



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de  
Recursos Hídricos

Marco Antônio de Jesus Moreira

**Segurança hídrica e abastecimento público emergencial no município de  
Santo Antônio de Pádua/RJ: um estudo sobre a delimitação de microbacias  
hidrográficas**

Rio de Janeiro

2022

Marco Antônio de Jesus Moreira

**Segurança hídrica e abastecimento público emergencial no município de Santo Antônio de Pádua/RJ: um estudo sobre a delimitação de microbacias hidrográficas**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF-ÁGUA), na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Dourado da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Hugo Portocarrero

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

M838    Moreira, Marco Antônio de Jesus.  
          Segurança hídrica e abastecimento público emergencial no município  
          de Santo Antônio de Pádua/RJ: um estudo sobre a delimitação de  
          microbacias hidrográficas / Marco Antônio de Jesus Moreira. – 2022.  
          199 f.: il.

          Orientador: Francisco de Assis Dourado da Silva.  
          Coorientador: Hugo Portocarrero.  
          Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
          Prof-Água.

          1. Ciências ambientais – Teses. 2. Bacias hidrográficas – Teses. 3.  
          Abastecimento de água – Santo Antônio de Pádua (RJ) – Teses. 4. Teoria  
          da contingência (Administração) – Teses. 5. Desenvolvimento de recursos  
          hídricos – Teses. I. Silva, Francisco de Assis Dourado da. II. Portocarrero,  
          Hugo. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Prof-Água. IV.  
          Título.

CDU 556:626.812(815.3)

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese,  
desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Marco Antônio de Jesus Moreira

**Segurança hídrica e abastecimento público emergencial no município de Santo Antônio de Pádua/RJ: um estudo sobre a delimitação de microbacias hidrográficas**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF-ÁGUA), na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água.

Aprovada em 29 de junho de 2022.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Francisco de Assis Dourado da Silva (Orientador)  
Faculdade de Geologia – UERJ

---

Prof. Dr. Hugo Portocarrero (Coorientador)  
Instituto de Geografia – UERJ

---

Prof. Dr. Antônio Soares da Silva  
Instituto de Geografia – UERJ

---

Prof. Dr. Júlio Cesar da Silva  
Faculdade de Engenharia – UERJ

Rio de Janeiro

2022



## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha mãe Dona Dilene Maria de Jesus Moreira, a quem primeiro me incentivou a trilhar pelo árduo caminho do conhecimento. Meus sinceros agradecimentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a DEUS por me proporcionar condições físicas e mentais, viabilizando assim a possibilidade de cursar um mestrado Profissional de excelência.

Ao meu orientador Prof. Dr. Francisco de Assis Dourado da Silva por todo seu empenho e orientação durante os meus dois anos de mestrado, igualmente ao coorientador Prof. Dr. Hugo Portocarrero, por igual dedicação no desenvolvimento dessa pesquisa. Ao Prof. Dr. Júlio César da Silva, por suas excelentes contribuições. Da mesma forma, agradeço ao Prof. Dr. Antônio Soares da Silva, exímio conhecedor da região de estudo, por fazer parte da banca examinadora, e pelas valiosas contribuições neste trabalho. Ao Prof. Dr. Friedrich Wilhelm Herms, coordenador do curso, pelos puxões de orelhas, e pelos aportes necessários ao bom desenvolvimento das pesquisas realizadas por todos os mestrandos. A Prof.<sup>a</sup>. Dra. Fátima Kzam Damaceno de Lacerda, pelos incentivos e socorros nas horas difíceis. À minha esposa, Andréa, meus filhos, Olívia e Pedro, por suportarem com sabedoria, longos períodos de ausência, enfim, muito obrigado pelo apoio incondicional. Agradeço imensamente a Dra. Anick Rodrigues Leite, Diretora da Policlínica da Polícia Militar em Campos dos Goytacazes/RJ, pelo apoio incondicional antes e durante a duração desse curso de mestrado. Da mesma forma ao Dr. Juliano Gomes Barreto, chefe do laboratório de análises clínicas, da Policlínica Polícia Militar em Campos dos Goytacazes/RJ, pelo apoio incondicional antes e durante a duração desse curso de mestrado. A todos os professores do Polo ProfÁgua da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, que deram importantes contribuições para a formação deste gestor hídrico. Agradeço também as amigas construídas durante os anos dedicados a realização deste mestrado, que nos ligou a gestores hídricos de todas as regiões do país. Algo inigualável. Permitido apenas no mundo das águas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior Brasil (CAPES) — Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas (ANA) através do Projeto CAPES/ANA AUXPE n.º 2717/2015. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos — ProfÁgua da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) pelo apoio técnico científico oferecido, e a ANA e a CAPES pelo apoio ao ProfÁgua aportado até o momento.

Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o bem que às vezes poderíamos ganhar se não fosse o medo de tentar.

*William Shakespeare*

## RESUMO

MOREIRA, Marco Antônio de Jesus. *Segurança hídrica e abastecimento público emergencial no município de Santo Antônio de Pádua/RJ: um estudo sobre a delimitação de microbacias hidrográficas*. 2022. 199 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROF-ÁGUA), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

O presente trabalho teve por objetivo a delimitação de microbacias hidrográficas para o abastecimento público emergencial de água, para o município de Santo Antônio de Pádua. O Rio Pomba, corpo hídrico de domínio federal, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, com nascente no Estado de Minas Gerais, é uma importante fonte de abastecimento público para 16 municípios, dos quais, 13 se encontram a montante do município paduano, no Estado de Minas Gerais, e 3 na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Verifica-se que, com os riscos de rompimentos de barragens de rejeitos no Estado de Minas Gerais, haver necessidade de implantação de um plano de contingência que garanta o abastecimento aos munícipes paduanos. Neste caso, a delimitação de microbacias hidrográficas representa uma importante ferramenta para estabelecer eficientes diretrizes de gestão do abastecimento público emergencial. Na delimitação das microbacias hidrográficas, além da leitura de diversas literaturas, utilizou-se da Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) utilizada pela ANA na gestão de recursos hídricos, donde com apoio do software livre QGIS versão 3.10 A Corunã, delimitou-se aproximadamente 130 microbacias. Na seleção das sub-bacias, objeto de estudo, adotou, alguns critérios como: tamanho do manancial, dando preferência a áreas com até 20.000 ha, à localização do exutório, a proximidades com aglomerados urbanos, ou seja, à representatividade da população a ser atendida, e por último e não menos importante, ao acesso à (E.T.A) estação de tratamento de água. Diante disso, selecionou-se cinco sub-bacias para análises, que foram Ribeirão Santo Antônio, Ribeirão do Bonito, Ribeirão dos Ourives, Ribeirão Bom Jardim e Córrego Bom Jardim. Após a delimitação das sub-bacias, verificou-se o uso do solo com dados fornecidos pelo GEOINEA, os parâmetros morfométricos, climáticos, tipos de solos, relevos, etc. A partir do método do flutuador, a proposta foi verificar a vazão das sub-bacias, que apenas a área de drenagem do Ribeirão Santo Antônio apresentava condições satisfatórias, cuja observação mostra uma vazão de 15,48 m<sup>3</sup>/minuto, mesmo em época de estiagem. A menor quantidade de água nas demais sub-bacias, se dá por diversos fatores, como, por exemplo, índices pluviométricos, uso e tipo de solo, falta de cobertura vegetal, além das diversas barragens de terra construídas visando a acumulação local de água. Fica evidente que as cinco sub-bacias analisadas possuem capacidade de abastecimento público emergencial, bastando adequá-las a realidade geográfica de onde se encontram, ou seja, nos distritos ou na sede do município. Após as devidas análises considerou-se que o Ribeirão do Bonito atenderia na totalidade aos critérios que nortearam este trabalho. Entretanto, haveria a necessidade de se tomar algumas medidas de cunho estrutural, e não estrutural, como a construção de um reservatório e demais estruturas de apoio, como forma de prevenção em épocas de estiagens.

Palavras-chave: plano de contingência; abastecimento público emergencial; delimitação de microbacias hidrográficas; geotecnologias aplicadas na gestão de recursos hídricos; segurança hídrica.

## ABSTRACT

MOREIRA, Marco Antônio de Jesus. Water security and emergency public supply in the municipality of Santo Antônio de Pádua/RJ: a study on the delimitation of watersheds. 2022. 199 f. Dissertation (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROF-ÁGUA), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

The objective of the present work was the delimitation of watersheds for the emergency public water supply for the municipality of Santo Antônio de Pádua. The Pomba River, a federal water body belonging to the hydrographic basin of the Paraíba do Sul River, with its source in the State of Minas Gerais, is an important source of public water supply for 16 municipalities, 13 of which are located upstream of the municipality of Paduano, in the State of Minas Gerais, and 3 in the northwestern region of the State of Rio de Janeiro. It has been found that, with the risk of dam breaks in the State of Minas Gerais, there is a need to implement a contingency plan to ensure the supply of Paduan municipalities. In this case, the delimitation of watersheds represents an important tool to establish efficient guidelines for the management of emergency public supply. In the delimitation of the watersheds, besides the reading of various literature, the Ottocoded Hydrographic Base (BHO) used by ANA in the management of water resources was used, where with the support of the free software QGIS version 3.10 A Corunã, approximately 130 watersheds were delimited. In the selection of the sub-basins, object of study, some criteria were adopted, such as: size of the spring, giving preference to areas with up to 20,000 ha, the location of the outlet, the proximity to urban settlements, that is, the representativeness of the population to be served, and last but not least, the access to the water treatment station. In view of this, five sub-basins were selected for analysis, which were Ribeirão Santo Antônio, Ribeirão do Bonito, Ribeirão dos Ourives, Ribeirão Bom Jardim and Córrego Bom Jardim. After delimiting the sub-basins, the land use was verified with data provided by GEOINEA, the morphometric parameters, climate, soil types, reliefs, etc. Using the float method, the proposal was to verify the flow rate of the sub-basins, which only the drainage area of Ribeirão Santo Antônio presented satisfactory conditions, whose observation shows a flow rate of 15.48 m<sup>3</sup>/minute, even during the dry season. The lower quantity of water in the other sub-basins is due to several factors such as, for example, rainfall rates, use and type of soil, lack of vegetation cover, in addition to the several earth dams built for local water accumulation. It is evident that the five sub-basins analyzed have emergency public supply capacity, all that is needed is to adapt them to the geographical reality of where they are located, in other words, in the districts or at the municipal seat. After the due analyses it was considered that the Ribeirão do Bonito would totally meet the criteria that guided this work. However, it would be necessary to take some structural and non-structural measures, such as the construction of a reservoir and other support structures, as a form of prevention in times of drought.

Keywords: contingency plan; emergency public supply; delimitation of watersheds; geotechnologies applied to water resources management; water security.

## LISTA DE FIGURAS

|             |                                                                                                                           |    |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 –  | Dimensões da segurança hídrica.....                                                                                       | 30 |
| Figura 2 –  | Sub-Bacias hidrográficas delimitadas.....                                                                                 | 41 |
| Figura 3 –  | Sub-Bacias hidrográficas objeto de Estudo.....                                                                            | 42 |
| Figura 4 –  | Hierarquização das áreas de interesse para proteção e recuperação de mananciais.....                                      | 43 |
| Figura 5 –  | Localização do Município de Santo Antônio de Pádua/RJ.....                                                                | 52 |
| Figura 6 –  | Mapa de Domínios Hidrogeológicos.....                                                                                     | 54 |
| Figura 7 –  | Mapa de Domínios Hidrogeológicos - PROVÍNCIA.....                                                                         | 54 |
| Figura 8 –  | Mapa de Domínios Hidrogeológicos - LITOLOGIA.....                                                                         | 55 |
| Figura 9 –  | Precipitação total anual (mm) do município de Santo Antônio de Pádua, para os anos de 2000 a 2019.....                    | 57 |
| Figura 10 – | Volume de chuva acumulada por mês Mapa de Domínios Hidrogeológicos - LITOLOGIA Ano: 2000 a 2019.....                      | 57 |
| Figura 11 – | Volume de chuva acumulada para o ano de 2019.....                                                                         | 58 |
| Figura 12 – | Índices pluviométricos anuais do município de Miracema/RJ - Ano: 2009 a 2019.....                                         | 58 |
| Figura 13 – | Índices pluviométricos anuais do município de Palma/MG - Ano: 2003 a 2019.....                                            | 59 |
| Figura 14 – | Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Rio Pomba.....                                                                 | 61 |
| Figura 15 – | Municípios da sub-bacia do Rio Pomba.....                                                                                 | 62 |
| Figura 16 – | Distribuição geográfica do IDHM — índice de Desenvolvimento Humano Municipal - 2010. Bacia Hidrográfica do Rio Pomba..... | 65 |
| Figura 17 – | Mapa: As setas indicam os trechos dos rios contaminados.....                                                              | 73 |
| Figura 18 – | Mortandade de peixes .....                                                                                                | 74 |
| Figura 19 – | Bovinos mortos por ingestão de água contaminada.....                                                                      | 74 |
| Figura 20 – | Bacia Hidrográfica do Rio Pomba - Gestão de resíduos: barragens de contenção de rejeitos e resíduos.....                  | 75 |
| Figura 21 – | Pontos de captação de água para abastecimento público — superficial de subterrânea.....                                   | 77 |

|             |                                                                                                                                                                     |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 22 – | Retrata os múltiplos domínios territoriais verificados na sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio.....                                                                  | 88  |
| Figura 23 – | Áreas administrativas dos Comitês de Bacias Hidrográficas do Baixo Paraíba do Sul, e Itabapoana e Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Pomba e Muriaé (COMPÉ)..... | 89  |
| Figura 24 – | Localização geográfica da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio.....                                                                                        | 90  |
| Figura 25 – | Mapa hipsométrico Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio.....                                                                                                | 91  |
| Figura 26 – | Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio índices Pluviométricos - Média Anual (mm).....                                                                        | 92  |
| Figura 27 – | Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio - Déficit Hídrico - Média Anual.....                                                                                  | 93  |
| Figura 28 – | Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio - Meses Seco.....                                                                                                     | 94  |
| Figura 29 – | Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio- Temperatura média.....                                                                                               | 95  |
| Figura 30 – | Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio - Tipos de Clima.....                                                                                                 | 96  |
| Figura 31 – | Uso do solo.....                                                                                                                                                    | 97  |
| Figura 32 – | Características morfológicas do canal.....                                                                                                                          | 100 |
| Figura 33 – | Mapa de solos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio.....                                                                                                 | 101 |
| Figura 34 – | Relevo sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio.....                                                                                                           | 105 |
| Figura 35 – | Hierarquia fluvial sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio.....                                                                                               | 106 |
| Figura 36 – | Ilustra a localização geográfica da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.....                                                                                  | 108 |
| Figura 37 – | Mapa hipsométrico sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.....                                                                                                    | 109 |
| Figura 38 – | Índices pluviométricos da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito.....                                                                                         | 110 |
| Figura 39 – | Retrata o déficit hídrico médio anual da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.....                                                                             | 111 |
| Figura 40 – | Meses secos sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.....                                                                                                          | 112 |
| Figura 41 – | Temperatura média verificada na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito.....                                                                                   | 113 |

|             |                                                                                    |     |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 42 – | Tipos de clima encontrados na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito.....    | 113 |
| Figura 43 – | Uso do solo sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.....                         | 114 |
| Figura 44 – | Tipos de solos predominantes na sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.....     | 117 |
| Figura 45 – | Relevo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito.....                        | 119 |
| Figura 46 – | Hierarquia pluvial da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito....             | 120 |
| Figura 47 – | Localização da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão dos Ourives.....                 | 123 |
| Figura 48 – | Mapa hipsométrico sub-bacia hidrográfica Córrego dos Ourives.....                  | 124 |
| Figura 49 – | Índices pluviométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.....         | 125 |
| Figura 50 – | Déficit hídrico ourives.....                                                       | 126 |
| Figura 51 – | Meses secos sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.....                       | 127 |
| Figura 52 – | Temperatura média sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.....                 | 128 |
| Figura 53 – | Tipos de climas predominantes na sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.....  | 129 |
| Figura 54 – | Uso do solo sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.....                       | 130 |
| Figura 55 – | Hierarquia pluvial sub-bacia hidrográfica do Ribeirão dos Ourives.....             | 132 |
| Figura 56 – | Tipos de solos presentes na sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.....       | 134 |
| Figura 57 – | Relevo da sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.....                         | 136 |
| Figura 58 – | Localização geográfica sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.....              | 137 |
| Figura 59 – | Mapa hipsométrico sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.....                  | 138 |
| Figura 60 – | Índices pluviométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.....          | 139 |
| Figura 61 – | Déficit hídrico média anual da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.....     | 140 |
| Figura 62 – | Meses secos sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.....                        | 141 |
| Figura 63 – | Temperatura média verificada na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim..... | 142 |
| Figura 64 – | Clima predominante na sub-bacia Ribeirão Bom Jardim.....                           | 143 |
| Figura 65 – | Uso do solo sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.....                        | 144 |



|             |                                                                       |     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 66 – | Tipos de solos sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.....        | 145 |
| Figura 67 – | Relevo sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.....                | 147 |
| Figura 68 – | Hierarquia fluvial da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim..... | 149 |
| Figura 69 – | Localização geográfica sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim..... | 152 |
| Figura 70 – | Mapa hipsométrico sub-bacia Córrego Bom Jardim.....                   | 153 |
| Figura 71 – | Índices pluviométricos sub-bacia do Córrego Bom Jardim.....           | 154 |
| Figura 72 – | Déficit médio anual sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.....    | 155 |
| Figura 73 – | Meses secos sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.....            | 156 |
| Figura 74 – | Temperatura média sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.....      | 159 |
| Figura 75 – | Tipos de clima sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.....         | 160 |
| Figura 76 – | Uso do solo sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.....            | 161 |
| Figura 77 – | Tipos de solos sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.....         | 162 |
| Figura 78 – | Hierarquia fluvial sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.....     | 164 |
| Figura 79 – | Relevo da sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.....              | 167 |

## LISTA DE FOTOS

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Foto 01 – Benfeitorias destinadas à captação de água para abastecimento público - Ribeirão Bom Jardim, distrito de Santa Cruz..... | 80  |
| Foto 02 – Acúmulo de água para abastecimento público. Ribeirão Bom Jardim.....                                                     | 80  |
| Foto 03 – Vista parcial Ribeirão Santo Antônio - Local de verificação da vazão.....                                                | 99  |
| Foto 04 – Vista parcial Ribeirão Santo Antônio.....                                                                                | 100 |
| Foto 05 – Fluxo interrompido, em tese, pelo período de estiagem.....                                                               | 115 |
| Foto 06 – Retrata o fluxo do Ribeirão do Bonito, restabelecido após chegada da chuva.....                                          | 116 |
| Foto 07 – Retrata o fluxo do Ribeirão do Bonito restabelecido.....                                                                 | 116 |
| Foto 08 – Trecho do Ribeirão dos Ourives próximo ao distrito de Ibitiguaçu.....                                                    | 131 |
| Foto 09 – Retrata a ausência de APP com consequente assoreamento.....                                                              | 148 |
| Foto 10 – Trecho do Córrego Bom Jardim durante período de deficiência hídrica (a)....                                              | 157 |
| Foto 11 – Trecho do Córrego Bom Jardim durante período de deficiência hídrica (b)....                                              | 158 |
| Foto 12 – Trecho do Córrego Bom Jardim apresentando excedente hídrico.....                                                         | 158 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 1 – Diferentes conceitos de bacia hidrográfica encontrados na literatura.....                                                   | 36  |
| Quadro 2 – Diferentes conceitos de sub-bacias hidrográficas encontrados na literatura.....                                             | 37  |
| Quadro 3 – Diferentes conceitos de microbacias hidrográficas encontrados na literatura.....                                            | 38  |
| Quadro 4 – Relação de municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do Rio Pomba que possuem Plano Municipal de Saneamento Básico..... | 71  |
| Quadro 5 – Tipos de solos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio.....                                                        | 102 |
| Quadro 6 – Tipos de solos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.....                                                            | 117 |
| Quadro 7 – Tipos de solos da sub-bacia hidrográfica Córrego dos Ourives.....                                                           | 135 |
| Quadro 8 – Tipos de solos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.....                                                           | 145 |
| Quadro 9 – Tipos de solos da sub-bacia hidrográfica do Córrego Bom Jardim.....                                                         | 162 |

## LISTA DE TABELAS

|             |                                                                                                                              |     |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1 –  | Aplicações potenciais de Sistemas de Informação Geográfica à ecologia e manejo de bacias hidrográficas.....                  | 33  |
| Tabela 2 –  | Valores, formato e interpretação do fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc)..... | 48  |
| Tabela 3 –  | Valores, classificação e interpretação dos resultados da densidade de drenagem.....                                          | 48  |
| Tabela 4 –  | Dados de municípios fluminenses na bacia do Rio Pomba.....                                                                   | 62  |
| Tabela 5 –  | População dos municípios com sede dentro da bacia hidrográfica do Rio Pomba.....                                             | 63  |
| Tabela 6 –  | Série histórica IFGF para os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pomba.....                                              | 65  |
| Tabela 7 –  | PIBs Municipais da Bacia Hidrográfica do Rio Pomba para o ano de 2017.....                                                   | 67  |
| Tabela 8 –  | Série histórica IFGF para os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pomba.....                                              | 69  |
| Tabela 9 –  | Situação do atendimento de água dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pomba.....                                       | 71  |
| Tabela 10 – | Valores médios referentes à área, velocidade e vazão do ribeirão.....                                                        | 101 |
| Tabela 11 – | Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio.....                                               | 107 |
| Tabela 12 – | Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.....                                                   | 122 |
| Tabela 13 – | Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.....                                                 | 134 |
| Tabela 14 – | Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bom Jardim.....                                               | 151 |
| Tabela 15 – | Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica Córrego do Bom Jardim.....                                                | 166 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                  |                                                                                                                                                                           |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AAG              | Áreas Antrópicas Agropastoris: Diferentes tipos de cultivos, áreas de pastagem, entre outras.                                                                             |
| ABNT             | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                                                                                                                  |
| AGEVAP           | Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul                                                                                                                                    |
| AIPMs            | Áreas de Interesse para Proteção e Recuperação de Mananciais                                                                                                              |
| ANA              | Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico                                                                                                                             |
| ANA <sub>2</sub> | Áreas Antrópicas Não Pastoris                                                                                                                                             |
| ANF              | Áreas Naturais Florestadas: Diferentes níveis sucessionais de Mata Atlântica, entre outras.                                                                               |
| APA              | Áreas de Proteção Ambiental                                                                                                                                               |
| APP              | Área de Preservação Permanente                                                                                                                                            |
| Aw               | Clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). |
| BDA              | Banco de Declarações Ambientais                                                                                                                                           |
| BH               | Bacia Hidrográfica                                                                                                                                                        |
| BHO              | Bacia Hidrográfica Ottocodificada                                                                                                                                         |
| CEDAE            | Companhia Estadual de Águas e Esgotos                                                                                                                                     |
| COMPÉ            | Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé                                                                                               |
| CNRH             | Conselho Nacional de Recursos Hídricos                                                                                                                                    |
| CXbd8            | Cambissolos Háplicos Tb Distróficos + Gleissolos Háplicos Tb Distróficos                                                                                                  |
| EMBRAPA          | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                                                                                                                               |
| EMG              | Estado de Minas Gerais                                                                                                                                                    |
| ERJ              | Estado do Rio de Janeiro                                                                                                                                                  |
| ES               | Espírito Santo                                                                                                                                                            |
| ETA              | Estação de Tratamento de Água                                                                                                                                             |
| FCM/UERJ         | Faculdade de Ciências Médicas da Universidade do Estado do Rio de Janeiro                                                                                                 |
| IBAMA            | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis                                                                                                  |

|        |                                                                                                                                    |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IBGE   | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                                                                                    |
| IDH    | Índices de Desenvolvimento Humano                                                                                                  |
| IDHM   | Índices de Desenvolvimento Humano Municipal                                                                                        |
| IGF    | Índice de Gestão Fiscal                                                                                                            |
| INMET  | Instituto Nacional de Meteorologia                                                                                                 |
| INPE   | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais                                                                                          |
| IQA    | Índice de Qualidade da Água                                                                                                        |
| ISO    | International Standards Organization                                                                                               |
| LASER  | Light Amplification by Stimulated Emission                                                                                         |
| LVAd11 | Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Plintossolos Pétricos Concrecionários                                                   |
| LVAd12 | Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Neossolos Litólicos Distróficos                                                         |
| LVAd15 | Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Latossolos Amarelos Distróficos + Argissolos Vermelhos Eutróficos                       |
| LVAd17 | Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Latossolos Vermelhos Distróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos             |
| LVAd22 | Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Latossolos Vermelho-Amarelos Distroféricos + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos   |
| MBH    | Microbacia Hidrográfica                                                                                                            |
| MG     | Minas Gerais                                                                                                                       |
| MMA    | Ministério do Meio Ambiente                                                                                                        |
| NDVI   | Normalized Difference Vegetation Index                                                                                             |
| NNF    | Áreas Naturais Não Florestadas: Cordões arenosos, afloramentos rochosos, dunas, campos de altitude, entre outras. Áreas Antrópicas |
| ONU    | Organização das Nações Unidas                                                                                                      |
| PCH    | Pequena Central Hidrelétrica                                                                                                       |
| PIB    | Produto Interno Bruto                                                                                                              |
| PVC    | Policloreto de Vinila                                                                                                              |
| PMSB   | Plano Municipal de Saneamento Básico                                                                                               |
| PNRH   | Política Nacional de Recursos Hídricos                                                                                             |
| PVAd20 | Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Latossolos Vermelhos Distróficos + Latossolos Vermelhos Distroféricos                   |

|           |                                                                                                                                                                                           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PVAd21    | Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Latossolos Vermelhos Distróficos + Planossolos Háplicos Distróficos                                                                            |
| PVAd22    | Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Latossolos Vermelhos Distróficos + Plintossolos Háplicos Eutróficos                                                                            |
| PVAe14    | Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Luvisolos Crômicos Órticos                                                                           |
| PVAe15    | Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos + Luvisolos Crômicos Órticos + Neossolos Litólicos Eutróficos                                                                                     |
| PVe4      | Argissolos Vermelhos Eutróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos PVe9 - Argissolos Vermelhos Eutróficos + Latossolos Vermelhos Distróficos + Cambissolos Háplicos Tb Distróficos |
| QGIS      | Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU.                                                                                   |
| RH IX     | Região Hidrográfica Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana                                                                                                                                     |
| RJ        | Estado do Rio de Janeiro                                                                                                                                                                  |
| SIG       | Sistema de Informação Geográfica                                                                                                                                                          |
| SNIRH     | Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos                                                                                                                                       |
| SNIS      | Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento                                                                                                                                          |
| SRH       | Secretaria de Recursos Hídricos                                                                                                                                                           |
| SRTM      | Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)                                                                                                                                                   |
| UFMG      | Universidade Federal de Minas Gerais                                                                                                                                                      |
| USGS      | United States Geological Survey                                                                                                                                                           |
| UTM       | Universal Transversa de Mercator                                                                                                                                                          |
| ZCAS      | Zona de Convergência do Atlântico Sul                                                                                                                                                     |
| ZPROPOMBA | Zona de Proteção do Rio Pomba                                                                                                                                                             |
| ZPROPP    | Zona de Proteção do Rio Pirapetinga e Paraíba do Sul                                                                                                                                      |
| ZCEUD     | Zonas de Consolidação e Expansão Urbana Domiciliar                                                                                                                                        |
| ZPVAU     | Zona de Preservação e Valorização do Ambiente Urbano 1 e 2                                                                                                                                |
| ZOUP      | Zona de Ocupação Urbana Prioritária                                                                                                                                                       |
| ZRU       | Zona de Renovação Urbana – ZRU                                                                                                                                                            |
| ZCEUSD    | Zona de Consolidação e Expansão Urbana Serviços e Domicílios                                                                                                                              |

