entre os pontos mais distantes de cada margem. Criaram-se planos de informação em formato de linha para os transectos e, após, o campo *lenght*

(comprimento) foi inserido nas tabelas de atributos de cada um dos dados vetoriais (margens e transectos) e, a partir da ferramenta *Calculate Geometry*, foram calculadas suas extensões em metros.

Em relação aos dados hidrológicos, o plano de informação Estação Pluviométrica foi interpolado para que as informações históricas dos registros de precipitação anuais no estado do Espírito Santo pudessem ser especializadas. Para tanto, utilizou-se a ferramenta *ArcToolbox* e os comandos *Spatial Analyst Tools*, *Interpolation* e *IDW*. Após, o dado interpolado foi recortado no limite da bacia pelo comando *Extract by Mask* e reclassificado em dez gradientes pluviométricos, variando de 1100 a 2100mm pelo comando *Reclassify*.

Pelo fato de inexistir estações tanto fluvio quanto pluviométricas no rio Piúma, área de estudo, e pelo o mesmo ser formado pela confluência dos rios Novo e Iconha, onde existem estações, foram levadas em consideração, a fim de análise, as estações fluviométricas mais próximas do ponto de encontro dos rios, que foram a de Pau d'Alho, no rio Novo (Anexo A) e a de Iconha-Montante, no rio Iconha (Anexo B).

Os dados compilados e analisados em tabelas e gráficos dizem respeito apenas aos valores históricos de vazão média pela necessidade de se trabalhar com dados oriundos de duas estações, operacionalizando a análise pelo fato de tal variável apresentar satisfatoriamente, para os fins deste trabalho, o comportamento hidrológico dos rios em uma perspectiva multitemporal, sendo a porção intermediária entre as vazões máxima e mínima. Para tanto, foi utilizado o *software Microsoft Excel*.

3.5 Segmentação da área de estudo

Para melhor compreender as alterações antrópicas nos cursos d'água no baixo curso da BHRN e suas repercussões socioambientais, fez-se necessária a segmentação da área de estudo em dois setores visando reunir as especificidades quanto ao uso e cobertura da terra de cada trecho delimitado para análise, que serão discutidos posteriormente.

3.6 Campanhas de campo

Buscando constatar empiricamente o cenário do curso d'água analisado e de outros setores no baixo curso da BHRN, foram realizadas três campanhas de campo. A primeira ocorreu no dia 22 de abril de 2018, a segunda no dia 27 de junho e a terceira no dia 12 de setembro de 2018, onde foram percorridos trechos do Vale do Orobó e marginais nos rios Piúma e do Canal de Itaputanga, além de pontes sobres estes e a orla do município. Para fins de registros fotográficos, foi utilizado um *smartphone* Motorola G5 e, para fins de localização, foi utilizado um *software* gratuito, em formato de aplicativo e cujo *download* foi feito no aparelho celular, chamado GPS Essentials.

A síntese dos procedimentos metodológicos está exposta no fluxograma a seguir (Figura 7).

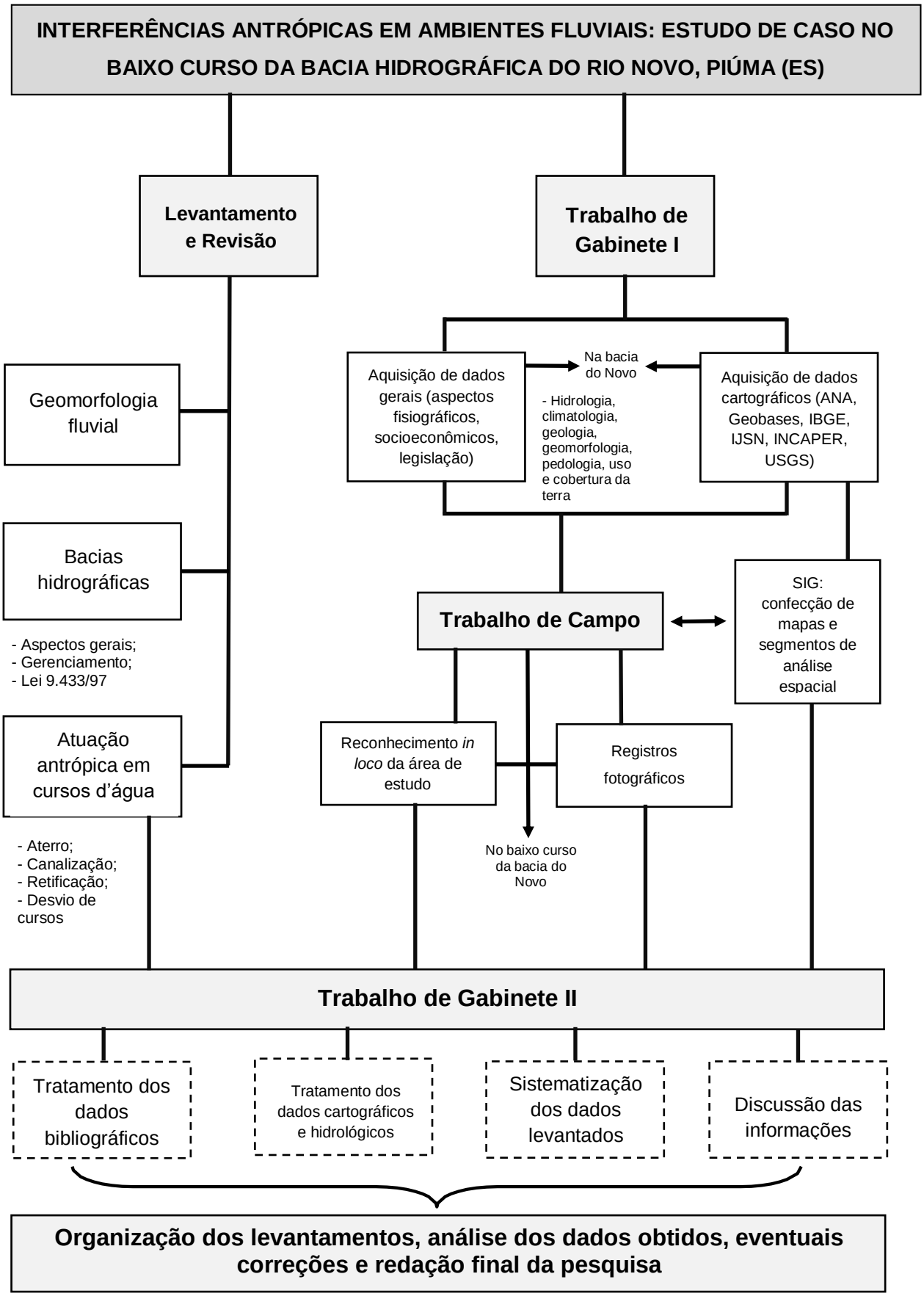


Figura 7. Fluxograma metodológico. Organização: autor.

4. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NOVO

Embora a pesquisa se desdobre especialmente sobre as repercussões de ações antrópicas no baixo curso da BHRN, compreendê-la de forma integradora, ou seja, também levando em consideração os seus alto e médio cursos é fundamental, uma vez que a bacia trata-se um único sistema. Interferências executadas nos trechos a montante podem refletir sobre condições observadas em trechos a jusante e vice-versa. Ao retificar um trecho do rio no baixo curso, como já foi apontado por Botelho (2011), os processos de erosão e de transporte que caracterizem os alto e médio cursos dos rios serão mais intensos, por conta da maior velocidade das águas a jusante provocada pela retificação. Por outro lado, o alto curso, por apresentar maior acúmulo de precipitação, aliada à seção transversal com encostas íngremes, propicia um maior escoamento superficial em direção à calha fluvial, tornando o rio mais volumoso e com águas mais rápidas, o que pode acelerar eventos de enchentes em trechos a jusante.

4.1 Localização e aspectos hidrológicos gerais

O rio Novo, que dá nome à bacia, localiza-se na região sul do estado do Espírito Santo, com aproximadamente 80 km de extensão e é, assim, um rio de domínio estadual. Este nasce no sopé da Serra do Richmond, no município de Vargem Alta, e sua foz localiza-se no município de Piúma onde, após confluir com o rio Iconha, passa a se denominar rio Piúma. A BHRN ocupa uma área de aproximadamente 762 km² entre as latitudes 20°36’00’’S e 20°57’30’’S e entre as longitudes 41°10’00’’W e 40°40’00’’W, abrangendo cinco municípios capixabas: Iconha, Itapemirim, Piúma, Rio Novo do Sul e Vargem Alta. A rede de drenagem da bacia possui uma malha que se estende por cerca de 440 km.

Por sua vez, o rio Iconha constitui o principal afluente do rio Novo, com comprimento de cerca de 24 km. Dessa forma, sua bacia hidrográfica constitui a principal sub-bacia da BHRN, detendo uma área aproximada de 208 km² (OLIVEIRA et al., 2015). Os municípios abrangidos por esta são Iconha, Rio Novo do Sul e Piúma. Outros

importantes afluentes da BHRN são os rios Guiomar, Ipeaçu, Santo Antônio e São Benedito.

Os rios Novo e Iconha possuem características distintas. Enquanto este é um rio que possui uma qualidade hídrica superior ao do Novo em virtude das quedas d'água ao longo do seu curso, que promovem uma maior oxigenação da água e ilustram os níveis de base locais ao longo da sub-bacia, aquele se enquadra mais como um rio de planície em virtude da sua extensa planície fluvial situada no seu baixo curso, onde predominam processos deposicionais e há muita matéria orgânica que, após entrar em decomposição, consome oxigênio da água (A TRIBUNA, 2007).

Uma vez que alguns núcleos urbanos surgiram e se desenvolveram de forma negligente à dinâmica dos ambientes fluviais na bacia, ocupando áreas inundáveis ao longo dos três rios supracitados, não é incomum registrar episódios de inundações nos municípios de Iconha, Piúma e Rio Novo do Sul, trazendo como principais consequências as perdas materiais e humanas.

Outro empecilho observado na BHRN é o assoreamento, agravado pelas construções em áreas marginais impróprias e retirada da mata ciliar e, assim, condicionado pela maior chegada de sedimentos que, acumulados, podem originar bancos e ilhas, reduzindo a capacidade do canal, favorecendo as inundações e alterando a qualidade da água (CUNHA, 2008). Esse quadro é observado, também, na foz do rio Piúma presente no segmento dois, que é do tipo estuário e afeta a movimentação de embarcações de pescadores locais, que só conseguem chegar aos píeres ou cais com marés muito altas, não havendo passagem para barcos de médio porte (A TRIBUNA, 2007).

Outros pontos que merecem destaque são os padrões retilíneos observados ao longo do baixo curso dos rios Novo e Iconha, que sugerem interferência antrópica na sua morfologia e os vários canais de drenagem artificiais existentes em áreas adjacentes ao longo do baixo curso da BHRN, construídos com o objetivo de melhor aproveitar as águas fluviais a serem utilizadas na agricultura e pecuária (Figura 8). Nesse cenário, destaca-se o Canal de Itaputanga, que ainda é motivo de discussão entre atores políticos e sociais. Em adição a isso, há o rio Piúma que, em um prévio levantamento de fotografias aéreas antigas, apresentou, outrora, uma morfologia sinuosa em um trecho específico que, atualmente, encontra-se retilíneo.

Figura 8. A) Trecho retificado do rio Novo percorrendo o Vale do Orobó. B) Área alagada localizada na planície de inundação do rio. A seta amarela indica a direção do fluxo hídrico. Arquivo pessoal do autor (abr./2018).

4.2 Aspectos climatológicos

Amarante (2009) discorre que o relevo complexo do Espírito Santo é um fator decisivo para o clima do estado, que apresenta temperaturas mais baixas a oeste e as mais altas a leste, nas planícies costeiras. Na maior parte do território capixaba, as temperaturas são superiores a 18ºC ao longo do ano, com exceção das partes mais elevadas da região serrana, onde as temperaturas podem ter médias inferiores a 10ºC nos meses de inverno.

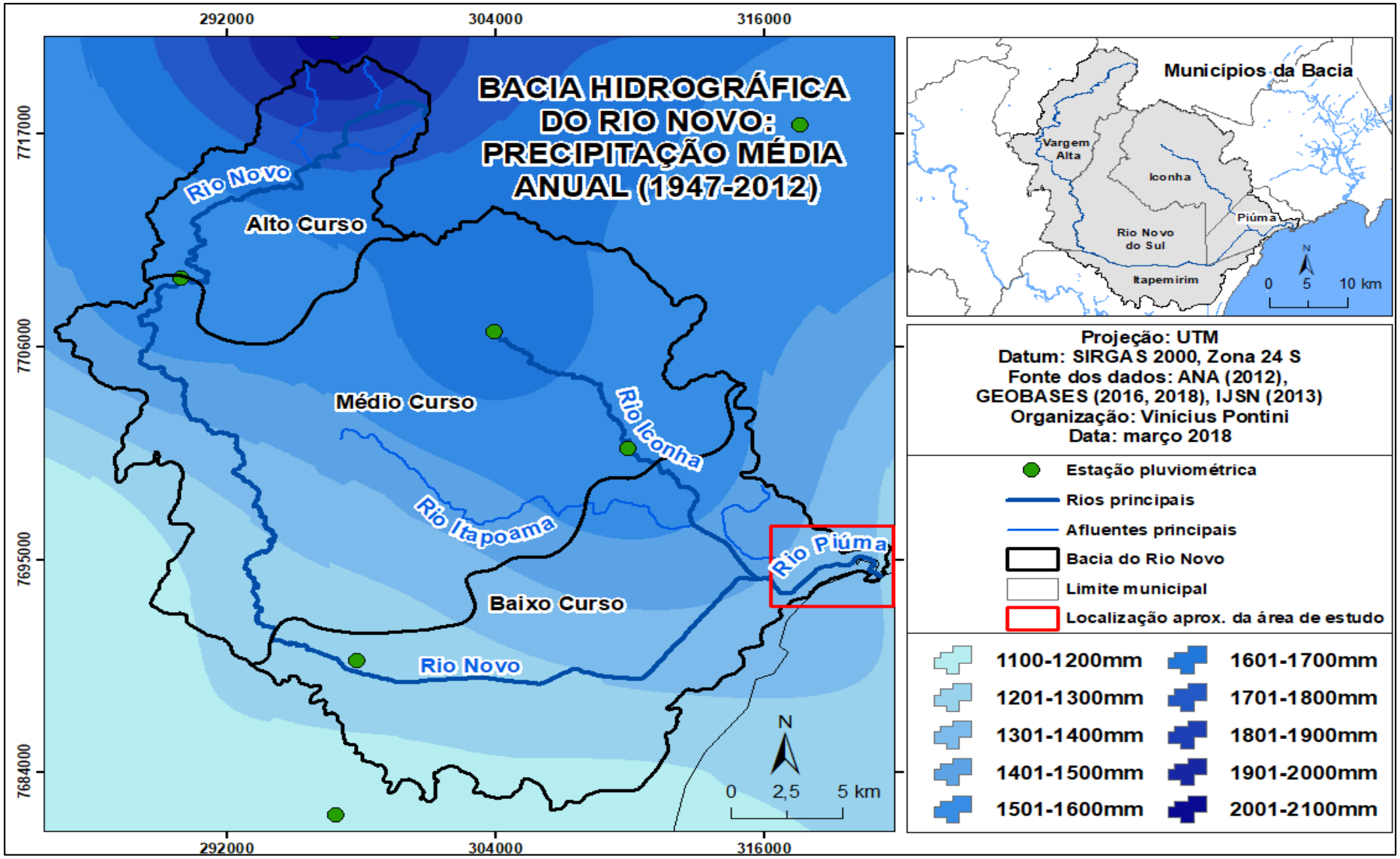
Segundo a classificação de Köppen, dois tipos climáticos predominam na BHRN: a) o Tropical Úmido de Altitude (mesotérmico) sem estação seca (Cf), encontrado nas áreas interioranas, mais elevadas, com os maiores índices de precipitação e com temperatura média anual entre 18 e 22ºC (INCAPER, 2015); e b) Clima Tropical Úmido ou Superúmido (Af), sem estação seca, localizado na faixa litorânea da bacia, com os

menores índices de precipitação e com temperatura média anual superior a 24ºC (INCAPER, 2015).

Os gradientes de pluviosidade (Mapa 3) e temperatura são influenciados, além do relevo, pela atuação de sistemas atmosféricos específicos na bacia. Observa-se o aumento do índice de precipitação acompanha o aumento das cotas topográficas, apresentando, assim, os maiores números nas áreas mais elevadas. No alto curso, oscila entre 1501 e 2100mm; no médio curso é da ordem entre 1100 e 1700mm; e no baixo curso varia entre 1100 e 1600mm.

Em relação ao efeito orográfico Vervloet (2014), ao estudar a climatologia dinâmica da Bacia Hidrográfica do Rio Benevente, vizinha à BHRN, explica que o gradiente de precipitação observado naquela é resultado desse efeito na distribuição das chuvas. A disposição das escarpas ao longo da bacia possui importantes implicações nos processos de precipitação, sobretudo no efeito do barlavento, gerando processos diferenciais na velocidade de subida das massas de ar e, portanto, interferindo na precipitação (NIMER, 1972[11]; MONTEIRO, 1973[12], apud VERVLOET, 2014). Tais informações podem ser aplicadas na BHRN, que compartilha características geológicas e geomorfológicas semelhantes à do rio Benevente.

[11] NIMER, E. Climatologia da Região Sudeste do Brasil. Introdução à Climatologia Dinâmica. Revista Brasileira de Geografia, 1972, ano 34, n. 1, jan./mar.
[12] MONTEIRO, C. A. F. de. A frente polar atlântica e as chuvas de invernos na fachada sul-oriental do Brasil. São Paulo, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, Série Teses e Monografias, n. 1, 1969.



Mapa 3. Mapa da precipitação média anual (1947-2012) da Bacia Hidrográfica do Rio Novo.

4.3 Aspectos geológicos e geomorfológicos

4.3.1 Geologia

No que tange à geologia da bacia, predominam, do litoral em direção ao interior, as seguintes unidades geológicas: 1) Depósitos Fluviais Argilo-Arenosos e Arenosos Recentes; 2) Depósitos Flúvio-Lagunares Recentes; 3) Grupo Barreiras; 4) Complexo Nova Venécia; 5) Maciço Iconha; e 6) Maciço Rio Novo do Sul (CPRM/SGB, 2015).

1) Depósitos Fluviais Argilo-Arenosos

Os depósitos fluviais têm sua gênese datada do limite entre o Pleistoceno e o Holoceno e são constituídos de sedimentos argilo-arenosos de planícies de inundação e arenosos de paleocanais e canais atuais encontrados nos vales, frequentemente acima do limite atingido pela última transgressão. Tais sedimentos se constituem depósitos aluviais e coluviais indiferenciados e foram reunidos em um único grupo, pois podem ser encontrados em tais vales depósitos de idades distintas que não podem ser separados em um mapeamento em escala de reconhecimento.

2) Depósitos Flúvio-Lagunares Recentes

Têm idade holocênica. Nas zonas baixas, separando terraços arenosos pleitocênicos e holocênicos ou nos cursos inferiores de grandes vales fluviais, existem sedimentos sílticos e/ou arenoargilosos ricos em matéria orgânica, podendo de forma frequente conter grande quantidade de conchas de moluscos de ambientes lagunares. Devido à fase de submersão, que aconteceu no nível máximo de 5.100 AP, ocorreu a invasão do litoral pelo mar formando sistemas lagunares detrás de ilhas-barreiras.

3) Complexo Nova Venécia

Formado de paragnaisses peraluminosos, ricos em biotita, cordierita, granada e/ou sillimanita, com intercalações de cordierita granulito e rocha calcissilicática (CPRM/SGB, 2015). Este complexo tem sua gênese datada do Neoproterozoico e encontram-se recobertos por sedimentos do Grupo Barreiras e aflora, geralmente, sob a forma de lajedos nas vertentes dos vales dos principais cursos d'água.

4) Grupo Barreiras

Outrora conhecido como Formação Barreiras, abrange uma cobertura sedimentar terrígena continental com idade atribuída ao intervalo de tempo que varia do Mioceno até o Plioceno-Pleistoceno, detendo depósitos detríticos pobremente selecionados, com granulometria de cascalho, areia e argila, geralmente contendo horizontes lateríticos. Esse sedimentos têm grande ocorrência na costa brasileira, prologando-se desde o litoral do Pará, por toda a região costeira norte e nordeste, até o estado do Rio de Janeiro. Durante o Quaternário, as fases de erosão que se seguiram à deposição desses sedimentos resultaram na dissecação da superfície pós-Barreiras em modelados residuais de topos planos e encostas íngremes, sendo os Tabuleiros Costeiros os mais importantes representantes. Contudo, mais recentemente, tem-se mostrado a influência de oscilações eustáticas na sua origem e deposição até em ambientes transicionais e marinhos rasos. Geralmente, os sistemas deposicionais do Grupo Barreiras têm sido associados a leques aluviais e fluviais entrelaçados, acompanhados de frequentes depósitos gravitacionais.

5) Maciço Iconha

Está retratado por dois corpos, um ao norte e outro ao sul, onde se situa a cidade homônima. Ambos os corpos estão separados entre si por paragnaisse peraluminoso (rico em biotita, cordierita, granada e/ou sillimanita) com intercalações de cordierita granulito e rocha calcissilicática do Complexo Nova Venécia. Féboli (1993[13], apud

[13] FÉBOLI, W. L. Piúma, folha SE.24-Y-C-VI, estado do Espírito Santo: texto explicativo. Brasília: DNPM; CPRM, 1993b. 114 p., il. Escala 1:100.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.

CPRM/SGB, 2015) nomeou para fins descritivos o corpo ao norte de Alfredo Chaves e, ao sul, de Iconha. Segundo este autor, tais corpos são compostos por uma sequência de rochas dioríticas a granodioríticas circundadas por rochas graníticas.

6) Maciço Rio Novo do Sul

Localiza-se ao redor da cidade homônima e, de acordo com Féboli (1993, apud CPRM/SGB, 2015) predominam rochas granodioríticas que variam localmente a graníticas. Subordinadamente, ocorrem quartzo-dioritos, monzonitos e dioritos.

4.3.2 Geomorfologia

Coelho et al. (2012) classificam o relevo capixaba em três classes geomorfológicas distintas: 1) Morfoestruturas; 2) Regiões; e 3) Unidades. No que tange à BHRN, a mesma apresenta as classes e suas subdivisões principais dispostas no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2. Classes do relevo capixaba propostas por Coelho et al. (2012) e as suas subclasses que ocorrem, predominantemente, na BHRN.

Classe	Subclasse
Morfoestruturas	Depósitos Sedimentares Faixa de Dobramentos Remobilizados
Regiões	Piemontes Inumados Planaltos da Mantiqueira Setentrional
Unidades	Tabuleiros Costeiros Maciços do Caparaó I

Organização: autor.

Para este trabalho foi elaborado o mapeamento das Unidades Geomorfológicas da BHRN por se tratar do maior nível de aproximação entre as classes propostas.

1) Morfoestruturas Geomorfológicas da BHRN

Os Depósitos Sedimentares são caracterizados pela presença de sedimentos arenosos e argiloarenosos com granulometria de cascalho, principalmente do Grupo Barreiras e dos ambientes litorâneos, depositados durante o Cenozoico. As Faixas de Dobramentos Remobilizados caracterizam-se pelas evidências de movimentos crustais, com marcas de falhas, deslocamentos de blocos e falhamentos transversos, mostrando nítido controle estrutural sobre a atual morfologia (COELHO et al., 2012).

2) Regiões Geomorfológicas da BHRN

Os Piemontes Inumados são formados por sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras que foram depositados sobre o embasamento muito modificado, o que dificulta, muitas vezes, a diferenciação dos ambos os materiais. Os sedimentos apresentam espessura variada e disposição suborizontal, com mergulho para leste, em direção ao Oceano Atlântico (COELHO et al., 2012). Os Planaltos da Mantiqueira Setentrional dispõem de uma formação planáltica que possui aspecto montanhoso bastante dissecado, incluindo altitudes variadas geralmente em níveis altimétricos que relacionam-se com as fases de dissecação impulsionada pelos rios, adaptados às fraquezas litológicas e estruturais (COELHO et al., 2012).

3) Unidades Geomorfológicas da BHRN

Dados quantitativos sobre essa classe encontram-se na Tabela 3, além do mapeamento da mesma estar presente no Mapa 4.