## SUMÁRIO

|          |                                                                                                                                            |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|          | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                     | <b>23</b> |
| <b>1</b> | <b>OBJETIVOS.....</b>                                                                                                                      | <b>26</b> |
| 1.1      | <b>Geral .....</b>                                                                                                                         | <b>26</b> |
| 1.2      | <b>Específicos .....</b>                                                                                                                   | <b>26</b> |
| <b>2</b> | <b>JUSTIFICATIVA.....</b>                                                                                                                  | <b>27</b> |
| <b>3</b> | <b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>                                                                                                          | <b>28</b> |
| 3.1      | <b>Segurança hídrica.....</b>                                                                                                              | <b>30</b> |
| 3.2      | <b>Geotecnologias aplicadas aos recursos hídricos.....</b>                                                                                 | <b>32</b> |
| 3.3      | <b>Base hidrográfica Ottocodificada (BHO).....</b>                                                                                         | <b>34</b> |
| 3.4      | <b>Conceito de bacia hidrográfica.....</b>                                                                                                 | <b>36</b> |
| <b>4</b> | <b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                                                                                                            | <b>39</b> |
| 4.1.1    | <u>Primeira etapa.....</u>                                                                                                                 | <u>39</u> |
| 4.1.2    | <u>Segunda etapa.....</u>                                                                                                                  | <u>39</u> |
| 4.1.3    | <u>Terceira etapa.....</u>                                                                                                                 | <u>39</u> |
| 4.1.4    | <u>Critérios usados na seleção das sub-bacias objeto de análises.....</u>                                                                  | <u>41</u> |
| 4.1.5    | <u>Caracterização morfométrica.....</u>                                                                                                    | <u>42</u> |
| 4.1.5.1  | Coeficiente de compacidade (Kc).....                                                                                                       | 42        |
| 4.1.5.2  | Índice de circularidade (Ic).....                                                                                                          | 43        |
| 4.1.5.3  | Fator de forma (Kf).....                                                                                                                   | 43        |
| 4.1.5.4  | Densidade de drenagem (Dd).....                                                                                                            | 44        |
| 4.1.5.5  | Densidade hidrográfica (Dh).....                                                                                                           | 44        |
| 4.1.5.6  | Índice de sinuosidade.....                                                                                                                 | 44        |
| 4.1.5.7  | Coeficiente de manutenção.....                                                                                                             | 45        |
| 4.1.5.8  | Extensão do percurso superficial.....                                                                                                      | 45        |
| 4.1.5.9  | Tabelas usadas na interpretação dos resultados de fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc)..... | 46        |
| 4.1.6    | <u>Quarta etapa.....</u>                                                                                                                   | <u>46</u> |
| 4.1.7    | <u>Quinta etapa.....</u>                                                                                                                   | <u>47</u> |
| 4.1.8    | <u>Sexta etapa.....</u>                                                                                                                    | <u>48</u> |



|            |                                                                                                                      |           |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5</b>   | <b>ÁREA DE ESTUDO.....</b>                                                                                           | <b>52</b> |
| 5.1        | <b>Localização.....</b>                                                                                              | <b>52</b> |
| 5.1.1      | <u>Dados climatológicos.....</u>                                                                                     | 55        |
| 5.1.2      | <u>Precipitação.....</u>                                                                                             | 56        |
| 5.1.3      | <u>Bacia hidrológica do Rio Pomba.....</u>                                                                           | 60        |
| 5.1.4      | <u>População.....</u>                                                                                                | 62        |
| 5.1.5      | <u>Índice de desenvolvimento humano (IDH).....</u>                                                                   | 64        |
| 5.1.6      | <u>PIB (Produto Interno Bruto) municipal.....</u>                                                                    | 66        |
| 5.1.7      | <u>Índice de Gestão Fiscal (IGF).....</u>                                                                            | 68        |
| 5.1.8      | <u>Avaliação do saneamento ambiental.....</u>                                                                        | 70        |
| 5.1.9      | <u>Acidentes ambientais relacionados aos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Pomba – Fonte fixa.....</u>  | 73        |
| 5.1.10     | <u>Acidentes ambientais relacionados aos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Pomba – Fonte móvel.....</u> | 75        |
| 5.1.11     | <u>Abastecimento público no município de Santo Antônio de Pádua/RJ.....</u>                                          | 77        |
| 5.1.11.1   | Sistema de abastecimento Bairro Cidade Nova.....                                                                     | 78        |
| 5.1.11.2   | Sistema de abastecimento dos distritos de Campelo e Paraoquena.....                                                  | 79        |
| 5.1.11.3   | Sistema de abastecimento do distrito de Santa Cruz.....                                                              | 79        |
| 5.1.11.4   | Sistema de abastecimento do Bairro de Ibitinema.....                                                                 | 81        |
| 5.1.11.5   | Sistema de abastecimento do distrito de São Pedro de Alcantara.....                                                  | 81        |
| 5.1.11.6   | Sistema de abastecimento do distrito de Boa Nova.....                                                                | 81        |
| 5.1.11.7   | Sistema de abastecimento do distrito do Mangueirão.....                                                              | 82        |
| 5.1.11.8   | Sistema de abastecimento do distrito de Baltazar.....                                                                | 82        |
| 5.1.11.9   | Sistema de abastecimento do distrito de Salgueiro.....                                                               | 82        |
| 5.1.11.10  | Sistema de abastecimento do distrito de Ibitiguaçu.....                                                              | 82        |
| 5.1.11.11  | Sistema de abastecimento Vila Agripino.....                                                                          | 83        |
| 5.1.11.12  | Sistema de abastecimento de São Sebastião da Cachoeira.....                                                          | 83        |
| 5.1.11.13  | Sistema de abastecimento do distrito de Monte Alegre.....                                                            | 83        |
| 5.2        | <b>Plano Diretor do município de Santo Antônio de Pádua.....</b>                                                     | <b>84</b> |
| 5.3        | <b>Comitê de Bacia Hidrográfica.....</b>                                                                             | <b>87</b> |
| <b>6</b>   | <b>SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO POMBA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....</b>                                        | <b>90</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio.....</b>                                                            | <b>90</b> |

|            |                                                             |            |
|------------|-------------------------------------------------------------|------------|
| 6.1.1      | <u>Hipsometria</u> .....                                    | 91         |
| 6.1.2      | <u>Índices pluviométricos</u> .....                         | 92         |
| 6.1.3      | <u>Déficit hídrico</u> .....                                | 93         |
| 6.1.4      | <u>Meses secos</u> .....                                    | 94         |
| 6.1.5      | <u>Temperatura média</u> .....                              | 94         |
| 6.1.6      | <u>Tipos de clima</u> .....                                 | 95         |
| 6.1.7      | <u>Uso do solo</u> .....                                    | 96         |
| 6.1.8      | <u>Verificação da vazão do Ribeirão Santo Antônio</u> ..... | 98         |
| 6.1.9      | <u>Local de verificação da vazão</u> .....                  | 99         |
| 6.1.10     | <u>Natureza dos solos</u> .....                             | 101        |
| 6.1.11     | <u>Relevo</u> .....                                         | 104        |
| 6.1.12     | <u>Morfometria</u> .....                                    | 105        |
| <b>6.2</b> | <b>Sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito</b> .....      | <b>108</b> |
| 6.2.1      | <u>Hipsometria</u> .....                                    | 109        |
| 6.2.2      | <u>Índices pluviométricos</u> .....                         | 109        |
| 6.2.3      | <u>Déficit Hídrico</u> .....                                | 110        |
| 6.2.4      | <u>Meses secos</u> .....                                    | 111        |
| 6.2.5      | <u>Temperatura média</u> .....                              | 112        |
| 6.2.6      | <u>Tipo de clima</u> .....                                  | 113        |
| 6.2.7      | <u>Uso do solo</u> .....                                    | 114        |
| 6.2.8      | <u>Verificação da vazão do Ribeirão do Bonito</u> .....     | 115        |
| 6.2.9      | <u>Natureza dos solos</u> .....                             | 117        |
| 6.2.10     | <u>Relevo</u> .....                                         | 119        |
| 6.2.11     | <u>Morfometria</u> .....                                    | 120        |
| <b>6.3</b> | <b>Sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives</b> .....    | <b>123</b> |
| 6.3.1      | <u>Hipsometria</u> .....                                    | 124        |
| 6.3.2      | <u>Índices Pluviométricos</u> .....                         | 125        |
| 6.3.3      | <u>Déficit hídrico</u> .....                                | 126        |
| 6.3.4      | <u>Meses secos</u> .....                                    | 127        |
| 6.3.5      | <u>Temperatura média</u> .....                              | 128        |
| 6.3.6      | <u>Tipos de clima</u> .....                                 | 129        |
| 6.3.7      | <u>Uso do solo</u> .....                                    | 129        |
| 6.3.8      | <u>Verificação da vazão do Ribeirão Bom Jardim</u> .....    | 131        |

|            |                                                          |            |
|------------|----------------------------------------------------------|------------|
| 6.3.9      | <u>Morfometria</u> .....                                 | 132        |
| 6.3.10     | <u>Natureza dos solos</u> .....                          | 134        |
| 6.3.11     | <u>Relevo</u> .....                                      | 136        |
| <b>6.4</b> | <b>Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim</b> .....  | <b>137</b> |
| 6.4.1      | <u>Hipsometria</u> .....                                 | 138        |
| 6.4.2      | <u>Índices pluviométricos</u> .....                      | 139        |
| 6.4.3      | <u>Déficit hídrico</u> .....                             | 140        |
| 6.4.4      | <u>Meses secos</u> .....                                 | 141        |
| 6.4.5      | <u>Temperatura média</u> .....                           | 142        |
| 6.4.6      | <u>Tipos de clima</u> .....                              | 143        |
| 6.4.7      | <u>Uso do solo</u> .....                                 | 143        |
| 6.4.8      | <u>Natureza dos solos</u> .....                          | 145        |
| 6.4.9      | <u>Relevo</u> .....                                      | 147        |
| 6.4.10     | <u>Verificação da vazão do Ribeirão Bom Jardim</u> ..... | 148        |
| 6.4.11     | <u>Morfometria</u> .....                                 | 149        |
| <b>6.5</b> | <b>Sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim</b> .....   | <b>152</b> |
| 6.5.1      | <u>Hipsometria</u> .....                                 | 153        |
| 6.5.2      | <u>Índices pluviométricos</u> .....                      | 154        |
| 6.5.3      | <u>Déficit hídrico</u> .....                             | 155        |
| 6.5.4      | <u>Meses secos</u> .....                                 | 156        |
| 6.5.5      | <u>Temperatura média</u> .....                           | 159        |
| 6.5.6      | <u>Tipos de clima</u> .....                              | 159        |
| 6.5.7      | <u>Uso do solo</u> .....                                 | 160        |
| 6.5.8      | <u>Natureza dos solos</u> .....                          | 162        |
| 6.5.9      | <u>Morfometria</u> .....                                 | 163        |
| 6.5.10     | <u>Relevo</u> .....                                      | 166        |
| <b>7</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                     | <b>168</b> |
|            | <b>CONCLUSÃO</b> .....                                   | <b>179</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                 | <b>180</b> |
|            | <b>APÊNDICE - NOTA TÉCNICA</b> .....                     | <b>196</b> |
|            | <b>NOTA TÉCNICA</b> .....                                | <b>198</b> |

## INTRODUÇÃO

As barragens são obras de construção civil utilizadas pela humanidade para os mais diversos fins. A história relata o uso dessas construções para o abastecimento de água potável, controle de inundações, e principalmente na agricultura irrigada. Com o passar dos tempos e o desenvolvimento industrial associado ao aumento populacional, as barragens passaram a ter outras utilidades como, por exemplo, a geração de energia elétrica, e a contenção de rejeitos oriundos principalmente da atividade minerária.

Observa-se que não há dúvidas quantos aos benefícios de tais construções, entretanto, elas apresentam seu lado sombrio quando há o deslocamento forçado de pessoas e comunidades tradicionais, impedem o fluxo natural dos rios e córregos, a imigração dos peixes, transformam um ambiente lótico em lântico, eutrofização da lagoa formada, e consequentemente mudança na qualidade da água no reservatório e a jusante, etc., mas o que chama a atenção nos últimos tempos é o rompimento das barragens de rejeitos, principalmente aquelas ligadas a atividades minerárias.

De acordo com Carvalho (2018, pág. 19), os rompimentos de barragens de contenção de rejeitos são eventos de baixa probabilidade, mas que geram grande preocupação em função dos impactos que estão sempre associados a esse tipo de ocorrência. Isto acontece em função dos elevados danos e prejuízos causados às populações presentes à jusante destes reservatórios, e aos impactos ambientais decorrentes nos meios físicos, biótico e socioeconômico.

Na literatura são encontrados diversos relatos sobre o rompimento de barragens, no Brasil e em outros países. Em um breve relato sobre os rompimentos de barragens de rejeitos em outros países do mundo (GRAFF J. V. De et al., 2012), afirma que no verão de 1985, o rompimento de duas barragens de rejeitos localizada nos alpes da Itália oriental, liberou aproximadamente 180.000 m<sup>3</sup> de lama que varreram a cidade de Stava a uma velocidade de 90 km/h. Oficialmente, 268 pessoas morreram, além dos danos ambientais.

Em 25 de abril de 1998, uma lagoa de contenção contendo resíduos de processamento de minério de pirita rompeu e liberou de 5 a 6 milhões de m<sup>3</sup> de lodo altamente poluente e água ácida. Uma avalanche de chumbo, zinco, cobre, cádmio e sulfetos varreu a vida dos rios Agro e Guadiamar na região da Andaluzia, na Espanha, quando a barragem de rejeitos de uma mineradora canadense ruiu. Os 40 quilômetros de material tóxico espalhados atingiram o Parque Nacional de Doñana, patrimônio histórico da Unesco, provocando uma contaminação em cadeia no meio ambiente (TAGGART, M. A. et al., 2006, pág. 1).

Em 30 de janeiro de 2000 na Baía Mare (Romênia) o maior desastre de água doce na Europa Central e Oriental. Quase 100.000 m<sup>3</sup> de cianeto e líquido contaminado por metais pesados derramados no córrego Lúpus, atingindo os rios Szamos, Tisza e finalmente Danúbio e matando centenas de toneladas de peixe e envenenando a água potável de mais de 2 milhões de pessoas na Hungria (DANIHELKA P. et al., 2007, pág. 6).

Ainda no ano de 2000, mais precisamente no dia 8 de setembro rompia a barragem de rejeitos da mina de cobre de Aitik de Boliden, perto de Gällivare, no norte da Suécia, fato que resultou no derramamento de 2,5 milhões de metros cúbicos de líquido em uma lagoa de assentamento adjacente. Boliden liberou posteriormente 1,5 milhão de metros cúbicos de água da lagoa de assentamento para o meio ambiente para garantir a estabilidade da lagoa de assentamento (DANIHELKA P. et al., 2007, pág. 9).

Em 04 de Agosto de 2014, uma barragem contendo rejeitos tóxicos da extração de cobre e ouro rompeu-se na província da Colúmbia Britânica, na costa oeste do Canadá. A barragem recebia rejeitos da mina Mount Polley, da empresa Imperial Metals. Mais de 24 milhões de m<sup>3</sup> de lama contaminada por metais vazou com o rompimento, causando o maior desastre ambiental da história da mineração no Canadá (MARSHALL J., 2017, pág. 28)

No Brasil, os cenários sobre os rompimentos de barragens de rejeitos não são diferentes. Em 29 de março de 2003, em Cataguases, na Zona da Mata mineira, a barragem de um dos reservatórios da Indústria Cataguases de Papel Ltda. se rompe, liberando no córrego do Cágado e no rio Pomba, afluente do rio Paraíba do Sul, cerca de 1,4 bilhão de litros de lixívia (licor negro), sobra industrial da produção de celulose. O acidente afetou três Estados, deixando 600 mil pessoas sem água (ANA, 2016, pág.21).

Em janeiro de 2007 ocorre um vazamento da barragem de São Francisco em Mirai, pertencente a mineradora Rio Pomba Cataguases. Foram despejados 2 milhões de m<sup>3</sup> de rejeito, impactando o ribeirão Fubá, o córrego Bom Jardim e o rio Muriaé, também afluente do Paraíba do Sul, e inundando os municípios de Mirai e Muriaé (4 mil pessoas desalojadas e 1.200 casas atingidas), causando mortandade de peixes e interrupções no fornecimento de água (ANA, 2016, pág.21).

No dia 10 de setembro de 2014 quando houve o rompimento da Barragem B1 de propriedade da Herculano Mineração localizada no município de Itabirito – MG, que acumulava 3.200.000 m<sup>3</sup> de rejeito de minério de ferro, de acordo com as informações declaradas no BDA (Banco de Declarações Ambientais) pelo responsável da empresa, provocou a inundação da área a jusante ocasionando impactos como: supressão de vegetação em APP (Área de Preservação Permanente), assoreamento e contaminação de córregos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e dano à vida aquática. Em razão disto, houve paralisação de serviços públicos como água e energia elétrica em 300 residências. Foram registrados óbitos de três operários (FEAM, 2014, apud CARVALHO, 2018, pág. 32).

No dia 5 de novembro de 2015, a barragem do Fundão que segurava os rejeitos da mineração de ferro da empresa SAMARCO rompeu. Na catástrofe, 19 pessoas morreram e cerca de 1600 ha nas margens do Rio Doce e dos seus afluentes foram recobertos por uma lama carregada em resíduos do tratamento dos minerais de ferro (UFMG, 2015, pág. 7).

A alta carga de sedimentos que alcançou os corpos d'água da bacia causou a interrupção do abastecimento de água da população servida pelo rio Doce, além do comprometimento dos demais usos (geração de energia, indústria, irrigação e pecuária, pesca, balneabilidade e turismo) e de perda da biodiversidade na região afetada. A população afetada pela suspensão do abastecimento foi de cerca de 477 mil pessoas, moradoras de oito sedes municipais que captavam água diretamente no rio Doce; além disso, outras quatro localidades tiveram seus sistemas de abastecimento parcialmente atingidos (ANA, 2019, pág.42).

O abastecimento emergencial das cidades de Governador Valadares (MG), e de Colatina (ES), por seus portes (população acima de 100 mil habitantes) e **por sua exclusiva dependência do rio Doce foi desafiador e deixou lições marcantes para a segurança hídrica (ANA, 2019, pág. 40).** (Grifo nosso)

No dia 25 de janeiro de 2019, o rompimento na Barragem 1 da mina Córrego do Feijão, da Companhia Vale S.A, no município de Brumadinho, MG, região metropolitana de Belo Horizonte, provocou um dos mais graves desastres em barragens de mineração no mundo desde 1960 (FREITAS et al., 2019).

A contaminação das águas do rio pelos rejeitos pôde ser verificada pela alta turbidez e presença de metais pesados, como cádmio, mercúrio, chumbo, manganês, ferro e alumínio (HELLER. L et al., 2020).

A lama resultante da ruptura da barragem alcançou o rio Paraopeba, manancial que abastece cerca de 3 milhões de pessoas residentes na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Num contexto de crise hídrica, o abastecimento de água a todo esse contingente populacional poderia ter sido severamente prejudicado (ANA, 2019).

De acordo com (LONDE L. R. et al., 2014) estratégias efetivas para prevenção e mitigação de desastres são pensadas para reduzir os impactos e riscos de perigos através de medidas proativas tomadas antes da ocorrência de uma emergência ou desastre.

Diante das narrativas acima, verificou-se que o rompimento de barragens de rejeitos possui o condão de provocar sérios danos ao meio ambiente, ceifar vidas e destruir economias. Assim, estudo que se dediquem a identificar fontes alternativas para o abastecimento público serem de extrema importância.

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo Geral:**

Delimitar microbacias hidrográficas com potencial hídrico para abastecimento público emergencial para o município de Santo Antônio de Pádua/RJ.

### **1.2 Objetivos específicos:**

- a) Analisar morfometricamente as microbacias hidrográficas com potencial hídrico para abastecimento público emergencial, com o uso de geotecnologias aplicadas aos recursos hídricos (Software livre), neste estudo será usado o Quantum GIS: programa de SIG com código aberto e licenciado sob a Licença Pública Geral GNU;
- b) Avaliar a ocupação e uso do solo com uso de geotecnologias (dados) fornecidos pelo GEOINEA;
- c) Avaliar a disponibilidade hídrica das microbacias hidrográficas através da medição das vazões de cursos d'água, selecionados, com o uso do Método do Flutuador descrito por CESTONARO et al., 2007 e BEZERRA et al., 2017.

## **2 JUSTIFICATIVA**

O Rio Pomba, corpo hídrico de domínio federal, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, com nascente no Estado de Minas Gerais, é uma importante fonte de abastecimento para 13 (treze) municípios no Estado de Minas Gerais, e 3 (três) na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro, principalmente para o município de Santo Antônio de Pádua. Verifica-se que, com os riscos de rompimentos de barragens de rejeitos no Estado de Minas Gerais, há necessidade de implantação de um plano de contingência que garanta o abastecimento público aos munícipes paduanos.



### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Na etapa de revisão da literatura foram observados alguns conceitos que se julgou importantes para a construção da base de conhecimento no intuito de subsidiar o estudo sobre a delimitação de sub-bacias hidrográficas destinadas ao abastecimento público emergencial.

A água nos mantém vivos, controla o clima, esculpe a terra, remove e diluem resíduos e poluentes, e é reciclada pelo ciclo hidrológico. Vivemos no planeta água, cuja preciosa película de água — na sua maioria água salgada — cobre cerca de 71% da superfície terrestre. Todos os organismos são compostos por grande quantidade de água. Olhe-se no espelho. O que você vê são 60% de água, a maior parte disso está em suas células (MILLER, 1931).

A água é um bem essencial à vida e ao desenvolvimento econômico-social das nações. Trata-se de um recurso renovável que pode tornar-se escasso com o crescimento das populações, indústrias e da agricultura. Nota-se que a irrigação é a maior usuária de água (70%), seguida das indústrias (20%) e das cidades e residências (10%). No mundo, usamos 70% da água que retiramos todos os anos dos rios, lagos e aquíferos para irrigar um quinto das plantações mundiais. Essas plantações produzem cerca de 40% dos alimentos, incluindo dois terços da produção mundial de arroz e trigo. A indústria usa, por ano, 20% dessa água; as cidades e residências utilizam os 10% restantes. A indústria e a agricultura usam grandes quantidades de água. Por exemplo, são necessários 400 mil litros de água para fabricar um automóvel, 9 mil litros para produzir um quilo de alumínio e 7 mil litros para produzir um quilo de carne de boi alimentado por grãos. Você economizaria mais água não comendo meio quilo de carne do que se não tomasse banho por seis meses (MILLER, 2007, pág. 269; TUCCI, 2001)

O tema da água caminha através do tempo, sendo compreendido como recurso indispensável à vida humana. Seu uso para as mais diversas atividades faz dela um elemento essencial para a sociedade e, ao mesmo tempo, colocam em evidência os conflitos e interesses gerados pela sua escassez ou abundância (RECKEL, 2014, pág. 18).