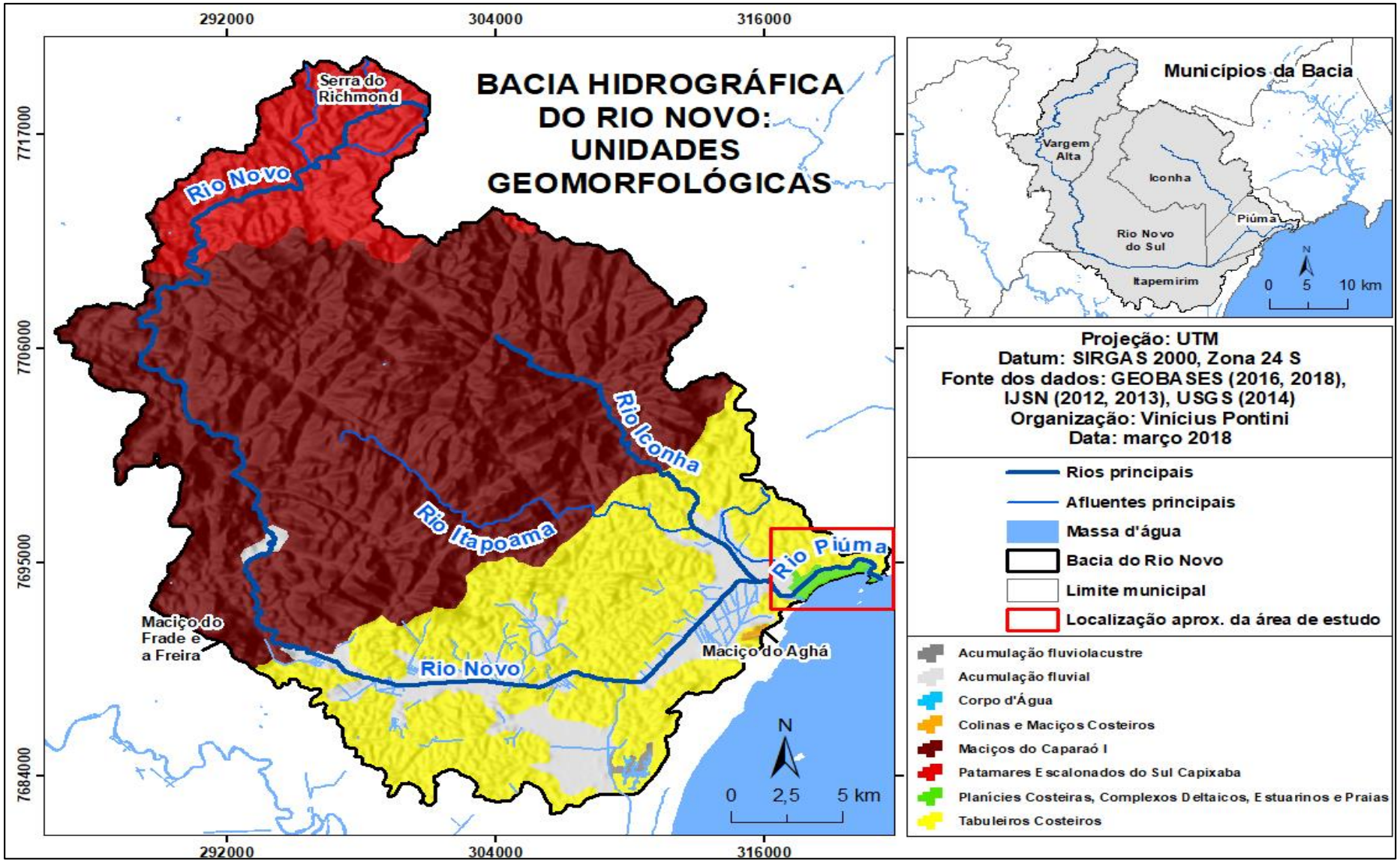
Tabela 3. Unidades Geomorfológicas ocorrentes na BHRN, segundo Coelho et al., 2012.

Unidade Geomorfológica	Área (km²)	Percentual da Área na Bacia (%)
Acumulação Fluvial	51,31	6,74
Acumulação Fluviolacustre	0,94	0,12
Corpo d'Água	8,77	1,15
Colinas e Maciços Costeiros	0,69	0,09
Maciços do Caparaó I	**431,04**	**56,56**
Patamares Escalonados do Sul Capixaba	80,53	10,57
Planícies Costeiras, Complexos Deltaicos, Estuarinos e Praias	2,32	0,3
Tabuleiros Costeiros	**186,55**	**24,47**

Organização: autor. Em negrito estão as Unidades que predominam na bacia.

Os Tabuleiros Costeiros distribuem-se, de forma geral e para além da bacia, desde o sopé das elevações cristalinas, representadas pelas unidades Chãs Pré-Litorâneas, Depressão Marginal, Patamares Escalonados do Sul Capixaba, Maciços do Caparaó I e Baixadas Litorâneas até as Planícies Quaternárias.

É preciso destacar que no mapeamento realizado os limites entre os tabuleiros e, especialmente, as colinas, não estão bem definidos em virtude da dificuldade de diferenciá-los, a nível estadual, no dado vetorial disponibilizado, que é, todavia, o mais adequado para o cenário capixaba.



Mapa 4. Mapa das Unidades Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Novo.

Sua formação data do Plioceno, onde existia um clima semiárido sujeito às chuvas pontuais torrenciais, formando grandes faixas de leques aluviais. São marcados por um relevo baixo de encostas pouco inclinadas com altimetria variando de 50 a 60m, apresentando topos planos e de grande extensão delimitados por vales oriundos da dissecação dos tabuleiros com sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras formados por areias e argilas variegadas com eventuais linhas de pedra, dispostos em camadas com espessuras variadas.

Representa a segunda unidade mais expressiva na bacia do Novo, abrangendo uma área de 183,25 km² que ocupa 24,1% da bacia e se distribui, sobretudo, entre as unidades dos Maciços do Caparaó I e as Planícies Costeiras, Complexos Deltaicos, Estuarinos e Praias, apresentando em seu interior áreas de acumulação fluvial preenchidas em seus vales e planícies de inundação.

Os Maciços do Caparaó I são descritos por Coelho et al. (2012) juntamente com a unidade Maciços do Caparaó II, caracterizando-se por um modelado altamente dissecado com altitudes médias em torno de 600m, marcado por grandes elevações maciças, podendo superar os 2.000m de altitude. A conjugação de influencias dos eventos tectônicos nessas rochas e de climas predominantemente úmidos é notada nas formas de dissecação intensamente orientadas por falhas intercruzadas, escarpas adaptadas e falhas e elevações residuais.

Representam a unidade de maior área da bacia, totalizando 426,75 km² e ocupando 55,99% da mesma, distribuindo-se entre as unidades dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba e dos Tabuleiros Costeiros.

Os autores também destacam a geomorfologia do estado no que tange aos seus modelados, englobando os de acumulação, aplanamento e dissecação. Aqui, será citado apenas o modelado de acumulação fluvial, que abrange áreas significativas do baixo curso da BHRN. Este, conforme Coelho et al. (2012) é formado por uma área plana que resulta de acumulação fluvial sujeita à inundações periódicas, correspondentes às várzeas ou planícies de inundação atuais, ocorrendo nos vales com preenchimento aluvial.

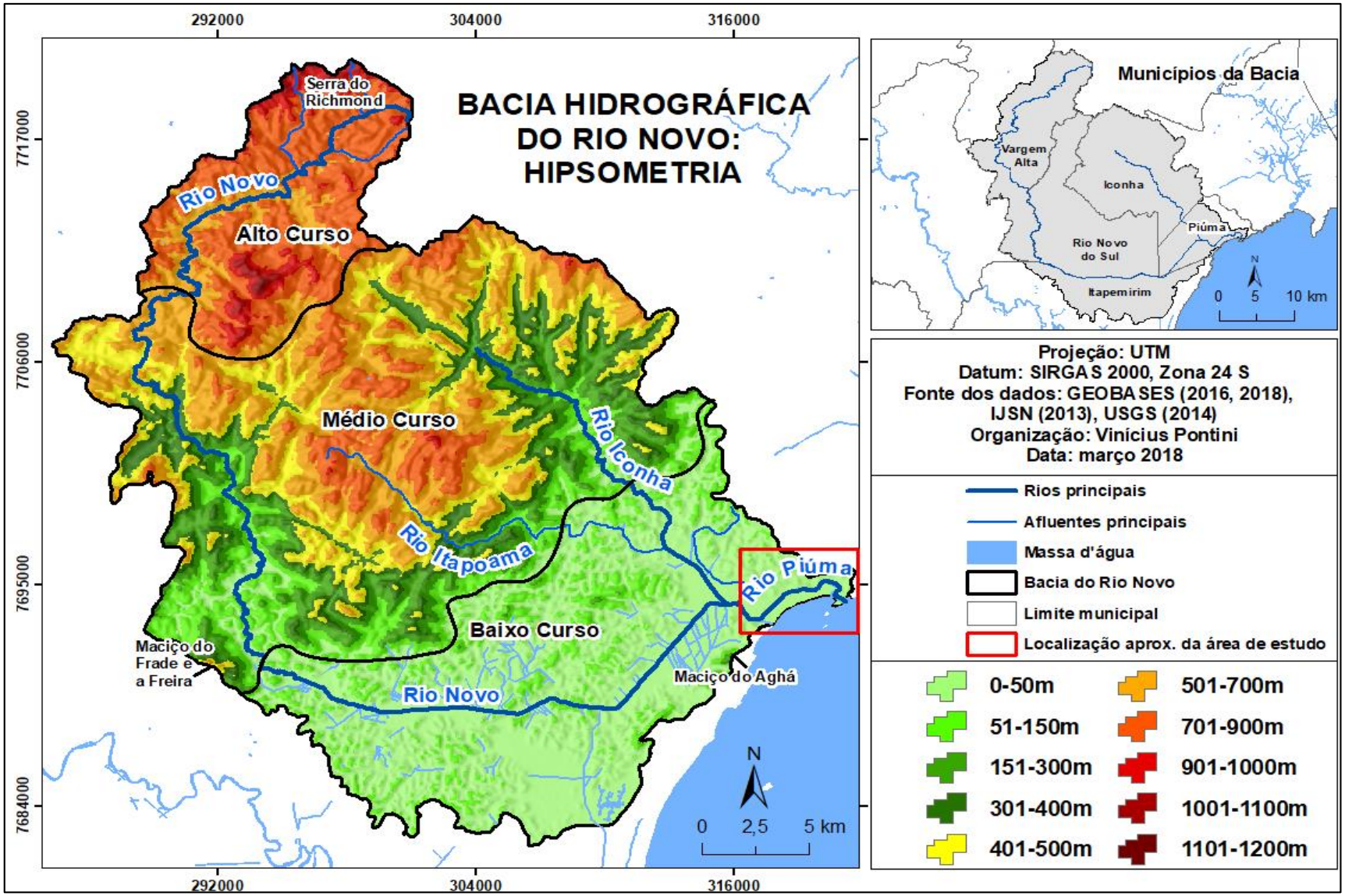
C) Hipsometria

O mapa hipsométrico gerado para a bacia do Novo permite compreender com mais detalhe as características do relevo da mesma (Mapa 5), cujas cotas altimétricas variam entre 0 e 1200m. A nascente do rio Novo situa-se à noroeste das suas fozes (rio Piúma), na Região Serrana, a uma altitude média entre 1001 e 1100m e o rio corre predominantemente, ao longo de toda a sua extensão, nos sentidos NE-SW e NW-SE. A altitude decai paulatinamente em um sentido principal (NW-SE), da nascente às fozes. Informações quantitativas também se encontram na Tabela 4.

Tabela 4. Hipsometria da BHRN.

Cota Altimétrica	Área (km²)	Percentual da Área na Bacia (%)
0-50m	**224,91**	**29,53**
51-150m	89,99	11,81
151-300m	58,34	7,66
301-400m	54,77	7,19
401-500m	75,82	9,95
501-700m	**132,77**	**17,43**
701-900m	**109,06**	**14,32**
901-1000m	12,26	1,61
1001-1100m	3,66	0,48
1101-1200m	0,15	0,02

Fontes: USGS (2014).
Organização: autor. Em negrito estão as cotas que predominam na bacia.



Mapa 5. Mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Novo.

Em geral, os cursos superiores dos rios são marcados por relevo elevado, alta declividade das vertentes, alta velocidade da água, com corredeiras e predominância de processos erosivos, leito com lajedos, cascalho e areia grossa. O alto curso do Novo, assim, é marcado por cotas altimétricas que vão, majoritariamente, de 701 a 1200m. Contudo, as maiores declividades mais acentuadas encontram-se no seu médio curso.

Os cursos médios fluviais são destacados por relevo ondulado, diminuição da declividade e da velocidade da água, baixa erosão e pouca deposição, sedimentos arenosos e pouco cascalho no canal. As cotas altimétricas do médio Novo abrangem, majoritariamente, as altitudes entre 700 e 150m e alta declividade, discutida posteriormente.

Por fim, os cursos inferiores dos rios caracterizam-se por relevo suave a plano, declividade e velocidade da água baixas, grandes planícies de inundação e predominância de processos deposicionais. O baixo curso do Novo situa-se inteiramente em um gradiente altimétrico que varia de 300 a 0m, percorrendo uma extensa área conhecida como Vale do Orobó, constituindo uma grande planície de inundação principalmente do rio Novo e, também, dos rio Iconha e Piúma.

Com base no trabalho de Deina (2013) gerou-se o perfil longitudinal aproximado do rio Novo (Figura 9) que, em adição às cotas altimétricas, ao percurso do mesmo na bacia, ao arranjo estrutural e aos divisores topográficos determinaram os alto, médio e baixo cursos da bacia.

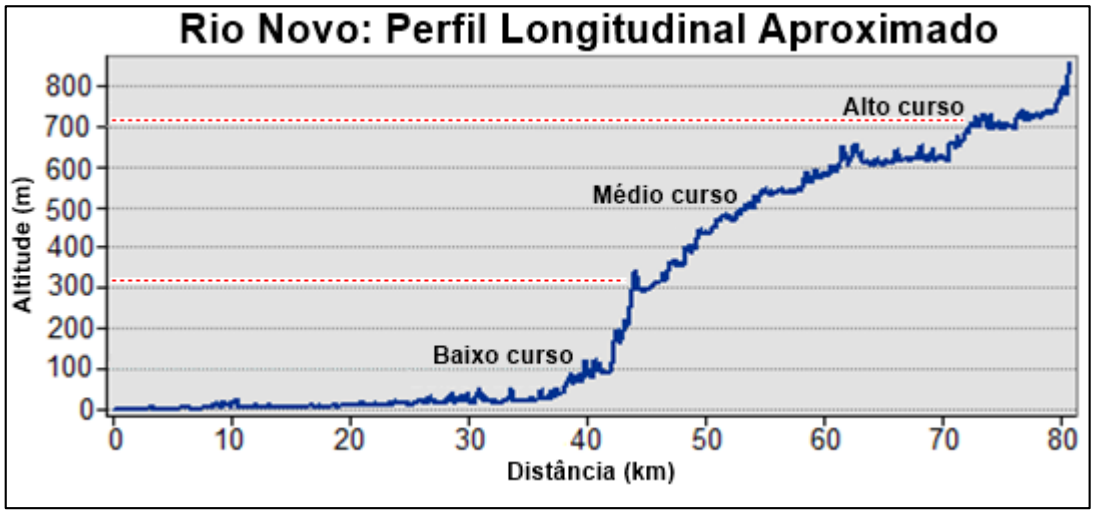


Figura 9. Perfil longitudinal aproximado do rio Novo. As setas vermelhas tracejadas representam os limites entre os alto, médio e baixo cursos.

D) Declividade

Outro produto gerado foi o mapa de declividade da BHRN (Mapa 6), que representa as classes de relevo de acordo com a classificação da Embrapa (2006), que leva em consideração o percentual de declividade: Plano (0-3%); Suave Ondulado (3-8%); Ondulado (8-20%); Forte Ondulado (20-45%); Montanhoso (45-75%) e Escarpado (>75%) (Tabela 5).

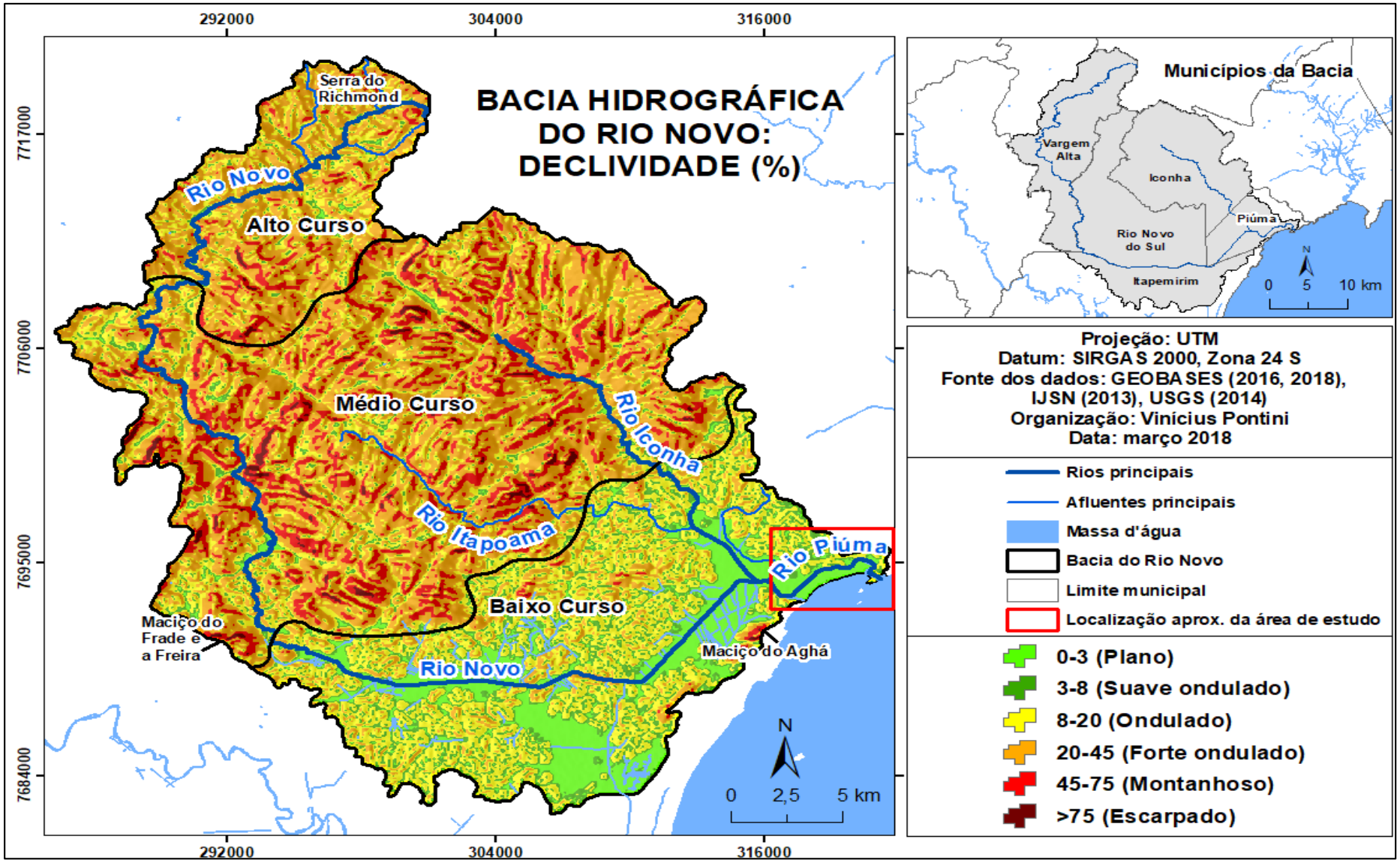
Tabela 5. Padrões de declividade do relevo na BHRN.

Percentual de Declividade (%)	Classe	Área (km²)	Percentual da Área na Bacia (%)
0-3	Plano	70,12	9,2
3-8	Suave Ondulado	67,66	8,88
8-20	**Ondulado**	**213,97**	**28,09**
20-45	**Forte Ondulado**	**321,18**	**42,1**
45-75	Montanhoso	82,29	10,9
>75	Escarpado	6,54	0,83

Fontes: EMBRAPA (2006); USGS (2014).
Organização: autor. Em negrito estão as classes que predominam na bacia.

Observa-se que as classes predominantes na bacia são duas: Ondulado e Forte Ondulado. Ambas se distribuem-se, majoritariamente, ao longo dos cursos médio e superior do Novo, ou seja, em porções interioranas. A classe Ondulado corresponde à 28,09% da bacia, ao passo que a Forte Ondulado representa 42,1%. Em contrapartida, as classes Montanhoso e Escarpado compõem, respectivamente, 10,8 e 0,87% da bacia. No baixo curso, foco dessa pesquisa, as classes predominantes são Plano e Suave Ondulado. Esta corresponde a 8,88% da bacia, ao passo que aquela representa 9,2%.

Observa-se, genericamente, que o relevo da BHRN apresenta um caráter acidentado e dois domínios distintos, levando em consideração a geologia: o cristalino, formado majoritariamente por rochas magmáticas (granitos) e metamórficas (gnaisses), onde encontram-se as Unidades Geomorfológicas Maciços do Caparaó I e Patamares Escalonados do Sul Capixaba, além das Colinas e Maciços Costeiros, apresentando



Mapa 6. Mapa de declividade do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Novo.

as declividades mais acentuadas; e o sedimentar, formado por rochas sedimentares e englobando, majoritariamente, as Unidades Geomorfológicas Tabuleiros Costeiros e Planícies Costeiras, Complexos Deltaicos, Estuarinos e Praias, que apresentam os índices de declividades mais suaves.

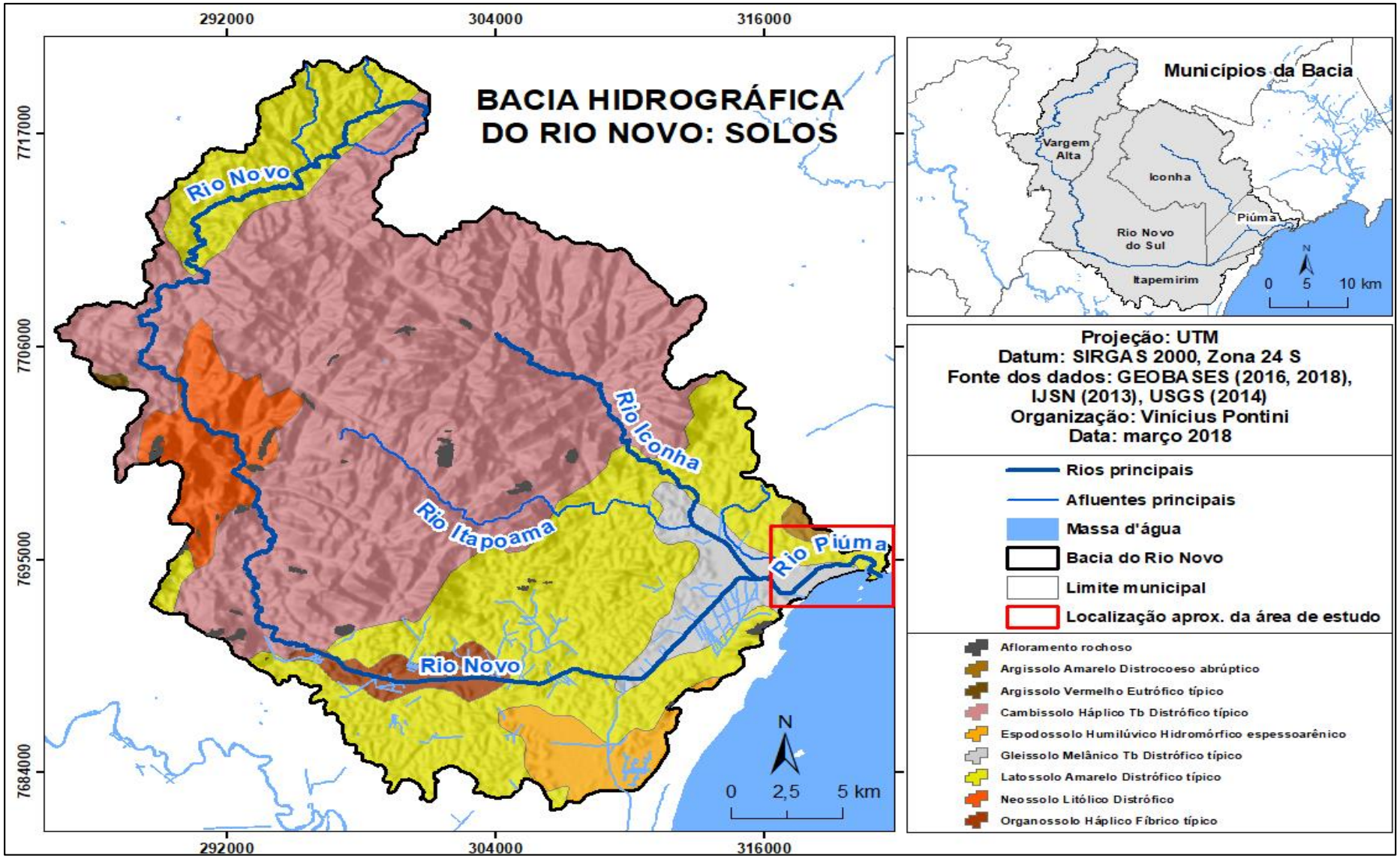
4.4 Aspectos pedológicos

As duas principais classes de solos que ocorrem na bacia são, levando em consideração sua extensão: A) Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico; e B) Latossolo Amarelo Distrófico típico. Informações quantitativas destas e demais classes, bem como sua distribuição ao longo da bacia encontram-se na Tabela 6 e no Mapa 7.

Tabela 6. Tipologias de solos ocorrentes na BHRN.

Tipo de Solo	Área (km²)	Percentual da Área na Bacia (%)
Argissolo Amarelo Distrocoeso abrúptico	2,61	0,34
Argissolo Vermelho Eutrófico típico	0,97	0,13
Cambissolo Háplico Tb Distrocoeso típico	**400,52**	**52,55**
Espodossolo Humilúvico Hidromórfico espessoarênico	23,21	3,05
Gleissolo Melânico Tb Distrocoeso típico	35,23	4,62
Latossolo Amarelo Distrófico típico	**242,01**	**31,75**
Neossolo Litólico Distrocoeso	41,67	5,47
Organossolo Háplico Fíbrico típico	15,93	2,09

Fontes: EMBRAPA(2006); Geobases (2016).
Organização: autor. Em negrito estão os tipos de solos que predominam na bacia.



Mapa 7. Mapa de tipologia de solos Bacia Hidrográfica do Rio Novo.

A) Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico

Os Cambissolos representam um grupamento de solos pouco desenvolvidos com horizonte B incipiente. O critério usado na sua identificação é o desenvolvimento de horizonte B incipiente em sequência a horizonte superficial de qualquer natureza, incluindo o horizonte A (EMBRAPA, 2006). Distrófico, possui fertilidade média à baixa e associa-se a relevo forte ondulado e montanhoso.

É um solo de baixíssima permeabilidade e pouco profundo e, frequentemente, cascalhento, sendo considerado jovem por conter minerais primários e altos teores de silte, mesmo em horizontes superficiais (DEINA, 2013). O grau de suscetibilidade dos Cambissolos à erosão é variável, dependendo da sua profundidade, da declividade do terreno, dentre outros fatores (GUERRA; BOTELHO, 1998). Seu caráter típico significa que não apresenta características extraordinárias ou intermediárias para outras classes, simbolizando o conceito central da classe (EMBRAPA, 2006).

É o tipo de solo mais expressivo na bacia, se distribuindo ao longo de uma área de 400,52 km², o que representa 52,55% da mesma, mais da metade. Situa-se em áreas interioranas da bacia, marcadas pelas mais elevadas cotas altimétricas e pela alta declividade do relevo.

B) Latossolo Amarelo Distrófico típico

Os Latossolos representam um grupamento de solos com horizonte B latossólico. O critério utilizado na sua identificação é o desenvolvimento de horizonte B diagnóstico latossólico, em sequência a qualquer tipo de horizonte A e aumento de teor de argila do horizonte A para o B pouco acentuado.

A cor do horizonte diagnóstico subsuperficial do solo é amarelo e, em geral, é bem drenado e normalmente apresenta alta profundidade. Deina (2013) discorre que este solo costuma ser ácido, com baixa saturação por bases, além de estar distribuído, sobretudo, por extensas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, também podendo ocorrer em áreas mais acidentadas e de relevo montanhoso. Sua gênese provém dos mais diversos tipos de rochas e sedimentos sob várias condições climáticas e vegetativas.

Geralmente, os Latossolos apresentam reduzida suscetibilidade à erosão em virtude da boa permeabilidade e drenabilidade e a pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B (GUERRA; BOTELHO, 1998).

É o segundo tipo de solo mais abrangente na BHRN, ocupando uma área de 242,01 km², o que representa 31,75% da área da bacia. Situa-se, majoritariamente, em áreas de hipsometria e declividade do relevo mais baixos quando comparados àqueles do solo anterior. Todavia, também ocorre em áreas mais elevadas próximas à nascente do Novo. Ambos os solos, por se situarem, predominantemente, em relevo plano a ondulado, podem, dependendo da sua espessura e da rede de drenagem, favorecer a mecanização e práticas agrícolas variadas, com ou sem irrigação.

Além disso, também ocorrem as seguintes classes de solos na BHRN: c) Argissolo Amarelo Distrocoeso abrúptico; d) Argissolo Vermelho Eutrófico típico; e) Espodossolo Humilúvico Hidromórfico espessoarênico; f) Gleissolo Melânico Tb Distrófico típico; g) Neossolo Litólico Distrófico; e h) Organossolo Háplico Fíbrico típico. Por recobrir uma considerável área no baixo curso da BHRN, também será dado enfoque ao Gleissolo Melânico Tb Distrófico típico.

Os Gleissolos ocupam planícies aluviais, várzeas e áreas deprimidas por todo o Brasil, a exemplo do Vale do Orobó. São classificados como Glei Melânico quando apresentam, sobre o horizonte gleizado diagnóstico, um horizonte A espesso, escuro e com teor relativamente elevado de matéria orgânica (GUERRA; BOTELHO, 1998). Quando distróficos, são muito ácidos e, quanto à erosão, não apresentam consideráveis limitações por se localizarem em áreas planas que não favorecem o escoamento.

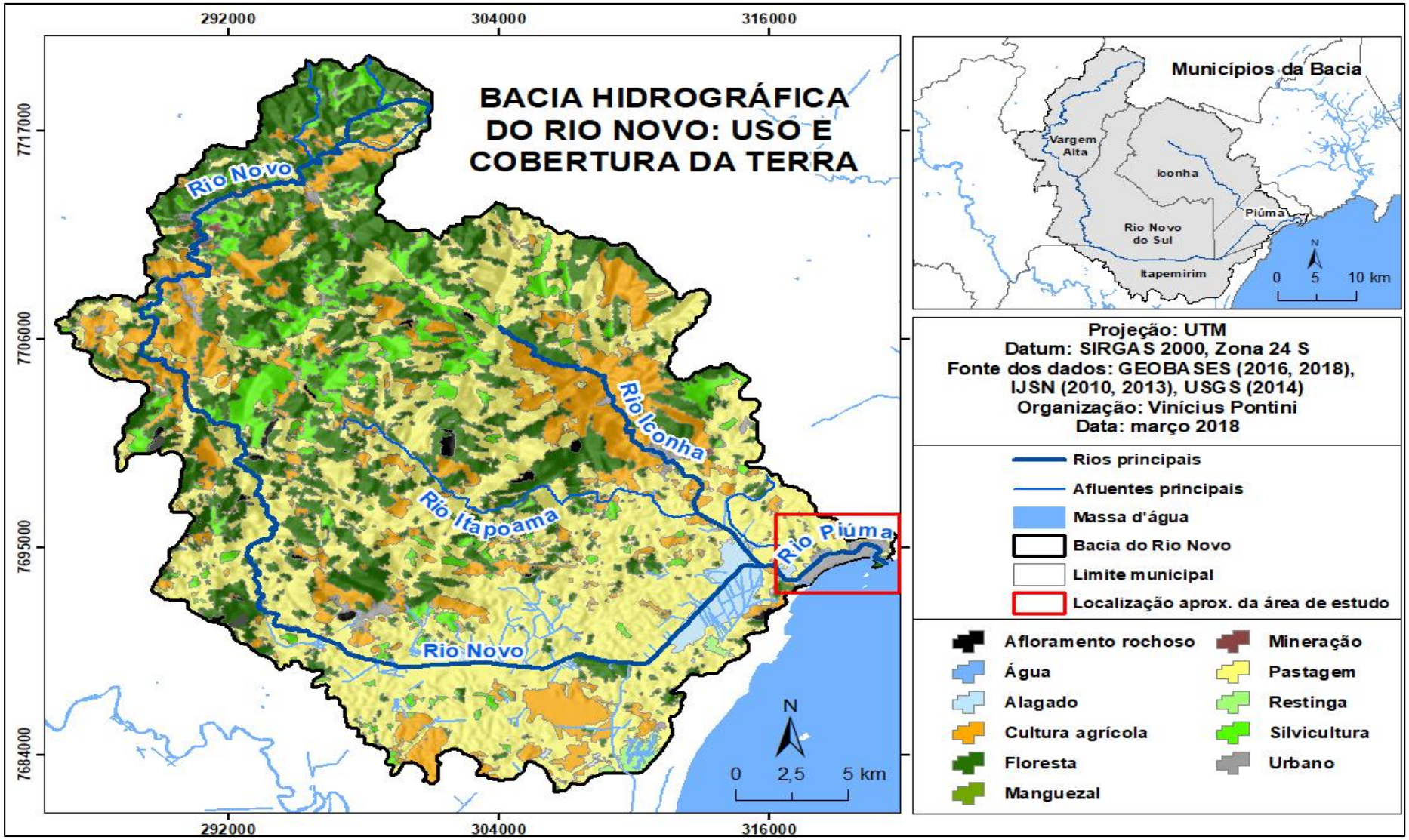
4.5 Uso e cobertura da terra na bacia e aspectos socioeconômicos

A Tabela 7 apresenta informações sobre a expressão de cada tipo de uso e cobertura da terra na bacia, ao passo que o Mapa 8 mostra sua distribuição espacial na BHRN.

Tabela 7. Uso e cobertura da terra na BHRN.

Tipo de uso	Área (km²)	Percentual da Área na Bacia (%)
Afloramento rochoso	4,37	0,57
Água	1,86	0,24
Alagado	12,63	1,66
Cultura agrícola	**124,61**	**16,35**
Floresta	**195,38**	**25,64**
Manguezal	0,2	0,03
Mineração	1,13	0,15
Pastagem	**343,31**	**45,05**
Restinga	2,82	0,36
Silvicultura	65,7	8,62
Urbano	10,14	1,33

Fonte: IJSN (2010).
Organização: autor. Em negrito estão os tipos de uso que predominam na bacia.



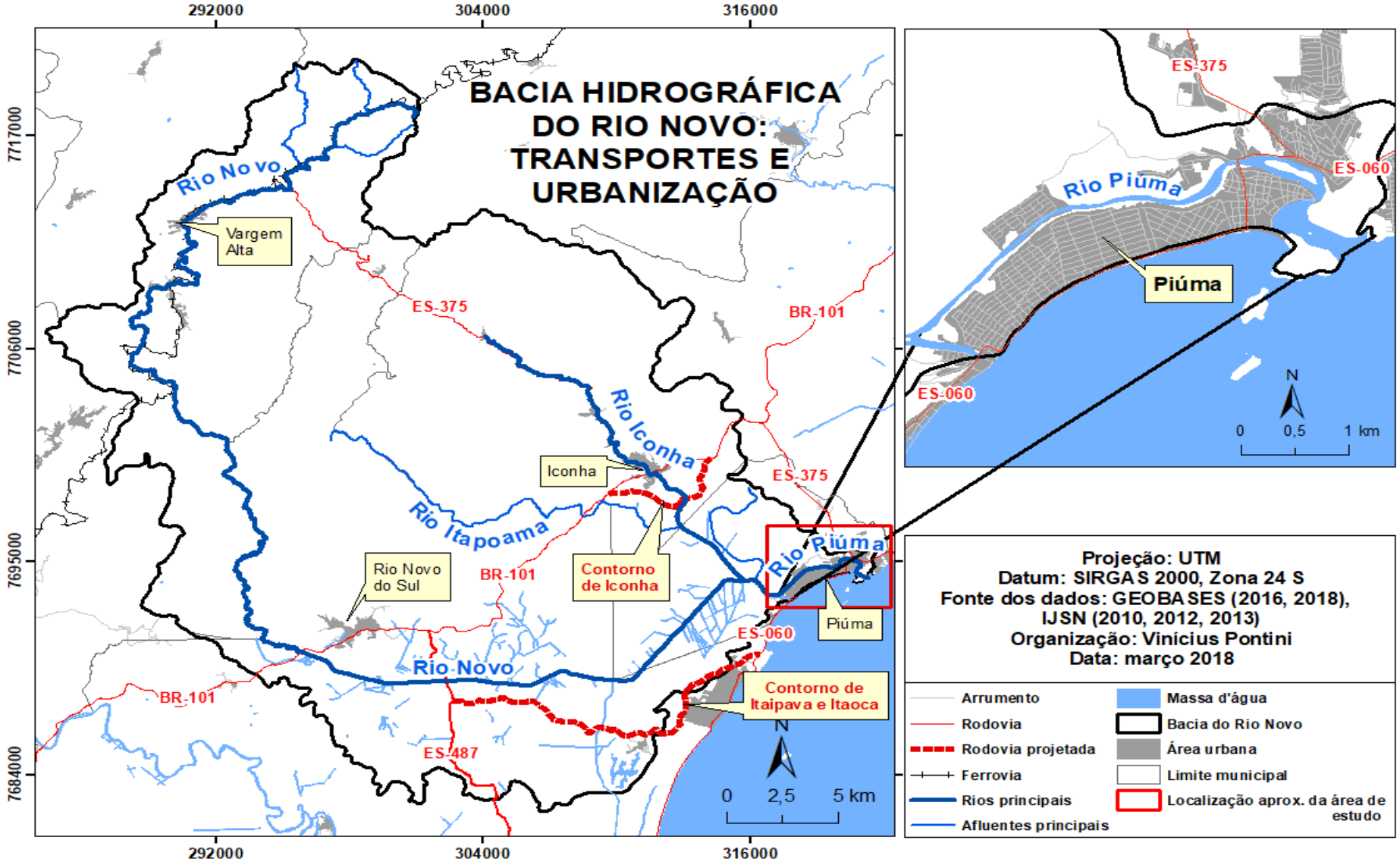
Mapa 8. Mapa do uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Novo.

O tipo de uso mais predominante na bacia é o de pastagem, ocupando 343,31 km² ou 45,05% da área da bacia. As áreas de pastagem localizam-se, predominantemente, na porção de domínio sedimentar da bacia, onde a declividade do relevo e a topografia são menos acentuadas, favorecendo esse uso e, além disso, nota-se uma grande área de pastagem ao longo de ambas as margens do Novo no seu baixo curso. Contudo, também se distribui em áreas significativas no domínio cristalino. São desenvolvidas atividades de pecuária tanto de corte quanto de leite (A TRIBUNA, 2007).

Após as pastagens, o tipo de uso predominante na bacia é o de floresta, ocupando 195,38 km² ou 25,64% da área da bacia. Localiza-se, principalmente, nas áreas de domínio cristalino da bacia, representando coberturas vegetais remanescentes da mata atlântica que foi intensamente explorada e suprimida. Observam-se, também, que tais remanescentes formam verdadeiros “bolsões” vegetais circundados, sobretudo, por pastagens, culturas agrícolas e áreas de silvicultura.

A cultura agrícola é o terceiro tipo de uso mais expressivo, totalizando uma área de 124,61 km² que ocupa 16,35% da bacia. As áreas de distribuem heterogeneamente ao longo da bacia, se concentrando em três porções principais: no médio Novo, ao sul da bacia e da nascente do rio Iconha até a sua chegada à área urbana do município homônimo, ocupando grandes áreas nas duas margens do rio. Destacam-se, nesse contexto, as culturas de banana e café (A TRIBUNA, 2007).

Estritamente relacionada à urbanização (Mapa 9) está o crescimento populacional, que atingiu significativamente todos os municípios da BHRN, levando em conta a população total (urbana e rural), presentes na Tabela 8 e no Gráfico 1.



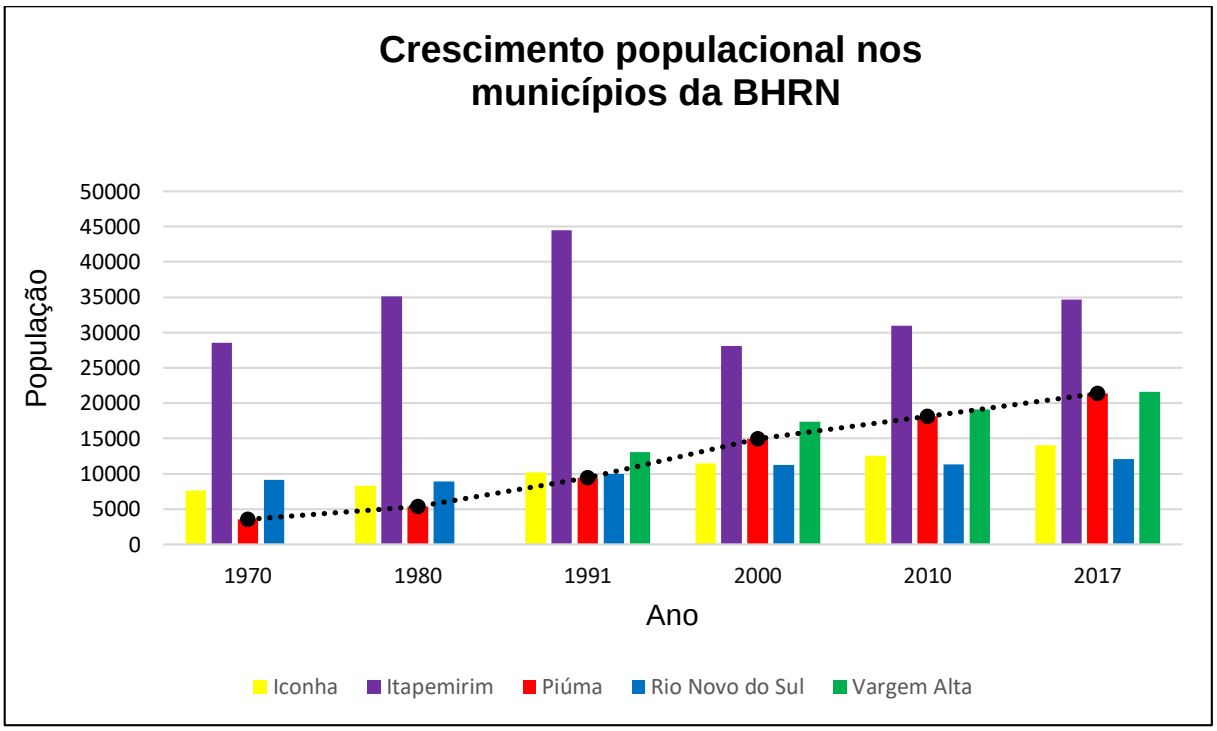
Mapa 9. Mapa da rede de transportes e urbanização da Bacia Hidrográfica do Rio Novo.

Tabela 8. Crescimento populacional nos municípios da BHRN.

Ano / Município	1970	1980	1991	2000	2010	2017
Iconha	7.604	8.282	10.172	11.481	12.523	14.016
Itapemirim	28.558	35.113	44.492	28.121	30.988	34.628
Piúma	**3.583**	**5.345**	**9.430**	**14.987**	**18.123**	**21.336**
Rio Novo do Sul	9.161	8.900	10.004	11.271	11.325	12.095
Vargem Alta	-[14]	-[17]	13.082	17.376	19.130	21.584

Fontes: IBGE (1970, 1980, 1991, 2000, 2010, 2017). Os dados do último ano são de população estimada, ao passo que os demais referem-se aos censos demográficos.
Organização: autor. Em negrito está destacado o crescimento populacional de Piúma, principal núcleo urbano do baixo curso da BHRN.

Gráfico 1. Crescimento populacional nos municípios da BHRN.



Fontes: IBGE (1970, 1980, 1991, 2000, 2010, 2017). A linha tracejada preta indica o crescimento de Piúma.
Organização: autor.

[14] Segundo o IBGE, o município de Vargem Alta foi fundado pela Lei Estadual nº 4063 de 10 de maio de 1988, desmembrado de Cachoeiro de Itapemirim. Logo, não constam as relações de população para o município nos anos de 1970 e 1980.

Nota-se que todos os municípios da bacia apresentaram crescimento populacional entre o intervalo temporal considerado, de 1970 a 2017. O decréscimo populacional observado em Itapemirim entre 1991 e 2000 deve-se à criação do município de Marataízes, desmembrado daquele, em 14 de janeiro de 1992 pela Lei Estadual nº 4.619 e instalado em 10 de janeiro de 1997.

O município com o crescimento menos expressivo foi Rio Novo do Sul, cuja população saltou de 9.161 em 1970 para 12.095 em 2017, representando um aumento de 32,03%. Em contrapartida, o município de maior crescimento demográfico foi Piúma, com uma população de 3.583 residentes em 1970 e de 21.336 em 2017, expressando um crescimento exponencial de 595,48%. Por ser o principal núcleo urbano do baixo curso da BHRN, foco desta pesquisa, serão brevemente discutidos aspectos históricos e geográficos da ocupação e urbanização do município.

Piúma situa-se no litoral sul do Espírito Santo, entre as latitudes 20°47'00''S e 20°53'30''S e entre as longitudes 40°50'00''W e 40°40'00''W, distante aproximadamente 75 km da capital, Vitória, limitando-se com o município de Anchieta, ao norte; com os municípios de Iconha e Rio Novo do Sul, a oeste; com o município de Itapemirim, ao sul; e com o Oceano Atlântico, a leste. As terras hoje compreendidas pelo atual município de Piúma eram outrora ocupadas pelos índios Purís. Os primeiros colonizadores da região fundaram, no local em que está localizada a sede municipal, o povoado de Piúma, de onde partiram com o intuito de conquistar e desbravar as terras férteis interioranas, tendo estabelecido, em meados do século XIX, a povoação de Iconha, que assumiu o papel de principal centro comercial da região (IHGP, 2013).

A cidade detinha um porto que escoava a produção de café e de madeira retirada da mata atlântica para Vitória, Rio de Janeiro e para o exterior, principalmente a Inglaterra (OLIVEIRA, 2016). O inglês Thomas Dutton Júnior foi o responsável por trazer as famílias inglesas Taylor, Thompson, Wacks, Oza, Oenes e Ombre, com o objetivo de formar uma colônia inglesa local. Na segunda metade do século XIX o Porto de Piúma foi de suma importância na colonização do interior da região sul do Espírito Santo e para a economia cafeeira, utilizado também na exportação de madeira pelos ingleses que tinham na época o objetivo de fazer do lugar "uma pequena Londres". (BODART, 2014[15], apud OLIVEIRA, 2016). Nesse contexto, os rios Novo e, principalmente, o

[15] BODART, C N. História e Estórias de Piúma. Cachoeiro de Itapemirim: Gracal, 2014. 98p.

Iconha eram navegáveis e ajudavam a escoar a produção de bens primários do interior ao litoral, até chegar ao trapiche, armazém para estocar gêneros de embarque, e ao porto (Figura 10).

Figura 10. Trapiche de Piúma (seta vermelha), situado à margem direita do rio homônimo, em 1908. Fotografia de Euthychio d'Oliver. Adaptado pelo autor. Disponível em: <http://ihgpiuma.wixsite.com/inicial/historia>. Acesso em: 29 nov. 2018.

A partir de 1933 a região sul capixaba começou a sofrer fortes danos em sua economia devido à crise do café e ao declínio das atividades portuárias em Piúma. Especificamente a área onde se localizava o município permaneceu com uma economia baseada na pesca artesanal e em atividades agrícolas para subsistência, como o plantio de arroz no Vale do Orobó por longos anos (OLIVEIRA, 2016).

Foi com a abertura de novas estradas que o município passou a ter maior contato via terrestre com outros municípios e estados, possibilitando o surgimento das primeiras casas de aluguel para os visitantes. Oliveira (2016) argumenta que dentre os principais fatores que acarretaram o surgimento das segundas residências em Piúma está, especialmente, o papel das infraestruturas rodoviárias que tiveram por objetivo inicial o favorecimento da implantação dos complexos industriais de minério e petróleo na Microrregião Expandida Sul e que culminaram, também, na atração de turistas

provenientes de várias cidades do interior do Espírito Santo e também de outros estados, principalmente Minas Gerais, Rio de Janeiro e Bahia.

O crescimento dos bairros da cidade a partir da década de 1980 se deu por variadas situações, desde incentivos cedidos pela prefeitura para a ocupação, como doação de lotes e loteamentos a preços baratos visando atrair turistas de outros estados (OLIVEIRA, 2016). O apelido “Cidade das Conchas” atribuído à cidade ficou mais conhecido na década de 1990, devido ao artesanato desenvolvido no local, que envolvia a comunidade de catadoras de conchas. A pesca artesanal e industrial e o turismo também auxiliam a compor as bases econômicas do município.

Em relação ao turismo, o município encontra neste o principal setor da sua economia atual, recebendo anualmente milhares de turistas provenientes de outros municípios capixabas e também de outros estados, principalmente na alta temporada (meses de verão) e que vão a Piúma buscando desfrutar, sobretudo, de suas praias, que são majoritariamente urbanizadas.

Atualmente, grande parte da área urbana de Piúma localiza-se, após a reabertura do Canal de Itaputanga, numa planície costeira fluviomarinha situada em uma ilha, margeada pelo mesmo canal, o restante do rio Piúma e Oceano Atlântico. A expansão urbana no município, assim como em outros no território nacional, aconteceu, em suma, sem respeitar os aspectos fisiográficos da área.