De acordo com a Política Nacional de Recurso Hídricos, estabelecida pela lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a água é um bem limitado, de domínio público, dotado de valor econômico, e sua gestão deve proporcionar seus usos múltiplos, dessa forma, prioriza-se o uso para consumo humano e dessedentação de animais (BRASIL, 1997). Outrossim,

Apesar de incorporar princípios, normas e padrões de gestão de água universalmente aceitos e já praticados em diversos países, o Brasil não dispõe de legislação específica voltada para a proteção de mananciais de abastecimento público. O assunto é abordado de forma fragmentada em diferentes dispositivos legais, de forma direta ou indireta, e o regime de proteção dos corpos hídricos superficiais e das águas subterrâneas é estabelecido principalmente por quatro normas federais: o Código das Águas (Decreto 24.643/34); a Política Nacional de Gestão de Recursos

Hídricos, PNRH (Lei nº 9.433/97); o “Novo Código Florestal”, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (Lei nº 12.651/2012); e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (Lei nº 9.985/2000) (IKEMOTO, 2018, pág. 48).

A água que não evapora no ar ou que não penetra no solo escorre da terra para os corpos de água. Um dos nossos recursos mais preciosos é a água doce que flui através da superfície terrestre para os rios, córregos, lagos, áreas úmidas e estuários. A precipitação que não retorna a atmosfera por evaporação ou que não infiltra no chão é chamada de escoamento superficial. A região da qual a água superficial é drenada para um rio, lago, área úmida ou outro corpo d’água é chamada de bacia de vertente ou bacia de drenagem. Dois terços do escoamento anual mundial são perdidos em enchentes sazonais e não estão disponíveis para uso humano. O terço restante é o escoamento seguro: a quantidade de escoamento com o qual geralmente podemos contar como fonte estável de água doce de ano a ano (MILLER, 2007, pág. 267).

A Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, em seu artigo 8º, estabelece que os Planos de Recursos Hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País, ou seja, independente da divisão político — administrativa (BRASIL, 1997).

Percebe-se que há dificuldades em se lidar com esse recorte geográfico, uma vez que os recursos hídricos exigem a gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas à atividade agrícola, gestão ambiental, entre outros, e a cada um desses setores corresponde uma divisão administrativa certamente distinta da bacia hidrográfica (ASPINAL, 2008).

Órgãos como a Agência Nacional de Águas, o IBGE e Comitês de Bacias Hidrográficas são alguns dos responsáveis pela delimitação e divisão do território brasileiro em bacias hidrográficas. Contudo, por conta da dimensão territorial do país, microbacias, que são bacias que abrangem rios de pequena ordem e extensão, não são amplamente conhecidas, pois, há uma carência de dados disponíveis a respeito desse tipo de bacia, apesar da sua importância para a gestão territorial. (TUCCI et al., 1998; SABINO et al., 2017, pág. 2)

O conceito de Bacia Hidrográfica (BH) tem sido cada vez mais expandido e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental. Na perspectiva de um estudo hidrológico, o conceito de BH envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d’água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. Embora tecnicamente o conceito implícito no termo seja preciso, podem existir variações no foco principal, conforme a percepção dos técnicos que o utilizam em seus estudos (SCHIAVETTI, 2002, pág. 17).

Gerir uma BH não significa submeter ou restringir a análise apenas às determinações da realidade interna à dinâmica da mesma. Há uma multiplicidade de relações internas e externas à BH que deve ser computada na análise, sem que isso implique em contradição com o recorte adotado para gestão. Deste equívoco provêm amplas discussões e demandas que

tentam reduzir todo tipo de base de dados e análise exclusivamente à BH (SCHIAVETTI, 2002, pág. 20).

### 3.1 Segurança hídrica

A água é o elo que liga todos os aspectos do desenvolvimento humano. A segurança hídrica é, portanto, vital para todos os setores sociais e econômicos, bem como base dos recursos naturais de que o mundo depende. Mas o crescimento demográfico, o desenvolvimento econômico e a má gestão da água estão colocando nossos recursos hídricos em um risco sem precedentes (ONU, 2012, pág. 1).

Observa-se que embora a água seja fundamental para o desenvolvimento da vida, em suas mais variadas manifestações, ainda se busca conceitos e definições para sua importância.

A Segurança Hídrica, ainda de acordo com o conceito da Organização das Nações Unidas (ONU), existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias, devendo ser consideradas as suas quatro dimensões como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um país (ANA, 2019, pág. 15).

Figura 1 – Dimensões da segurança hídrica



Fonte: United Nations Water (UN-Water), 2019.

MELO (2016) afirma que o conceito de segurança hídrica ainda está sendo evoluído, por ser um tema relativamente novo, entretanto o mesmo passou por diversas atualizações desde que incorporou os aspectos relacionados aos focos na produção agrícola e na produção de alimento e os aspectos relacionados aos impactos adversos da água e seguranças nacionais. Para MELO (2017, pág. 72), em tempos de mudanças ambientais globais, o conceito de “segurança hídrica” tem surgido como forma de orientar a gestão dos recursos hídricos a resultados efetivos em termos de garantia de disponibilidade de água para os usos múltiplos que atenda às expectativas da sociedade, além de protegê-la contra os efeitos negativos dos eventos hidrológicos extremos.

(MELLO, 2016, pag. 412) destaca que a formulação de uma política de segurança hídrica para a cidade deve contemplar a garantia do abastecimento de água para todos os usos que caracterizam o tecido urbano, em qualidade e quantidade disponíveis nos pontos de demanda, mas também deve estabelecer os limites dessa demanda e garantir a disponibilidade de mananciais e fontes primárias e secundárias, com incentivos ao reuso e ao uso de águas pluviais. Ademais, deve-se planejar o uso e ocupação do solo de modo a garantir a sustentabilidade do provimento de água, bem como a manutenção dos serviços prestados pelos ecossistemas aquáticos. Da mesma maneira, deve planejar uma infraestrutura efetiva em todos os subsistemas que compõem o abastecimento urbano de água e primar pela sua manutenção. Em fenômenos inesperados, deve garantir a oportuna resposta contingencial aos acidentes sociais e ambientais, bem como à escassez originada de fenômenos naturais. Por fim, deve-se definir as responsabilidades dos agentes públicos e privados nesta política, pois a política derivada do modelo apresentará conexões tanto com os organismos estaduais gestores das bacias, quanto com o poder público municipal e agentes privados.

Em concordância com a Agência Nacional de Águas (2019), deve-se buscar, em síntese, um cenário ideal de Segurança Hídrica, em que a infraestrutura esteja planejada, dimensionada, implantada e gerida adequadamente, atendendo tanto ao equilíbrio entre a oferta e a demanda de água quanto a situações contingenciais, fruto da vulnerabilidade a eventos climáticos extremos, e aqueles oriundos do uso inadequado dos recursos hídricos.

Os mananciais para o abastecimento estão sendo constantemente afetados por efluentes domésticos e industriais, agrotóxicos e nutrientes, decorrentes das atividades que acompanham o aumento populacional e econômico. Assim é fundamental assegurar a sua preservação para garantir a qualidade e a quantidade da água, contribuindo para reduzir os custos com o tratamento da água, uma vez que conforme mencionado, quanto melhor a qualidade da água, menor a complexidade do tratamento que ela necessita (LEÃO, 2017).

### 3.2 Geotecnologias aplicadas aos recursos hídricos

Verifica-se que a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) vem se disseminando rapidamente nos últimos anos, entre outras razões, porque os sistemas computacionais têm também evoluído rapidamente, tornando-se mais amigáveis a usuários não especialistas e porque houve sensível diminuição dos custos dos programas e equipamentos necessários (BECKER, 2002).

HAYAKAWA E.H. et al., (2014) afirma que as Geotecnologias podem ser entendidas como um conjunto de técnicas e ferramentas computacionais que realizam o tratamento de informações espaciais. Esse conjunto engloba os Sistemas de Informação Geográfica, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Sistemas de Processamento Digital de Imagens, Sistemas de Satélite para Navegação Global, entre outras tecnologias que auxiliam na análise espacial de informações geográficas.

De acordo com BECKER (2002), dentre as áreas que têm se beneficiado da utilização de SIG estão a ecologia e manejo de bacias hidrográficas, para as quais surgem inúmeras perspectivas de inovação, tanto na busca de conhecimento sobre padrões e processo ecológicos, quanto no apoio a ações de manejo e gestão.

O manejo de bacias hidrográficas, assim como o geoprocessamento, é uma ciência interdisciplinar que tem tido evolução significativa em face dos problemas crescentes, resultados da ocupação das bacias, do incremento significativo da utilização da água e do resultante impacto sobre o meio ambiente TONELLO K.C. et al., (2005).

O levantamento de dados sobre as características das paisagens é determinante para o planejamento e conservação de bacias hidrográficas. A obtenção de dados geoambientais a partir de ferramentas integradas às Geotecnologias adquire importância na atualidade pela sua capacidade de integração e análise no levantamento de informações geoespaciais (SILVA, 2016b).

De acordo com CASTRO et al., (2014), para elaboração de um diagnóstico ambiental em uma sub-bacia é necessário que seja criado um banco de dados a partir de um estudo detalhado de suas características como: solo, dados hidrometeorológicos, declividade, uso do solo, rede de drenagem, que garanta a geração de informações confiáveis e precisas.

Sendo as geotecnologias uma poderosa ferramenta de monitoramento dessas áreas, sobretudo o Sensoriamento Remoto e os SIGs, onde têm sido amplamente utilizadas nas análises ambientais em virtude de sua flexibilidade e disponibilidade, pois trabalham com um sistema computacional que permite analisar as informações de uso e ocupação das Bacias Hidrográficas de forma mais ágil e rápida (SCHIAVETTI, et al., 2002; TONELLO K. C. et al., 2005; VELOSO, 2011; HOTT et al., 2007).

Tabela 01. Aplicações potenciais de Sistemas de Informação Geográfica à ecologia e manejo de bacias

| APLICAÇÃO                                                                             | EXEMPLO                                                                                                         | REFERÊNCIAS                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Produção de mapas; dados secundários a partir de dados originais.                     | Declividade ou temperatura; aspecto a partir de elevação; mensuração de áreas; extensão de rios.                | Buryak et al, 2015.                                                                                                    |
| Qualificação de associação entre características espaciais                            | Uso do solo; geologia; tipo de solo; topografia; hidrografia; densidade populacional; distribuição de espécies. | Meixler et al. 1996; Buryak et al, 2015.                                                                               |
| Quantificação de padrões da paisagem e relações espaciais                             | Forma, conectividade, justaposição e fragmento de unidades da paisagem.                                         | Hunsaker et al., 1995; Aspinall et al, 2000.                                                                           |
| Quantificação de padrões temporais                                                    | Crescimento da vegetação; expansão ou redução de áreas úmidas.                                                  |                                                                                                                        |
| Quantificação de mudanças temporais                                                   | Transformações do uso do solo                                                                                   | Noernberg et al, 1996.                                                                                                 |
| Ligação entre dados espaciais e modelos                                               | Simulações e previsões a partir de modelos hidrológicos, ecossistêmicos, distribuição de organismos.            | Silva L. F. G, 2005. (f)                                                                                               |
| Zoneamento, classificação e priorização de bacias conservação, manejo e planejamento. | Conservação de biodiversidade; prioridade para medidas de recuperação da qualidade de água; análise de risco.   | Meixler et al, 1996; FAO, 1996; Norsaliza et al, 2010; Fitzgerald et al, 1999; Wilson et al, 2000; Weber et al., 1998. |

Fonte: BECKER, 2002. Adaptado pelo autor, 2021.

As bacias hidrográficas podem ser delimitadas manual ou automaticamente, no entanto com o surgimento de novas geotecnologias, como os SIG, as técnicas automatizadas são mais vantajosas, pois apresentam maior rapidez, maior precisão, diminuição de custos e de tempo (SANTANA, 2018).

A análise do uso do solo, através de informações obtidas pelo sensoriamento remoto, é de grande utilidade no planejamento e administração da ocupação racional do meio físico, pois possibilita também avaliar e monitorar áreas de preservação (CAMPOS et. al., 2019).

Segundo Shimabukuro et al., (1993) citado por Moreira K. F. et al., (2019, pág. 7), para avaliar e monitorar as condições ambientais das microbacias e suas mudanças ao longo de séries temporais é importante o uso de SIG's e sensoriamento remoto; por lidarem com um grande volume de dados espaço-temporais. Estas técnicas têm conferido vantagens crescentes em termos de custo-benefício e periodicidade no levantamento dos recursos naturais, no ordenamento territorial do meio rural e na solução dos impactos ambientais.

Neste contexto, o levantamento das degradações sofridas pelo meio ambiente é de suma importância para o conhecimento da realidade e a busca de sua recuperação. Sendo assim, o uso adequado da terra, de maneira a protegê-la contra a erosão e visando aumentar gradativamente a sua capacidade produtiva, requer sempre um planejamento inicial efetivo e eficiente (SILVA et al., 2019). Diante das narrativas acima, torna-se indissociável a

administração de bacias hidrográficas sem o uso do SIG (Sistema de Informação Geográficas).

### **3.3 Base hidrográfica Ottocodificada (BHO)**

O gerenciamento dos recursos hídricos é uma atribuição institucional complexa e essencial. A delimitação, hierarquização e codificação da rede de drenagem e das bacias hidrográficas são elementos estruturais para sua gestão (ROMANHOLI M.P. et al., 2018).

No território brasileiro, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9.433/1997, define a bacia hidrográfica como unidade territorial básica à gestão dos recursos hídricos. Anos depois, com a necessidade de um sistema único de classificação de bacias, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) adota a metodologia desenvolvida pelo engenheiro Otto Pfafstetter como a codificação oficial das bacias hidrográficas brasileiras (SANTANA et al., 2017, pág. 2).

A Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) utilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA) na gestão de recursos hídricos é obtida a partir do Mapeamento Sistemático Brasileiro. A BHO é gerada a partir da cartografia digital da hidrografia do país e organizada de modo a gerar informações hidrologicamente consistentes. Para tanto, a BHO representa a rede hidrográfica em trechos entre os pontos de confluência dos cursos d'água de forma unifilar. Cada trecho é associado a uma superfície de drenagem denominada ottobacias, à qual é atribuída a codificação de bacias de Otto Pfafstetter. Uma característica essencial dessa representação é ser topologicamente consistente, isto é, representar corretamente o fluxo hidrológico dos rios, por meio de trechos conectados e com sentido de fluxo. A BHO é o núcleo dos dados de hidrografia do módulo de Inteligência Geográfica do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Possibilita integrar os diversos planos de informação a respeito dos usos e da disponibilidade hídrica dos cursos d'água, associando dados tabulares aos elementos espaciais, preservando a consistência hidrológica das informações. Dessa forma, a localização espacial do dado é considerada, o que é essencial a um sistema de fluxos unidirecionais como a rede hidrográfica (ANA, 2017).

Trata-se de um método natural, hierárquico, baseado na topografia da área drenada e na topologia (conectividade e direção) da rede de drenagem. Sua aplicabilidade em escala global, com o emprego de poucos dígitos, além da amarração nos dígitos da relação topológica entre as bacias hidrográficas, são as características marcantes do método de Otto Pfafstetter (GALVÃO, et al., 2005).

Ainda de acordo com ANA (2017), a BHO foi desenvolvida a partir da cartografia digital vetorial da hidrografia do país, na qual foram feitas edições de modo a conferir consistência topológica para uma correta representação da rede hidrográfica, por meio de

trechos conectados e com sentido de fluxo, conforme o Manual de Construção da Base Hidrográfica Ottocodificada da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico).

Cada trecho da BHO foi codificado pelo sistema de Otto Pfafstetter (ottocodificação), para o que foi produzida a identificação do curso d'água principal de cada subsistema hidrográfico, obtido pela maior área de contribuição a montante de cada confluência, tendo como unidades elementares de drenagem as ottobacias, geradas a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (SRTM) (ANA, 2017).

As “ottobacias”, como são conhecidas as bacias delimitadas pelo método de Otto, são utilizadas em diversos estudos, uma vez que são importantes ferramentas no planejamento e gestão dos recursos hídricos, bem como de fácil implementação computacional e boa interação com Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (ANA, 2012) apud (SANTANA et al., 2017).

De acordo com BRASIL (2017), os seguintes produtos estão disponíveis:

- a) GEOFT\_BHO\_AREA\_DRENAGEM.gpkg - representação poligonal das áreas de contribuição hidrográfica, ottobacia, para cada trecho de drenagem, com seu código de bacia obtido a partir da metodologia de Otto Pfafstetter.
- b) GEOFT\_BHO\_CURSO\_DAGUA.gpkg - representação linear do curso d'água principal da bacia, sob a forma de cursos d'água, com sua codificação de curso d'água derivada da codificação de bacias de Otto Pfafstetter.
- c) GEOFT\_BHO\_PONTO\_DRENAGEM.gpkg - representação dos nós da rede de drenagem, que podem ser dos tipos: início do curso d'água, fim do curso d'água ou foz marítima.
- d) GEOFT\_BHO\_TRECHO\_DRENAGEM.gpkg - representação linear unifilar do fluxo d'água principal de um corpo d'água sob a forma de trechos de drenagem provenientes da cartografia. Essa representação é compatível com a codificação de bacias de Otto Pfafstetter.
- e) GEOFT\_BHO\_TRECHODRENAGEM.shp: representação linear unifilar do fluxo d'água principal de um corpo d'água sob a forma de trechos de drenagem provenientes da cartografia. Essa representação é compatível com a codificação de bacias de Otto Pfafstetter.

Para ter acesso aos dados que compõem a Base Hidrográfica Ottocodificada com os temas: Trechos de Drenagem, Áreas de Contribuição Hidrográfica, Cursos d'Água, Pontos de Drenagem e Rios é necessário efetuar o download de cada um dos arquivos e descompactá-los.



### 3.4 Conceito de bacia hidrográfica

Diversos são os conceitos relacionados a bacia hidrográfica encontrados na literatura, que sobre os quais serão apresentados alguns.

A expressão bacia hidrográfica é usada para denotar a área de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, que é chamado de exutório. A bacia é constituída por um conjunto de superfícies vertentes – terreno sobre o qual escoam a água precipitada – e de uma rede de drenagem formada por cursos d’água que confluem até resultar um leito único no exutório (TUCCI, 1997).

Ao se pensar em análises hidrológicas e ambientais, faz-se necessário a caracterização morfométrica da área a ser estudada. O conceito de “bacia hidrográfica” e sua definição é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises deste tipo, objetivando esclarecer as múltiplas questões abrangidas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (FERREIRA, 2017).

QUADRO 01 - Diferentes conceitos de bacia hidrográfica encontrados na literatura.

(continua)

| <b>Autores</b>                                 | <b>Conceitos de Bacia hidrográfica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lima & ZAKIA (2000) apud TEODORO et al., 2007. | São sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, ocorrerá uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico. |
| FERNADES, 1999 apud ATTANASI O, 2004.          | O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Este compartimento é drenado superficialmente por curso d’água principal e seus afluentes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| BORSATO & MARTONI (2004)                       | Definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes. Por meio de uma rede de drenagem, formada por cursos d’água, ela faz convergir os escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída.                                                                                                                                                                                                                    |

FONTE: TEODORO et al., 2007 - Adaptado pelo autor, 2022.

(Conclusão do Quadro 01)

| <b>Autores</b>           | <b>Conceitos de Bacia hidrográfica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BARRELLA, W et al (2007) | Conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para a formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocar no oceano. |
| FAUSTINO (1996)          | Sub-bacias são bacias com áreas maiores que 100 km <sup>2</sup> e menores que 700 km <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

FONTE: TEODORO et al., 2007 - Adaptado pelo autor, 2022.

QUADRO 02 - Diferentes conceitos de sub-bacias hidrográficas encontrados na literatura.

(continua)

| <b>Autores</b>                  | <b>Conceito de Sub-bacia</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SANTANA (2004)                  | As bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra com ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos. |
| ATTANASIO (2004)                | Unidade física caracterizada como área de terra drenada por um determinado curso d'água e limitada, perifericamente, pelo chamado divisor de águas.                                                                                                                                                                                                               |
| ROCHA apud MARTINS et al (2005) | Sub-bacias são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha (200 km <sup>2</sup> e 300km <sup>2</sup> )                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>FAUSTINO (1996)</b>          | <b>A microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km<sup>2</sup>.</b>                                                                                                                                                          |
| BRASIL, 1986 apud HEIN, 2000    | As microbacias são áreas fisiográficas drenadas por um curso d'água ou para um sistema de cursos d'água conectadas e que convergem, diretamente ou indiretamente, para um leito ou para um espelho d'água, constituindo uma unidade ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais do meio ambiente por ele definido.                        |

FONTE: TEODORO et al., 2007. Adaptado pelo autor, 2022.

(continuação quadro 02)

| Autores                                    | Conceito de Sub-bacia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MOLDAN & CERNY, 1994<br>apud MACHADO, 2002 | As microbacias são as menores unidades da paisagem capaz de integrar todos os componentes relacionados com a disponibilidade e qualidade de água como: atmosfera, vegetação natural, plantas cultivadas, solo, rocha, subjacentes, corpos d'água e paisagem circulante.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| LANNA, 1995<br>apud BRAGA, 2003            | Microbacia hidrográfica é entendida como uma área geograficamente delimitada pelos divisores de água que alimentam pequenos tributários.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| MOSCA (2003)                               | Considera a microbacia como a menor unidade do ecossistema onde pode ser observada a delicada relação de interdependência entre os fatores bióticos e abióticos, sendo que perturbações podem comprometer a dinâmica de seu funcionamento, sendo assim, esse conceito visa a identificação e o monitoramento de forma orientada dos impactos ambientais.                                                                                                                                                                                               |
| LEONARDO (2003)                            | A microbacia hidrográfica é um elemento de escala de análise ambiental muito singular, pois representa o elo entre a escala micro, correspondente à aquele nível de análise, verificação, medição, monitoramento e intervenção in loco e a macroescala de análise, que corresponde à paisagem, região, bacia hidrográfica, nação ou até mesmo uma escala global, de onde são emanadas as normas, a legislação e as políticas públicas. Dessa forma a mesoescala de análise da sustentabilidade é a própria escala espacial da microbacia hidrográfica. |

FONTE: TEODORO et al., 2007 - Adaptado pelo autor.

QUADRO 03 - Diferentes conceitos de microbacias hidrográficas encontrados na literatura.

| Autores                 | Conceito de microbacia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ATTANASIO (2004)        | A microbacia é a unidade básica de planejamento para compatibilização da preservação dos recursos naturais e da produção agropecuária. As microbacias hidrográficas possuem características ecológicas, geomorfológicas e sociais integradoras, o que possibilita a abordagem holística e participativa, envolvendo estudos interdisciplinares para o estabelecimento de formas de desenvolvimento sustentável inerentes ao local e região onde forem implementados. |
| SANTANA (2004)          | O termo microbacia, embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica, sugerindo o autor a sua substituição por sub-bacia hidrográfica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| CALIJURI & BUBEL (2006) | Microbacias são áreas formadas por canais de 1ª e 2ª ordem e, em alguns casos, de 3ª ordem, devendo ser definida como base na dinâmica dos processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos. As microbacias são áreas frágeis e frequentemente ameaçadas por perturbações, nas quais as escalas espacial, temporal e observacional são fundamentais.                                                                                                             |

FONTE: TEODORO et al., 2007. Adaptado pelo autor, 2022.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do trabalho foi realizada em 06 etapas.

### 4.1.1 Primeira etapa

Consistiu na revisão da literatura para fundamentação do estudo de delimitação e conceituação de bacia hidrográfica e abastecimento público, revisão bibliográfica nos bancos de dados acadêmicos, como artigos, livros, teses e dissertações relacionadas ao assunto; neste trabalho aplicou-se o conceito descrito por FAUSTINO, 1996, onde segundo o qual, a microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km<sup>2</sup>.

### 4.1.2 Segunda etapa

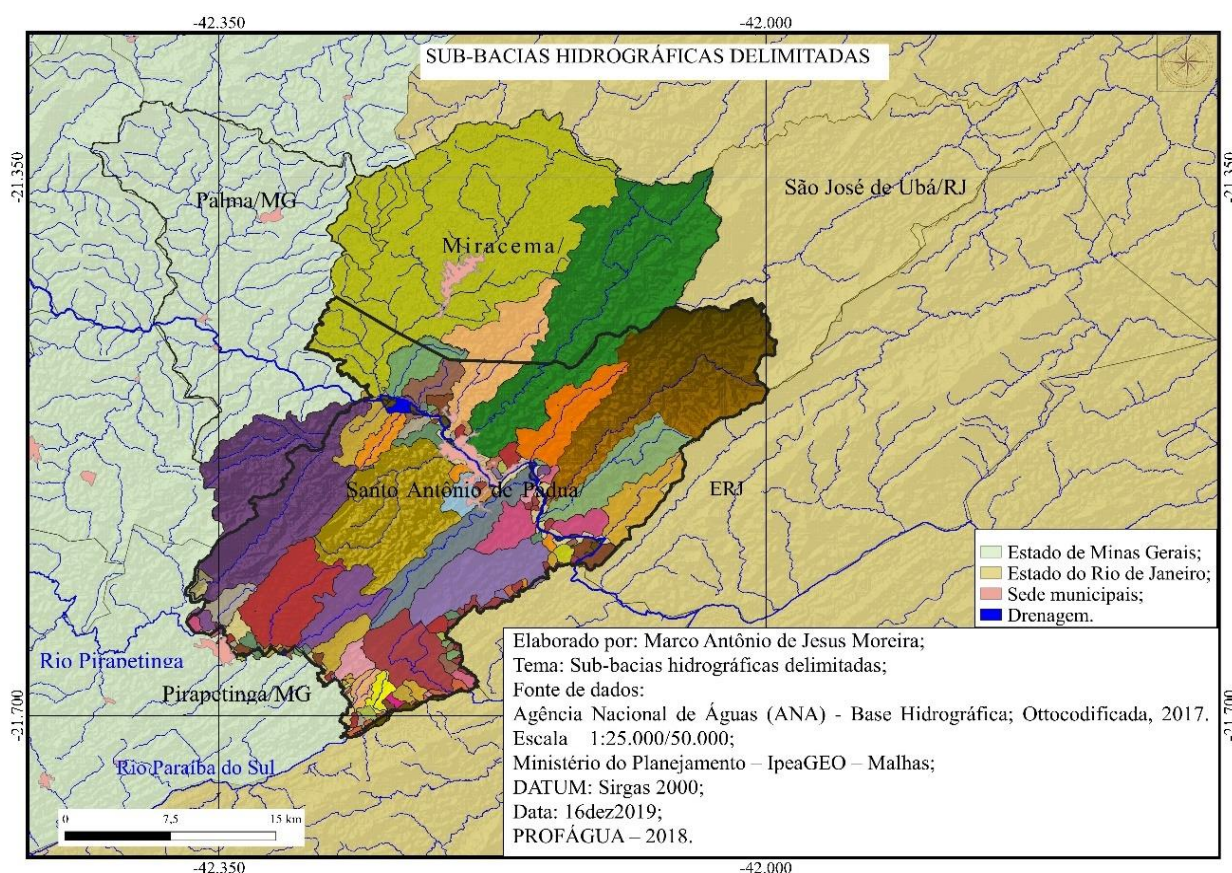
Dedicou-se a visitas de observação na região onde se localizam as sub-bacias de interesse, bem como se buscou informação junto a Defesa Civil no município de Santo Antônio de Pádua e Miracema/RJ, Empresa Águas de Pádua (Companhia de Saneamento Básico responsável pelo abastecimento público), ao Comitê de Bacias do Baixo Paraíba do Sul, a fim de verificar a disponibilidade de dados pluviométricos e fluviométricos inerentes aos mananciais objetos de estudos, ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) estação n.º 83.805; e pôr fim envio de Ofício s/n.º a COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) solicitando dados relativos aos índices pluviométricos do município de Palma/MG, tendo como resposta o ofício n.º 1.252/2021 — GRUA, datado de 17 de maio de 2021, cujos dados recebidos se encontram organizados na figura 13, pág. 56.

#### 4.1.3 Terceira etapa

Nesta etapa dedicou-se ao processo de delimitação das sub-bacias hidrográficas. Para tanto, buscou-se embasamento na literatura, onde TEIXEIRA et al., 2007, pág. 2, afirma existirem diversos métodos conhecidos e utilizados para delimitar bacias hidrográficas. Um destes, bastante discutido atualmente, e realizado em âmbito nacional, as otobacias, foi formulado pelo engenheiro Otto Pfafstetter (1989), sendo adotado por diversos órgãos, como a Agência Nacional da Água e Saneamento Básico (ANA) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (GOMES et al., 2009).

Com uso do software QGIS versão A Coruña 3.8.1, e a **Base Hidrográfica Ottocodificada da Bacia do Rio Paraíba do Sul nas escalas 1:25.000/50.000** iniciou-se o processo de delimitação das sub-bacias objetos de estudos, com a descompactação do arquivo **“TRECHOS DE DRENAGEM”**, baixado através do endereço <[https://metadados.snirh.gov.br/files/97100ae2-f173-4be7-a827-6252d3ce0718/GEOFT\\_BHO\\_TRECHO\\_DRENAGEM.zip](https://metadados.snirh.gov.br/files/97100ae2-f173-4be7-a827-6252d3ce0718/GEOFT_BHO_TRECHO_DRENAGEM.zip)>, para se ter acesso ao arquivo Shapefile. Encontrando assim, o “trecho de drenagem” de toda bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Com o arquivo acima em condições de trabalho, descompactou-se o arquivo da **“ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO HIDROGRÁFICA”**, baixado no endereço /GEOFT\_BHO\_AREACONTRIBUICAO.zip>, de modo a ter acesso a todas as poligonais das áreas de contribuição hidrográfica da mesma bacia. Em seguida descompactou-se o arquivo **“HIDRÔNIMOS”**, baixado no endereço d3ce0718/attachments/GEOFT\_BHO\_HIDRONIMO.zip>, com intuito de identificar os principais cursos d’água, inclusive o Rio Pomba; com os principais cursos d’água identificados, utilizou-se da ferramenta “feição” de modo a selecionar todas as **“Áreas de Contribuição Hidrográficas”** que se encontravam nos limites territoriais dos municípios de Santo Antônio de Pádua e Miracema, no Estado do Rio de Janeiro, e Palma no Estado de Minas Gerais. Nesse momento, a **“área de contribuição”** e o **“trecho de drenagem”** de toda bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul foram **“desligadas”**, mantendo-se apenas as áreas dos municípios acima descritos. Com os arquivos acima em condições, delimitou-se aproximadamente 130 divisões hidrográficas, conforme se observa na figura 02.

Figura 02 – Sub-bacias hidrográficas delimitadas



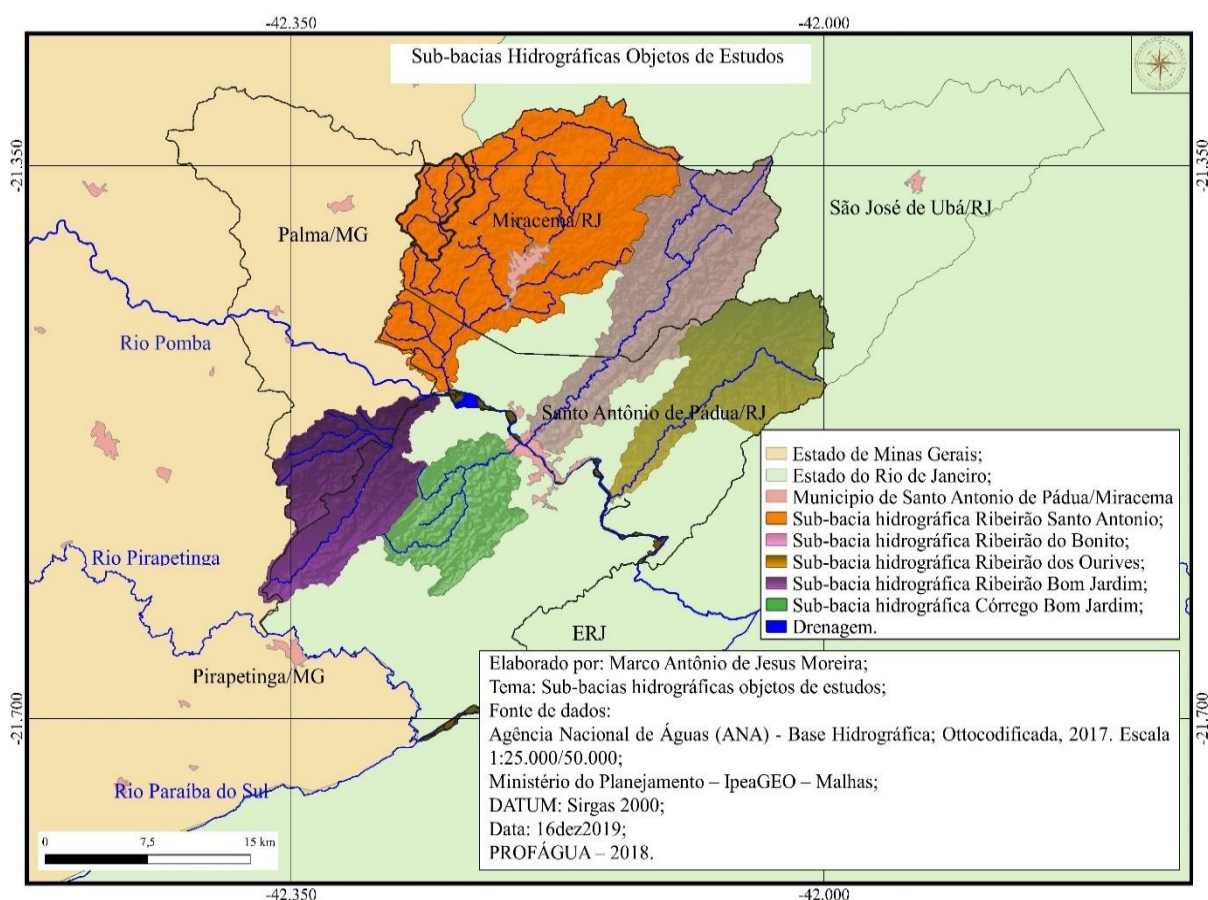
Fonte: O autor, 2019.

#### 4.1.4 Critérios usados na seleção das sub-bacias objeto de análises

Dentre as 130 (cento e trinta) sub-bacias hidrográficas delimitadas acima (figura 02), selecionou-se as 05 (cinco) para análises. Os critérios usados na escolha das sub-bacias descritas na figura 03 foram o tamanho do manancial, dando preferência a mananciais com área de até 20.000 ha, a exceção foi a sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio que possui área pouco superior a 22.000 ha, considerou-se ainda, a localização do exutório, proximidade com aglomerados urbanos, ou seja, a representatividade da população a ser atendida e acesso a E.T.A (Estação de Tratamento de Água).



Figura 03- Sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.



Fonte: O autor, 2019.

Que de acordo com IKEMOTO et al., (2018), pág. 80, o tamanho da área de manancial é um fator determinante para análise quanto à viabilidade da aplicação de medidas de proteção de mananciais, uma vez que quanto menores forem as áreas das bacias de drenagem, maiores serão os potenciais de obtenção dos resultados oriundos de estratégias de conservação e restauração ambiental para preservação dos recursos hídricos, pois maior é a sensibilidade hidrológica dessas bacias. Áreas maiores implicam em um maior número de parcerias, extensas áreas de intervenção, elevado volume de investimentos, necessidade de envolvimento contínuo do poder público e um longo período para obtenção de resultados significativos. Além disso, de modo geral, áreas muito extensas implicam em múltiplas jurisdições, exigindo maior capacidade para articulação e mediação de conflitos e interesses distintos.

Outro critério relevante para análise das AIPMs (Áreas de Interesse para Proteção e Recuperação de Mananciais) é a representatividade da população atendida. A maior representatividade da população atendida é diretamente relacionada com o potencial impacto das intervenções e a capacidade de investimento e de pagamento pelos serviços ambientais relacionados à água (IKEMOTO et al., 2018, pág. 82).

Figura 04 - Hierarquização das áreas de interesse para proteção e recuperação de mananciais.



Fonte: O autor, 2020. Adaptado de Ikemoto et al, 2018, pág. 81.

Com a delimitação das sub-bacias, e com os arquivos da rede de drenagem a disposição, têm-se condições para dar início nas análises morfométricas. Nesta pesquisa foram usados os conceitos e fórmulas abaixo elencadas.

#### 4.1.5 Caracterização morfométrica

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO et al., 2007).



#### 4.1.5.1 Coeficiente de compacidade

Relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (CARDOSO, C. A. et al., 2006).

Esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual a uma unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade VILELA; MATOS, 1975, citado por CARDOSO, C. A. et al., 2006, pág. 243).

**Fórmula 01** - Coeficiente de compacidade (Kc): determinado a partir da equação (VILELA; MATOS, 1975, Cap. 2, pág. 14)

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

Onde: Kc = Coeficiente de compacidade adimensional; P = perímetro em km; e A = área de bacia em km².

Este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho; quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será o coeficiente de compacidade.

**4.1.5.2 Índice de circularidade (IC):** Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para unidade à medida que a bacia se aproxima a forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada (CARDOSO et al., 2006).

**Fórmula 02** - Índice de Circularidade IC: determinado a partir da equação (VILELA; MATOS, 1975):

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (2)$$

Onde: IC = Índice de Circularidade, adimensional. A= área de bacia em km²      P² = Perímetro da bacia em km.

#### 4.1.5.3 Fator de forma

O fator de forma constitui outro indicativo da maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia. Uma bacia com fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma. Isso se deve ao fato de que numa bacia estreita e longa, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão; e também, numa tal bacia, a contribuição dos tributários atinge o curso d'água principal em vários pontos ao longo do mesmo, afastando-se, portanto, da condição ideal da bacia circular discutida no item anterior, na qual a concentração de todo o deflúvio da bacia se dá num só ponto. (VILELA; MATOS, 1975, pág. 14)

**Fórmula 03** - Fator de forma (Kf): determinado a partir da equação (VILELA; MATOS, 1975, Cap. 2, pág. 14)

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Onde: A = área; e L = comprimento do curso d'água principal.

#### 4.1.5.4 Densidade de drenagem (Dd)

Segundo Christofletti (1969), correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica. Para calcular o comprimento devem ser medidos tanto os rios perenes como os temporários.

**Fórmula 04** – Densidade de drenagem definida por Horton, 1945, pág. 283.

$$Dd = \frac{\sum L}{A} \quad (4)$$

Onde:  $\sum L$  = comprimento total dos canais; e A = Área da bacia.

#### 4.1.5.5 Densidade hidrográfica (Dh)

De acordo com RODRIGUES et al. (2002), pág. 17, podem ser alteradas, bastando uma pequena mudança de gradiente de descarga do rio (motivada por pequenos ajustes neotectônicos) e/ou súbita descarga (em razão de enxurradas associadas ao desmatamento em grande escala, a montante da bacia), e podem levar à remoção e transporte de bancos de solapamento (erosão basal das margens côncavas) até a formação de barras de sedimentos (point bar), nas margens convexas, a jusante.

Densidade hidrográfica é a relação existente entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica expressa pela fórmula:

**Fórmula 05** – Densidade hidrográfica

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (5)$$

Onde Dh = Densidade hidrográfica; N= Número de rios ou cursos de água e A= Área de drenagem.

#### 4.1.5.6 Índice de sinuosidade

É a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (ALVES et al., 2003). A expressão para o cálculo do Índice de sinuosidade é descrita pelos autores como:

**Fórmula 06** – Índice de sinuosidade

$$Is = \frac{L}{Dv} \quad (6)$$

Onde Is = índice de sinuosidade; L = comprimento do canal principal e Dv = distância vetorial do canal principal.

#### 4.1.5.7 Coeficiente de manutenção

Fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. O coeficiente de manutenção (Cm) informa a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, ou seja, quanto maior seu valor, menos densa é a drenagem da bacia. Foi proposto por Schumm, 1956.

##### **Fórmula 07**

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000 \quad (7)$$

Onde: Cm = Coeficiente de manutenção; Dd = Densidade de drenagem.

#### 4.1.5.8 Extensão do percurso superficial

A Extensão do percurso superficial represente a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis independentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem. Durante a evolução do sistema de drenagem, a extensão do percurso superficial está ajustada ao tamanho apropriado relacionado com as bacias de primeira ordem, sendo aproximadamente igual à metade do recíproco do valor da densidade de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980, pág. 111).

É calculado da seguinte maneira:

##### **Fórmula**

$$Eps = \frac{1}{2Dd} \quad (8)$$

Na qual Eps representa a extensão do percurso superficial e Dd é o valor da densidade de drenagem.

Após a realização das análises morfométricas e, conhecidos os resultados de fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, deve-se utilizar a tabela abaixo para a interpretação dos resultados.

#### 4.1.5.9 Tabelas usadas na interpretação dos resultados de fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc)

Tabela 02. Valores, formato e interpretação do fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc).

| Fator de Forma | Índice de Circularidade | coeficiente de compacidade Kc | Formato  | Interpretação ambiental       |
|----------------|-------------------------|-------------------------------|----------|-------------------------------|
| 1,00 a 0,75    | 1,00 a 0,80             | 1,00 a 1,25                   | Redonda  | Alta tendência a enchentes    |
| 0,75 a 0,50    | 0,80 a 0,60             | 1,25 a 1,50                   | Ovalada  | Tendência mediana a enchentes |
| 0,50 a 0,30    | 0,60 a 0,40             | 1,50 a 1,70                   | Oblonga  | Baixa tendência a enchentes   |
| < 0,30         | < 0,40                  | > 1,70                        | Comprida | Tendência a conservação       |

Fonte: adaptado de Villela; Mattos (1975) apud Gomes et al. (2015).

Tabela 03. Valores, classificação e interpretação dos resultados da densidade de drenagem

| Dd (km/km <sup>2</sup> ) | Classificação | Interpretação ambiental                                       |
|--------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------|
| < 1,5                    | Baixa         | Baixo escoamento superficial e maior infiltração              |
| 1,5 a 2,5                | Média         | Tendência mediana de escoamento superficial                   |
| 2,5 a 3,0                | Alta          | Alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas         |
| >3,0                     | Super alta    | Alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão |

Fonte: Adaptado de HORTON (1945), STRAHLER (1957), França (1968) apud Gomes et al. (2015).

#### 4.1.6 Quarta etapa

Com cronograma previsto para se iniciar no mês de setembro, dedicou-se a análises das disponibilidades hídricas das sub-bacias objetos de estudos, com relatos fotográficos e aferição de vazão quando possível, com utilização do método do flutuador descrito por Bezerra et al., (2017); Cestonaro et al., (2007);

Antes da ida ao local previamente escolhido para verificação da vazão, foi necessário a preparação de alguns materiais, como descrito abaixo:

- a) Duas cordas esticadas através da seção do rio e, perpendicular as margens;

- b) Quatro estacas de vergalhão (5/16”) utilizadas para fixar as cordas e;
- c) Uma pequena marreta usada na fixação das estacas de vergalhão ao solo;
- d) Uma trena de 20 (vinte) metros;
- e) Régua de madeira de 2 (metros) para verificar a profundidade do ribeirão, com auxílio da escala métrica;
- f) Uma escala métrica plástica de 2 (dois) metros;
- g) Como objeto flutuador utilizou-se de uma garrafa PET com capacidade de 600 ml, com  $\frac{3}{4}$  do volume preenchido, ou seja, 450 ml;
- h) Um cronômetro para verificação do tempo.

O trecho escolhido para medição da vazão deve ser reto (sem curvas), ter no mínimo 15 cm de profundidade e não ser uma área de águas paradas. Corredeiras desobstruídas são ideais. Nesses pontos foram realizados os seguintes procedimentos: medição da largura do canal com auxílio de uma trena. Posteriormente, essa largura foi subdividida em quatro pontos equidistantes para medição da profundidade em cada seção (Figura 32, pág. 97), para isso foi utilizada uma régua de madeira de 2 (metros), com auxílio da escala métrica. A determinação da velocidade média da água em cada trecho foi obtida pelo método do flutuador. Utilizou-se uma garrafa PET com capacidade de 600 ml, conforme descrito no item “g” acima, que serviu como objeto flutuante e um cronômetro para determinação do tempo em que o flutuador levava para percorrer 10 m em cada trecho analisado.

#### 4.1.7 Quinta etapa

Reuniram-se as informações necessárias a elaboração dos mapas usados na pesquisa.

- a) As informações encontradas no mapa sobre as barragens de contenção de rejeitos, tiveram origem no órgão **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE–Sisema)**. Gestão de Resíduos Especiais, Industriais e da Mineração. Barragens de contenção de rejeitos e resíduos (FEAM) - Shapefile. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Com auxílio do QGIS, os arquivos foram descompactados para se ter acesso ao arquivo Shapefile- em

seguida recorta-se tendo como camada máscara, a sub-bacia hidrográfica do Rio Pomba;

**b)** Os mapas relativos aos índices pluviométricos, déficit hídrico, meses secos, temperatura média e categorias de clima, presentes neste trabalho foram originados do **Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro. Embrapa Solos - Escala: 1:1.000.000**. Disponível em:

< [http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Alev\\_rj\\_estado\\_bioclimatico\\_lat\\_long\\_sirgas2000\\_12\\_11\\_18](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Alev_rj_estado_bioclimatico_lat_long_sirgas2000_12_11_18)>. Onde os arquivos foram baixados no endereço citado e descompactados, já no QGIS, o arquivo Shapefile aberto passou pelo processo de validação, estando assim, apto para o uso, recortado consoante a área da sub-bacia hidrográfica de interesse;

**c)** Os mapas de solos e relevos foram originados do arquivo **Mapa de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do estado do Rio de Janeiro. Embrapa Solos - Escala 1:250.000**. Shapefile. Disponível em:

<[http://geoinfo.cnps.embrapa.br/search/?title\\_\\_icontains=Mapa%20de%20reconhecimento%20de%20baixa%20intensidade%20dos%20solos%20do%20estado%20do%20Rio%20de%20Janeiro&limit=100&offset=0](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/search/?title__icontains=Mapa%20de%20reconhecimento%20de%20baixa%20intensidade%20dos%20solos%20do%20estado%20do%20Rio%20de%20Janeiro&limit=100&offset=0)>. Seus arquivos foram baixados e descompactados, tendo o Shapefile aberto e passado por processo de validação, para estar apto ao trabalho. Posteriormente o arquivo considerado como saída válida, é recortado tendo como camada máscara, a sub-bacia hidrográfica de interesse; observa-se que algumas sub-bacias descritas nesta pesquisa, possuem parte de seu território no Estado de Minas Gerais, sendo assim, torna-se necessário o uso de informações fornecidas por órgãos daquele estado. No caso dos tipos de solos, buscou-se informações no **IDE-SISEMA** disponível no endereço

<<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>> donde segue-se os seguintes passos: Solos — mapeamentos de solos (**FEAM & UFV**) — mapas de solos de minas gerais — download de camadas — shapefile — validar a camada baixada e recortar de acordo com a camada mascara da sub-bacia de interesse;

**d)** As paletas de cores usadas nos mapas que representam os solos das sub-bacias hidrográficas, são originadas do **Manual Técnico de Pedologia — IBGE (2015). 3.ª edição/Convenção de cores- pag. 405**; Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95017.pdf>>;

e) Os mapas que demonstraram os usos dos solos foram originados do arquivo **Mapeamento de Uso do Solo e Cobertura Vegetal da RH IX — Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. Escala: 1:25.000 Shapefile** — Disponível em: <<https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3d04d2c34acd9ed>>. Os arquivos foram baixados, descompactados para se poder ter acesso ao arquivo shapefile; com auxílio do QGIS, providencia-se a abertura do Shapefile, onde se tem acesso ao arquivo com todo uso de solo da Região Hidrográfica IX; esse arquivo, passará pelo processo de validação para estar apto ao uso; após validado, utiliza-se a ferramenta vetor — geoprocessamento — recortar; na camada de sobreposição deve-se indicar a sub-bacia de preferência;

f) O material para confecção dos mapas hipsométricos tiveram origem no órgão a seguir. **USGS — SCIENCE FOR A CHANGING WORLD**. Disponível no endereço <https://earthexplorer.usgs.gov/> — Search criteria — Use map. — data set — Digital elevation -SRTM — SRTM 1 ARC — SECOND GLOBAL — RESULT -Baixar o arquivo GeoTIFF 1 Arc-second (24,76 MiB) — Raster — extrair — recortar raster pela camada máscara, no caso a sub-bacia hidrográfica escolhida no momento = resultado. Após, clicar duas vezes na camada recortada- simbologia — banda simples falsa cor — criar gradiente de cor — selecionar catálogo cpt-city; paleta wiki-schwarzwald-d100 com 15 cores.

Todos os dados foram trabalhados com auxílio do **Software livre QGIS versão 3.10 A Corunã e acessórios**.

#### 4.1.8 Sexta etapa

Dedicou-se a conclusão dos estudos realizados e resultados encontrados.