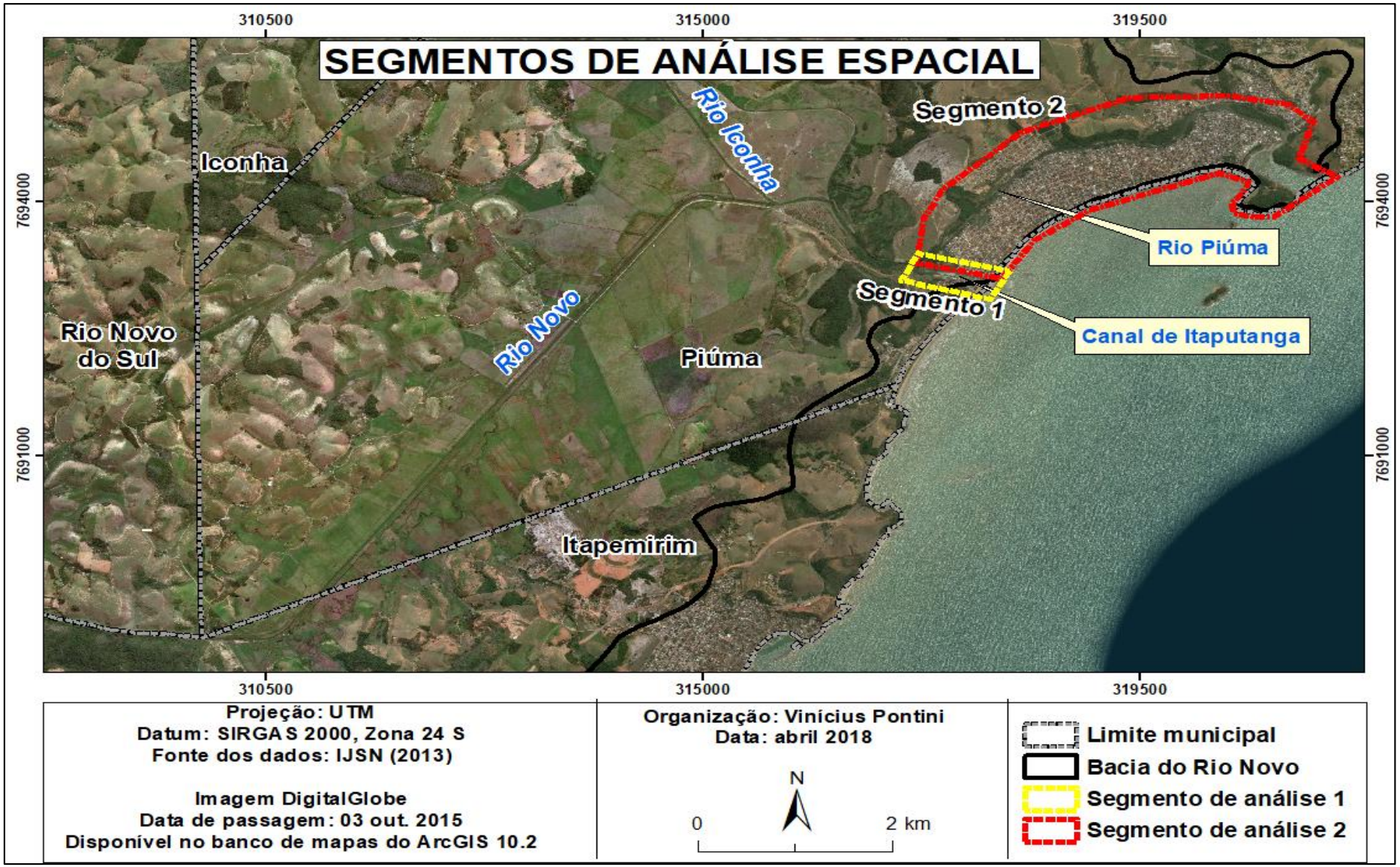
As alterações do uso e cobertura da terra observadas no município ao longo do tempo cronologicamente recente comprometeram a dinâmica hidrológica e a morfologia fluvial, em adição às intervenções diretas executadas no curso d’água. Exemplos que ilustram essa situação são o avanço do tecido urbano do município cada vez mais próximo ao curso d’água, a supressão de mata ciliar e a alteração da sua morfologia por obras de canalização, retificação e aterros com o intuito de facilitar e aumentar ocupação humana às suas margens. Essas situações estão melhor descritas a seguir.

5. ANÁLISE DO RIO PIÚMA – BAIXO CURSO DA BACIA DO RIO NOVO

O baixo curso do Novo compreende a compartimentação com as cotas altimétricas mais baixas e com a topografia mais plana. Em adição a isso, é, também, onde a urbanização, seus objetos espaciais e dinâmicas estão mais materializados, pois é onde situam-se as sedes municipais de Piúma, Iconha e Rio Novo do Sul. Piúma é o último município pelo qual os rios Novo e Iconha fluem, e é também palco da confluência de ambos, dando origem ao rio Piúma, que corre em meio à grande parte do núcleo urbano do município antes de desaguar no Oceano Atlântico em dois pontos: no Canal de Itaputanga e em outro, a nordeste deste, cuja foz é do tipo estuário. Para a análise do rio Piúma e suas áreas marginais, fez-se compartimentações em dois segmentos (Mapa 10).

O segmento um abrange o trecho do rio Piúma compreendido como Canal de Itaputanga, que por décadas sofreu obras de dragagem, canalização e retificação em sua calha, além de, atualmente, receber esgoto doméstico *in natura* e ter a sua foz barrada naturalmente em episódios de passagens de frentes frias e também por maquinários de acordo com seu nível de vazão, o que é motivo de impasses sociopolíticos e ambientais. Seus respectivos mapeamentos foram analisados em escala de 1:3.000.

Por sua vez, o segmento dois abrange o trecho do rio Piúma entre o Canal de Itaputanga e a sua foz no limite nordeste da BHRN, onde verificou-se, por meio de consultas às fotografias aéreas antigas, alterações na morfologia e sinuosidade do canal fluvial, indiciando interferências antrópicas diretas no canal fluvial atreladas ao processo de expansão urbana do município e, provavelmente, à maior facilidade de navegação. Seus respectivos mapeamentos foram analisados em escala de 1:15.000.



Mapa 10. Segmentos de análise espacial no baixo curso da BHRN.

5.1 Segmento de análise 1

O segmento um abrange o Canal de Itaputanga (Figura 11), que corresponde a desembocadura sul do rio Piúma, localizado no bairro Monte Aghá e com aproximadamente 761m de extensão. Principalmente a partir da segunda metade do século XX, o curso d'água vem sofrendo severas intervenções humanas diretas em seu curso, como canalização, retificação, dragagens, aterros (Figura 12) e demais obras de engenharia, além da expansão urbana que chega às suas margens e, com isso, promove o desmatamento da mata ciliar, agravando os reflexos do assoreamento no canal e a impermeabilização de áreas outrora ocupadas por prolongamentos do canal principal e a deterioração das suas águas com o despejo direto de esgoto doméstico sem tratamento.

Figura 11. Vista a montante do Canal de Itaputanga. Arquivo pessoal do autor (abr./2018).

Figura 12. Construção de depósito tecnogênico com o intuito de aterrar a foz do Canal de Itaputanga, [197-]. Disponível em: <http://ihgpiuma.wixsite.com/inicial>. Acesso em: 14 out. 2018.

O canal foi aterrado emergencialmente em 1986 pelo antigo Departamento de Estradas de Rodagem (DER-ES), órgão ligado ao governo do Estado, para impedir o tráfego de veículos, uma vez que a antiga ponte sobre o mesmo corria um grande risco de cair (DE PAULA, 2005). Uma outra ponte foi inaugurada em 2006 pelo governo estadual que, assim, anunciou a reabertura do canal e a construção de um vertedouro na foz do rio após a abertura da nova ponte, feito pela empresa Contractor Engenharia (Figura 13). A obra, similar a uma represa, não permite o contato da água doce a montante com a salgada no período de vazante do rio, liberando a passagem de parte do mesmo sempre que o nível ultrapassar determinado limite, evitando as inundações durante as cheias e impedindo que as marés cheias adentrem o canal e mobilizem a cunha salina em direção à áreas a montante, fato que poderia acontecer se a energia da maré fosse o suficiente e em virtude da baixa topografia local.

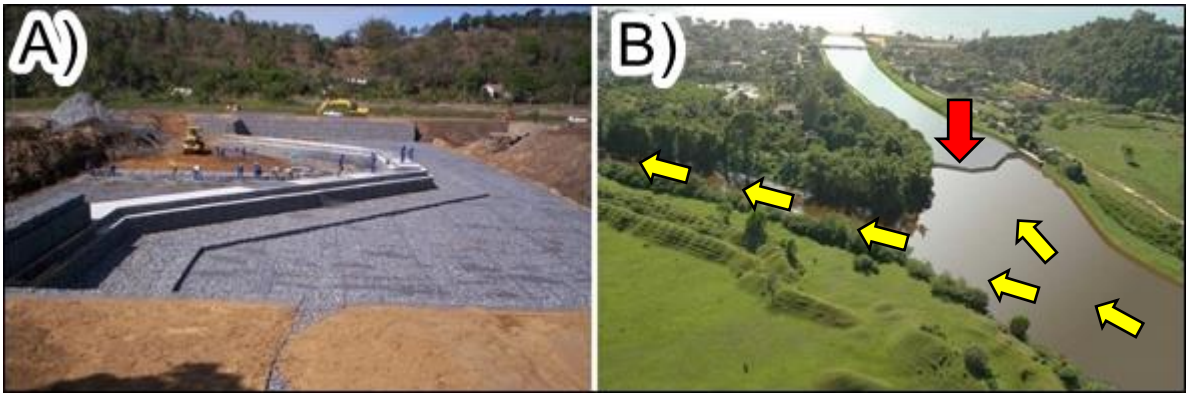
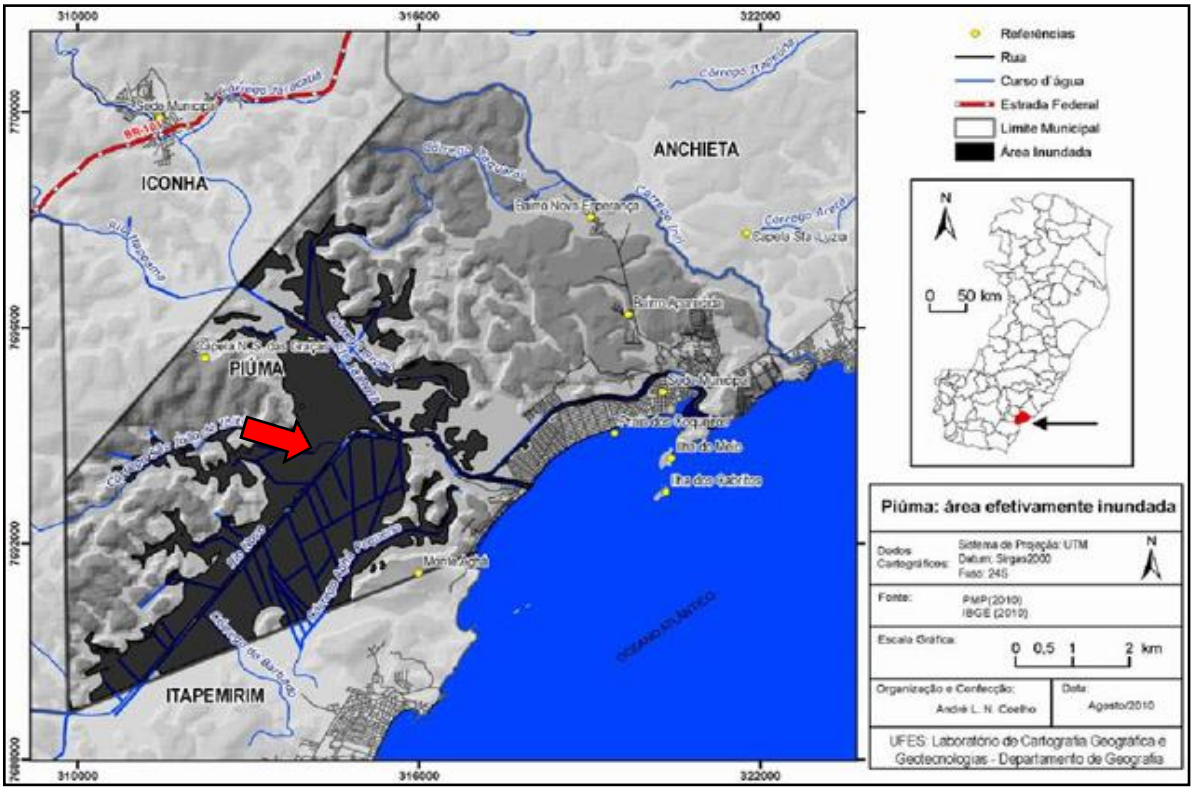


Figura 13. A) Obras do vertedouro do Canal de Itaputanga. B) Canal e vertedouro (seta vermelha) vistos de cima, bem como parte do rio Piúma.
As setas amarelas indicam a direção do fluxo hídrico. Adaptado pelo autor. Disponível em: < http://www.contractor.eng.br/atuacao/24>. Acesso em: 10 jul. 2018.

Desde então, o referido curso d'água vem sendo motivo de constantes discussões e impasses de caráteres social, político e ambiental. A sua abertura e contato direto com o mar permitem a drenagem e o escoamento superficial mais rápidos das águas em períodos de inundação, beneficiando famílias que vivem a montante e, especialmente, moradoras do chamado Vale do Orobó, região que abrange quatro municípios do sul da BHRN – Iconha, Itapemirim, Piúma e Rio Novo do Sul – e que devido às suas características naturais, sobretudo a topografia plana e baixa, sofre com os empecilhos das inundações em períodos de vazante dos rios que atravessam a área (Mapa 11).



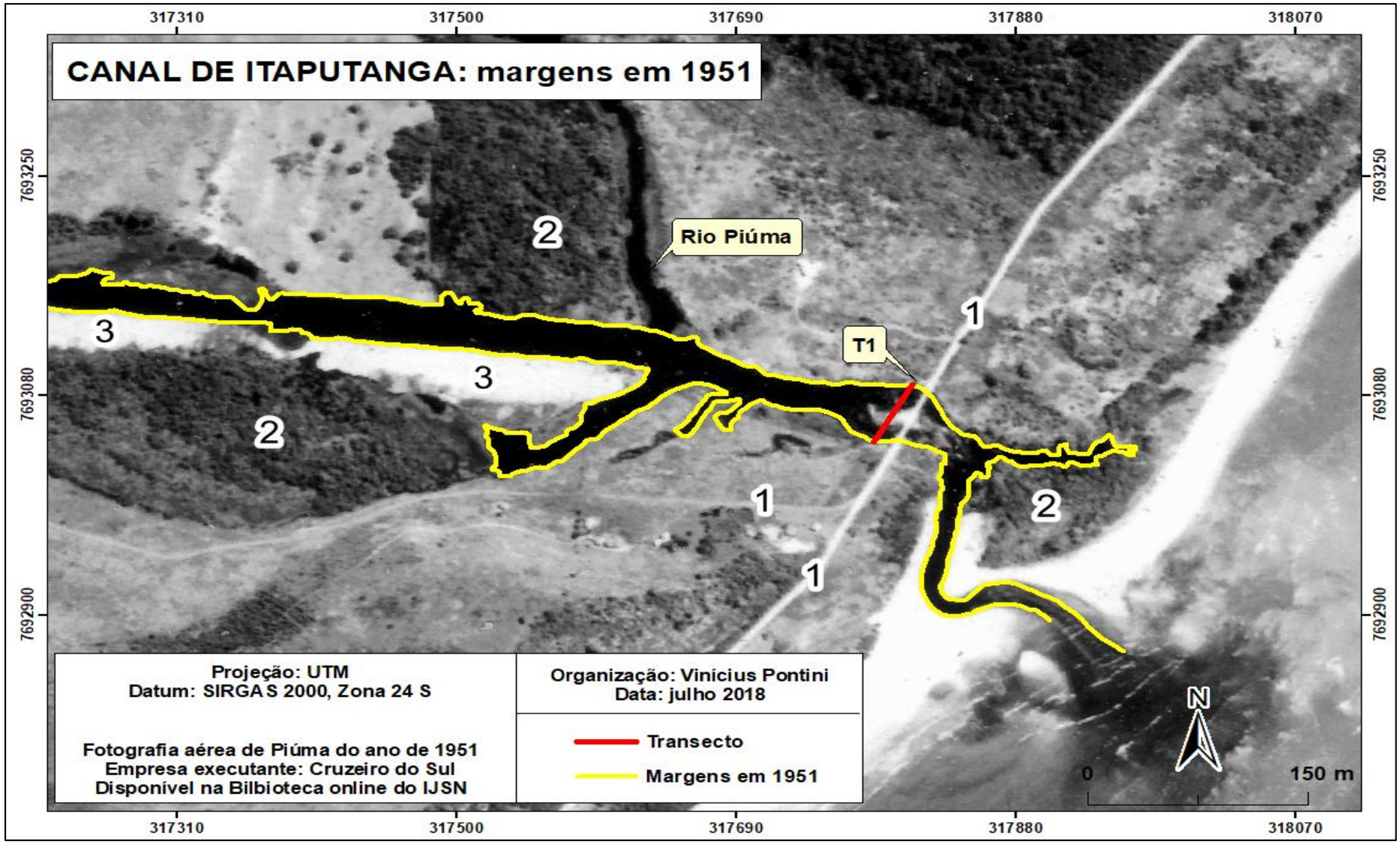
Mapa 11. Mapa de áreas sazonalmente inundáveis em Piúma no ano de 2008, em preto. Grande parte da área inundada compreende a área do Vale do Orobó no município (seta vermelha). Adaptado de Coelho e Nascimento (2012).

Em contrapartida, a abertura do canal prejudica comerciantes da orla do município, que alegam que, dessa forma, a água contaminada e com matéria orgânica transportada desde pontos a montante polui as praias próximas, comprometendo a balneabilidade, afastando turistas e, consequentemente, diminuindo suas rendas. A principal reivindicação do setor comercial local é que as águas do canal sejam tratadas antes da foz (DE PAULA, 2005), para que ambos os moradores do Orobó e os comerciantes da orla não sejam afetados pela abertura do mesmo. Enquanto os impasses não são solucionados, protestos relativos à abertura e ao fechamento do canal são realizados por moradores (Figura 14).

Figura 14. Protesto de moradores interditando o trânsito na ponte sobre o Canal de Itaputanga após a prefeitura de Piúma abri-lo para aumentar a vazão do rio em virtude das inundações em áreas a montante, em dezembro de 2016. Disponível em: < https://www.gazetaonline.com.br/noticias/sul/2016/12/sujeira-na-praia-de-piuma-motiva-protesto-1014009149.html>. Acesso em: 25 ago. 2018.

O Canal de Itaputanga em 1951 (Mapa 12) apresentava uma largura máxima de 52m (T1), a menor entre os anos considerados desconsiderando seus prolongamentos, com sua margem direita medindo 1307m e a esquerda 1360m de comprimento. No referido ano o canal contava com três prolongamentos na sua margem direita e uma na esquerda, além da foz estar exposta à SE. A mancha escura de sedimentos em suspensão que avança no mar sugere período de cheia. O curso d'água indicado no mapa é a continuação do rio Piúma, que desemboca em outro ponto a NE e, por isso, não foi mapeado como parte do canal.

Aparentemente, as únicas intervenções antrópicas na área são uma ponte à direita do T1 e suas continuações nas duas margens por meio de uma estrada sem pavimentação (1), além de outra que corre paralelamente à margem direita do canal (1). Observam-se áreas vegetadas em ambas as margens do canal (2), bem como bancos arenosos (3) em sua margem direita.

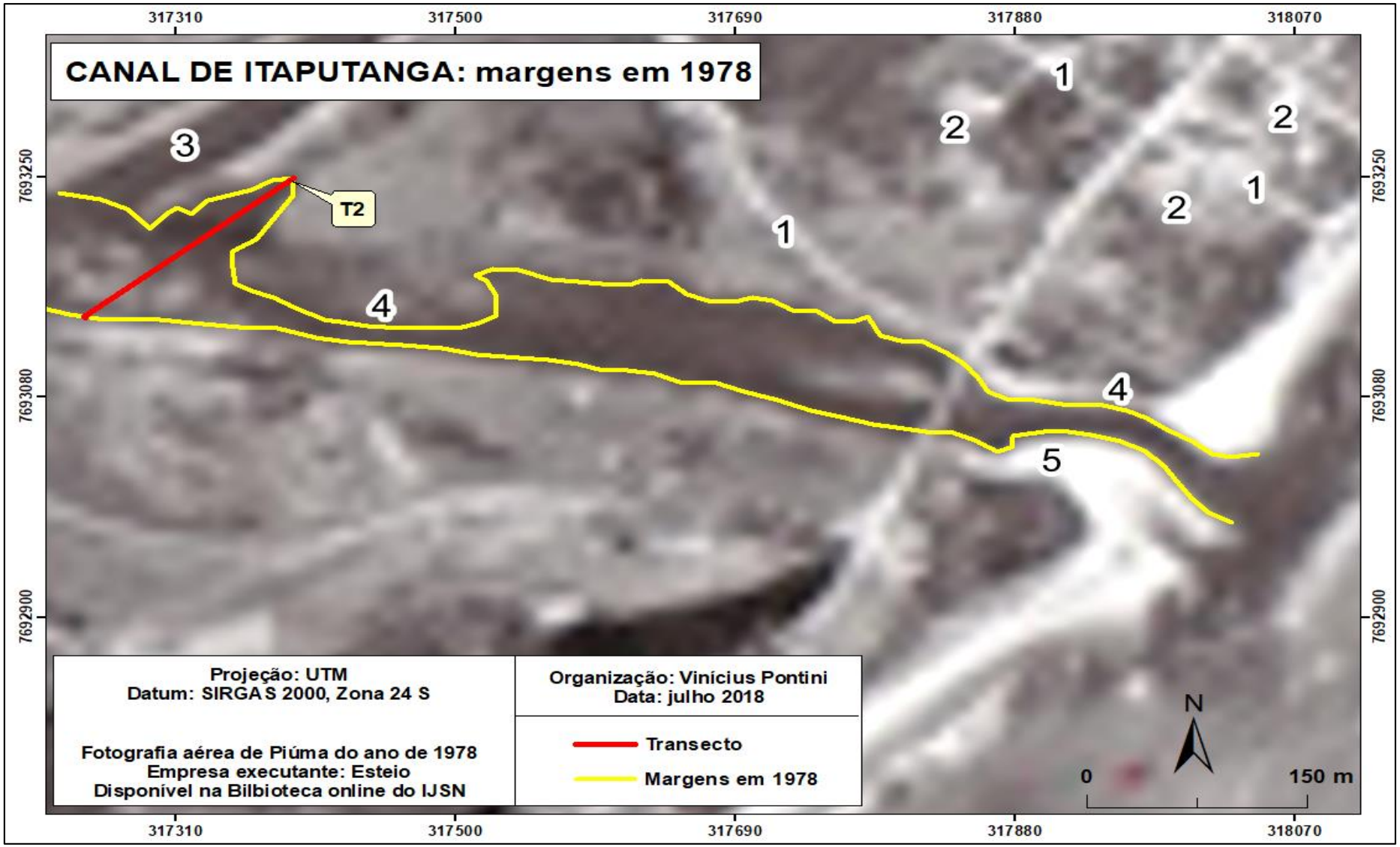


Mapa 12. Canal de Itaputanga em 1951. 1) estradas não pavimentadas; 2) áreas vegetadas vizinhas ao canal; 3) bancos arenosos à margem direita do canal.

Em 1978 (Mapa 13) o canal detinha uma largura máxima de 181m (T2), a maior entre os quatro anos, com sua margem direita medindo 861m e a esquerda 1091m de extensão. Os prolongamentos do canal existentes em 1978 foram aterrados e impermeabilizados e a sua foz, anteriormente marcada por sinuosidades, agora é retificada e situada ao norte em relação à de 1951, indicando intervenções antrópicas diretas e drásticas no curso d'água.

Apesar da resolução espacial inferior à imagem anterior, é possível constatar a abertura de novas ruas/estradas não pavimentadas ao norte do canal (1), bem como a construção de residências (2) em direção ao mesmo, revelando a expansão da mancha urbana do município (Figura 15). As áreas vegetadas mapeadas em 1951 são inexistentes ou foram desmatadas em 1978, e a nova foz de 1978 ocupa o local daquele próximo à de 1951. A continuação do rio Piúma em 1951 também sofreu aterro, e o rio agora passa a correr a NW do T2 (3).