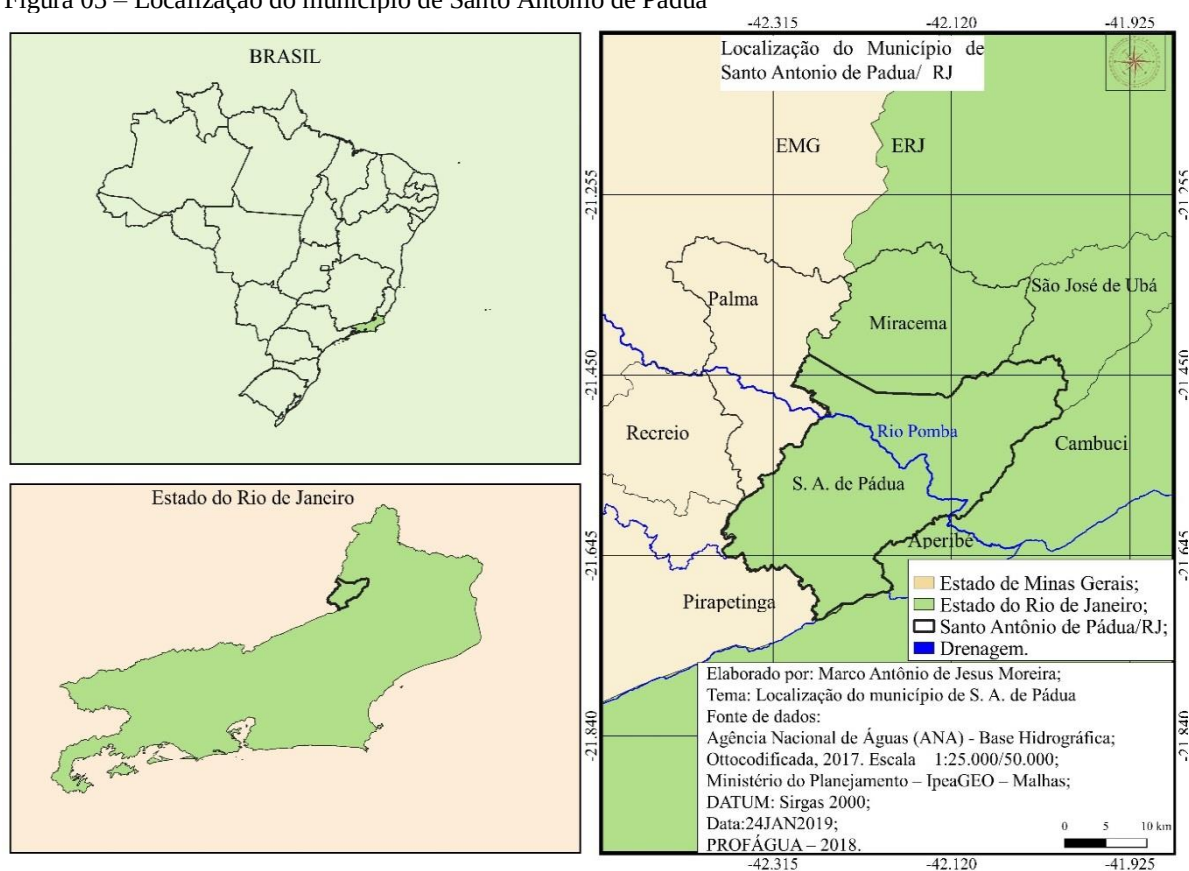


## 5 ÁREA DE ESTUDO

### 5.1 Localização

Conforme pode se observar na figura 05, a área de estudo abrange os municípios de Palma/MG, situada na Zona da Mata Mineira, Santo Antônio de Pádua e Miracema, na região Noroeste Fluminense. Neste caso, deu-se ênfase a região territorial onde se encontram os exutórios, neste caso em Santo Antônio de Pádua. A cidade de Santo Antônio de Pádua está localizada na região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, nas coordenadas de 42° 00' e 42° 20' de longitude oeste e 21° 25' e 21° 40' de latitude sul. Na região as chuvas se concentram entre os meses de novembro e março. Com precipitação média, anual, próxima a 1.150 mm (SILVA, 2011c).

Figura 05 – Localização do município de Santo Antônio de Pádua



Fonte: O autor, 2019.

Está inserida no Bioma de Mata Atlântica, identificado como “hotspot” (áreas com alta biodiversidade, altas taxas de endemismo e, ao mesmo tempo com alta pressão antrópica) (LOPES et al., 2013).

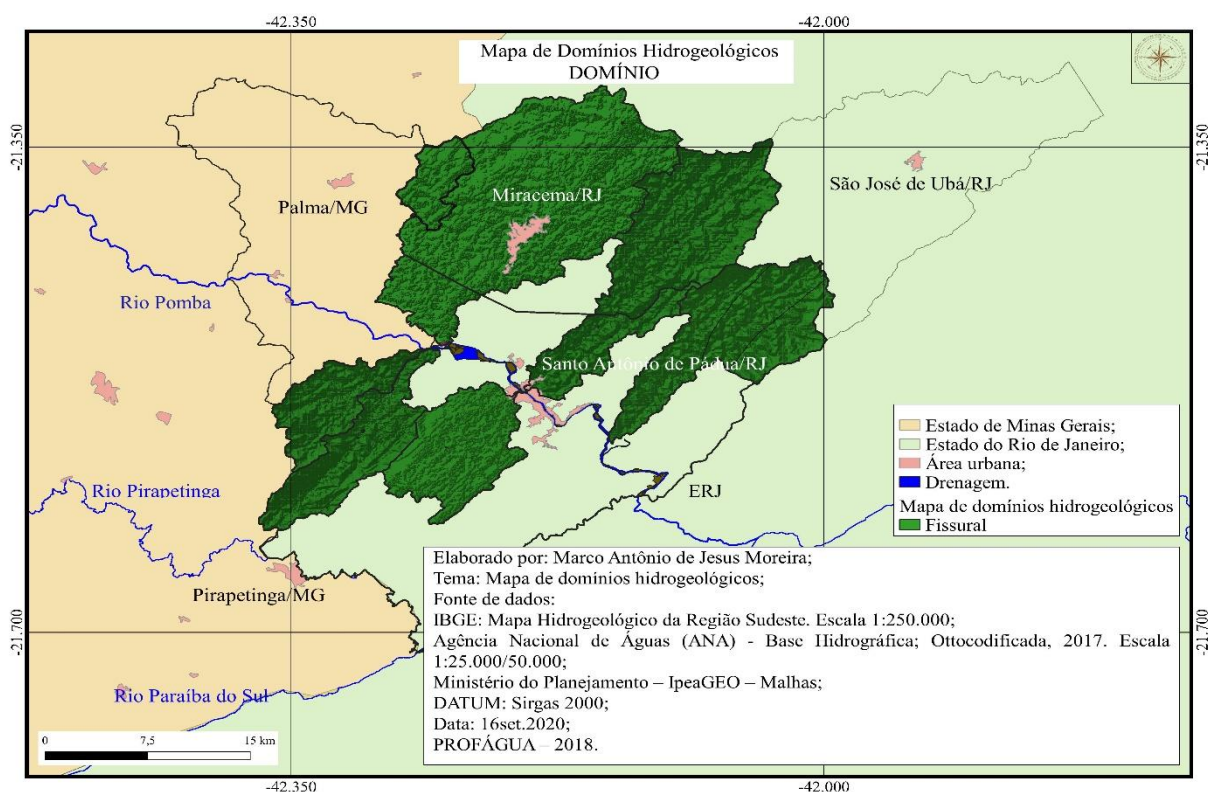
Geomorfologicamente o município está inserido no Domínio dos Mares de Morro Florestados. Os principais rios são controlados pela estrutura geológica local. A vegetação original do tipo Mata Atlântica foi praticamente devastada, dando lugar inicialmente as plantações de café, algodão e cana-de-açúcar. Posteriormente estas plantações foram substituídas por pecuária extensiva, que muito contribuiu para o atual estágio de degradação das terras. Os poucos remanescentes de vegetação se restringem às áreas mais elevadas da serra Pedra Bonita, serra do Catete e serra das Frecheiras (SILVA, 2011c).

O domínio Norte-Noroeste Fluminense consiste numa vasta depressão interplanáltica, alternada com alinhamentos serranos escalonados, delimitada ao sul pelo Planalto da Região Serrana e Serra dos Órgãos e, a norte, pelo Planalto do Alto Itabapoana, estendendo-se a oeste pela zona da Mata mineira, com características similares. A leste é limitado pela Baixada Campista e pelos tabuleiros da Formação Barreiras (LUMBRERAS J. F. et al., 2004). O clima da região pela classificação de Köppen (1948) é o tropical com estação seca durante o período de inverno (Aw) apresentando, portanto, um prolongado período de estiagem e por precipitações que não ultrapassam os 50 mm durante os meses mais secos (abril a outubro) BRANDÃO et al., 2015, pág.7.

Inserido na Região Hidrográfica IX — Comitê da Bacia Hidrográfica Baixo Paraíba do Sul, instituído pelo Decreto Estadual nº41.720 de três de março de 2009. A rede hidrográfica de Santo Antônio de Pádua é rica em quantidade de rios e cachoeiras, fator que gera situação de grande vulnerabilidade do meio físico à erosão, onde as condições de relevo ocasionam uma fina drenagem das águas. O Município de Santo Antônio de Pádua tem aproveitamento correspondente a 5% dos recursos hídricos, equivalentes à área total da Região Hidrográfica Baixo Paraíba do Sul (PMSB, 2012).

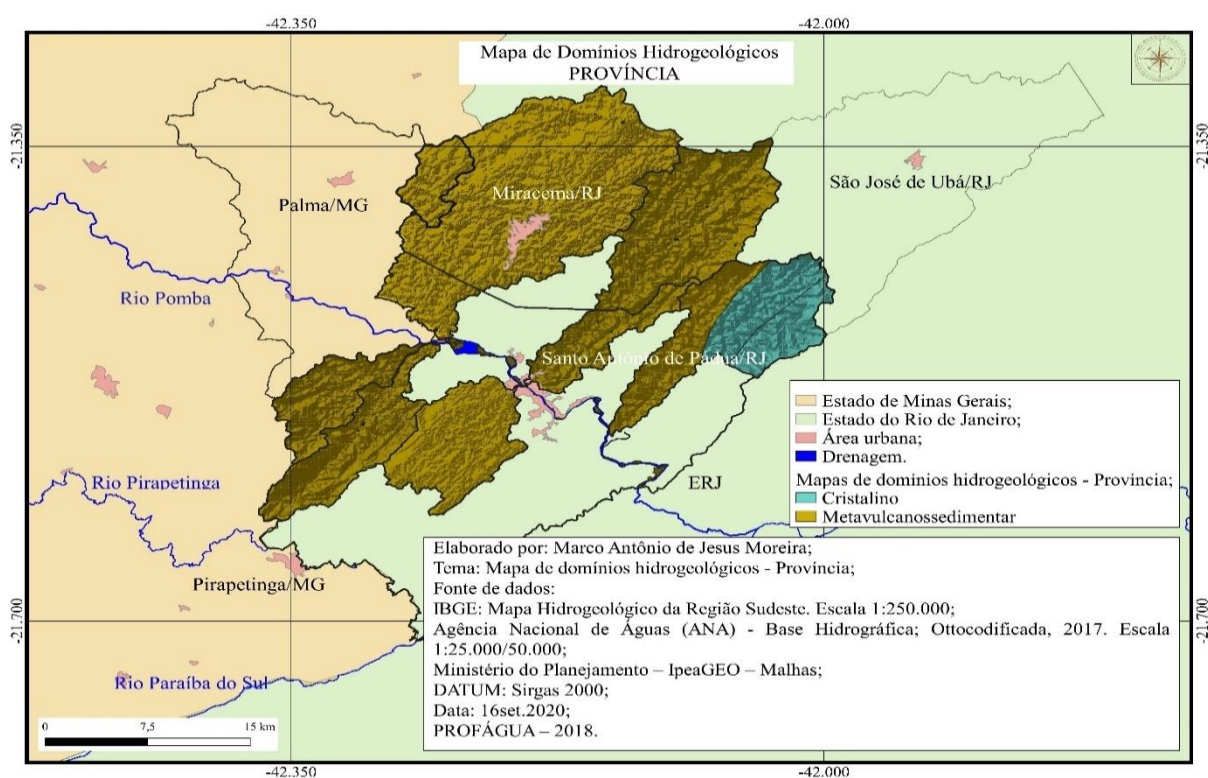
De acordo o IBGE (2016), mapa hidrogeológico do Sudeste, escala 1:250.000, a área de estudo está inserida no domínio fissural (figura 06, pág. 51), Província Metavulcanossedimentar com pequena fração de cristalino sobre a sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Ourives (figura 07, pág. 51). Litologicamente predominam na região o Gnaisse, Xisto, Quartzito, Anfibolito, com Charmokito, Enderbitto, Granito e “Granitóide” fazendo parte da litologia novamente sobre a sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Ourives (figura 08, pág. 52).

Figura 06 - Mapa de Domínios Hidrogeológicos.



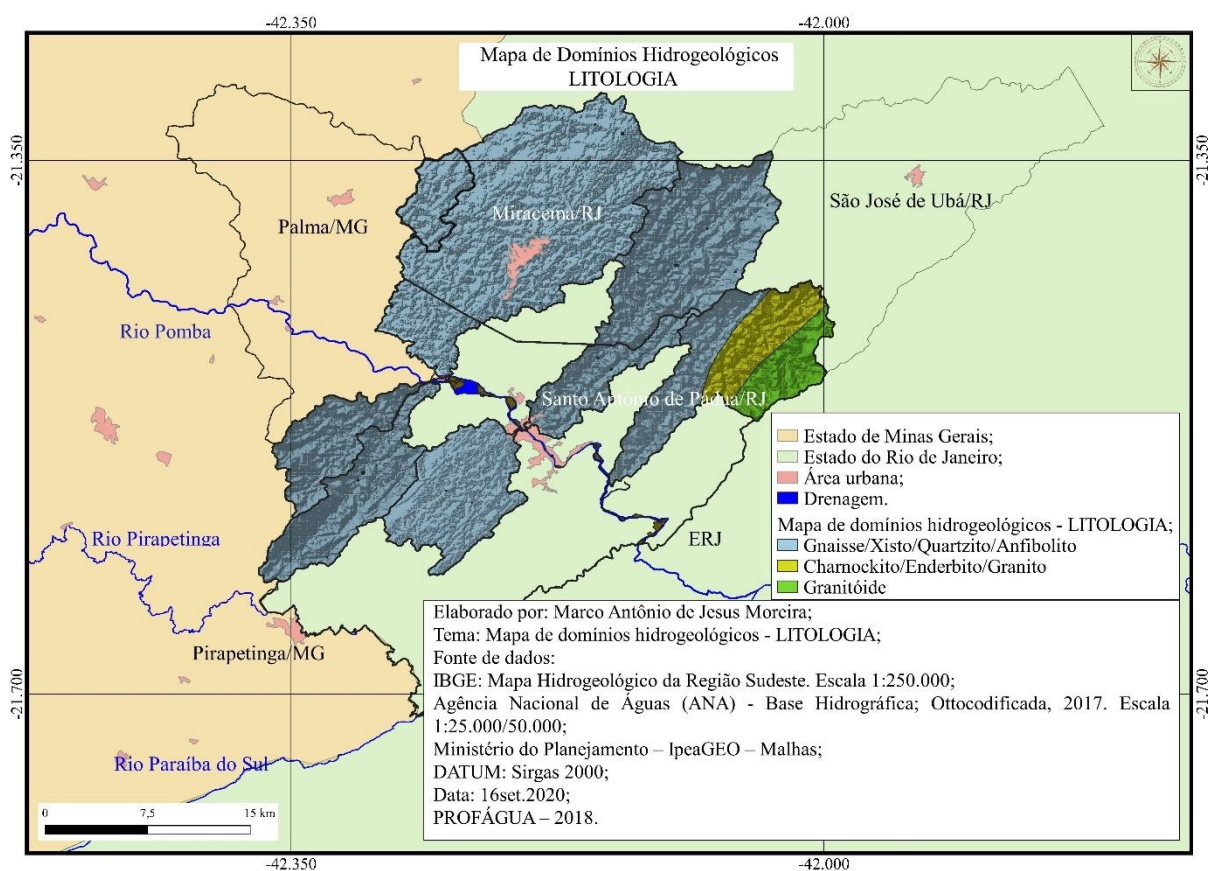
Fonte: O autor, 2020.

Figura 07 – Mapa de Domínios Hidrogeológicos – PROVÍNCIA



Fonte: O autor, 2020.

Figura 08 - Mapa de Domínios Hidrogeológicos - LITOLOGIA



Fonte: O autor, 2020.

### 5.1.1 Dados Climatológicos

A região Sudeste do Brasil, sem dúvida alguma, se configura como uma das mais diversificadas, em termos climáticos, das regiões brasileiras. Para isto contribuem a sua localização latitudinal entre 15° e 25° sul, sua distribuição longitudinal, cuja área se estende da zona costeira atlântica até aproximadamente 1.000 km de distância do mar, sua altimetria e disposição do relevo (NETO, 2005, pág. 44).

Segundo MINUZZI (2007, pág. 339) esta região possui aspectos dinâmicos da atmosfera, que incluem os sistemas meteorológicos de micro, meso e grandes escalas, que atuam direta ou indiretamente no regime pluvial, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as Frentes Frias, principais responsáveis pela precipitação pluvial e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e o Vórtice Ciclônico de Ar Superior que, dependendo das suas posições, ocasionam grandes períodos de estiagens.

De acordo com NIMER (1972), o mecanismo atmosférico nas regiões tropicais se caracteriza, sobretudo, por sua notável irregularidade, isto é, sua dinâmica está sujeita a apresentar comportamentos bem distintos quando comparado de um ano para outro. Disto resulta que as precipitações em cada ano estão, conseqüentemente, sujeitas a totais bem distintos, podendo se afastar grandemente dos valores normais.

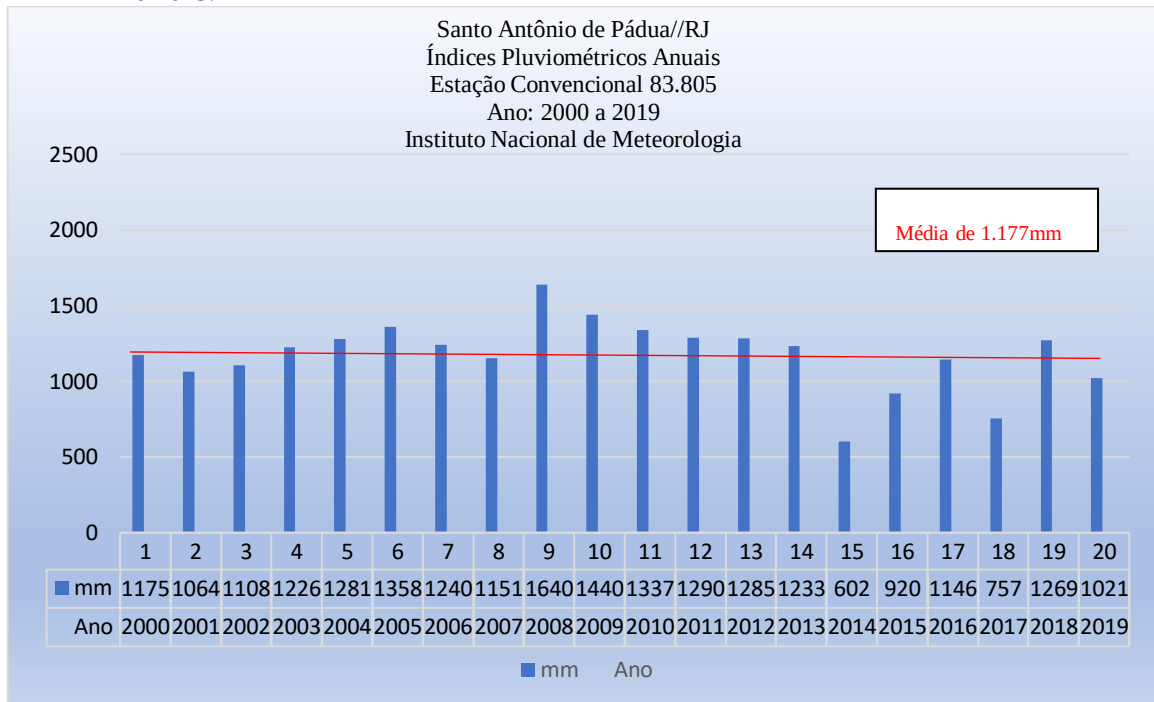
Nos últimos anos, estudos que buscam caracterizar o clima no Estado do Rio de Janeiro se restringiram ao regime pluviométrico, baseados apenas na sua variabilidade interanual, sazonal ou mensal. Contudo, poucas são as análises que abordam as prováveis tendências nas séries temporais da precipitação pluvial associadas com seus padrões espaciais. O conhecimento da distribuição e das tendências da precipitação pluvial é essencial em diversas áreas de atuação humana, pois auxilia no desenvolvimento de projetos e no manejo florestal, agrícola, piscicultura, construção civil, turismo, defesa civil, poluição atmosférica entre outras (COSTA, 2010, pág. 1).

### 5.1.2 Precipitação

Os dados de precipitação coletados e demonstrados nas figuras 09, 10 e 11, pertencem à rede de estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), sendo disponibilizado no seguinte endereço eletrônico: <<https://bdmep.inmet.gov.br/#>>. A estação meteorológica utilizada neste estudo pode ser encontrada na lista de estações do INMET pela numeração WSI: 0-76-0-3304706000W83805 e com coordenadas: latitude: -21.53722221 S e longitude: -42.16083333, altitude: 91,9m.

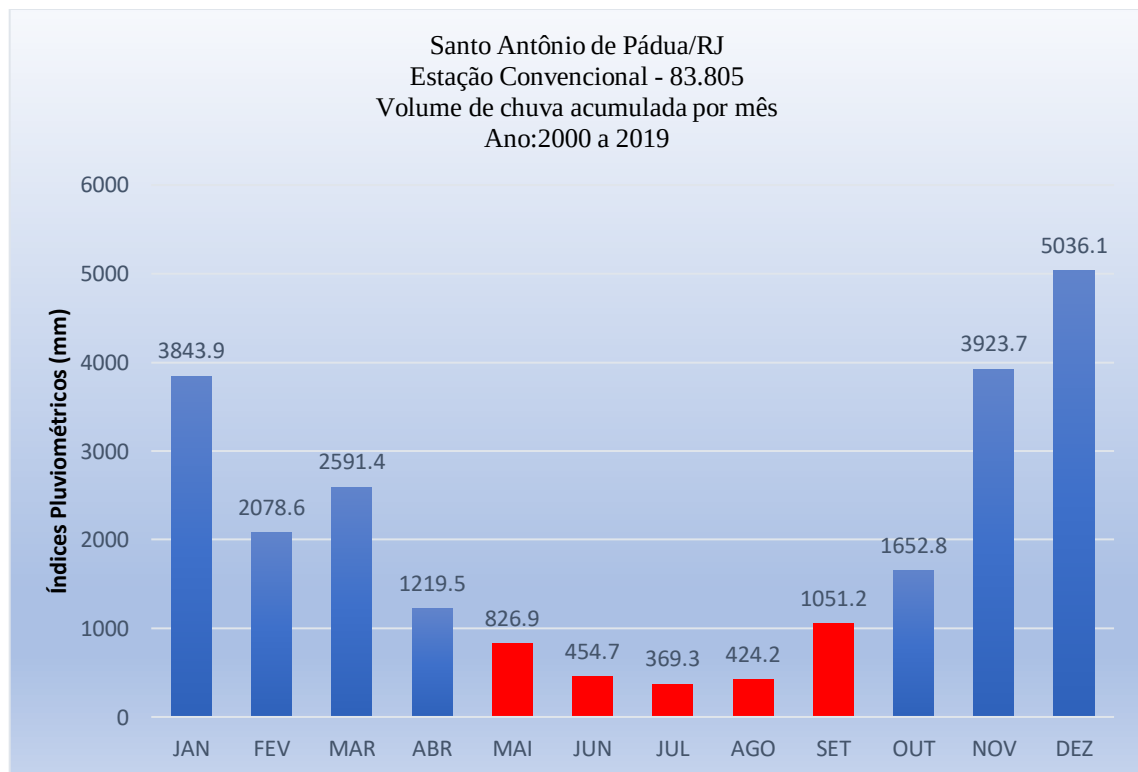
Como a água da chuva, ao atingir o solo, pode ser parte absorvida pelas plantas e posteriormente evapotranspirada, parte escoar pela superfície ou penetrar no solo e atingir o lençol freático e em seguida ser evaporada, existe a necessidade de se investigar o regime pluviométrico da região, visando auxiliar no planejamento anual de operações, indicando locais e épocas adequadas para a condução dos cultivos agrícolas, para a exploração florestal, entre outros (EMBRAPA, 2005, pág. 2).

Figura 09- Precipitação Total Anual (mm) do município de Santo Antônio de Pádua, para os anos de 2000 a 2019.



Fonte: O autor, 2022.