Observam-se dois afunilamentos (4) no canal: o primeiro logo à direita do T2 provocado pelo avanço de vegetação aquática junto à margem esquerda. Neste ponto em específico, pela resolução espacial comprometida da fotografia aérea antes e após tratamento em ambiente SIG, considerou-se o limite da margem esquerda aquele onde o espelho d'água é mais visível. Já o segundo, menos expressivo, está próximo à foz e é provocado por uma barra fluviomarinha junto à margem direita (5) sugerindo que o rio encontra-se em período de vazante.



Mapa 13. Canal de Itaputanga em 1978. Canal de Itaputanga em 1978. 1) novas estradas/ruas não pavimentadas; 2) residências; 3) novo curso do rio Piúma; 4) afunilamentos do canal; 5) barra fluviomarinha.

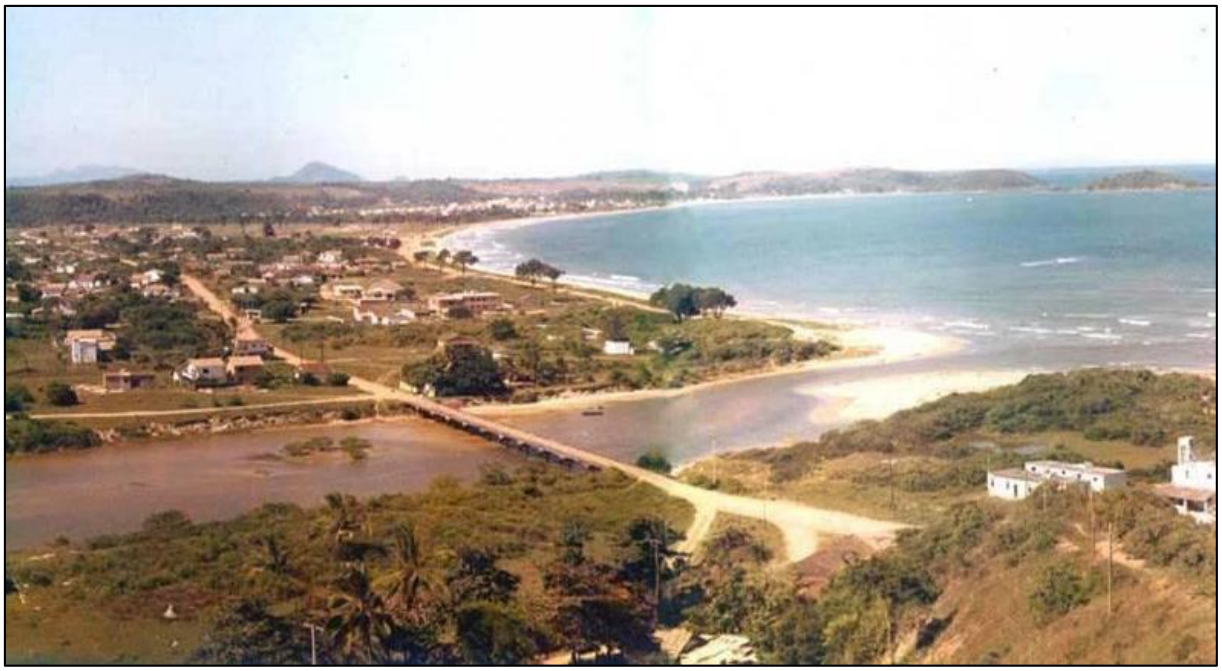
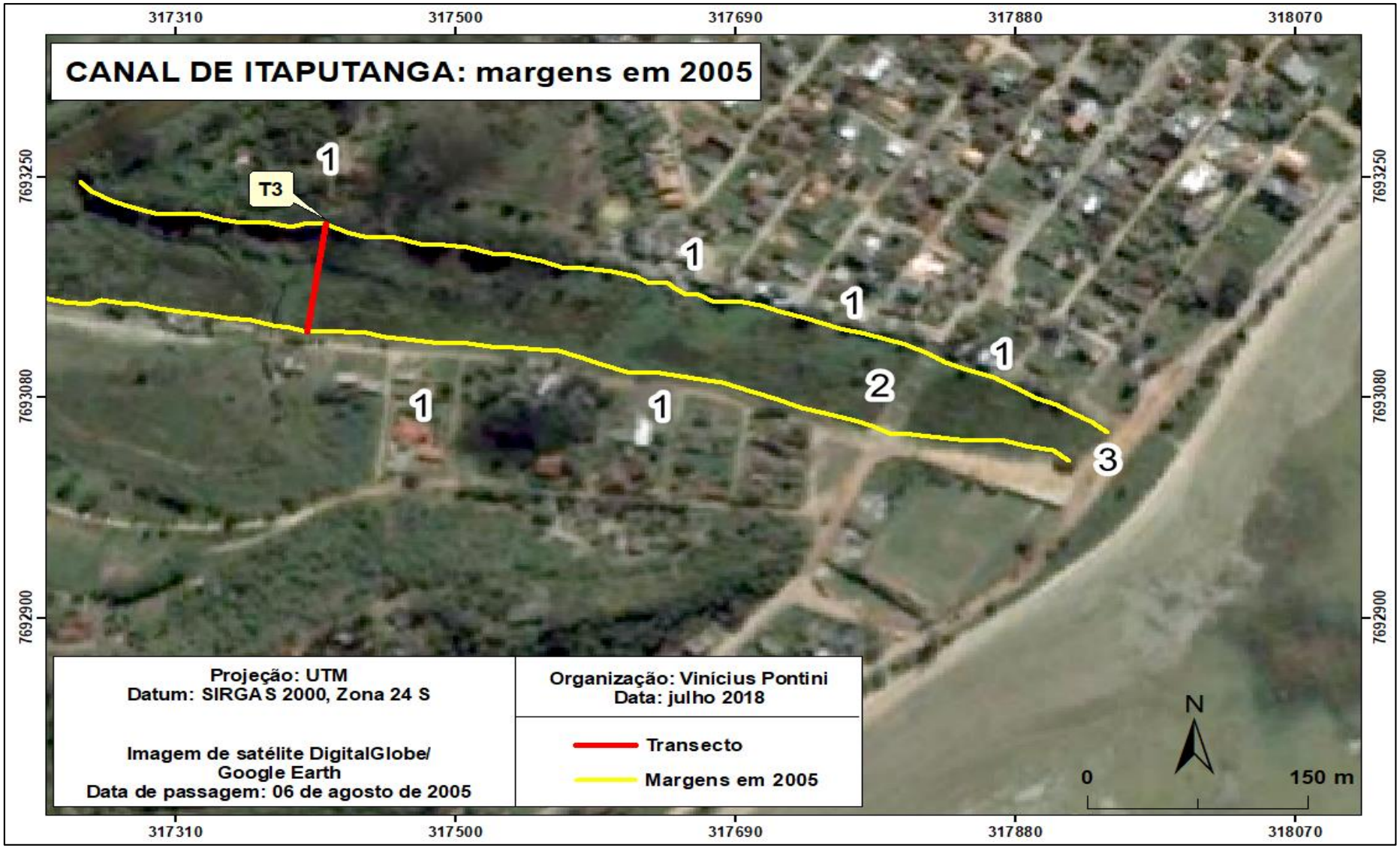


Figura 15. Vista parcial do Canal de Itaputanga e sua foz, [1980]. Nota-se, sobretudo, a presença de imóveis à margem esquerda do mesmo que criam um padrão urbano esparso. Disponível em: <http://ihgpiuma.wixsite.com/inicial>. Acesso em: 29 nov. 2018.

O canal em 2005 (Mapa 14) detinha 87m de largura máxima (T3) e suas margens direita e esquerda mediam, respectivamente, 717 e 740m de comprimento. Como mencionado anteriormente, a desembocadura do canal manteve-se fechada por aterros durante trinta anos, de 1986 a 2006, o que explica a interrupção do contato fluviomarinho observado no mapa e também contribui para que as margens sejam as menos extensas dentre os anos considerados.

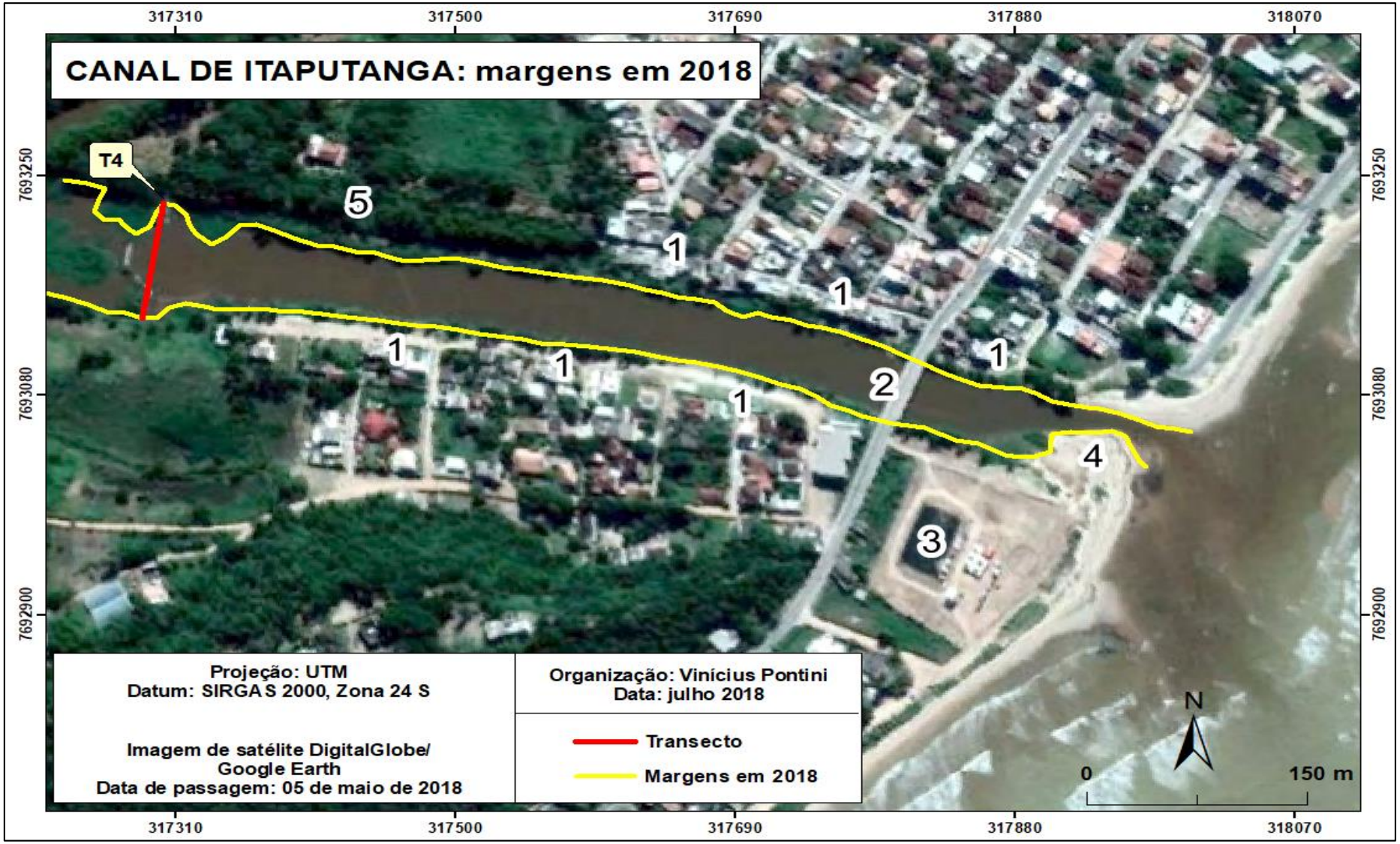
Também nota-se que grande parte do canal está ocupada por vegetação aquática superficial bioindicadora de poluição hídrica, deixando à mostra o espelho d'água em poucos pontos. As residências chegam às margens do curso d'água (1) e tornam-se mais adensadas que àquelas de 1978. A nova ponte sobre o canal encontra-se em construção (2) e o tráfego de veículos e pedestres se dá em uma rua não pavimentada entre o canal e o mar (3).



Mapa 14. Canal de Itaputanga em 2005. 1) residências próximas às margens; 2) nova ponte em construção; 3) rua destinada ao tráfego de veículos e pedestres enquanto a ponte é construída.

Em 2018 (Mapa 15) o Canal de Itaputanga contava com uma largura máxima de 93m (T4), com suas margens medindo 805m (direita) e 867m (esquerda) de extensão. Vazios urbanos observados em 2005 são superados e dão lugar à novas residências, evidenciando o adensamento urbano e populacional na área e, especialmente, às margens do canal (1) (Figura 16). A ponte da rodovia ES-060 (Rodovia do Sol) se encontra finalizada e outro equipamento urbano de lazer surge ao sul do canal – quadra de esportes (3).

O vertedouro de Itaputanga coincide com o T4 e, além disso, é possível observar a foz estreitada pela formação de uma barra fluviomarinha (4) na margem direita, sugerindo, também, o seu período de vazante, assim como na imagem de 1978. Observa-se, também, o plantio de vegetação ciliar em um trecho à margem esquerda do canal (5), inexistente no ano de 2005.



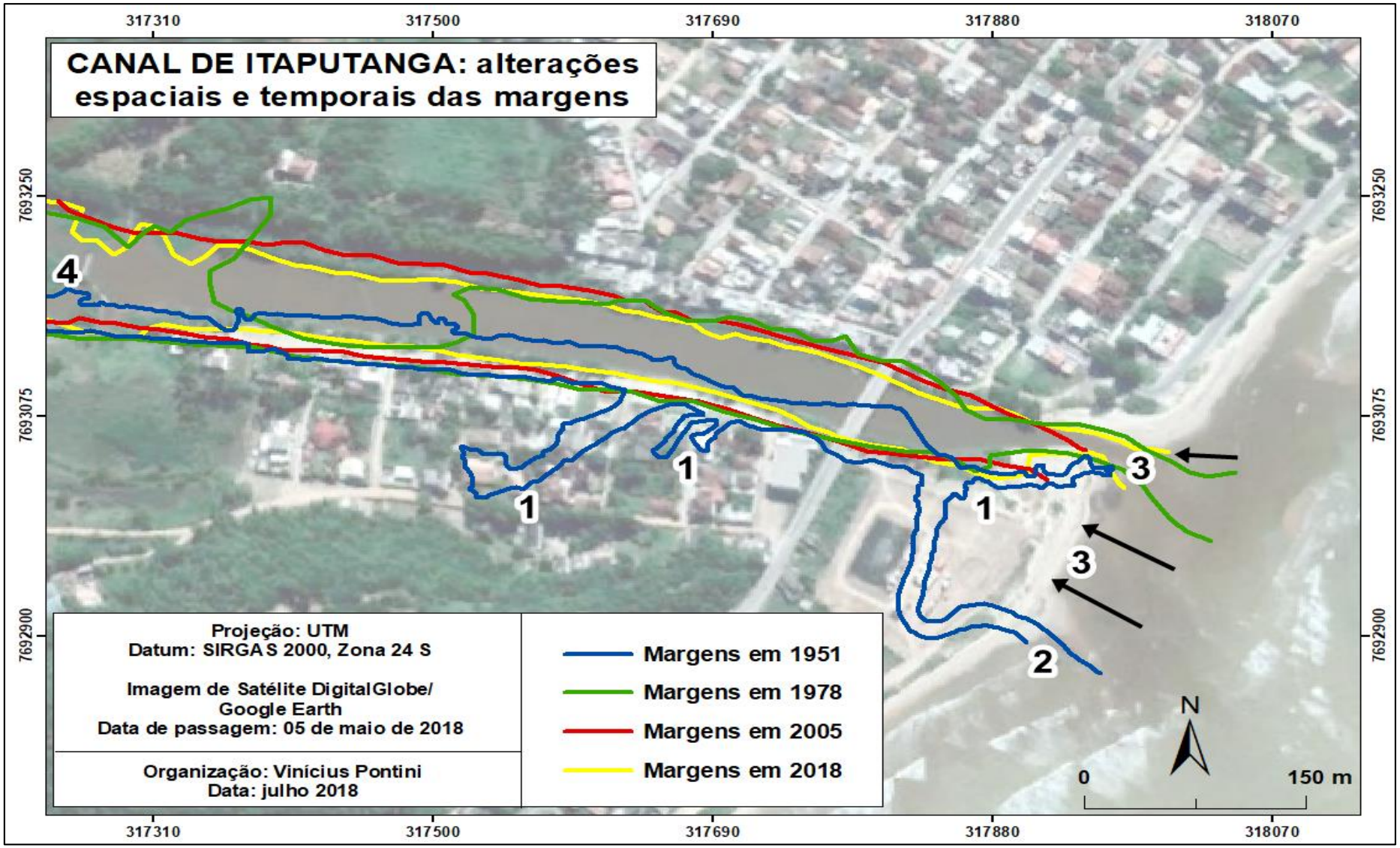
Mapa 15. Canal de Itaputanga em 2018. 1) adensamento de residências próximas às margens; 2) nova ponte construída; 3) quadra de esportes; 4) barra fluviomarinha; 5) plantio de vegetação ciliar.

Figura 16. Residências próximas à margem esquerda do canal. As setas amarelas indicam a direção do fluxo hídrico. Arquivo pessoal do autor (abr./2018).

De modo a melhor comparar as alterações morfológicas do canal, as mesmas foram reunidas no Mapa 16. Constatam-se mudanças drásticas entre 1951 e 2018: o canal, além de expandido lateralmente e retificado, como observa-se no mapa, foi canalizado e dragado. Os prolongamentos do canal existentes em 1951 (1), hoje, dão lugar à residências, à ruas, à quadra de esportes e à nova desembocadura de Itaputanga, ao norte daquela de 1951 (2).

A linha de costa em 2005 e 2018 encontra-se recuada em relação à de 1951 e 1978 (3), o que pode ser observado pelo ponto das desembocaduras do canal nos quatro anos. O fenômeno da retrogradação da linha de costa local tem sua dinâmica cristalizada naturalmente, como apontam Albino, Girardi e Nascimento (2006). O local é sujeito a passagens de frentes frias, associadas a ondas maiores e mais energéticas de SE do que aquelas de NE em situações de normais climatológicas, culminando no aceleramento da erosão costeira e, eventualmente, no barramento da foz pela remobilização de sedimentos submersos à superfície.

Ademais, há a intervenção direta do canal sob a forma de um vertedouro para controle do nível e velocidade d'água no trecho (4).



Mapa 16**.** Evolução multiespacial e temporal da morfologia do Canal de Itaputanga. 1) supressão dos prolongamentos do canal; 2) supressão da antiga foz; 3) retrogradação da linha de costa (setas pretas); 4) vertedouro.

É necessário comentar que o fenômeno da erosão costeira é mais observável no município na praia de Acaiaca, a mais extensa e frequentada por moradores e turistas de Piúma por sua considerável extensão e por contar com equipamentos urbanos, tais como calçadão para a prática de exercícios físicos, quiosques, restaurantes e vagas de estacionamento.

Quanto às suas características fisiográficas, Acaiaca é uma praia com grau de exposição SE, abrigada da ação de ondas e ventos de NE em situações de normais climatológicas e dissipativa, ou seja, apresentando baixo gradiente topográfico, ondas de alta energia e deslizantes (*spilling*), zona de surfe larga e areias finas (SHORT e HESP, 1982). A mesma apresenta tendência de retrogradação por conta da sucessão de eventos de frentes frias de SE*,* acelerando, também, os processos erosivos e sua repercussão sobre a orla local.

Como exemplos, podem-se citar trechos com calçadão destruído, onde em um deles é possível observar depósitos de areias finas por debaixo do concreto e, pela declividade moderada entre o calçadão e a faixa de areia no ponto, evidencia-se que a ocupação urbana local se deu sobre a duna frontal, atualmente impermeabilizada, e faixas de minerais pesados e escuros, que afloram pela remobilização de sedimentos quartzosos superficiais e menos densos por ondas mais energéticas em eventos de frente fria (Figura 17).

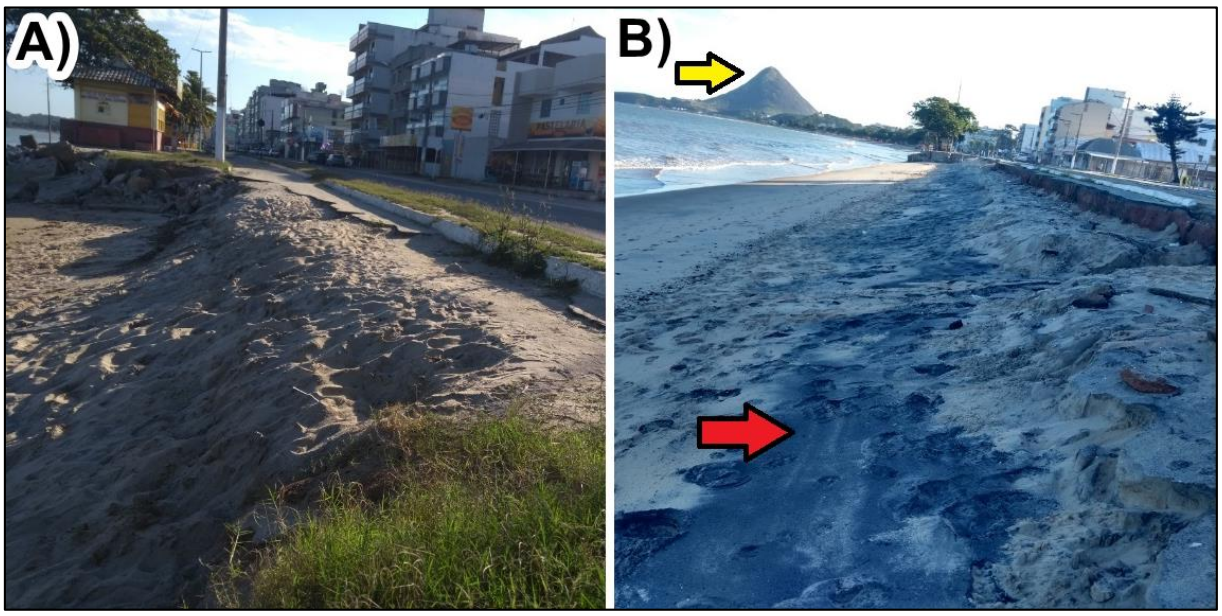


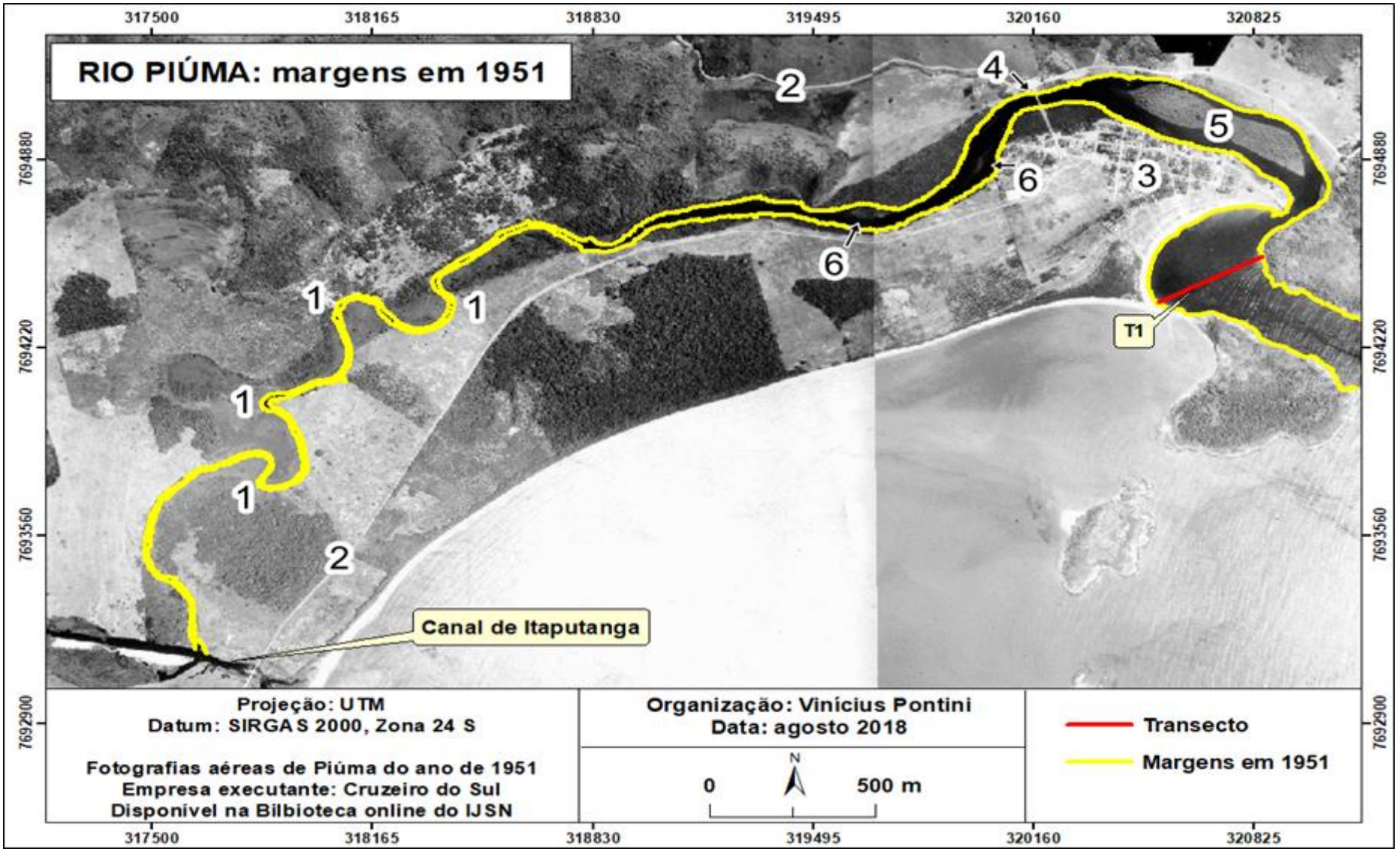
Figura 17. A) Calçadão parcialmente destruído. B) Faixa de afloramento de minerais escuros (seta vermelha), com o Monte Aghá ao fundo (seta amarela). Arquivo pessoal do autor (jun./2018).