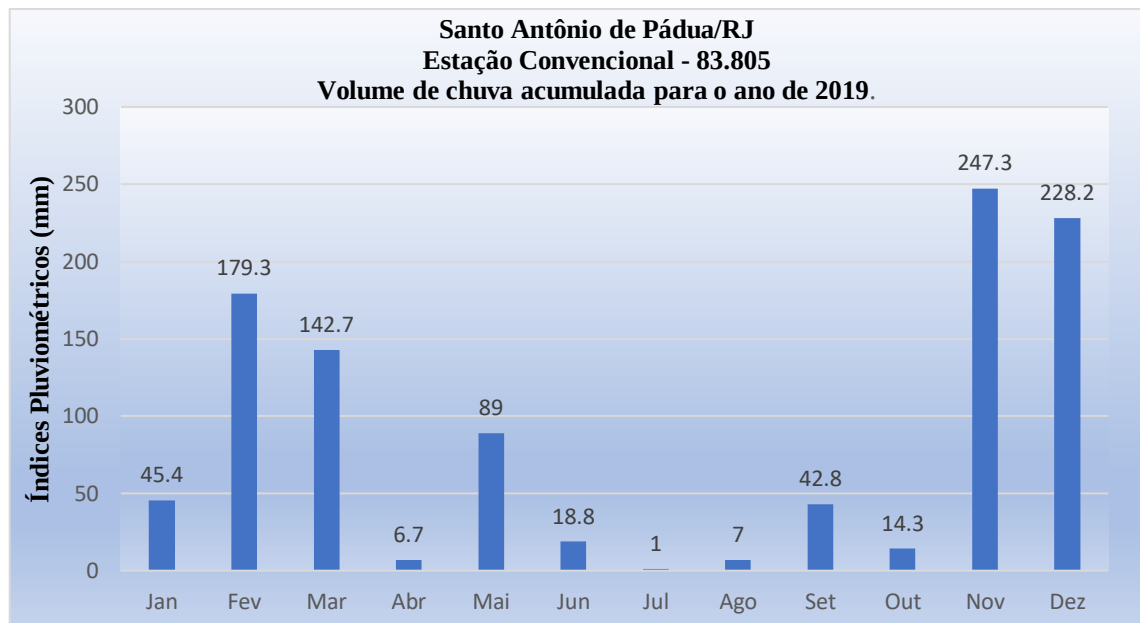
Figura 10 - Volume de chuva acumulada por mês – Ano: 2000 a 2019.



Fonte: O autor, 2022.



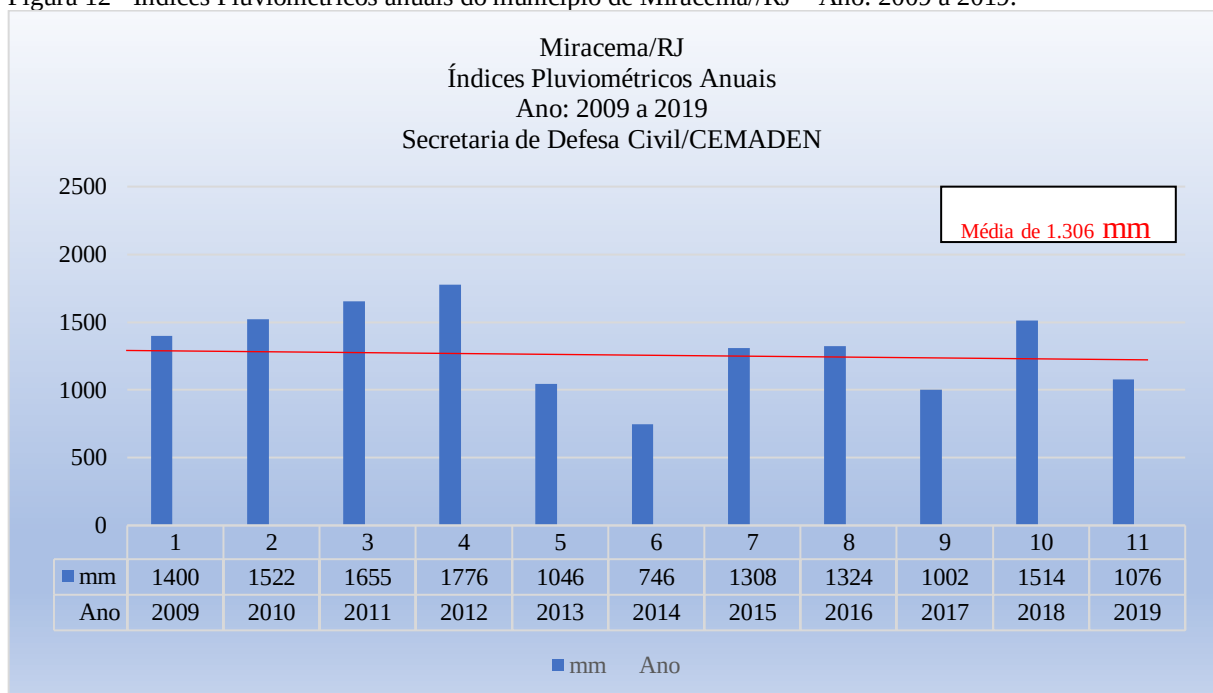
Figura 11 - Volume mensal de chuva acumulada – Ano: 2019.



Fonte: O autor, 2022.

Observa-se que as nascentes da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, bem como do Ribeirão do Bonito, se encontram no município de Miracema/RJ, sendo assim, buscaram-se informações na Secretaria de Defesa Civil daquela cidade, a fim de conhecer seus índices pluviométricos. Que após a compilação dos dados chegou-se aos valores observados na figura 12.

Figura 12 - Índices Pluviométricos anuais do município de Miracema/RJ – Ano: 2009 a 2019.



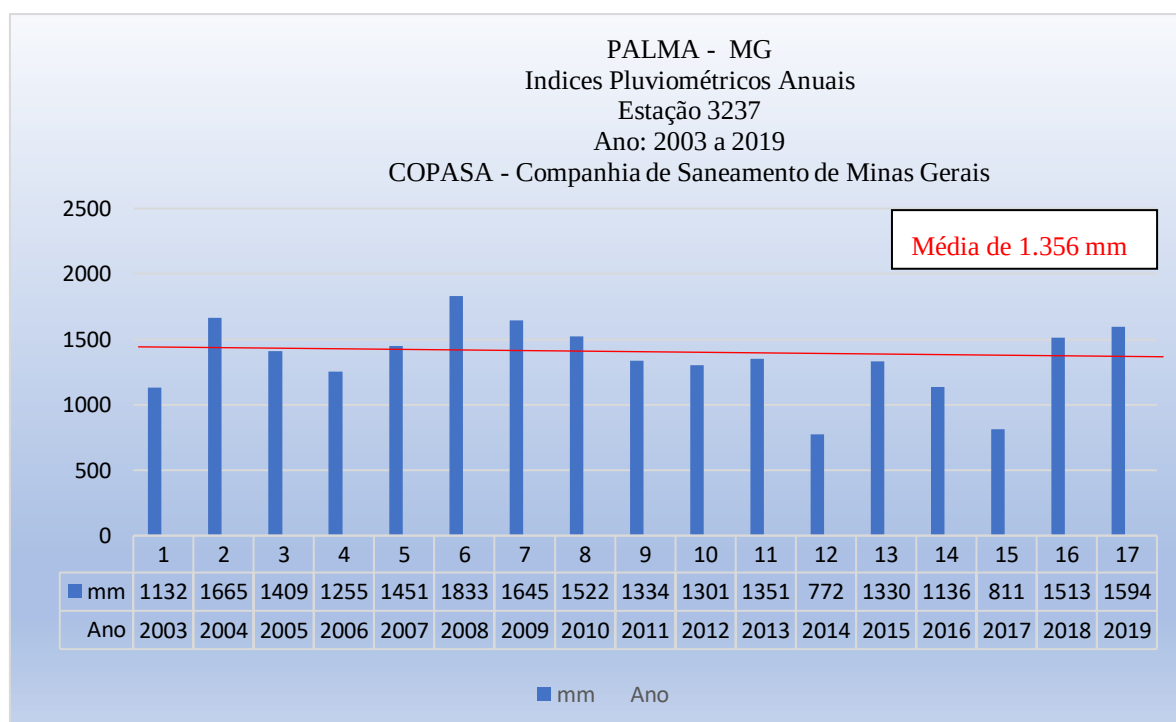
Fonte: O autor, 2022.

De acordo com MARTORANO et al., (2003, pág. 18-19) a distribuição espacial dos totais anuais de chuva, no Noroeste Fluminense, revela que as isoietas de maiores valores ocorrem na porção Nordeste que abrange parte dos municípios de Natividade e Varre-Sai, bem como na porção Noroeste que compreende parte dos municípios de Patrocínio do Muriaé e Laje do Muriaé. No município de Itaperuna, predomina o regime pluviométrico médio anual de 1.200 mm; já em Miracema, as médias anuais são superiores a 1.200 mm, com áreas que podem até atingir valores em torno de 1.500 mm, na parte leste do município.

Notou-se que a média dos índices pluviométricos registrados para o município de Miracema/RJ, relativos aos anos de 2009 a 2019 (figura 12), somaram um total de 1.306 mm anuais, enquanto os índices encontrados para o município de Santo Antônio de Pádua/RJ, no mesmo período, registraram média, total de 1.118 mm. Chega-se à conclusão de que os municípios mesmos limítrofes, possuem fatores que podem influenciar no regime de chuvas, como, por exemplo, a altitude.

A sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, também recebe contribuição do município de Palma/MG, situado na zona da mata mineira. Os índices pluviométricos daquela localidade se encontram registrados na figura 13 abaixo.

Figura 13 - Índices Pluviométricos anuais do município de Palma/MG – Ano: 2003 a 2019.



Fonte: COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais, 2021. Adaptado pelo autor, 2021.



### 5.1.3 Bacia hidrográfica do Rio Pomba

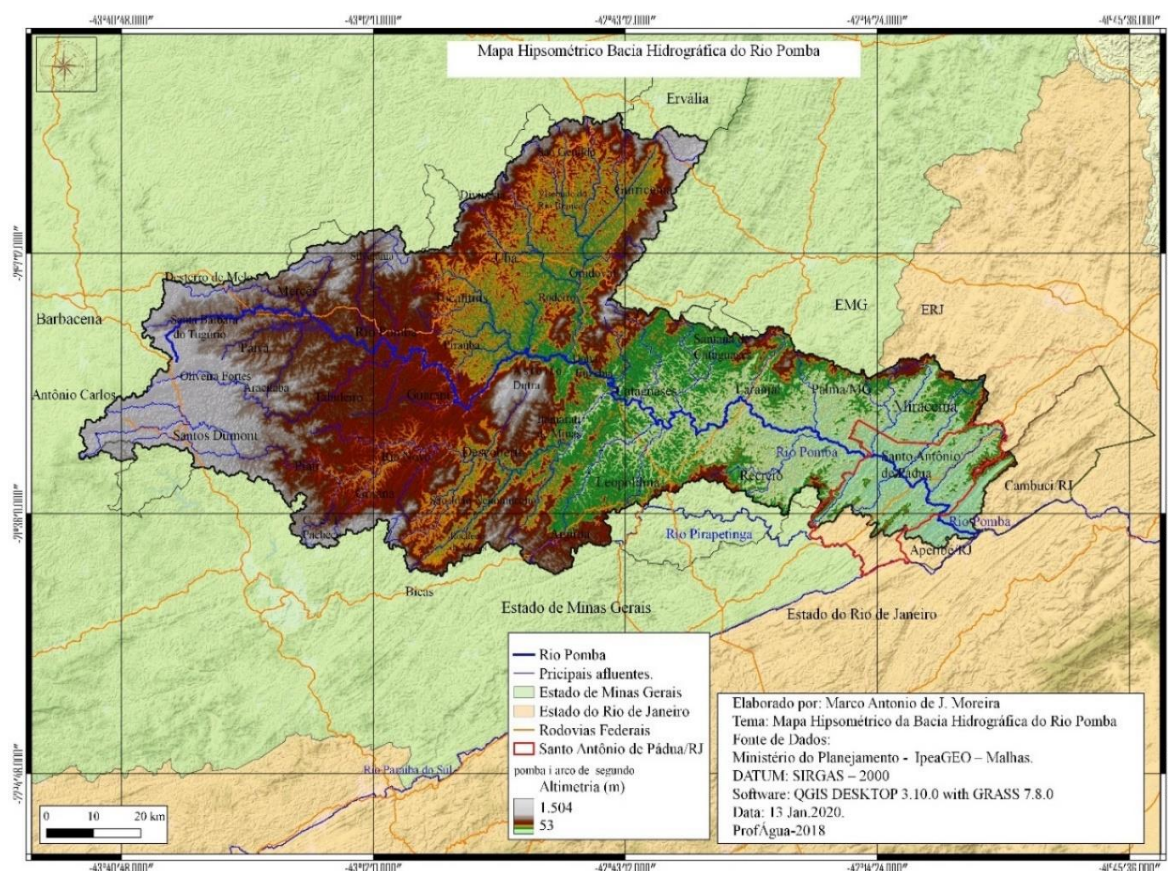
O Rio Pomba tem a nascente a 1.182 m de altitude, na Serra do Sapateiro, região da Mantiqueira, município de Santa Bárbara do Tugúrio-MG. A união dos córregos Macuco, Batalha, Castelo e Cachoeira forma o ribeirão da Prata. O ribeirão Fernandes é formado pelos córregos Grota das Cobras, Raposa, Galego e Campestre. O rio Pomba é formado pela união dos ribeirões da Prata, Fernandes e Tinguá, a jusante da cidade de Santa Bárbara do Tugúrio (SILVA, 2014b).

A bacia hidrográfica do rio Pomba tem área de 8.544 km<sup>2</sup> e está inserida na bacia do rio Paraíba do Sul, que pertence à região hidrográfica do Atlântico Sudeste (BRASIL, 2012). Esta Bacia engloba diversos municípios no estado de Minas Gerais e três municípios no Estado do Rio de Janeiro. Torna-se evidente que a maior parte (89,52%) da área da bacia se encontra em Minas Gerais, restando somente uma pequena parcela (10,48%) da parte baixa da Bacia no estado do Rio de Janeiro (SILVA, 2017a). Onde vivem aproximadamente 630 mil habitantes (IBGE).

Os municípios mineiros mais representativos do ponto de vista populacional são: Ubá, Cataguases, Leopoldina, Santos Dumont, São João Nepomuceno e Visconde do Rio Branco, e os fluminenses são Santo Antônio de Pádua e Miracema (SILVA, 2014b; IBGE). O clima predominante na porção superior da bacia, segundo a classificação de Köppen, é o Cwb, tropical de altitude e no restante é o Cwa, tropical quente úmido. Os principais tipos de solos são os Argissolos, os Latossolos e os Cambissolos (FARIA, 2009).

O Rio Pomba apresenta uma declividade acentuada na cabeceira, pois aproximadamente a 50 km da nascente atinge a altitude de 517 m (figura 14). Devido a esta declividade, ao longo da extensão se encontram 10 (dez) Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) e, após percorrer 324 km, atinge a foz, no Rio Paraíba do Sul (SILVA, 2014b).

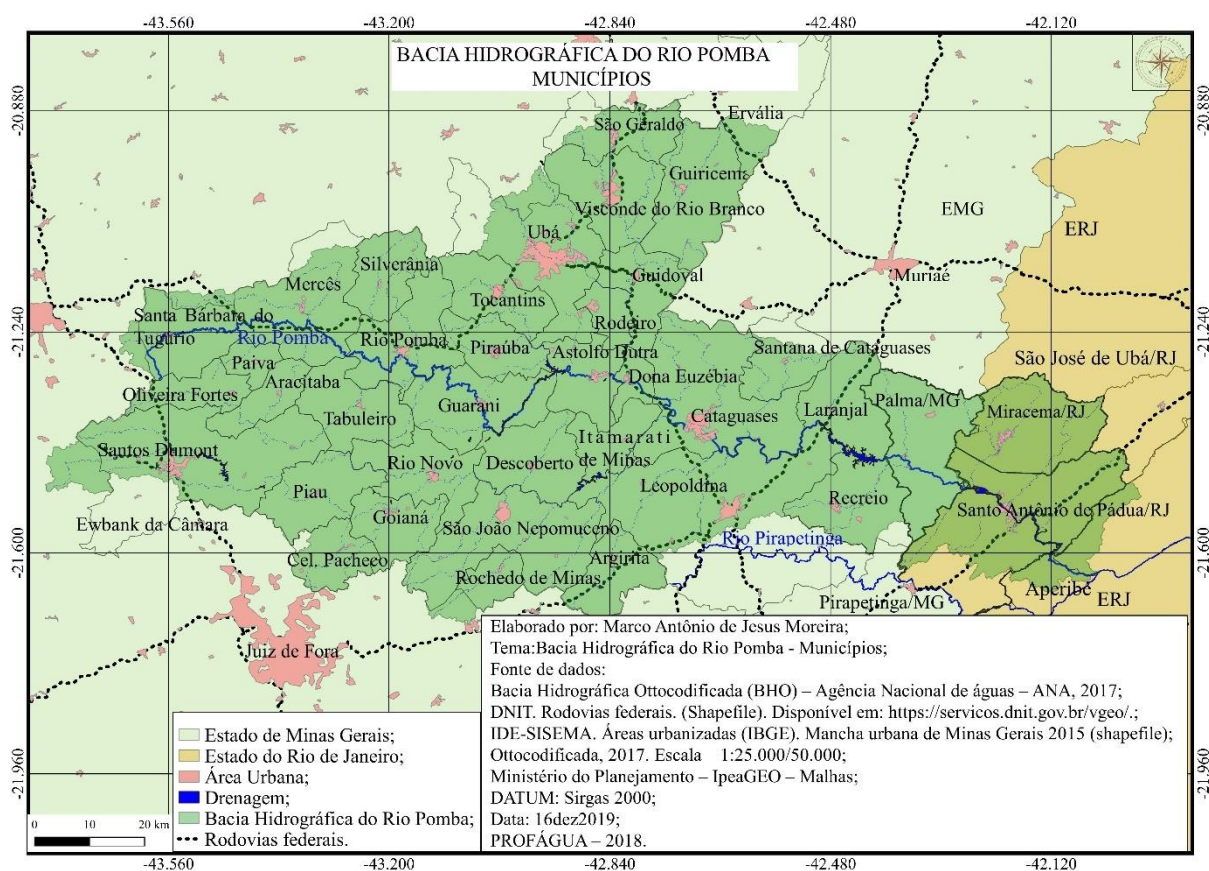
Figura 14 - Mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Pomba



Fonte: O autor, 2020.

Conforme pode ser observado na figura 15, os municípios banhados pelo rio Pomba no Estado de Minas Gerais são: Santa Bárbara do Tugúrio, próximo à nascente, seguido por Mercês, Rio Pomba, Piraúba, Guarani, Descoberto, Astolfo Dutra, Dona Euzébia, Cataguases, Leopoldina, Laranjal, Recreio e Palma, e no Estado do Rio de Janeiro são: Santo Antônio de Pádua e Aperibé. Os principais tributários do rio Pomba são os rios: Pinho/Piau/Novo, Paraopeba, Xopotó, Formoso e Pardo, todos em território mineiro (SILVA, 2014, pág. 19 (a)).

Figura 15 - Municípios da sub-bacia do Rio Pomba



Fonte: O autor, 2019.

Tabela 04 – Dados de Municípios fluminenses na bacia do Rio Pomba

| Municípios             | População Estimada (2021) | Área da unidade Territorial (km²) | Densidade Populacional em 2010 (hab/km²) |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|
| Aperibé                | 12.036                    | 94,542                            | 107,92                                   |
| Miracema               | 27,134                    | 303,244                           | 88,15                                    |
| Santo Antônio de Pádua | 42.705                    | 603,633                           | 67,27                                    |

Fonte: IBGE, 2021.

#### 5.1.4 População

Considerando-se a população de 2010 dos municípios que apresentam sede dentro da bacia do Rio Pomba, encontrou-se uma população total de 611.920 sendo 528.471 habitantes urbanos e 83.449 habitantes rurais. A tabela 05 apresenta a população rural e urbana por município da bacia segundo censo demográfico do ano de 2010 do IBGE.

Tabela 05 – População dos municípios com sede dentro da bacia hidrográfica do Rio Pomba

| <b>Municípios</b>         | <b>População Rural (hab)</b> | <b>População Urbana (hab)</b> | <b>Total (hab)</b> |
|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Aperibé/RJ                | 1.335                        | 8.878                         | 10.213             |
| Aracitaba                 | 417                          | 1.641                         | 2.058              |
| Argirita                  | 709                          | 2.192                         | 2.901              |
| Astolfo Dutra             | 1.167                        | 11.882                        | 13.049             |
| Cataguases                | 2.977                        | 66.780                        | 69.757             |
| Coronel Pacheco           | 774                          | 2.145                         | 2.919              |
| Descoberto                | 699                          | 4.069                         | 4.768              |
| Dona Euzébia              | 868                          | 5.133                         | 6.001              |
| Ervália                   | 2.324                        | 0                             | 2.324              |
| Goianá                    | 690                          | 2.969                         | 3.659              |
| Guarani                   | 1.802                        | 6.876                         | 8.678              |
| Guidoval                  | 2.007                        | 5.199                         | 7.206              |
| Guiricema                 | 4.482                        | 4.225                         | 8.707              |
| Itamarati de Minas        | 869                          | 3.210                         | 4.079              |
| Laranjal                  | 1.727                        | 4.738                         | 6.465              |
| Leopoldina                | 5.426                        | 45.704                        | 51.130             |
| Mercês                    | 2.766                        | 7.256                         | 10.022             |
| Miracema/RJ               | 2.102                        | 24.741                        | 26.843             |
| Oliveira Fortes           | 946                          | 1.177                         | 2.123              |
| Paiva                     | 339                          | 1.219                         | 1.558              |
| Palma                     | 1.422                        | 5.123                         | 6.545              |
| Piau                      | 1.171                        | 1.670                         | 2.841              |
| Piraúba                   | 2.048                        | 8.814                         | 10.862             |
| Recreio                   | 1.226                        | 9.073                         | 10.299             |
| Rio Novo                  | 1.173                        | 7.539                         | 8.712              |
| Rio Pomba                 | 2.656                        | 14.454                        | 17.110             |
| Rochedo de Minas          | 202                          | 1.914                         | 2.116              |
| Rodeiro                   | 1.311                        | 5.556                         | 6.867              |
| Santa Bárbara do Tugúrio  | 2.383                        | 2.187                         | 4.570              |
| Santana de Cataguases     | 705                          | 2.917                         | 3.622              |
| Santo Antônio de Pádua/RJ | 9.489                        | 31.100                        | 40.589             |
| Santos Dumont             | 3.873                        | 40.686                        | 44.559             |
| São Geraldo               | 1.695                        | 6.648                         | 8.343              |
| São João Nepomuceno       | 1.222                        | 23.835                        | 25.057             |
| Silveirânia               | 763                          | 1.429                         | 2.192              |
| Tabuleiro                 | 1.378                        | 2.701                         | 4.079              |
| Tocantins                 | 2.914                        | 12.909                        | 15.823             |
| Ubá                       | 3.267                        | 97.238                        | 100.505            |
| Visconde do Rio Branco    | 6.562                        | 31.380                        | 37.942             |
| <b>Total Geral</b>        | <b>79.886</b>                | <b>517.207</b>                | <b>597.093</b>     |

Fonte: IBGE; 2010. Adaptado por AGEVAP, 2020.

De acordo com o IBGE (2010), as maiores densidades demográficas ocorrem nos municípios de Cataguases, Rio Branco e Ubá, na faixa entre 100,0 e 299,9 hab./km<sup>2</sup>, no lado mineiro da bacia, e do lado fluminense Aperibé possui a maior densidade com 107,92 hab./km<sup>2</sup>. Para a densidade demográfica entre a faixa de 50,0 e 99,9 hab./km<sup>2</sup> encontram-se os municípios de Astolfo Dutra, Divino, Dona Euzébia, Ervália, Leopoldina, Piraúba, Rio Pomba, Rodeiro, Santos Dumont, São Geraldo, São João Nepomuceno e Tocantins no Estado de Minas Gerais, e Miracema e Santo Antônio de Pádua no Estado do Rio de Janeiro.