5.2 Segmento de análise 2

O segmento 2 corresponde ao trecho urbano do rio Piúma, que se forma a partir da confluência dos rios Novo e Iconha no interior do município homônimo, em uma área conhecida como Vale do Orobó. O trecho levado em consideração possui aproximadamente 5471m de extensão.

Em 1951 (Mapa 17), o trecho do rio Piúma analisado apresentava largura máxima de 355m (T1), com sua margem direita medindo 7620m e a esquerda 7189m de comprimento. No referido ano rio contava com trechos sinuosos em sua planície de inundação próximos ao seu início (1) e, aproximando-se da foz, o canal fica mais largo. Observam-se algumas vias desprovidas de pavimentação (2) e a área urbana existente (3) encontra-se a NW do estuário, onde concentram-se atividades pesqueiras.

Também nota-se uma ponte (4) sobre o rio Piúma, que favoreceu a ocupação do litoral do município. Atualmente, a mesma destina-se apenas ao tráfego de pedestres com a inauguração de uma nova ponte ao lado, no ano de 1994, na qual circulam veículos automotores e também pedestres. Há uma grande ilha vegetada (5) próxima ao estuário bem como outras menores (6), que correspondem a áreas de porções do manguezal do rio.

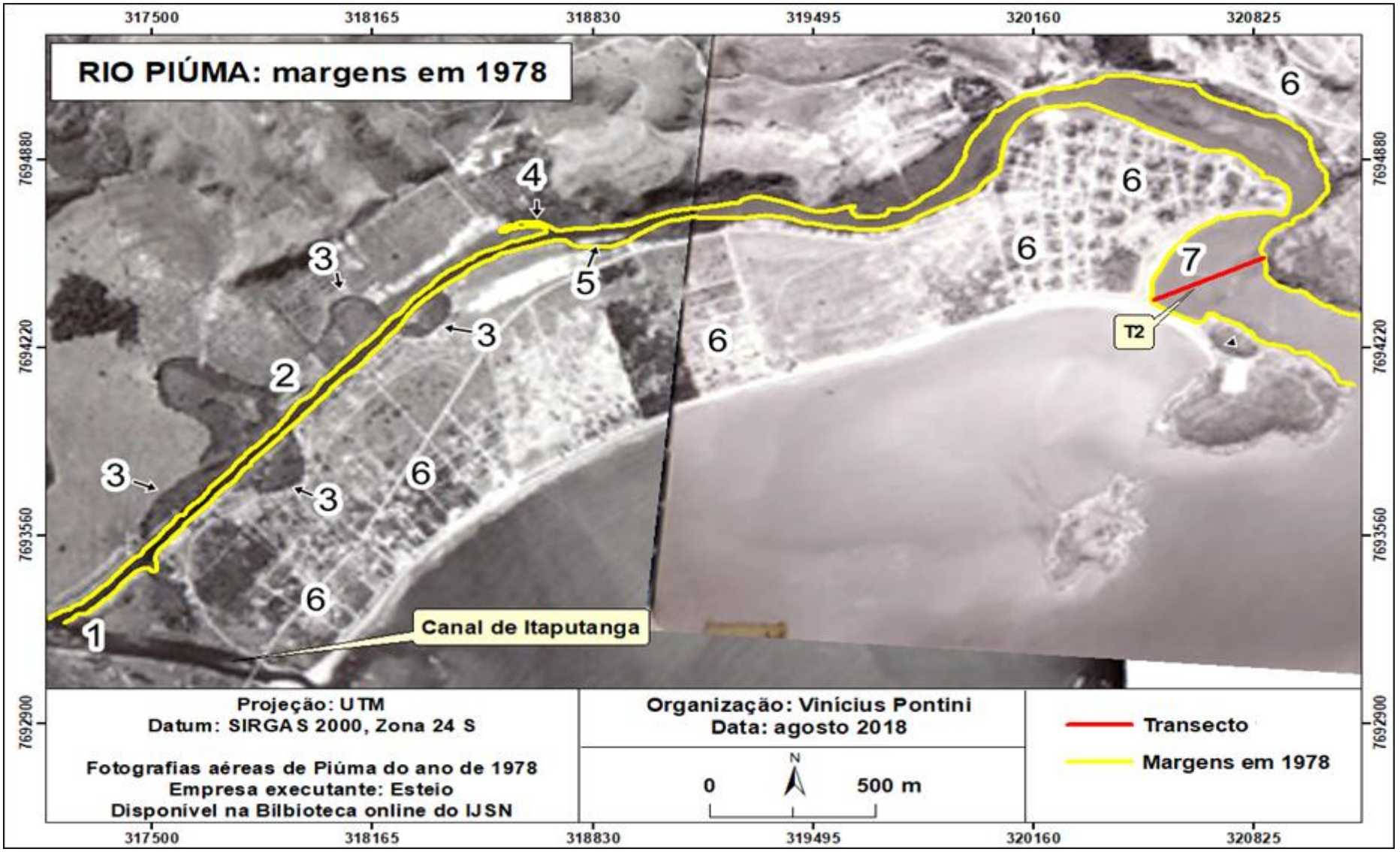


Mapa 17. Rio Piúma em 1951. 1) trechos sinuosos; 2) vias não pavimentadas; 3) área urbanizada; 4) antiga ponte sobre o rio; 5) ilha vegetada maior; 6) ilhas vegetadas menores.

No ano de 1978 (Mapa 18), o rio detinha uma largura máxima de 367m (T2), a maior entre os anos analisados, com sua a margem direita medindo 6054m e a esquerda 6072m de extensão. O início do trecho mapeado (1) encontra-se a oeste do antigo, aqui aterrado. Os trechos sinuosos existentes em 1951 foram igualmente aterrados, dando lugar a uma morfologia retificada (2). Logo, observam-se meandros abandonados (3), que representam antigos trechos percorridos pelo rio no referido ano.

Há uma pequena ramificação do rio (4) e um banco arenoso (5) inexistentes em 1951. A expansão urbana (6) com residências e abertura de ruas/estradas avança à margem direita (Figura 18) do rio e também à margem esquerda, a nordeste do núcleo urbano identificado em 1951. A ilha vegetada menor mapeada em 1951, a montante, é inexistente, sendo agregada ao bosque de mangue situado no continente. Por fim, nota-se o avanço do assoreamento à margem direita urbana do estuário (7) provocado por aterros, tornando-o mais estreito em parte do trecho, embora o T2 seja mais extenso que o T1.

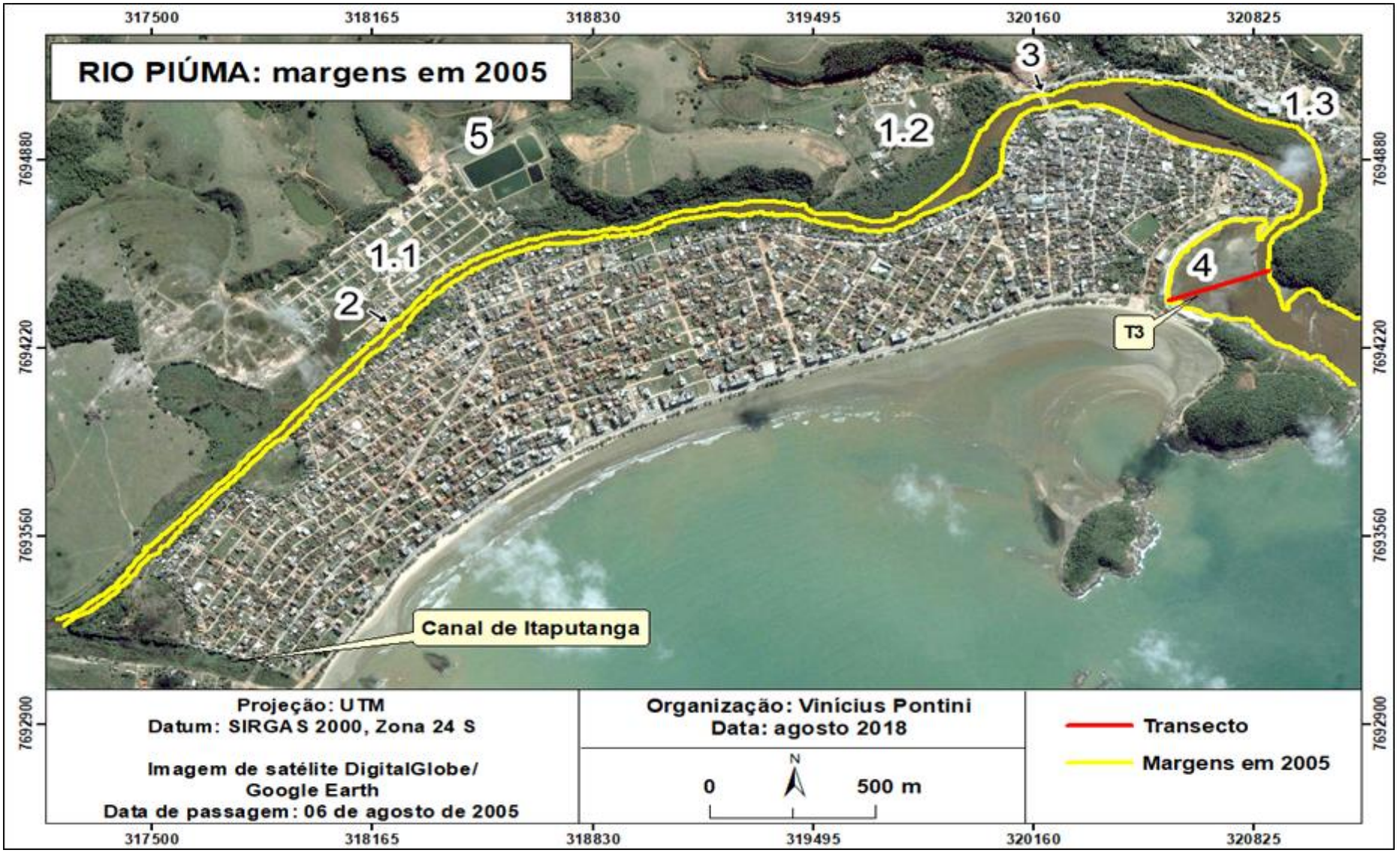
Figura 18. Vista parcial do rio Piúma, em primeiro plano, no centro do município homônimo, [1980]. Notam-se presença de imóveis à margem direta do mesmo que criam um padrão urbano esparso, além da presença de significativas áreas vegetadas entre os mesmos. As setas amarelas indicam a direção do fluxo hídrico. Adaptado pelo autor. Disponível em: <http://ihgpiuma.wixsite.com/inicial/historia>. Acesso em: 29 nov. 2018.



Mapa 18. Rio Piúma em 1978. 1) novo início do canal mapeado; 2) trechos outrora sinuosos agora retificados; 3) meandros abandonados; 4) ramificação do canal; 5) banco arenoso; 6) avanço da urbanização; 7) assoreamento do estuário.

O rio em 2005 (Mapa 19) detinha 321m de largura máxima (T3) e suas margens direita e esquerda mediam, respectivamente, 6383m e 5890m de comprimento. Nota-se uma significativa expansão urbana, sobretudo, à margem direita do mesmo se comparada com o ano anterior (1978), que se espalha adensadamente entre o rio e a linha de costa. Novas áreas urbanas surgem à margem esquerda (1.1 – bairro Piuminas; 1.2 – bairro Boa Vista; 1.3 – bairro Niterói), sendo menos adensadas do que aquelas à margem direita. Há uma pequena ponte de pedestres (2) ligando os bairros Piuminas e Jardim Maily, o que também pode ter favorecido o surgimento daquele.

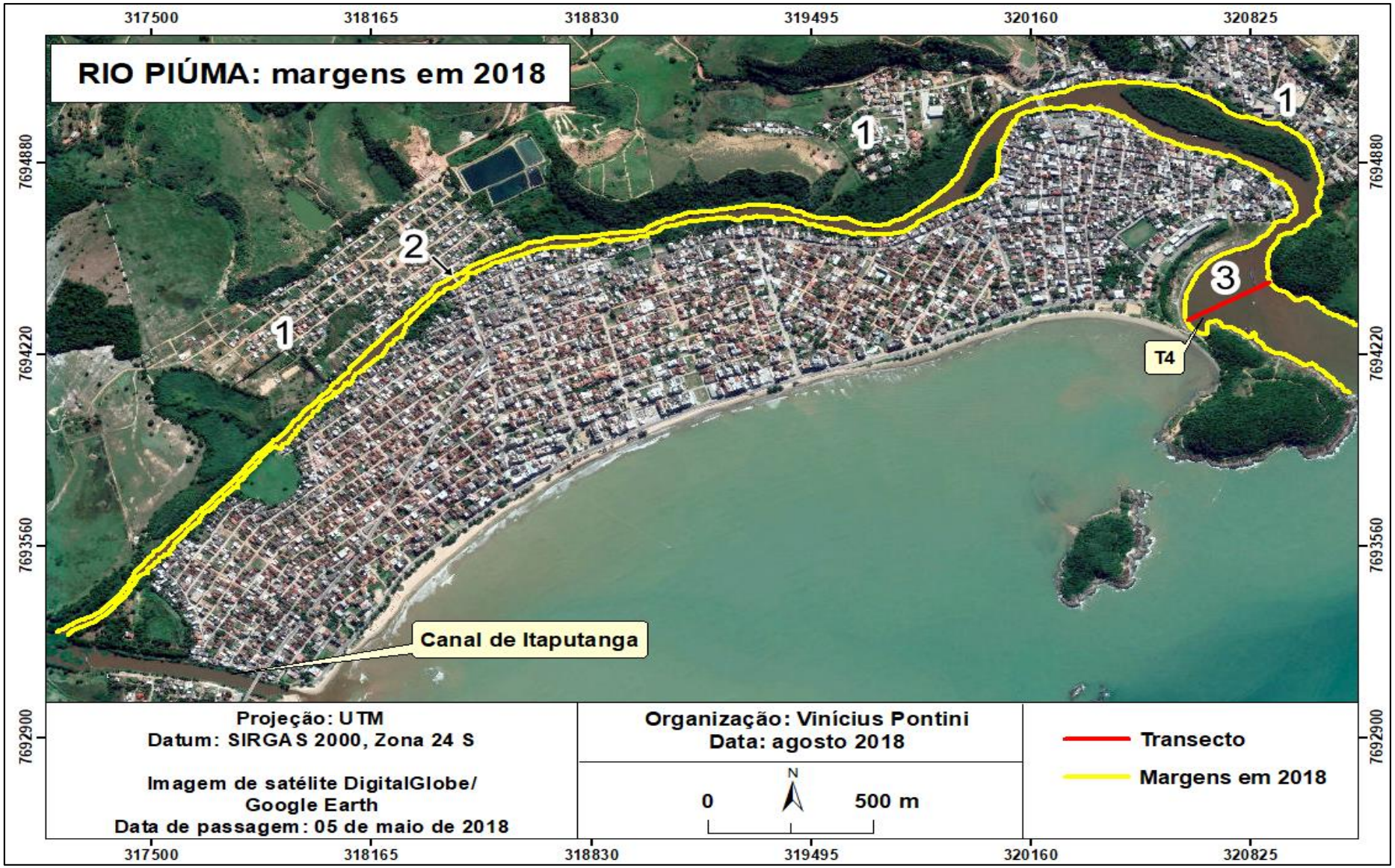
Há, também, uma nova ponte sobre o rio Piúma (3) ao lado da antiga, ligando os bairros Boa Vista e Niterói ao Centro e que foi inaugurada em 1994, destinada tanto a pedestres quanto a veículos automotores. O banco arenoso mapeado em 1978 é inexistente e, ademais, o assoreamento na margem direita do estuário (4) se intensifica beneficiado pelo notável período de vazante na imagem, tornando-o ainda mais estreito se comparado ao ano anterior. As feições retangulares (5) próximas à margem esquerda correspondem a tanques da Estação de Tratamento de Esgoto de Piúma, mantidas pela CESAN.



Mapa 19. Rio Piúma em 2005. Avanço da urbanização à margem esquerda (1.1 – bairro Piuminas; 1.2 – bairro Boa Vista; 1.3 – bairro Niterói); 2) ponte de pedestres; 3) nova ponte sobre o rio Piúma; 4) agravamento do assoreamento do estuário; 5) tanques de tratamento de esgoto.

Em 2018 (Mapa 20) o rio Piúma conta com uma largura máxima de 278m, a menor entre os anos analisados. Sua margem direita mede 6195m e a esquerda 5731m de extensão. De um modo geral, observa-se o incremento do adensamento urbano, concomitantemente à supressão da vegetação ciliar em vários trechos em ambas as margens do rio, se comparado ao mapa de 1951. A expansão urbana se dá, especialmente, à margem direita, além da expansão e adensamento urbano dos bairros listados no ano de 2005, à margem esquerda (1).

Há uma nova ponte (2) interligando os bairros Piuminas e Jardim Maily, porém destinada ao tráfego de veículos automotores, além de pedestres. Novamente, a margem direita do estuário torna-se ainda mais assoreada (3), indicando, também, o avanço de aterros na área e tornando o ambiente ainda mais estreito no trecho em questão.

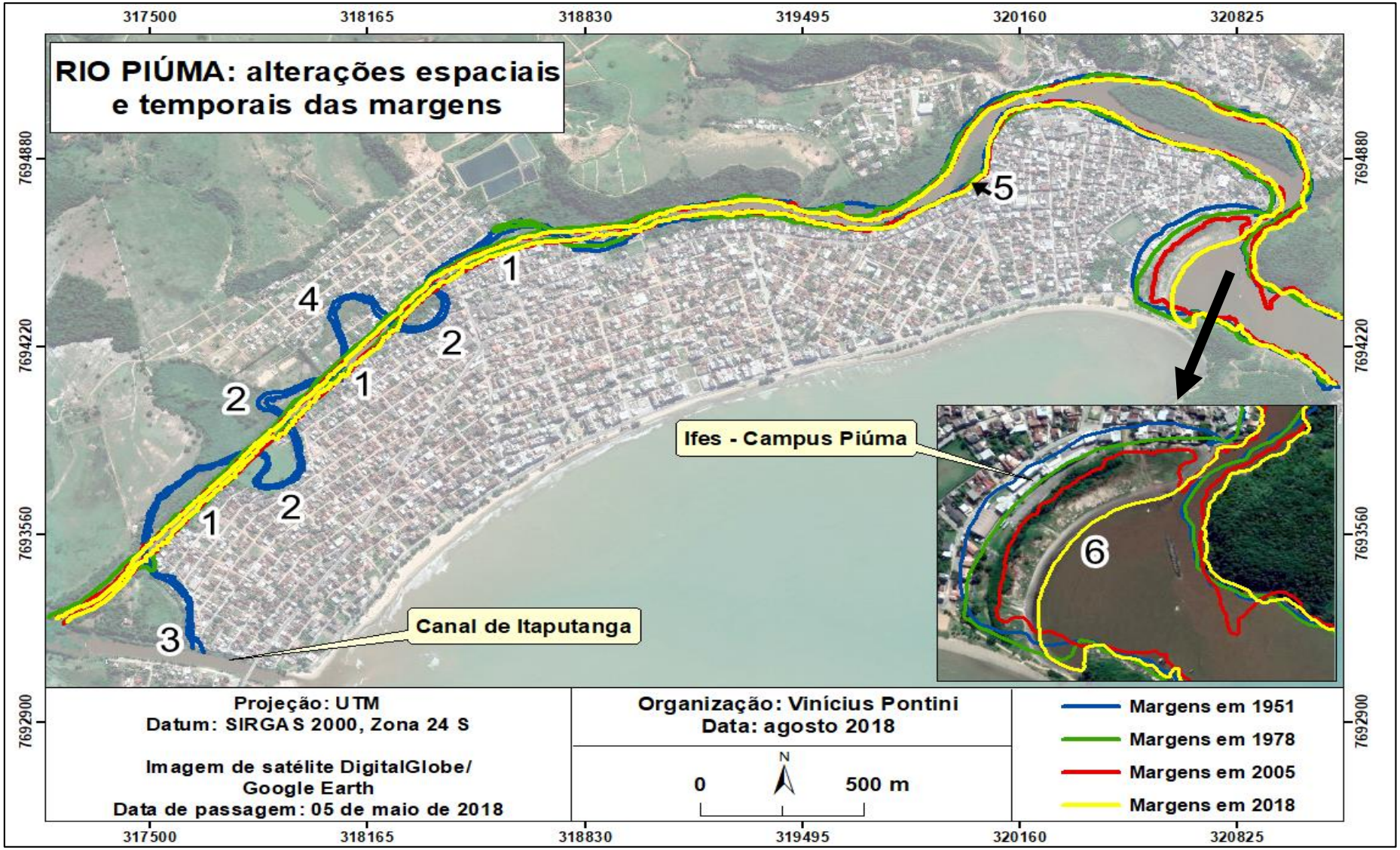


Mapa 20. Rio Piúma em 2018. 1) avanço da urbanização à margem esquerda; 2) nova ponte; 3) agravamento do assoreamento do estuário.

De modo a melhor comparar as alterações morfológicas do rio, as mesmas foram reunidas no Mapa 21, onde constatam-se mudanças drásticas entre 1951 e 2018, sobretudo nos trechos a montante do mapeamento: o mesmo sofreu processos de retificação (1) e aterros próximos ao Canal de Itaputanga, esculpindo uma morfologia que pudesse atender às necessidades de navegação, do rápido escoamento das áreas inundáveis no Vale do Orobó e de aumento de áreas próprias para ocupação e fixação humana, culminando no incremento da malha urbana do município. Com isso, trechos sinuosos outrora percorridos pelo rio (2) dão lugar, atualmente, à ruas, avenidas e residências, em ambas as margens.

Outras alterações que merecem destaque são: aterro do antigo início do rio a partir do Canal de Itaputanga (3), abandono de um meandro (4), atualmente não abastecido pelo rio, concretagem da margem direita de um trecho próximo ao manguezal urbano do rio (5) (Figura 19) e aterros e agravamento do assoreamento do estuário (6). Os aterros podem ser identificados com a aproximação do trecho no mapa abaixo, onde observam-se construções de edificações em áreas outrora ocupadas pelo estuário, incluindo o *campus* do IFES de Piúma.

Figura 19. Margem direita concretada do rio Piúma (seta vermelha). A seta amarela representa parte de uma espécie de mangue, que corresponde a uma ilha vegetada de um trecho urbano do manguezal do rio. Observa-se o baixo nível d'água, com exposição do fundo do leito fluvial (ponto azul) e embarcações encalhadas. Ao fundo, nota-se residências com pilares construídos no leito fluvial (ponto verde). A seta azul indica a direção do fluxo hídrico. Arquivo pessoal do autor (set./2018).



Mapa 21. Evolução multiespacial e temporal da morfologia do rio Piúma. 1) retificação do rio; 2) supressão de trechos sinuosos; 3) aterro do antigo início do rio a partir do Canal de Itaputanga; 4) abandono de meandro; 5) trecho com margem direita concretada; 6) aterros e agravamento do assoreamento no estuário.

Apesar da morfologia ao longo de parte significativa do rio não apresentar alterações expressivas ao longo dos anos de 1978, 2005 e 2018, é no estuário que elas são mais claramente perceptíveis. Seguindo a ordem cronológica dos anos supracitados e também o de 1951, observa-se que a margem direita do trecho urbano do estuário vem avançando sobre o corpo hídrico. Apesar da mesma constituir-se naturalmente como a margem de deposição do rio (convexa) no trecho, em oposição à margem erosiva (côncava) de domínio cristalino, que é atingida de forma mais intensa e direta pelo fluxo hídrico, evidencia-se, além de assoreamento (Figura 20), aterros de origem antrópica que a área sofreu.