#### 5.1.5 Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

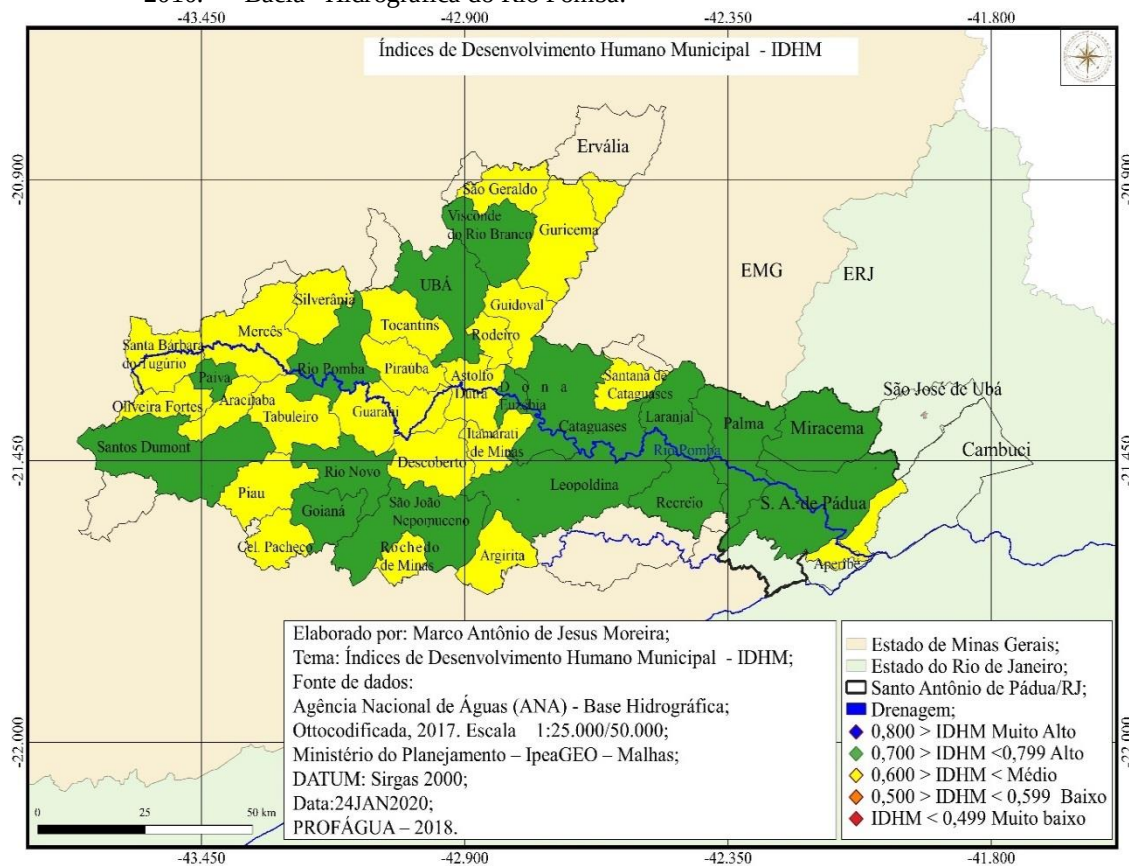
Diferentemente da perspectiva do crescimento econômico, que vê o bem-estar de uma sociedade apenas pelos recursos ou pela renda que ela pode gerar, a abordagem de desenvolvimento humano procura olhar diretamente para as pessoas, suas oportunidades e capacidades PNUD 2019, citado por AGEVAP 2020, pág. 71).

Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2019), o IDHM brasileiro considera as mesmas três dimensões do IDH Global – longevidade, educação e renda, mas vai além: adequa a metodologia global ao contexto brasileiro e à disponibilidade de indicadores nacionais. Embora meçam os mesmos fenômenos, os indicadores levados em conta no IDHM são mais adequados para avaliar o desenvolvimento dos municípios e regiões metropolitanas brasileiras. As faixas de avaliação do IDHM, segundo PNUD são as seguintes:

- IDHM < 0,499 muito baixo
- 0,500 > IDHM < 0,599 baixo
- 0,600 > IDHM < 0,699 médio
- 0,700 > IDHM < 0,799 alto
- 0,800 > IDHM muito alto



Figura 16 - Distribuição geográfica do IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – 2010. Bacia Hidrográfica do Rio Pomba.



Fonte: O autor, 2020.

Tabela 06 – Índices de Desenvolvimento Humano Municipal Bacia Hidrográfica Rio Pomba. (continua)

| Municípios         | IDHM 2010 | IDHM Renda | IDHM Longevidade | IDHM Educação |
|--------------------|-----------|------------|------------------|---------------|
| Aperibé/RJ         | 0,692     | 0,670      | 0,785            | 0,631         |
| Aracitaba          | 0,661     | 0,608      | 0,823            | 0,577         |
| Argirita           | 0,643     | 0,645      | 0,817            | 0,505         |
| Astolfo Dutra      | 0,694     | 0,686      | 0,858            | 0,567         |
| Cataguases         | 0,751     | 0,718      | 0,861            | 0,685         |
| Coronel Pacheco    | 0,669     | 0,673      | 0,789            | 0,565         |
| Descoberto         | 0,680     | 0,657      | 0,798            | 0,599         |
| Dona Euzébia       | 0,701     | 0,684      | 0,841            | 0,598         |
| Ervália            | 0,625     | 0,640      | 0,828            | 0,460         |
| Goianá             | 0,716     | 0,682      | 0,835            | 0,644         |
| Guarani            | 0,677     | 0,685      | 0,849            | 0,533         |
| Guidoval           | 0,683     | 0,669      | 0,837            | 0,569         |
| Guiricema          | 0,674     | 0,654      | 0,812            | 0,576         |
| Itamarati de Minas | 0,688     | 0,677      | 0,841            | 0,572         |
| Laranjal           | 0,714     | 0,694      | 0,857            | 0,613         |
| Leopoldina         | 0,726     | 0,696      | 0,867            | 0,635         |
| Mercês             | 0,664     | 0,683      | 0,831            | 0,515         |
| Miracema/RJ        | 0,713     | 0,696      | 0,805            | 0,646         |
| Oliveira Fortes    | 0,635     | 0,616      | 0,794            | 0,523         |
| Paiva              | 0,720     | 0,657      | 0,845            | 0,672         |
| Palma              | 0,703     | 0,663      | 0,841            | 0,623         |

Fonte: IBGE; 2010. Adaptado por AGEVAP, 2020.

(Conclusão da tabela 06).

| Municípios                | IDHM 2010 | IDHM Renda | IDHM Longevidade | IDHM Educação |
|---------------------------|-----------|------------|------------------|---------------|
| Piau                      | 0,629     | 0,647      | 0,824            | 0,467         |
| Piraúba                   | 0,684     | 0,673      | 0,843            | 0,564         |
| Recreio                   | 0,692     | 0,668      | 0,841            | 0,589         |
| Rio Novo                  | 0,707     | 0,671      | 0,835            | 0,631         |
| Rio Pomba                 | 0,714     | 0,694      | 0,863            | 0,609         |
| Rochedo de Minas          | 0,684     | 0,663      | 0,849            | 0,569         |
| Rodeiro                   | 0,668     | 0,703      | 0,797            | 0,532         |
| Santa Bárbara do Tugúrio  | 0,637     | 0,616      | 0,810            | 0,517         |
| Santana de Cataguases     | 0,694     | 0,643      | 0,793            | 0,655         |
| Santo Antônio de Pádua/RJ | 0,718     | 0,709      | 0,806            | 0,648         |
| Santos Dumont             | 0,741     | 0,688      | 0,847            | 0,697         |
| São Geraldo               | 0,651     | 0,656      | 0,831            | 0,507         |
| São João Nepomuceno       | 0,708     | 0,696      | 0,850            | 0,600         |
| Silveirânia               | 0,652     | 0,645      | 0,841            | 0,511         |
| Tabuleiro                 | 0,681     | 0,666      | 0,821            | 0,578         |
| Tocantins                 | 0,688     | 0,682      | 0,800            | 0,597         |
| Ubá                       | 0,724     | 0,727      | 0,841            | 0,620         |
| Visconde do Rio Branco    | 0,709     | 0,709      | 0,850            | 0,591         |

Fonte: IBGE; 2010. Adaptado por AGEVAP, 2020.

Observa-se que os 39 (trinta e nove) municípios da bacia do Rio Pomba possuem IDHM total na faixa de médio ou alto. No entanto, no quesito IDHM educação, 22 (vinte e dois) municípios apresentaram índice baixo.

#### 5.1.6 PIB (Produto Interno Bruto) Municipal

O PIB dos municípios para o ano de 2017 é apresentado a partir do somatório dos VAB's (Valor Adicional Bruto) municipais dos setores produtivos de agropecuária, indústria, serviços acrescidos do VAB do setor público que corresponde a impostos, taxas, subsídios, relativos à produção de bens e serviços. O VAB representa o valor da produção nos diversos setores, a saber:

- VAB Agropecuário: setor primário da economia: agricultura, pecuária, pesca, extração vegetal;
- VAB Industrial: setor secundário da economia: indústria e extração mineral;

- VAB Serviços: setor terciário: serviços (hotéis, restaurantes, turismo, etc.), comércio, transportes, comunicação, exceto o que foi denominado por administração pública: administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social;
- VAB Público: serviços vinculados à administração, defesa, educação e saúde públicas, e seguridade social.

O PIB dos municípios para o ano de 2017 é apresentado na tabela 07, a partir do somatório dos VABs municipais dos setores produtivos de agropecuária, indústria, serviços acrescidos do VAB do setor público que corresponde a impostos, taxas, subsídios, relativos à produção de bens e serviços.

Tabela 07: PIBs Municipais da Bacia Hidrográfica do Rio Pomba para o ano de 2017. (continua)

| Municípios            | VAB Agropec. | VAB Industrial | VAB Serviços | VAB Setor Público | Impostos, líquidos de subsídios sobre produtos | PIB Municipal |
|-----------------------|--------------|----------------|--------------|-------------------|------------------------------------------------|---------------|
| Aperibé/RJ            | 6.966,24     | 11.558,65      | 60.982,04    | 83.412,90         | 8.743,70                                       | 171.663,53*   |
| Aracitaba/MG*         | SI*          | SI*            | SI*          | SI*               | SI*                                            | SI*           |
| Argirita/MG           | 4.090,95     | 1.600,46       | 9.853,59     | 15.500,03         | 1.122,47                                       | 32.167,49*    |
| Astolfo Dutra/MG      | 24.621,47    | 96.587,35      | 88.236,22    | 55.364,31         | 35.176,13                                      | 299.985,48*   |
| Cataguases/MG         | 13.389,08    | 299.016,17     | 719.508,00   | 287.028,71        | 261.052,80                                     | 1.579.994,76* |
| Coronel Pacheco/MG    | 8.686,22     | 2.458,26       | 12.914,12    | 16.579,55         | 1.576,54                                       | 42.214,70*    |
| Descoberto/MG         | 4.602,17     | 18.584,57      | 20.685,64    | 22.624,26         | 6.331,76                                       | 72.828,40*    |
| Dona Euzébia/MG       | 20.882,90    | 5.050,73       | 27.099,49    | 27.904,71         | 4.070,53                                       | 85.008,34*    |
| Ervália/MG            | 67.999,23    | 15.447,54      | 102.883,75   | 76.068,13         | 14.570,80                                      | 276.969,45*   |
| Goianá/MG             | 2.105,67     | 3.707,79       | 28.352,66    | 19.062,97         | 4.807,48                                       | 58.036,57*    |
| Guarani/MG            | 12.897,55    | 15.768,08      | 43.611,14    | 37.613,24         | 10.208,73                                      | 120.098,73*   |
| Guidoval/MG           | 8.514,77     | 23.973,55      | 31.143,06    | 29.005,43         | 8.230,13                                       | 100.866,93*   |
| Guiricema/MG          | 12.594,26    | 6.808,05       | 34.415,92    | 34.023,90         | 5.431,01                                       | 93.273,14*    |
| Itamarati de Minas/MG | 17.127,50    | 2.075,76       | 14.434,11    | 20.534,55         | 2.335,18                                       | 56.507,10*    |
| Laranjal/MG           | 11.012,67    | 6.455,78       | 25.425,71    | 28.939,80         | 3.876,21                                       | 75.710,16*    |
| Leopoldina/MG         | 46.143,87    | 116.603,76     | 556.005,30   | 209.872,87        | 110.088,84                                     | 1.038.714,63* |
| Mercês/MG             | 11.002,57    | 9.063,60       | 46.314,55    | 41.659,33         | 7.955,58                                       | 115.995,63*   |
| Miracema/RJ           | 13.964,83    | 37.387,45      | 208.929,20   | 199.649,34        | 30.031,46                                      | 489.962,27*   |
| Oliveira Fortes/MG    | 9.128,78     | 1.194,82       | 6.660,34     | 12.238,36         | 925,47                                         | 30.147,78*    |
| Paiva/MG              | 3.290,28     | 681,89         | 6.560,45     | 10.782,32         | 853,63                                         | 22.168,58*    |
| Palma/MG              | 11.193,13    | 3.551,65       | 22.821,35    | 29.253,75         | 2.125,71                                       | 68.945,59*    |
| Piau/MG               | 6.669,60     | 14.446,38      | 9.004,38     | 15.045,79         | 1.339,98                                       | 46.596,28*    |
| Piraúba/MG            | 12.321,83    | 27.821,45      | 66.435,67    | 45.229,06         | 12.515,82                                      | 164.323,83*   |
| Recreio/MG            | 5.533,26     | 3.584,29       | 39.807,89    | 44.605,82         | 4.896,67                                       | 98.427,93*    |
| Rio Novo/MG           | 6.255,82     | 12.537,46      | 47.591,62    | 37.468,93         | 7.153,95                                       | 111.007,77*   |
| Rio Pomba/MG          | 12.755,76    | 47.669,58      | 144.762,99   | 68.150,79         | 27.149,68                                      | 300.488,80*   |

Fonte: IBGE; 2010. Adaptado por AGEVAP, 2020.

SI\*: Sem informação.

\* x 1000



(Conclusão da tabela 07).

| <b>Municípios</b>                  | <b>VAB Agropec</b> | <b>VAB Industrial</b> | <b>VAB Serviços</b> | <b>VAB Setor Público</b> | <b>Impostos, líquidos de subsídios sobre produtos</b> | <b>PIB Municipal</b> |
|------------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>Rochedo de Minas/MG</b>         | 2.043,52           | 1.311,96              | 8.122,45            | 13.401,32                | 950,50                                                | 25.829,76*           |
| <b>Rodeiro/MG</b>                  | 37.636,96          | 188.713,12            | 95.497,07           | 31.891,62                | 56.027,42                                             | 409.766,19*          |
| <b>Santa Bárbara do Tugúrio/MG</b> | 5.165,83           | 2.694,36              | 22.109,45           | 22.435,14                | 3.603,54                                              | 56.008,32*           |
| <b>Santana de Cataguases/MG</b>    | 4.698,33           | 1.979,62              | 11.727,47           | 19.004,20                | 1.452,79                                              | 38.772,42*           |
| <b>Santo Antônio de Pádua/RJ</b>   | 29.808,67          | 202.429,96            | 445.275,60          | 294.579,71               | 77.267,38                                             | 1.049.371,31*        |
| <b>Santos Dumont/MG</b>            | 12.593,24          | 197.120,65            | 359.280,87          | 177.843,04               | 159.079,22                                            | 905.917,01*          |
| <b>São Geraldo/MG</b>              | 8.764,30           | 75.301,47             | 53.026,85           | 45.009,60                | 22.518,32                                             | 204.620,53*          |
| <b>São João Nepomuceno/MG</b>      | 12.453,72          | 79.337,17             | 183.675,04          | 106.184,15               | 32.230,35                                             | 413.880,43*          |
| <b>Silveirânia/MG</b>              | 4.453,12           | 1.357,42              | 6.918,69            | 13.386,44                | 917,49                                                | 27.033,15*           |
| <b>Tabuleiro/MG</b>                | 4.137,48           | 8.142,91              | 16.224,28           | 17.715,95                | 3.190,21                                              | 49.410,83*           |
| <b>Tocantins/MG</b>                | 20.483,01          | 42.753,74             | 123.651,11          | 65.797,17                | 28.674,63                                             | 281.359,66*          |
| <b>Ubá/MG</b>                      | 18.524,97          | 840.431,98            | 1.243.424,64        | 412.794,09               | 346.276,56                                            | 2.861.452,25*        |
| <b>Visconde do Rio Branco/MG</b>   | 9.466,06           | 443.817,47            | 382.550,04          | 170.862,88               | 123.906,30                                            | 1.130.602,75*        |

Fonte: IBGE; 2010. Adaptado por AGEVAP, 2020. \*x1000

Observa-se que dentre os municípios da bacia hidrográfica do Rio Pomba, destacam-se cinco municípios onde se concentram os maiores PIBs como Ubá (2.861.452,25), Cataguases (R\$ 1.579.994,76), Visconde do Rio Branco (1.130.602,75), Santo Antônio de Pádua/RJ (1.049.371,31) e Leopoldina (1.038.714,63).

### 5.1.7 Índice de Gestão Fiscal

De acordo com AGEVAP (2020, pág. 77)

Além da análise do PIB municipal, como forma de verificar a gestão fiscal dos municípios, foi utilizado o Índice FIRJAN de Gestão Fiscal. Este índice é construído pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Sistema SENAI, Sesi, IEL, CIRJ), desde 2013 para praticamente a totalidade dos municípios do Brasil. No ano de 2019 os resultados foram publicados para 5.337 dos 5.570 municípios brasileiros, atingindo o correspondente a 97,8% da população brasileira. Baseado em dados oficiais fornecidos pelas próprias prefeituras e disponibilizadas anualmente pela Secretaria do Tesouro Nacional (STN), por meio do Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro. As informações são prestadas pelas prefeituras municipais em atendimento a Lei de Responsabilidade Fiscal, artigos 48 e 51 (Lei Complementar 101/2000).

De acordo com FIRJAN (2019), o índice é composto por quatro indicadores:

- a) IFGF Autonomia: relação entre as receitas oriundas da atividade econômica do município e os custos para financiar sua existência;
- b) IFGF Gastos com Pessoal: relação entre os gastos municipais com pagamento de pessoal e a Receita Corrente Líquida.
- c) IFGF Liquidez: relação entre o total de restos a pagar acumulados no ano e os recursos em caixa disponíveis para cobri-los no ano seguinte.
- d) IFGF Investimentos: mede a parcela da receita total dos municípios destinada aos investimentos, aqueles que geram bem-estar à população e melhoram o ambiente de negócios.

Os resultados históricos do índice FIRJAN para os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pomba seguem descritos na tabela 08.

Tabela 08 – Série histórica IFGF para os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pomba (continua)

| Municípios                   | Geral 2013 | Geral 2014 | Geral 2015 | Geral 2016 | Geral 2017 | Geral 2018 |
|------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Aperibé/RJ</b>            | nd         | nd         | nd         | nd         | nd         | nd         |
| <b>Aracitaba/MG</b>          | 0,2878     | 0,1500     | 0,2256     | 0,3229     | 0,2679     | 0,2553     |
| <b>Argirita/MG</b>           | 0,2624     | nd         | 0,3117     | 0,3534     | 0,1778     | 0,1623     |
| <b>Astolfo Dutra/MG</b>      | 0,5115     | 0,6063     | 0,4515     | 0,5516     | 0,4492     | 0,3306     |
| <b>Cataguases/MG</b>         | 0,2333     | 0,1753     | 0,1678     | 0,2358     | 0,1855     | 0,2064     |
| <b>Coronel Pacheco/MG</b>    | 0,3195     | 0,1771     | nd         | 0,3978     | 0,1608     | 0,1556     |
| <b>Descoberto/MG</b>         | 0,2685     | 0,3651     | 0,2985     | 0,4196     | 0,4387     | 0,2889     |
| <b>Dona Euzébia/MG</b>       | 0,3776     | nd         | nd         | 0,3884     | 0,2458     | 0,3255     |
| <b>Ervália/MG</b>            | 0,2938     | 0,4162     | 0,4424     | 0,5791     | 0,2780     | 0,1266     |
| <b>Goianá/MG</b>             | 0,3504     | 0,3531     | 0,1331     | 0,3972     | 0,1985     | 0,1362     |
| <b>Guarani/MG</b>            | 0,6499     | 0,5413     | 0,5614     | 0,5468     | 0,5772     | 0,4082     |
| <b>Guidoval/MG</b>           | 0,2745     | 0,2962     | 0,2294     | 0,3221     | 0,3908     | nd         |
| <b>Guiricema/MG</b>          | 0,4405     | 0,2200     | 0,1087     | 0,3893     | 0,1582     | 0,1368     |
| <b>Itamarati de Minas/MG</b> | 0,2243     | 0,2643     | 0,2768     | 0,3205     | 0,3198     | 0,2405     |
| <b>Laranjal/MG</b>           | 0,2846     | 0,3795     | 0,0829     | 0,3876     | 0,3194     | 0,1617     |
| <b>Leopoldina/MG</b>         | 0,4768     | 0,5186     | 0,4746     | 0,5237     | 0,4689     | 0,4787     |
| <b>Mercês/MG</b>             | 0,5841     | 0,5628     | 0,6974     | 0,6014     | 0,7044     | 0,5319     |
| <b>Miracema/RJ</b>           | 0,4867     | 0,5529     | 0,2393     | 0,2655     | 0,2634     | 0,2307     |
| <b>Oliveira Fortes/MG</b>    | nd         | 0,1733     | 0,1958     | 0,4675     | 0,4115     | nd         |
| <b>Paiva</b>                 | 0,3879     | 0,2946     | 0,2175     | 0,3674     | 0,2769     | 0,3335     |
| <b>Palma/MG</b>              | 0,1767     | 0,3186     | 0,1985     | 0,3029     | 0,0096     | 0,1639     |
| <b>Piau/MG</b>               | 0,4705     | 0,7082     | 0,4294     | 0,4611     | 0,3294     | 0,4712     |

Fonte: FIRJAN, 2019. Adaptado de AGEVAP, 2020.

(Continuação da tabela 08)

| <b>Municípios</b>                  | <b>Geral 2013</b> | <b>Geral 2014</b> | <b>Geral 2015</b> | <b>Geral 2016</b> | <b>Geral 2017</b> | <b>Geral 2018</b> |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Piraúba/MG</b>                  | 0,3569            | 0,2294            | 0,2816            | 0,4917            | 0,4313            | 0,3102            |
| <b>Recreio/MG</b>                  | 0,2235            | 0,2216            | 0,3181            | 0,2374            | 0,2246            | 0,2514            |
| <b>Rio Novo//MG</b>                | 0,1855            | 0,1963            | 0,1226            | 0,2844            | 0,1391            | 0,2240            |
| <b>Rio Pomba/MG</b>                | 0,5874            | 0,7239            | 0,5716            | 0,7086            | 0,5545            | nd                |
| <b>Rochedo de Minas/MG</b>         | 0,3601            | 0,1970            | 0,3119            | 0,5345            | 0,3948            | 0,3165            |
| <b>Rodeiro/MG</b>                  | 0,3155            | 0,6066            | 0,3870            | 0,5616            | 0,6722            | 0,6509            |
| <b>Santa Bárbara do Tugúrio/MG</b> | 0,3752            | nd                | 0,2267            | 0,1828            | 0,1991            | 0,1466            |
| <b>Santana de Cataguases/MG</b>    | nd                | 0,2194            | 0,1061            | 0,4269            | 0,2845            | 0,2661            |
| <b>Santo Antônio de Pádua/RJ</b>   | 0,4578            | 0,5535            | 0,6415            | 0,4145            | 0,4226            | 0,5536            |
| <b>Santos Dumont/MG</b>            | 0,2934            | 0,5205            | 0,2471            | 0,4577            | 0,3468            | 0,3447            |
| <b>São Geraldo/MG</b>              | 0,4699            | 0,5375            | 0,3241            | 0,6167            | 0,4973            | 0,3629            |
| <b>São João Nepomuceno/MG</b>      | 0,3553            | 0,4655            | 0,3809            | 0,4436            | 0,5747            | 0,2346            |
| <b>Silveirânia/MG</b>              | 0,3586            | 0,3667            | 0,3406            | 0,4278            | 0,3477            | 0,4250            |
| <b>Tabuleiro/MG</b>                | 0,3631            | 0,1919            | 0,1946            | 0,3628            | 0,5003            | 0,4956            |
| <b>Tocantins/MG</b>                | 0,6643            | 0,7264            | 0,6238            | 0,7774            | nd                | nd                |
| <b>Ubá/MG</b>                      | 0,8217            | 0,9054            | 0,7320            | 0,8062            | 0,7923            | 0,7039            |

Fonte: FIRJAN, 2019. Adaptado de AGEVAP, 2020.

Conforme a série histórica dos IFGFs municipais fica evidente um cenário atual de alta criticidade na gestão fiscal dos municípios da bacia hidrográfica do Rio Pomba, visto que apenas 05 municípios apresentaram uma gestão fiscal classificada como “Boa” em 2018: Mercês, Rodeiro, Tabuleiro, Santo Antônio de Pádua/RJ e Ubá (FIRJAN, 2019). Observa-se ainda, que apenas Mercês e Ubá mantêm uma boa administração no período correspondente a 2013 a 2018.

#### 5.1.8 Avaliação do Saneamento Ambiental

A Lei Federal nº 11.445/007 define o planejamento dos serviços básicos como instrumento fundamental para se alcançar o acesso universal do saneamento básico, entre essas ferramentas o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). O Plano municipal deve ser elaborado pelas prefeituras de todos os municípios do país e aprovado pelo Governo Federal para que eles possam receber verbas para obras de saneamento, além disso, o PMSB abrange quatro áreas: serviços de água, esgotos, resíduos sólidos e drenagem das águas pluviais urbanas. O Plano municipal deve garantir a promoção da segurança hídrica, prevenção de doenças, redução das desigualdades sociais, preservação do meio ambiente, desenvolvimento econômico do município, ocupação adequada do solo, e a prevenção de acidentes ambientais e eventos como enchentes, falta de água e poluição. AGEVAP (2020, pág. 80)

Dos 39 (trinta e nove) municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do Rio Pomba, 26 (vinte e seis) possuem Plano Municipal de Saneamento Básico, conforme o quadro 04.