Figura 20. Margens direita do estuário do rio Piúma (seta vermelha), de domínio sedimentar, e esquerda (seta amarela), de domínio cristalino. Observa-se o assoreamento da margem direita ainda mais destacado pela maré baixa. Ainda, nota-se uma grande quantidade de resíduos sólidos e presença de urubus (pontos azuis), evidenciando a degradação do local. Arquivo pessoal do autor (set./2018).

Cunha (2008) argumenta que um dos exemplos de degradação dos rios e canais é a alteração nas dimensões da calha originada pela excessiva erosão das margens e pelo assoreamento, provocado pela maior quantidade de sedimentos que, nas áreas urbanas, são somadas ao lixo, formando bancos e ilhas que reduzem a capacidade do canal e propiciam inundações e o comprometimento da qualidade da água.

Com relação ao assoreamento do rio Piúma, Basílio (2015) destaca que o rio nunca foi profundo, logo, ascendeu-se o desejo de torná-lo mais propício à navegação a partir de dragagens realizadas por autoridades na década de 1970. Essas

intervenções no canal fluvial, embora tivessem sido executadas em benefício aos pescadores, trouxeram empecilhos para os pescadores artesanais pelo processo de assoreamento, impossibilitando a entrada de embarcações superiores a 8m no estuário com a maré baixa, tornando-os reféns, assim, da maré alta.

As principais alterações diretas e indiretas observadas no período considerado e nas campanhas de campo está sintetizado no Quadro 8 a seguir.

Quadro 3. Síntese das principais alterações diretas e indiretas no Canal de Itaputanga e no rio Piúma (1951-2018).

	Alterações diretas	**Alterações indiretas**
Canal de Itaputanga	• Alargamento do canal; • Supressão de trecho sinuoso que culminava na antiga foz, aterrada; • Nova foz ao norte da antiga; • Perca de prolongamentos do canal; • Retificação do canal; • Construção de ponte; • Construção de vertedouro com concretagem das margens e do leito menor, impermeabilizando-o.	• Crescimento urbano criando diferentes níveis de áreas urbanas (densas, esparsas), em ambas as margens; • Supressão e acréscimo de vegetação ciliar; • Despejo de efluentes domésticos sem tratamento.
Rio Piúma	• Assoreamento e aterros na margem direita do estuário; • Supressão de trechos sinuosos, retificando o rio; • Abandono de meandro, que atualmente não é recarregado pelo rio; • Perca de prolongamento do rio; • Aterro do antigo início do trecho mapeado do rio, a partir do Canal de Itaputanga; • Concretagem da margem direita em um ponto visitado.	• Crescimento urbano criando diferentes níveis de áreas urbanas (densas, esparsas), em ambas as margens; • Supressão de vegetação ciliar; • Despejo de efluentes domésticos sem tratamento.

Organização: autor.

5.3 Vazões médias anuais históricas

Uma vez que o rio Piúma se forma pela confluência dos rios Novo e Iconha e o referido curso d'água não foi contemplado com a operação de estações fluvio e pluviométricas,

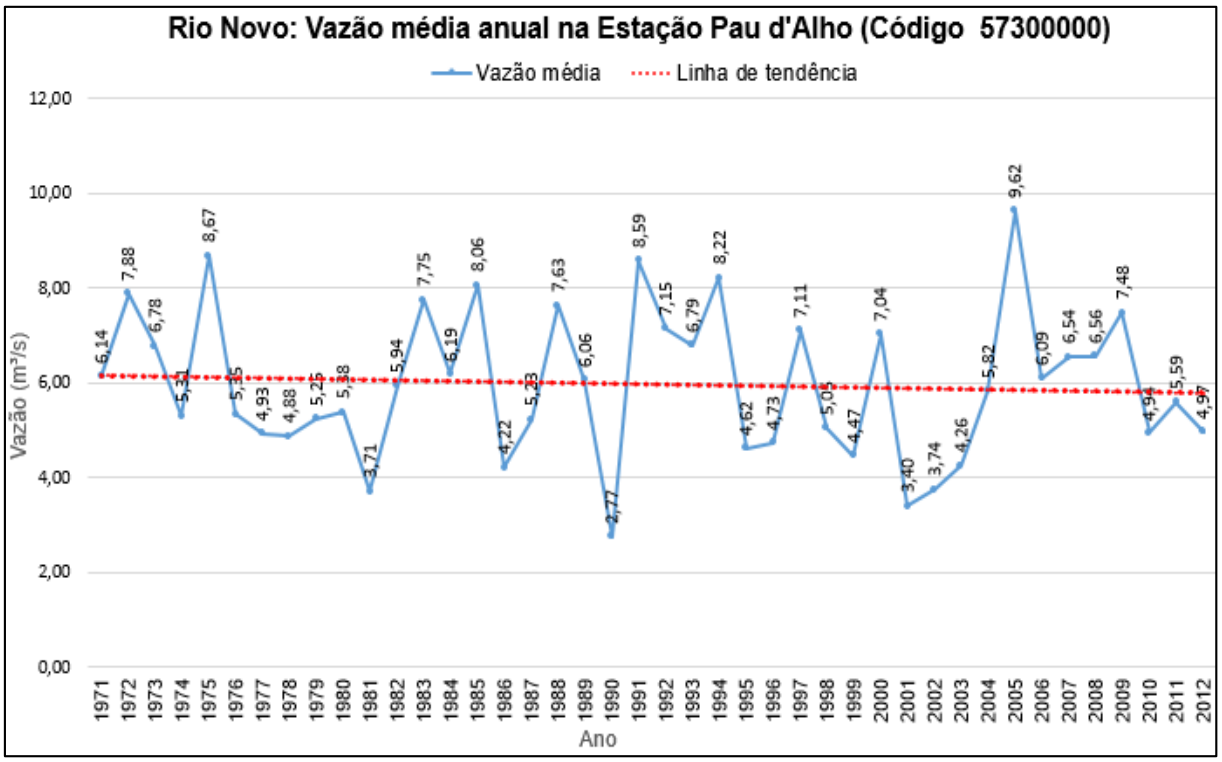
diferentemente dos rios que o formam, optou-se, visando compreender moderadamente o comportamento hidrológico do baixo curso da BHRN, analisar, brevemente, dados referentes à vazão média histórica das estações Pau d'Alho (rio Novo) e Iconha-Montante (rio Iconha), que se situam-se mais próximas do ponto de confluência.

Pelo fato de inexistir estações tanto fluvi quanto pluviométricas no rio Piúma, área de estudo, e pelo o mesmo ser formado pela confluência dos rios Novo e Iconha, onde existem estações, foram levadas em consideração, a fim de análise, as estações fluviométricas a montante e mais próximas do ponto de encontro dos rios, que foram a de Pau d'Alho, no rio Novo e a de Iconha-Montante, no rio Iconha. Ademais, por se situarem no baixo curso da bacia, as estações podem refletir o quadro hidrológico das áreas a montante.

Em relação ao rio Novo, destaca-se, inicialmente, que embora o portal *Hidroweb* informe que a estação fluviométrica de Pau d'Alho tenha entrado em operação em 1970, inexistem dados para este ano na estação, que começam a partir do ano seguinte, de 1971. O mesmo não se aplica à estação Iconha-Montante, que registrou dados referentes a 1970.

O Gráfico 2 corresponde ao regime da vazão média anual histórica na estação Pau d'Alho, de 1971 a 2012, indica um quadro de instabilidade, com picos abaixo e acima da linha de tendência que oscilam em um intervalo de dois anos. Em relação à esta, a mesma se apresenta ligeiramente descendente, revelando a queda histórica na vazão média anual. O seu pico máximo se deu no ano de 2005, com 9,62m³/s, ao passo que seu pico mínimo ocorreu no ano de 1990, com 2,77m³/s.

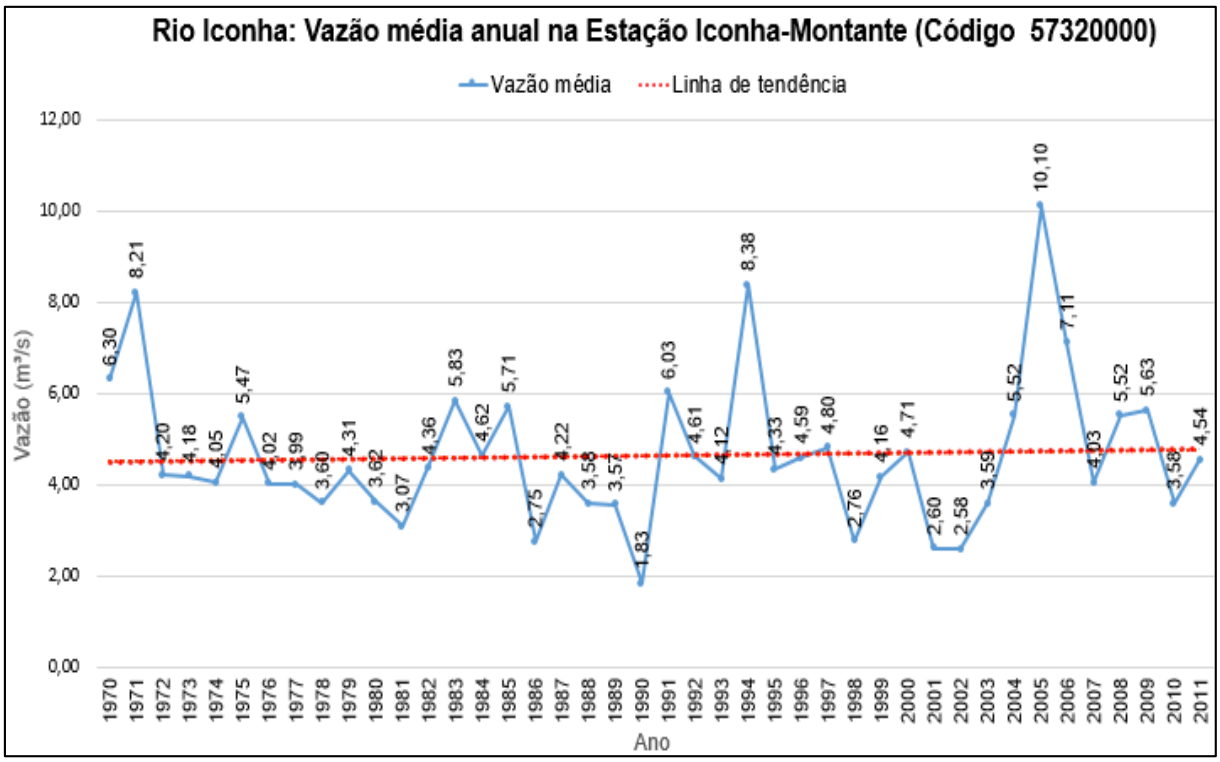
Gráfico 2. Dados da vazão média anual na estação Pau d'Alho (rio Novo), de 1971 a 2012.



Organização: autor.

Por sua vez, o Gráfico 3 diz respeito ao regime da vazão média anual histórica da estação Iconha-Montante, de 1970 a 2012, e, assim como na estação anterior, observa-se um cenário de instabilidade, com oscilações significativas tanto acima quanto abaixo da linha de tendência. Esta, diferentemente da anterior, apresenta-se ligeiramente ascendente, apontamento acréscimo da vazão média anual no período analisado. Seus picos máximo e mínimo, respectivamente, foram de 10,10m³/s, em 2005 e de 1,83m³/s, em 1990, os mesmos anos das referidas informações da estação Pau d'Alho.

Gráfico 3. Dados da vazão média anual na estação Iconha-Montante (rio Iconha), de 1970 a 2012.



Organização: autor.

5.4 Recursos hídricos e a legislação: breves apontamentos

Selecionaram-se três documentos legais que versam sobre os recursos hídricos com o intuito de brevemente analisar suas ponderações e discursos em relação a esse temário: a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, também conhecida como “Novo Código Florestal”, a Lei Estadual nº 10.179, de 18 de março de 2014 (Política Estadual dos Recursos Hídricos) e o Plano Diretor Municipal (PDM) do município de Piúma, Lei nº 1.656, de 03 de dezembro de 2010.

Dada a importância das Áreas de Preservação Permanentes (APPs), tanto no que diz respeito a parâmetros urbanos quanto ambientais para ocupação às margens dos corpos d’água, optou-se por observar as ponderações feitas a seu respeito na legislação federal selecionada. O art. 2, III, do Novo Código Florestal entende Área de Preservação Permanente como

> área protegida, **coberta ou não por vegetação nativa**, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012, grifo nosso).

Dessa forma, ao especificar ser uma área com ou sem vegetação nativa, as áreas previamente ocupadas podem ser enquadradas como áreas de APP, apresentando, como argumenta Penna (2017) um descompasso entre as normas ambientais e urbanísticas.

Seu art. 4º, I, dispõe que APPs compreendem as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene ou intermitente, desde a borda da calha do leito regular:

- em largura mínima de trinta metros, para os cursos d'água inferiores a dez metros de largura;
- de cinquenta metros para aqueles com largura entre dez e cinquenta metros;
- de cem metros para os cursos d'água com largura entre cinquenta e duzentos metros;
- de duzentos metros para aqueles com largura entre duzentos e seiscentos metros; e
- de quinhentos metros para os cursos d'água com largura superior a seiscentos metros.

Em maio de 2018 o Canal de Itaputanga contava com largura máxima de 98m, apresentando-a, em geral, de forma homogênea, com exceção da foz, afunilada. Logo, deveria ter APP de cem metros, atualmente ocupada, em boa porções significativas de ambas as margens, por populações humanas. O caso do rio Piúma é mais complicado, pois no mesmo período apresentava largura máxima de 278m e trechos onde a mesma é inferior a 50m, assim, as dimensões das APPs ao longo do curso d'água variam, tornando esses limites mais difíceis de serem estabelecidos. Em geral, para ambos os casos, essas áreas protegidas dão lugar, na grande maioria dos trechos mapeados, à residências e a demais equipamentos de caráter urbano, revelando desrespeito ao que prevê a legislação.

Outros descompassos são observados no art. 7º, § 2º, onde são apresentadas exceções quanto à intervenção e à supressão da vegetação nativas em APPs, que podem ser autorizadas,

> "[...] excepcionalmente, em locais onde a função ecológica do manguezal esteja comprometida, para execução de obras habitacionais e de urbanização, inseridas em projetos de regularização fundiária de interesse social, em áreas urbanas consolidadas ocupadas por população de baixa renda (BRASIL, 2012).

A Política Estadual dos Recursos Hídricos do Espírito Santo objetiva em seu art. 3º o gerenciamento, a proteção, a conservação e a recuperação dos recursos hídricos de domínio do Estado, de modo a, dentre outras coisas, assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade, em quantidade e qualidade, dos recursos hídricos e garantir a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos adversos, gerados naturalmente ou por interferência humana, em situações de mau uso dos recursos naturais.

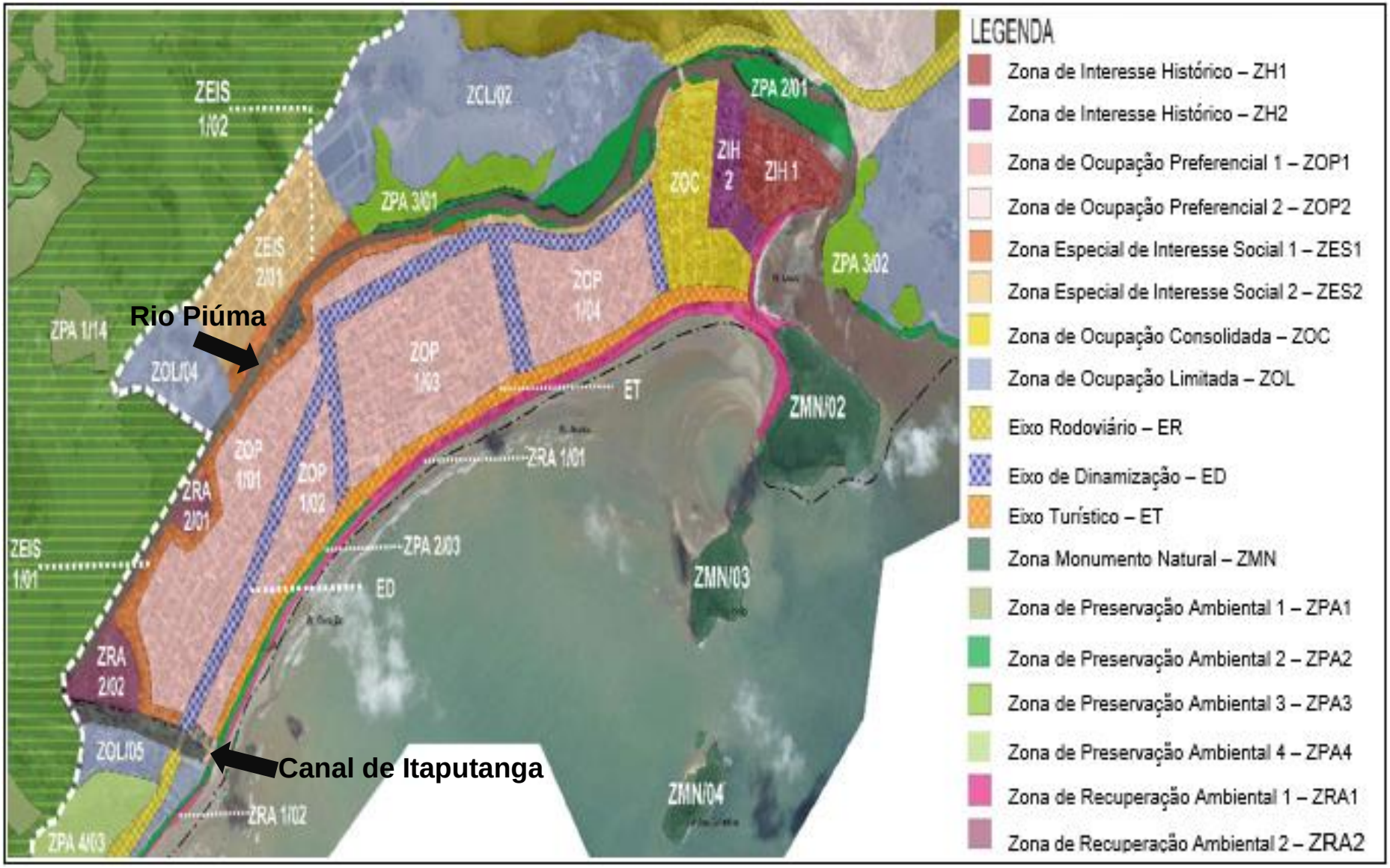
Seu art. 5º prevê que o Estado se articulará com a União, estados vizinhos e municípios para gerenciar os recursos hídricos de interesse comum. Por sua vez, o art. 6 estabelece instrumentos de gestão destes recursos, incluindo o Plano Estadual dos Recursos Hídricos (PERH) e os Planos de Bacia ou Região Hidrográfica. O art. 7 esclarece que o PERH é "o documento programático de longo prazo, que visa a fundamentar e orientar a formulação e a implementação da Política e seu gerenciamento" (ESPÍRITO SANTO, 2014), ao passo que o último instrumento constitui, de acordo com o art. 12 "o documento programático de longo prazo elaborado no âmbito das bacias ou das regiões hidrográficas estaduais, tendo por finalidade fundamentar e orientar a implementação de programas e obras [...]" (ESPÍRITO SANTO, 2014).

Observa-se, de um modo geral, que o conteúdo da Lei Estadual apoia-se em um viés desenvolvimentista que reconhece o fundamental papel da água nesse contexto e teme situações de escassez ou falta do recurso, deixando de lado discussões que versem sobre planejamentos urbanos e ambientais em concomitância ao uso da água.

Por fim, o PDM de Piúma em seu Capítulo III, que trata da Política de Patrimônio Ambiental, em sua seção II, art. 8º estabelece princípios fundamentais para a gestão dos recursos hídricos municipais, incluindo a bacia e a bacia hidrográfica como

unidades territoriais de planejamento e implementação da política de recursos hídricos e que a sua gestão deve proporcionar o uso múltiplo das águas.

O art. 9º elucida as diretrizes para a gestão dos recursos hídricos, incluindo o desenvolvimento e implantação de projeto de recuperação de matas ciliares nos arroios, cursos d'água e lagoas de forma a garantir a capacidade de produção e qualidade da água e a integração da gestão dos recursos hídricos com os sistemas estuarinos e a zona costeira. O Parágrafo Único do art. 50º apresenta que os recursos hídricos são contemplados como fatores de primeira ordem na delimitação das zonas relacionadas ao patrimônio ambiental, dispostas no mapa a seguir, extraído do PDM (Mapa 22).



Mapa 22. Zoneamento do município de Piúma quanto ao patrimônio ambiental, disposto no PDM. Adaptado pelo autor.

Nota-se a complexidade do zoneamento proposto e que as áreas marginais do Canal de Itaputanga e rio Piúma vão desde Zonas Monumentos Naturais, de Preservação Ambiental e de Recuperação Ambiental à Zonas Especiais de Ocupação Preferencial, de Interesse Social, de Ocupação Consolidada e de Ocupação Limitada, que podem repercutir diretamente com os tratos com os cursos d'água.

Ademais, observa-se as Zonas Especiais de Interesse Social correspondem a setores carentes com parâmetros diferenciados de uso e ocupação do solo urbano, situados às margens do Canal de Itaputanga do rio Piúma (Figura 21). São compostas, predominantemente, por populações de baixa renda, em áreas com carência de infraestrutura urbana e acessibilidade inadequada, que serão destinadas a programas e projetos especiais de (re)urbanização, regulação urbanística e fundiária (PIÚMA, 2010), podendo significar avanços, inclusive, no que tange ao tratamento desses corpos d'água. Contudo, é preciso monitorar tais ações no campo prático, pois o cenário pode se consolidar, infelizmente, como o oposto.

Figura 21. Residências carentes à margem esquerda do rio Piúma no bairro Piuminas, um dos enquadrados na Zona Especial de Interesse Social. Arquivo pessoal do autor (set./2018).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as opções metodológicas empregadas, especialmente as atreladas a obtenção e manipulação de produtos cartográficos digitais, pôde-se gerar produtos sob a forma de mapas a fim de se visualizar os resultados das alterações morfológicas diretas no Canal de Itaputanga e no rio Piúma e indiretas em suas áreas marginais, mostrando-se eficazes para a elucidação da problemática. Assim, fica evidente que o arsenal tecnológico, conhecido como geotecnologias, mostra-se importante, sobretudo, no âmbito da pesquisa geográfica moderna, além de ser uma ótima ferramenta que, se usada de forma adequada, auxilia diversos profissionais a analisar de forma espacial e temporal uma multiplicidade de temários.

Ademais, a metodologia empregada atendeu aos objetivos propostos ao colocar em xeque, espacial e temporalmente, a inter-relação entre os aspectos físico-naturais e as alterações das formas de uso e cobertura da terra pelo homem no recorte espacial. Ressalta-se que, embora algumas alterações morfológicas possam ter gênese oriunda de dinâmicas naturais, como períodos de cheia/vazante, o homem apresentou-se como principal promotor de mudanças extremadas nos cursos d'água analisados, onde a urbanização exerce um papel de destaque.

A caracterização das condicionantes socioambientais da BHRN permitiu compreender de forma mais detalhada o seu atual panorama e as inter-relações estabelecidas pelos fatores naturais e humanos na cristalização de dinâmicas em seu interior e que podem culminar diretamente no quadro dos cursos d'água. Como exemplo, cita-se a grande planície fluviomarinha onde hoje encontra-se boa parte do núcleo urbano de Piúma, que ali se desenvolveu alicerçada, entre outros motivos, pela topografia baixa e plana e pela abundância em oferta de água, por estar situada entre o rio Piúma e a linha de costa, culminando em alterações morfológicas no rio.

Observaram-se grandes interferências antrópicas no rio analisado, onde as mais expressivas foram canalizações, retificações, aterros e construção de um vertedouro, que se refletiram em mudanças de ordem morfológica expressivas no rio nos dois segmentos de análise. Com relação ao segmento dois em particular, por ter seus trechos sinuosos suprimidos por uma morfologia retilínea, tornou-se menos extenso

na escala cronológica considerada, aumentando a velocidade d'água e alterando suas dinâmicas erosiva, de sedimentação e de transporte. É necessária atenção especial às áreas próximas ao estuário e à foz do Canal de Itaputanga, que não favorecem a ocupação urbana estável por conta da grande complexidade morfodinâmica e instabilidade (MUEHE, 2001).

O Canal de Itaputanga e o rio Piúma, por estarem situados no baixo curso da BHRN, também refletem condições de descaso com os cursos d'água a montante, nos médio e alto cursos, a exemplo da retirada da vegetação ciliar e impermeabilização do solo, agravando os processos erosivos e, consequentemente, os de assoreamento. Logo, é essencial adotar o recorte da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão, integrando aspectos sociais/urbanos e ambientais para melhor propor ações e intervenções em prol da proteção, conservação e manutenção dos corpos d'água e áreas marginais associadas.

Em adição a isso, o diálogo com as populações inseridas nas áreas de APP e demais envolvidas com os rios da bacia é fundamental para promover o avanço das questões ambientais e enfatizar a responsabilidade social para com os corpos hídricos, além do papel que cabe à administração pública. O Comitê da BHRN é um importante instrumento em prol de debates e ações entre diferentes esferas públicas e sociais que buscam, dentre outras coisas, a diminuição dos impactos nos rios e demais ambientes fluviais da bacia.

A análise dos dados hidrológicos para o rio Piúma, de vazão média anual histórica, foi impossibilitada pela inexistência de estações fluviométricas curso d'água. Portanto, seria interessante promover a instalação de estações fluvio e pluviométricas neste rio e em outros pontos dos rios Novo e Iconha para promover análises mais completas e planejamentos mais eficientes.

Os breves apontamentos extraídos das legislações discutidas nas esferas federal, estadual e municipal e o cenário encontrado no Canal de Itaputanga, rio Piúma e nas áreas adjacentes são, em partes, contraditórios. Em relação à Lei Estadual, Vervloet (2017) discorre que a mesma foi elaborada seguindo uma lógica industrial e econômica que considera a água como insumo aos referidos setores, alavancando o seu uso irresponsável, suprimindo a noção de "recurso natural" e evitando "crises hídricas". Os planejamentos ambientais e urbanos devem ser, de fato, valorizados nas

diferentes instâncias da lei para que o quadro dos recursos hídricos possam apresentar melhoras.

O diagnóstico e prognóstico das condições de uso da água na BHRN, elaborado pela Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH, 2018), elucida que o balanço hídrico quantitativo anual, que diz respeito à relação entre disponibilidade *versus* demanda, é excelente. Todavia, a qualidade da água segue na direção contrária, apresentando condição desfavorável a jusante das sedes municipais da bacia, podendo estar relacionada à ausência ou ineficiência de coleta e tratamento de esgoto.

Assim, faz-se necessário uma maior articulação entre as esferas municipal, estadual e federal, abrangendo as políticas públicas para os recursos hídricos, que são elaboradas pensando no recorte municipal, também no recorte de bacias, buscando promover ações efetivas quanto ao monitoramento e gerenciamento dos corpos hídricos da bacia, prevenindo e mitigando os reflexos dos impactos antrópicos na área.

Santos (2000) defende que qualquer intervenção sempre passa pelo campo político, sendo que cabe à Geografia direcioná-la aquela a este. Desta forma, espera-se que este trabalho sirva de estímulo a outros com problemática similar e, ao expor espaço e temporalmente as transformações na área analisada, auxilie na adoção e realização de medidas em prol da redução dos impactos socioambientais pelos órgãos competentes, tornando os cursos d'água e ambientes fluviais associados menos artificiais e contribua, também, para a construção e preservação da história recente de Piúma e de seu rio.

7. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Portal *HidroWeb* – Sistema de Informações Hidrológicas.** Consulta às séries históricas de dados hidrológicos. Disponível em: < http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: 06 abr. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Portal *HidroWeb* – Sistema de Informações Hidrológicas.** Estações fluviométricas e pluviométricas. 2012. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>. Acesso em: 06 abr. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Sobre a ANA.** Disponível em: < http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/acesso-a-informacao/institucional/sobre-a-ana>. Acesso em: 22 fev. 2018.

AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – AGERH. **Diagnóstico e prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Novo:** Relatório da etapa A – diagnóstico e prognóstico, jan./2018. Disponível em: < https://agerh.es.gov.br/Media/agerh/Documenta%C3%A7%C3%A3o%20CBHs/Rio%20Novo/REA_DiagnosticoPrognostico_CBH%20RioNovo.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2018.

ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. Erosão e progradação do litoral brasileiro – Espírito Santo**.** *In*: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 227-264.

AMARANTE, O. A. C. Atlas Eólico: Espírito Santo. *In*: AMARANTE, O. A. C.; SILVA, F. J. L.; ANDRADE, P. E. P. (Orgs). **Vitória:** Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo – ASPE, 2009. 100 p. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_ES.pdf >. Acesso em: 02 maio 2018.

ASHMORE, P. Towards a sociogeomorphology of rivers. **Geomorphology**, n. 251, p. 149-156, 2015.

BASÍLIO, T. H. **Análise integrada de sustentabilidade da pesca artesanal do município de Piúma, litoral sul do Espírito Santo, Brasil.** 179 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2015. Disponível em: < http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/16784/1/2015_tese_thbasilio.pdf>. Acesso em: 19 set. 2018.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. *In*: GUERRA, A. J. T. (Org). **Geomorfologia urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 jan. 1997.

BROCANELI, P. F.; STUERNER, M. M. Renaturalização de rios e córregos no município de São Paulo. **Exacta**, São Paulo, v. 6, n. 1, jan./jun. 2007, p 147-156. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/810/81011705016/>. Acesso em: 20 fev. 2018.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens:** fundamentos. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MONITORAMENTO POR SATÉLITE / EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – CNPM/EMBRAPA. **SRTM - Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em:

<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_srtm.html>. Acesso em: 07 mar. 2018.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

COELHO, A. L. N. **Alterações hidrogeomorfológicas no médio-baixo Rio Doce / ES**. 247 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Niterói, 2007.

COELHO, A. L. N. Bacia hidrográfica do rio Doce (MG/ES): uma análise socioambiental integrada. **Revista GeografarES**, Vitória, n. 7, 2009. p. 131-146.

COELHO, A. L. N.; NASCIMENTO, F. H. Delimitação de área sazonalmente inundável no baixo curso do rio Iconha, Piúma – ES – Brasil. *In*: IX Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Editora URFJ, 2012. p. 1-5.

COELHO, A. L. N. et al. **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espirito Santo, escala 1:400.000.** Instituto Jones dos Santos Neves – Nota Técnica 28. Vitoria, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Teubner_Junior/publication/240097485_Mapeamento_Geomorfologico_do_Estado_do_Espirito_Santo/links/00b4951c4651ff0021000000/Mapeamento-Geomorfologico-do-Estado-do-Espirito-Santo.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2018.

COELHO NETO, M. C. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 19-43.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM / SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB. **Geologia e recursos minerais do estado do Espírito Santo:** texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais. Programa Integração, Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo. *In*: VIEIRA, V. S.; MENEZES, R. G. (Orgs). Belo Horizonte: CPRM, 2015. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_espirito_santo.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2018.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM / SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB. **Mapa geológico do estado do Espírito Santo, escala 1:400.000.** Programa Integração, Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo. Belo Horizonte: CPRM, 2015.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a questão ambiental. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs). **A questão ambiental:** diferentes abordagens. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 219-238.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

CUNHA, S. B. Rios Desnaturalizados. *In:* BARBOSA, J. L.; LIMONAD, E. (Orgs). **Ordenamento territorial e ambiental.** 1. ed. Niterói: Editora da UFF, 2012. p. 171-192.

CUNHA, L. H.; COELHO NETO, M. C. Política e gestão ambiental. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs). **A questão ambiental:** diferentes abordagens. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 43-76.

DALLAPICOLA, M. S. Q. **Desnaturalização do rio Doce:** uma abordagem geográfica das intervenções no setor urbano de Colatina/ES. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Vitória, 2015.

DEINA, M. A. **Alterações hidrogeomorfológicas no baixo curso do rio Jucu (ES).** 187 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Vitória, 2013.

DE PAULA, A. Comerciantes protestam contra abertura de canal. **A Tribuna**, Vitória, 18 nov. 2005. Caderno Regional, p. 11.

ESPÍRITO SANTO. Lei 10.179/14, de 18 de março de 2014. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo – SIGERH/ES e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**, Vitória, ES, 18 mar. 2014.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

GIL, A. P. **Alterações no corredor fluvial do baixo curso do rio Doce em 1987 e 2011 – Linhares, ES.** 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Vitória, 2017.

GPS ESSENTIALS. **Aplicativo para celular.** Disponível para *download* na loja virtual *Playstore* para celulares *Android.*

GREGORY, K. R. The human role in changing river channels. **Geomorphology**, n. 79, p. 172-191, 2006.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs). **Geomorfologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censos demográficos:** 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 mar. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades e estados do Brasil.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 mar. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapas interativos do IBGE:** base de dados geográficos, 2015. Disponível em: <http://ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 05 mar. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE**. Resolução IBGE nº 1/2005 que altera a caracterização do referencial geodésico brasileiro, passando a ser o SIRGAS-2000, 2005.** Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencial_geodesico/legislacao/rpr_01_27dez2016.pdf>. 05 mar. 2018.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – INCAPER. **Mapas de chuva e de temperatura, 2015.** Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/>. Acesso em: 05 mar. 2018.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES / COORDENAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO – IJSN/CGEO. **Base de dados geográficos:** 2010, 2012, 2013. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/>. Acesso em: 05 mar. 2018.

LIMA-E-SILVA, P. P.; GUERRA, A. J. T.; DUTRA, L. E. D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs). **Avaliação e perícia ambiental.** 8 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

LUCHINI, A. M. Os desafios à implementação do sistema da gestão dos recursos hídricos estabelecidos pela Lei 9.433/97. **Revista de Administração Pública (RAP)**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, 2000. Disponível em: < http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6256>. Acesso em: 22 fev. 2018.

MUEHE, D. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 35-44, 2001.

NAVEGANDO os rios capixabas. **A Tribuna**, Vitória, 9 set. 2007. Caderno Especial. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/>. Acesso em: 19 fev. 2018.

NOVO, E. M. L. M. Ambientes fluviais. *In*: FLORENZANO, T. G. (Org). **Geomorfologia:** conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

OLIVEIRA, D. T. L. **Diferentes usos de segundas residências:** estudo de caso do loteamento Monte Aghá I em Piúma – ES. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Vitória, 2016.

OLIVEIRA, F. S. et al. Evolução temporal da cobertura florestal na bacia hidrográfica do Rio Iconha, Espírito Santo, Brasil. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 4, jul. 2015. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/776/pdf_23>. Acesso em: 10 mar. 2018.

PENNA, T. V. C. **Rios urbanos e paisagem:** do convívio à negação em Cachoeiro de Itapemirim – ES. 196 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Vitória, 2017. Disponível em: < http://repositorio.ufes.br/jspui/handle/10/10053?mode=full>. Acesso em: 29 ago. 2018.

PIÚMA. Lei nº 1.656, de 3 de dezembro de 2010. Institui o Plano Diretor Municipal de Piúma. **Diário Oficial [da] Prefeitura de Piúma**, Piúma, ES, 03 dez. 2010.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Rios e processos aluviais. *In:* TEIXIERA, W. et al. **Decifrando a terra.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2003. p. 192-214.

SARTÓRIO, M. V. O. **Desnaturalização dos sistemas fluviais urbanos:** o caso do canal da Costa e do canal Bigossi, Vila Velha (ES). 169 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Vitória, 2018.

SARTÓRIO, M. V. O. **Processo de urbanização em bacias de drenagem:** estudo de caso da bacia do rio Marinho – ES. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Vitória, 2015.

SHORT, A. D.; HESP, P. A. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. **Marine Geology**, v. 48, ago./1982, p. 259-284. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0025322782901001>. Acesso em: 01 jul. 2018.

SILVA, V. A. **Geomorfologia antropogênica:** mudanças no padrão de drenagem do canal principal e delta, no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha/BA. 209 f. Tese (Doutorado em Geografia, Área de Concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Campinas, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287344>. Acesso em: 21 fev. 2018.

SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – GEOBASES. **Navegador geográfico, feições:** 2010, 2016, 2018. Disponível em: <https://www2.geobases.es.gov.br/publico/AcessoNavegador.aspx?id=142&nome=NAVEGADOR_GEOBASES>. Acesso em: 05 mar. 2018.

SMOL, J. P. **Pollution of lakes and rivers:** a paleoenvironmental perspective. 2nd ed. Malden, Mass.: Blackwell Publishing, 2008. 383p.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais.** 2. ed. Curitiba: Editora da UFPR, 1990.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **Earth Explorer**. Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (SRTM1S21W041V3, publication: 23-SEP-14). Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 05 mar. 2018.

VERVLOET, R. J. H. M. **O papel das estruturas litológicas e tectônicas na evolução da rede hidrográfica da Região Serrana do Espírito Santo:** o caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente. 313 f. Tese (Doutorado em Geografia, Área de Concentração: Geografia Física) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-08012015-155023/pt-br.php>. Acesso em: 11 mar. 2018.

VERVLOET, R. J. H. M. Reflexão crítica sobre a Lei 10.179/2014 da “nova” Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo: uma visão geográfica. **Revista GeografarES**, Vitória, n. 23, p. 1-11, jan./jun. 2017.

ANEXOS

ANEXO A – Rio Novo: dados históricos da média vazão mensal (m³/s) na Estação Pau d'Alho (Código 57300000)

(continua)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
1971	6,83	4,35	5,65	4,29	4,95	6,34	5,15	5,93	13,76	12,66	59,06	38,73	6,14
1972	13,94	11,16	7,58	7,15	9,81	5,80	6,69	5,97	8,18	7,18	10,06	9,90	7,88
1973	6,76	4,99	10,02	11,19	6,79	4,81	4,20	3,73	3,70	6,83	8,83	9,65	6,78
1974	14,72	7,74	6,13	7,73	5,98	4,64	3,95	3,06	2,58	4,63	4,59	6,33	5,31
1975	9,51	12,61	8,59	8,76	8,51	7,27	7,57	4,57	5,59	9,83	13,60	10,32	8,67
1976	5,61	4,98	4,96	3,66	5,18	3,71	5,72	3,57	5,52	8,76	8,17	17,03	5,35
1977	10,82	5,14	4,09	8,70	6,47	4,71	3,40	2,93	3,34	4,34	7,10	13,82	4,93
1978	10,92	6,34	4,38	5,08	3,71	3,21	4,68	3,09	3,38	6,46	5,65	8,44	4,88
1979	19,21	25,25	11,43	7,72	5,63	4,45	4,51	3,57	3,15	2,65	4,90	5,59	5,25
1980	8,54	7,57	5,25	18,29	9,65	6,26	4,94	4,73	3,79	4,30	4,98	5,51	5,38
1981	3,50	2,71	4,22	5,95	4,06	3,80	3,62	3,02	2,08	2,80	7,90	7,66	3,71
1982	11,46	5,89	9,98	7,20	5,99	3,91	3,82	10,13	4,20	5,01	3,50	6,17	5,94
1983	8,40	7,10	6,09	9,70	10,78	5,41	4,38	3,68	4,98	12,08	11,86	20,07	7,75
1984	8,28	5,38	6,84	15,18	6,64	5,39	4,69	5,68	5,73	5,04	6,96	17,79	6,19
1985	27,92	17,69	14,67	9,81	8,61	6,45	6,93	5,44	7,38	6,11	7,52	9,27	8,06
1986	8,61	5,77	4,25	4,05	3,76	2,89	4,19	4,04	4,50	3,65	5,30	6,17	4,22
1987	5,34	4,16	6,18	11,03	5,79	5,12	3,72	3,05	4,89	4,60	16,89	17,59	5,23
1988	10,28	7,01	7,08	8,18	8,18	5,73	5,57	4,17	5,25	11,05	11,87	9,30	7,63
1989	9,15	7,87	6,40	5,59	6,06	6,06	4,48	4,27	3,97	4,72	7,80	10,09	6,06
1990	3,34	2,75	2,10	2,98	2,34	1,61	1,78	2,46	2,79	3,06	3,20	4,73	2,77
1991	6,84	7,53	11,39	12,39	5,43	5,03	8,46	10,45	9,40	8,99	8,72	7,24	8,59
1992	6,69	5,53	5,53	6,44	4,56	3,83	12,17	9,46	7,61	8,98	19,24	14,08	7,15
1993	18,70	9,11	6,93	6,66	7,39	8,78	5,04	4,44	5,28	6,19	3,89	16,37	6,79
1994	29,48	7,80	37,20	19,63	15,65	9,05	7,08	5,33	4,89	6,23	6,62	8,64	8,22
1995	5,94	5,65	4,91	3,23	4,23	2,65	2,44	3,93	4,34	6,46	12,93	18,36	4,62

(conclusão)

1996	15,57	6,42	5,55	4,96	4,51	3,52	2,82	2,30	3,84	4,46	20,24	10,10	4,73
1997	14,15	6,63	9,28	9,72	8,60	5,55	4,30	3,52	4,35	4,89	7,60	16,16	7,11
1998	11,87	8,99	5,23	4,87	3,35	2,81	2,19	2,44	2,81	5,86	10,64	8,56	5,05
1999	5,52	3,26	4,65	4,30	3,45	4,98	4,12	3,25	3,37	6,83	19,67	11,42	4,47
2000	8,00	8,40	7,31	10,22	5,22	4,38	3,81	3,36	6,77	4,21	10,46	11,42	7,04
2001	8,20	4,44	4,14	3,29	2,94	2,58	2,57	2,36	3,45	3,36	10,88	5,16	3,40
2002	3,88	4,71	3,45	2,73	3,61	3,01	3,22	2,12	7,33	5,27	13,01	18,03	3,74
2003	13,89	4,87	4,00	4,53	3,54	2,43	3,38	3,12	3,26	5,56	5,92	20,42	4,26
2004	16,04	12,45	9,83	7,92	5,72	4,54	5,84	5,36	3,52	5,57	5,80	17,00	5,82
2005	10,40	15,79	26,53	9,01	7,92	9,69	9,55	5,56	7,64	5,21	16,20	33,31	9,62
2006	12,46	6,47	6,97	14,20	5,71	4,09	2,56	1,79	1,59	2,06	13,40	16,91	6,09
2007	20,53	14,93	7,76	6,96	6,13	4,79	3,78	3,13	2,91	2,93	7,21	8,44	6,54
2008	7,08	13,84	7,55	7,88	6,03	5,19	3,84	3,01	3,07	3,89	16,90	15,88	6,56
2009	19,62	10,74	12,15	18,79	10,33	6,95	6,07	5,15	4,27	5,69	7,23	7,72	7,48
2010	4,29	3,71	12,38	8,83	6,29	4,98	4,91	3,41	2,72	3,24	6,46	6,77	4,94
2011	7,34	3,03	22,60	11,44	7,12	4,86	4,77	3,73	3,36	4,68	6,32	9,32	5,59
2012	7,70	3,81	3,79	3,67	7,04	9,24	4,61	5,33	3,86	2,59	5,72	6,94	4,97
MÉDIA	8,88	6,44	6,62	7,72	5,98	4,83	4,43	3,70	4,09	5,13	7,85	9,99	6,21
MÍNIMA	3,34	2,71	2,10	2,73	2,34	1,61	1,78	1,79	1,59	2,06	3,20	4,73	2,22
MÁXIMA	29,48	25,25	37,20	19,63	15,65	9,69	12,17	10,45	13,76	12,66	59,06	38,73	9,62

ANEXO B – Rio Iconha: dados históricos da média vazão mensal (m³/s) na Estação Iconha-Montante (Código 57320000)

(continua)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
1970	12,04	7,17	5,11	4,00	2,68	1,96	4,94	3,91	3,91	7,48	16,17	6,27	6,30
1971	3,84	2,22	2,08	1,99	1,71	2,42	2,57	3,82	8,92	9,07	36,84	23,03	8,21
1972	6,10	4,40	2,83	2,60	3,23	2,06	2,33	2,13	4,69	4,14	8,57	7,39	4,20
1973	5,10	3,89	6,03	6,86	4,58	3,01	2,21	1,78	1,91	3,65	4,79	6,37	4,18
1974	13,44	6,13	4,45	4,39	3,62	2,65	2,18	1,65	1,79	2,14	2,32	3,79	4,05
1975	6,72	8,57	5,94	5,55	5,37	4,59	3,98	2,59	3,35	6,38	7,16	5,44	5,47
1976	3,19	2,94	3,04	2,34	3,78	2,41	3,71	2,62	3,17	5,65	5,34	9,99	4,02
1977	7,48	3,89	2,75	5,10	3,96	3,09	2,10	1,50	1,67	3,38	4,21	8,80	3,99
1978	8,37	5,09	3,36	2,81	2,11	1,71	2,80	1,83	1,97	3,44	3,96	5,76	3,60
1979	10,46	16,39	6,09	3,90	2,74	2,11	1,88	1,34	1,18	1,11	2,00	2,48	4,31
1980	4,74	3,90	2,37	10,08	5,64	3,45	2,61	2,27	1,64	1,94	2,10	2,73	3,62
1981	1,76	1,59	2,88	4,73	4,10	3,39	3,06	2,26	1,84	2,38	4,51	4,36	3,07
1982	5,62	3,96	5,23	5,28	4,35	3,26	2,28	9,18	3,91	3,34	2,57	3,38	4,36
1983	5,03	5,19	3,78	6,53	7,36	3,94	2,86	2,09	3,05	7,73	7,90	14,56	5,83
1984	5,97	3,84	3,78	8,20	3,89	2,76	1,98	2,04	2,13	2,68	3,79	14,41	4,62
1985	16,37	9,13	8,98	5,60	4,61	3,03	3,05	2,13	3,85	2,69	3,59	5,47	5,71
1986	5,34	3,91	2,68	2,42	2,26	1,76	2,19	1,83	2,24	2,28	2,89	3,26	2,75
1987	2,81	2,33	3,22	6,29	3,70	3,02	2,29	1,67	2,59	2,52	11,00	9,16	4,22
1988	6,27	3,57	3,23	3,36	3,08	2,48	2,15	1,69	2,31	5,07	4,72	5,08	3,58
1989	4,82	3,90	3,57	2,76	2,96	2,75	2,11	1,88	1,61	2,24	6,88	7,33	3,57
1990	3,20	2,34	1,59	1,56	1,38	0,94	0,85	1,08	1,39	1,74	1,75	4,11	1,83
1991	5,91	5,50	7,39	8,10	4,04	3,65	6,60	7,94	7,50	6,58	5,29	3,82	6,03
1992	4,11	3,11	2,77	3,36	2,64	2,05	5,94	4,84	4,54	4,55	8,76	8,70	4,61
1993	8,63	5,82	4,35	4,17	4,23	4,71	2,98	2,15	1,92	2,06	2,16	6,24	4,12
1994	15,93	6,56	25,91	12,97	10,34	5,37	4,00	2,80	2,67	4,06	4,77	5,14	8,38

(conclusão)

1995	3,25	2,63	2,21	3,06	3,57	2,18	1,86	3,33	3,24	4,75	10,62	11,23	4,33
1996	10,86	4,22	3,21	2,87	2,31	1,98	1,35	1,08	2,82	3,89	13,90	6,55	4,59
1997	8,71	4,90	5,76	7,02	5,50	3,46	2,48	1,90	1,99	2,11	3,94	9,87	4,80
1998	5,21	4,24	2,84	2,68	1,94	1,64	1,22	1,27	1,30	2,00	5,49	3,34	2,76
1999	2,61	2,18	2,57	3,29	2,47	3,81	3,28	2,49	2,14	3,69	11,80	9,62	4,16
2000	6,67	6,76	5,77	6,83	3,44	2,54	2,05	1,77	2,83	2,12	8,09	7,68	4,71
2001	4,58	2,57	2,05	1,66	1,47	1,36	1,41	1,19	2,03	2,16	6,63	4,14	2,60
2002	3,23	2,87	2,18	1,65	1,92	1,65	1,78	1,36	2,67	1,94	4,47	5,30	2,58
2003	7,73	3,67	2,53	3,09	2,39	1,73	2,11	1,76	1,84	1,94	2,22	12,04	3,59
2004	11,43	8,85	7,05	5,67	4,09	3,23	4,60	3,94	2,53	2,96	2,89	8,99	5,52
2005	7,12	11,04	19,03	5,31	4,70	5,74	5,62	3,19	4,46	2,84	14,55	37,62	10,10
2006	13,99	7,30	7,89	16,00	6,43	4,60	2,88	2,01	1,79	2,88	10,48	9,02	7,11
2007	10,95	7,96	4,15	3,72	3,10	1,72	1,39	1,22	1,19	1,22	6,66	5,11	4,03
2008	4,38	9,75	5,63	4,99	4,05	3,14	2,28	1,75	1,56	2,53	15,10	11,07	5,52
2009	11,87	7,01	5,88	13,42	7,29	3,48	4,24	2,27	1,19	2,59	4,45	3,91	5,63
2010	1,22	0,55	7,34	9,43	4,54	3,45	3,13	2,19	1,77	1,86	3,92	3,63	3,58
2011	2,98	1,87	12,12	6,55	4,69	2,88	2,90	2,14	2,26	3,22	4,82	8,06	4,54
MÉDIA	6,90	5,09	5,28	5,29	3,86	2,88	2,81	2,47	2,70	3,40	7,00	7,96	4,64
MÍNIMA	1,22	0,55	1,59	1,56	1,38	0,94	0,85	1,08	1,18	1,11	1,75	2,48	1,83
MÁXIMA	16,37	16,39	25,91	16,00	10,34	5,74	6,60	9,18	8,92	9,07	36,84	37,62	10,10