Quadro 04 – Relação de municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do Rio Pomba que possuem Plano Municipal de Saneamento Básico.

| MUNICIPIOS            |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| Aperibé/RJ            | Santos Dumont/MG            |
| Argirita/MG           | São Geraldo/MG              |
| Astolfo Dutra/MG      | São Joao Nepomuceno/MG      |
| Cataguases//MG        | Silveirânia/MG              |
| Coronel Pacheco/MG    | Tocantins/MG                |
| Goianá/MG             | Tabuleiro/MG                |
| Guidoval/MG           | Santo Antônio de Pádua/RJ   |
| Guiricema/MG          | Miracema/RJ                 |
| Itamarati de Minas/MG | Santa Bárbara do Tugúrio/MG |
| Laranjal/MG           | Santana de Cataguases/MG    |
| Leopoldina/MG         | Mercês/MG                   |
| Rio Novo/MG           | Piau/MG                     |
| Rio Pomba/MG          | Rodeiro/MG                  |

Fonte: AGEVAP, 2020. Adaptado pelo autor, 2021.

De acordo com o Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto elaborado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (BRASIL, 2019b), nesta bacia 19,7% da população (64.121 habitantes) não é atendida pelo abastecimento público de água. Além disso, a bacia apresenta um índice de 34% em termos de perda, o que representa um valor um pouco abaixo da média nacional de 38,53% (BRASIL,2017c). De acordo com o BRASIL (2019b), essas perdas são inerentes a qualquer sistema de abastecimento de água e se caracterizam como ineficiências técnicas.

Na tabela 09 verificamos a situação do atendimento de água dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pomba.

Tabela 09 – Situação do atendimento de água dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pomba. (continua)

| Município          | População atendida água | Índice de atendimento total de água (%) | Índice de perdas (%) |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------------------|----------------------|
| Aperibé/RJ         | SI*                     | 86,93%                                  | 44,61%               |
| Aracitaba/MG       | SI*                     | 79,01%                                  | 79,87%               |
| Argirita/MG        | 1.775                   | 84,59%                                  | 30,0%                |
| Astolfo Dutra/MG   | 10.071                  | 83,10%                                  | 31,90%               |
| Cataguases/MG      | 56.963                  | 84,63%                                  | 40,77%               |
| Coronel Pacheco/MG | 1.539                   | SI*                                     | SI*                  |
| Descoberto/MG      | 3.051                   | 77,86%                                  | 71,33%               |
| Dona Euzébia/MG    | 4.048                   | 77,37%                                  | 26,30%               |
| Ervália/MG         | SI *                    | 52,77%                                  | 28,23%               |
| Goianá/MG          | 2.175                   | 74,38%                                  | 42,78%               |

SI\*: Sem Informação.

Fonte: SNIS, 2019. Adaptado pelo autor, 2021.

(conclusão da tabela 09)

| Município                 | População atendida água | Índice de atendimento total de água (%) | Índice de perdas (%) |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|----------------------|
| Guarani/MG                | 5.301                   | 79,23%                                  | 24,0%                |
| Guidoval/MG               | 3.285                   | 64,00%                                  | 26,68%               |
| Guiricema/MG              | 1.510                   | 37,05%                                  | 31,29%               |
| Itamarati de Minas/MG     | 2.183                   | 74,29%                                  | 59,86%               |
| Laranjal/MG               | 3.046                   | 66,28%                                  | 24,63%               |
| Leopoldina/MG             | 34.091                  | 74,30%                                  | 33,57%               |
| Miracema/RJ               | SI*                     | 92,17%                                  | 48,87%               |
| Mercês/MG                 | 4.801                   | 67,86%                                  | 31,87%               |
| Oliveira Fortes/MG        |                         | 55,46%                                  | 24,37%               |
| Paiva/MG                  | 954                     | SI*                                     | SI*                  |
| Palma/MG                  | 3.632                   | 71,13%                                  | 32,86%               |
| Piau/MG                   | 1.615                   | 58,78%                                  | 20,00%               |
| Piraúba/MG                | 6.409                   | 73,06%                                  | 23,73%               |
| Recreio/MG                | 10.517                  | 100%                                    | 28,82%               |
| Rio novo/MG               | 5.487                   | 73,14%                                  | 42,08%               |
| Rio pomba/MG              | 11.411                  | 79,08%                                  | 38,53%               |
| Rochedo de Minas/MG       | 2.070                   | 89,80%                                  | 38,0%                |
| Rodeiro/MG                | 4.495                   | 78,39%                                  | 28,41%               |
| Santa Barbara do Tugúrio  | SI*                     | 46,66%                                  | 34,42%               |
| Santana de Cataguases/MG  | SI*                     | 75,21%                                  | 27,00%               |
| Santos Dumont/MG          | 30.946                  | 75,91%                                  | 37,38%               |
| Santo Antônio de Pádua/RJ | 42.479                  | 100%                                    | 28,81%               |
| São Geraldo/MG            | 3.891                   | 57,29%                                  | 31,48%               |
| São João Nepomuceno/MG    | 18.925                  | 78,59%                                  | 40,60%               |
| Silveirânia/MG            | 929                     | 65,19%                                  | 20,25%               |
| Tabuleiro/MG              | 1.670                   | 66,21%                                  | 41,13%               |
| Tocantins/MG              | 16.650                  | 99,09%                                  | 5,88%                |
| Ubá/MG                    | 82805                   | 81,01%                                  | 44,42%               |
| Visconde do Rio Branco/MG | 23.940                  | 75,28%                                  | 36,24%               |

SI\*: Sem Informação.

Fonte: SNIS, 2019. Adaptado pelo autor, 2021.

### 5.1.9 Acidentes Ambientais relacionados aos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Pomba - Fonte Fixa

As fontes pontuais despejam poluentes em locais específicos por meio de canos de drenagem, fossos ou redes de esgoto em corpos de águas superficiais. Entre os exemplos estão as fábricas, usinas de tratamento de esgoto (que retiram alguns, mas nem todos os poluentes), minas subterrâneas e navios petroleiros (MILLER, 2007, pág. 286).

Localizada na mesorregião da Zona da Mata mineira, em 1954 a Indústria Cataguases de Papel e Celulose surgiu distante da capital Belo Horizonte a 320 km e a 250 km da cidade do Rio de Janeiro. Em 2003 ganhou destaque no cenário nacional em razão do vazamento do efluente de um dos seus reservatórios que continha produtos altamente tóxicos, a saber, hidróxido de sódio (NaOH), vulgo soda cáustica, e cloro ativo (MIQUELITO A. DO C. et al., 2014, p. 120)

O vazamento prejudicou o abastecimento de água de 56 cidades nos Estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. Este desastre ficou conhecido como o maior incidente de poluição fluvial causado por uma indústria de celulose no mundo (CEIVAP, 2008).

Na ocasião, o governo do Estado mobilizou 13 carros-pipa para abastecimento de hospitais e escolas da região (Zona de Risco, 2015).

Figura 17 - Mapa: As setas indicam os trechos dos rios contaminados.



Fonte: ZONA DE RISCO - Acidentes, Desastres, Riscos, Ciência e Tecnologia.



Na época, pesquisadores estimaram que 60 das 169 espécies de peixes existentes no rio Paraíba do Sul foram afetados pelo desastre. Além disso, rebanhos de gado da região morreram por beberem a água contaminada, além de deixar mais de milhares de pessoas sem água potável (MIQUELITO A. DO C. et al., 2014, p. 121; ZONA DE RISCO, 2015).

Figura 18 – Mortandade de peixes.



Fonte: ZONA DE RISCO, 2015.

Figura 19 – Bovinos mortos por ingestão de água contaminada.



Fonte: ZONA DE RISCO, 2015.

Mas mesmo com dimensões colossais e consequências catastróficas, o desastre de 2003 não foi lição o bastante para evitar um novo incidente em 2009 em Cataguases; dessa vez, o pior foi evitado. Para impedir o rompimento de uma barragem que despejaria de uma vez 1,4 bilhões de litros de rejeitos no Rio Paraíba do Sul, foram liberados lentamente resíduos sem tratamentos no corpo d'água, uma operação que durou até agosto de 2012. CORREIO BRASILIENSE, 2015.

Segundo informações do IDE-SISEMA, a bacia hidrográfica do Rio Pomba abriga quatro barragens, sendo 01 (uma) considerada classe II, de médio potencial de danos ambientais, e 3 (três) barragens classes III, de alto potencial de danos ambientais (figura 20).

Figura 20 - Bacia Hidrográfica do Rio Pomba – Gestão de resíduos: Barragens de contenção de rejeitos e resíduos.



Fonte: O autor, 2019.

#### 5.1.10 Acidentes Ambientais relacionados aos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Pomba - Fonte Móvel

De acordo com informações disponibilizadas nos Relatórios de Acidentes Ambientais do Ibama referentes aos anos 2012, 2013, 2014, 2015 – 2018 e 2019 (IBAMA, 2012;



IBAMA, 2013; IBAMA, 2014; IBAMA, 2015 – 2018; IBAMA, 2019), a maioria dos acidentes ambientais que ocorrem no Brasil acontecem em rodovias e, na maioria, com derramamento de líquidos.

Essas informações são extremamente preocupantes quando associadas ao fato de que o modal rodoviário é o mais utilizado no sistema brasileiro de transporte.

De acordo com (IBAMA 2014, pág. 5), acidentes ambientais são eventos não planejados e indesejados, que podem causar direta ou indiretamente, danos ao meio ambiente e à saúde da população. Esses eventos estão distribuídos no território brasileiro, ocorrendo numa frequência maior em determinadas regiões e em sua maioria associados ao transporte rodoviário de produtos perigosos. Diante desse fato torna-se fundamental, portanto, que as atividades que produzam riscos ao sistema de abastecimento público sejam conhecidas, estudadas, mapeadas, para depois haver o controle, por meio de um planejamento e uma gestão eficiente.

Conforme a FEAM (Emergência ambiental), no ano de 2014 ocorreram 05 (cinco) acidentes envolvendo transporte rodoviário na bacia hidrográfica do Rio Pomba. Entre os produtos transportados estavam lubrificantes diversos, etanol, cinzas de incinerador, óleo diesel, gasolina e Aero 3473 Promotex (líquido alcalino corrosivo (hidróxido de sódio + sulfatos inorgânicos + diofostato + isopropanol + isobutanol).

Já no ano de 2015, teriam ocorridos 02 (dois) acidentes ambientais envolvendo transporte de carga, desta vez os envolvidos transportavam produtos alimentícios derivados de milho e minério de ferro granulado. Em 2016, ocorreram 03 (três) acidentes envolvendo transporte de carga, nesses casos os produtos transportados eram ácidos bóricos (fertilizante), leite e nitrogênio líquido refrigerado.

Para o ano de 2017, 05 (cinco) ocorrências foram registradas, tendo como produto transportado etanol hidratado comum, gasolina, óleo diesel e cal hidratada. No ano de 2018, 05 (cinco) sinistros foram contabilizados, e as mercadorias transportadas era gasolina aditivada e óleo diesel BS10, óleo lubrificante, GLP (gás liquefeito de petróleo), graxas, cervejas e bebidas gaseificadas e destilados de petróleo, líquidos inflamáveis, líquido corrosivo comburente, resina em solução, álcool etílico, líquido inorgânico corrosivo e sólidos inorgânicos.

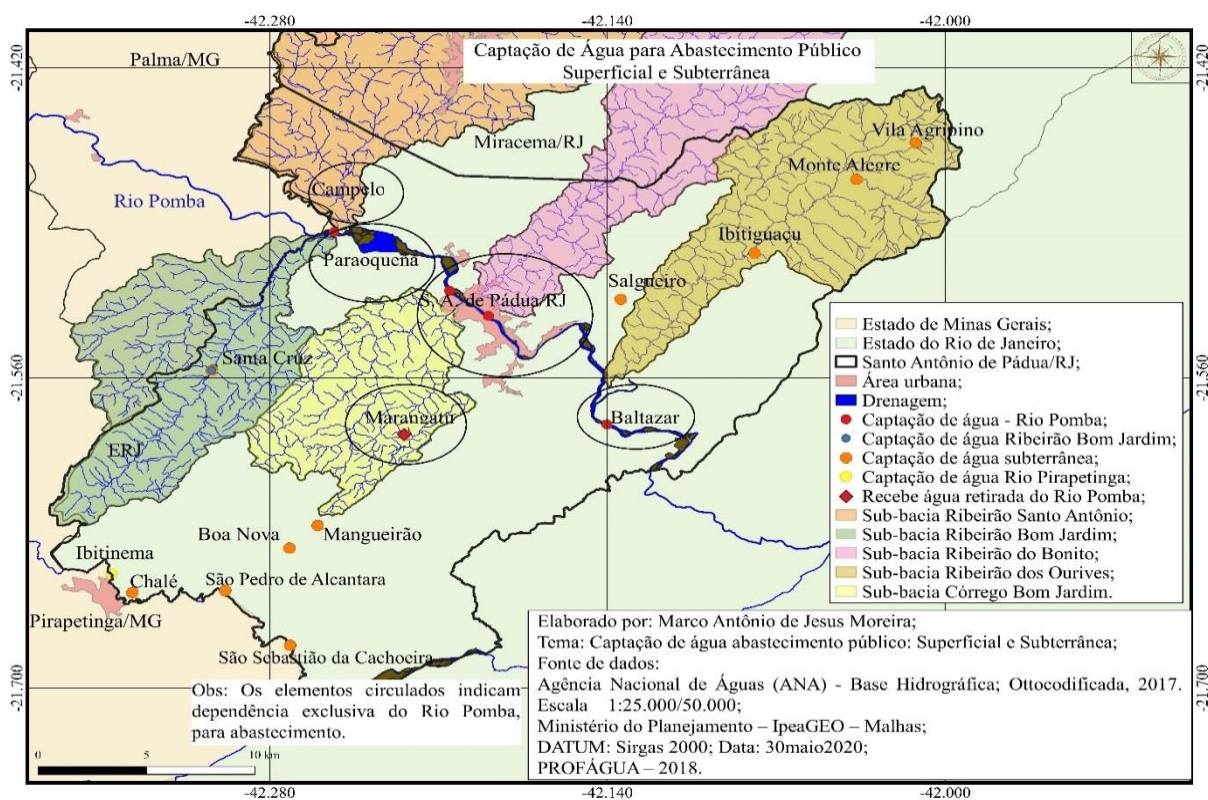
Em 2019, registrou-se 13 (treze) acidentes rodoviários ambientais nesta bacia hidrográfica, envolvendo o transporte de argamassas, carvão vegetal, cimento, coque de petróleo, óleo lubrificante, etc. Por fim, em 2020 registrou-se 06 (seis) acidentes rodoviários ambientais, não sendo possível verificar a categoria de produto transportado. Observa-se que grande parte dos sinistros ocorreram na BR 040. De fato, o transporte de materiais perigosos é um problema nacional crescente. O número e o custo de acidentes em rodovias e ferrovias que

transportam produtos perigosos têm crescido continuamente (VIANA et al., 2009). **Cabe ressaltar que os números de acidentes ambientais acima relatados, não correspondem a totalidade de eventos ocorridos na bacia hidrográfica do Rio Pomba, já que nem todos são devidamente informados (grifo nosso).**

#### 5.1.11 Abastecimento público no Município de Santo Antônio de Pádua/RJ

De todos os usos múltiplos da água, o abastecimento público é considerado o uso mais exigente, pois desse depende todas as atividades do dia a dia de uma sociedade, afetando diretamente a saúde e o bem-estar das pessoas, merecendo assim atenção especial (LEÃO, 2017). O abastecimento público de Santo Antônio de Pádua é realizado pela empresa Águas de Santo Antônio (Companhia de Saneamento Básico), tendo o Rio Pomba como a principal fonte de captação onde a citada companhia conta com 3 (três) pontos de retirada destinados ao abastecimento público, sendo que na captação principal situada na sede do município são extraídos 9.840 (nove mil e oitocentos e quarenta) m<sup>3</sup> diários.

Figura 21 - Pontos de captação de água para abastecimento público- Superficial e Subterrânea



Fonte: O autor, 2020.

A prestação de serviço de abastecimento de água em Santo Antônio de Pádua compreende toda a totalidade do município, ou seja, a área urbana e os distritos. Na área urbana, o abastecimento se dá por meio dos sistemas de abastecimento de água principal e Cidade Nova, com suas redes interligadas (PMSB, 2019, pág. 22).

### **Captação**

A água bruta para tratamento é captada no Rio Pomba, manancial superficial, com seu ponto de captação distante cerca de 200 m da ETA e com variação de cerca de 40 metros de altitude. Conforme informa a Águas de Pádua, a captação de água bruta no Rio Pomba é feita por meio de tomada direta que direciona a água bruta, por um canal de concreto, ao poço de sucção onde a estação de recalque de água bruta – ERAB, equipada com 2 conjuntos moto bomba do tipo deixo horizontal não afogado (um operando e outro reserva), faz a adução para a ETA com vazão aproximada de 504 m³/h. O acionamento dos dois conjuntos moto bomba é por meio de inversor de frequência instalado numa sala contígua à sala dos dois conjuntos moto bomba (PMSB, 2019, pág. 32).

### **Reservação**

As principais finalidades dos reservatórios de distribuição d'água são regularizar a vazão; fornecer segurança no abastecimento; reservar água para incêndio e suprir necessidades extras e; regularizar as pressões na rede de abastecimento. A ETA Principal opera 24 horas por dia, situação necessária para garantia do abastecimento, uma vez que este sistema não possui capacidade de armazenamento de água tratada para distribuição, pois na ETA Principal existe somente um reservatório de contato com baixo volume. Dessa forma, dada a insuficiência na reservação, ainda que se afirme que a ETA possa operar em um período inferior, a produção de água em tempo integral se faz necessária para não cessar a distribuição. Com a instalação de um reservatório com capacidade de armazenamento de água tratada, seguindo os parâmetros técnicos recomendados, a ETA poderá operar em horário reduzido, da forma que foi projetada. Partindo da informação da vazão de captação do sistema, associada à operação da ETA em tempo integral, chega-se à estimativa de volume necessário para o reservatório de 4.000 m³ (PMSB, 2019, pág. 36).

Observa-se que o sistema de abastecimento do município de Santo Antônio de Pádua, se divide em 15 estações de tratamento, sendo 2 (duas) na sede e 13 nos distritos. Nos itens abaixo verifica-se como se dá a captação, e o abastecimento de água do Bairro Cidade Nova e distritos.

#### **5.1.11.1 Sistema de Abastecimento Bairro Cidade Nova**

O sistema de abastecimento Cidade Nova atua juntamente com o SAA Principal no abastecimento da região central da cidade, atendendo a população do perímetro urbano do

município. O sistema de abastecimento do bairro Cidade Nova opera por 16 horas diárias, sendo das 6h às 22h. Em caso de aumento de demanda esses horários podem ser modificados a critério da empresa.

### **Captação**

A captação é feita no Rio Pomba, em local a jusante da barragem Barra do Braúna e a montante da cidade, localizada às margens da rodovia RJ-218. A captação se dá por meio de tomada direta, em que a estação de recalque de água bruta promove o recalque por meio de dois conjuntos moto bomba de eixo horizontal não afogado, um operando e outro reserva, com vazão de recalque de aproximadamente 30 L/s.

#### **5.1.11.2 Sistema de Abastecimento dos distritos de Campelo-Paraoquena**

O sistema de abastecimento de Campelo-Paraoquena é responsável pelo abastecimento de água nestes dois distritos. A captação é do tipo superficial, localizada na margem esquerda do Rio Pomba, realizada pela CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos), com sede em Miracema/RJ, e sob domínio territorial de Santo Antônio de Pádua. A vazão média da captação é de cerca de 18 m<sup>3</sup>/h (PMSB, 2012; PMSB, 2019).

A ETA está localizada entre os Distritos de Campelo e Paraoquena, as margens da rodovia RJ-188.

#### **5.1.11.3 Sistema de Abastecimento do distrito de Santa Cruz**

O sistema conta com duas captações, sendo a principal do tipo superficial no córrego do Bom Jardim em que a adução até a ETA se faz por meio de bomba centrífuga em adutora em PVC de 100 mm (PMSB, 2012), com vazão média de 15 m<sup>3</sup>/h. A segunda captação é subterrânea por meio de poço tubular instalado próximo à captação superficial, que é acionado somente em épocas de maiores demandas, como no verão. Segundo informações dos

operadores, a água extraída da captação subterrânea possui quantidade de ferro menor se comparada com a água extraída do córrego Bom Jardim (PMSB, 2019).

Foto 01 - Benfeitorias destinadas a captação de água para abastecimento público – Ribeirão Bom Jardim, distrito de Santa Cruz.



Fonte: O autor, 17 de setembro 2019.

Foto 02 – Acúmulo de água para abastecimento público. Ribeirão Bom Jardim. 17 de set. 2019.



Fonte: O autor, 16 de setembro 2019.

#### 5.1.11.4 Sistema de Abastecimento do Bairro de Ibitinema

A captação de água bruta é do tipo superficial no Rio Pirapitinga, distante cerca de 30m da ETA. Conta com bomba centrífuga e adutora em PVC de diâmetro de 150mm. A vazão média de captação é de 30 m<sup>3</sup>/h. A ETA está localizada no distrito de Ibitinema, as margens da RJ-186, fazendo divisa com o estado de Minas Gerais (PMSB, 2019).

#### 5.1.11.5 Sistema de Abastecimento do distrito de São Pedro de Alcântara

A captação de água bruta é por meio de poço tubular com vazão média de 12 m<sup>3</sup>/h. A estação de tratamento de água do distrito de São Pedro possui pré-cloração a fim de maior eficiência na remoção de ferro, uma vez que na água bruta possui alta concentração. O tratamento é seguido por filtração e desinfecção. O SAA possui dois reservatórios de 20 m<sup>3</sup> cada, localizados em cota elevada para distribuição da água tratada por gravidade (PMSB, 2019).

#### 5.1.11.6 Sistema de Abastecimento do distrito de Boa Nova

A estação de tratamento de água de Boa Nova é composta por sistema de tratamento de desferrização (remoção de ferro) seguido por filtração, desinfecção e fluoretação. A captação de água bruta para tratamento pela E.T.A Boa Nova é do tipo subterrânea, por meio de um poço tubular, com vazão média de 10 m<sup>3</sup>/h. O sistema conta com um reservatório de 20 m<sup>3</sup> localizado em cota elevada para distribuição da água tratada por gravidade (PMSB, 2019).

#### 5.1.11.7 Sistema de Abastecimento do distrito de Mangueirão

Este sistema de abastecimento conta com água bruta proveniente de poço tubular, com vazão média de 8 m<sup>3</sup>/h. Dada a boa qualidade da água, dispensa-se etapas complexas de tratamento, bastando as etapas de desinfecção por cloração e fluoretação. O sistema conta com um reservatório de 20 m<sup>3</sup> em cota elevada para distribuição por gravidade (PMSB, 2019).

#### 5.1.11.8 Sistema de Abastecimento do distrito de Baltazar

O sistema conta com uma estação de tratamento de água localizada próxima à Rodovia RJ 116. A ETA é do tipo convencional com coagulação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. A estação de tratamento de água de Baltazar possui regime de funcionamento de 8 horas por dia. O sistema de abastecimento de Baltazar tem sua captação de água superficial, no Rio Pomba (PMSB, 2019).

#### 5.1.11.9 Sistema de Abastecimento do distrito de Salgueiro

A captação de água bruta do sistema de abastecimento de água do distrito de Salgueiro é subterrânea, por poço tubular, com vazão média de 7 m<sup>3</sup>/h. O tratamento inclui o sistema de tratamento de desferrização (remoção de ferro) seguido por filtração, desinfecção e fluoretação. O sistema de filtração é com filtro tipo *Starf*, que tem em seu leito filtrante carvão antracito e areia que sofrem substituições anuais (PMSB, 2012; PMSB, 2019).

#### 5.1.11.10 Sistema de Abastecimento do distrito de Ibitiguaçu

O sistema de abastecimento de Ibitiguaçu conta com sistema de tratamento de desferrização (remoção de ferro) seguido por filtração, desinfecção e fluoretação. O filtro é do



tipo Starf, que tem em seu leito filtrante carvão antracito e areia que sofrem substituições anuais. O acionamento do poço é automático, em função do consumo, com sistema de start quando o reservatório atinge o nível mínimo determinado (PMSB, 2012; PMSB, 2019).

#### 5.11.11 Sistema de Abastecimento Vila Agripino

O sistema de Vila Agripino possui captação em poço tubular com vazão média de 2 m<sup>3</sup>/h. A água bruta é de boa qualidade, sendo necessário em seu tratamento apenas cloração e fluoretação. O acionamento do poço é automático, em função do consumo, com sistema de start quando o reservatório atinge o nível mínimo determinado. Porém, este sistema atua saturado dada vazão de captação insuficiente para abastecimento da localidade. O sistema possui um reservatório elevado e conta com reforço por caminhão pipa que traz água tratada para distribuição (PMSB, 2012; PMSB, 2019).

#### 5.11.12 Sistema de Abastecimento do povoado de São Sebastiao da Cachoeira

A captação de água bruta para tratamento e distribuição no distrito de São Sebastiao da Cachoeira é por poço tubular com vazão média de 4 m<sup>3</sup>/h. O tratamento compreende as etapas de filtração, desinfecção e fluoretação (PMSB, 2019).

#### 5.11.13 Sistema de Abastecimento do distrito de Monte Alegre

O sistema de abastecimento de Monte Alegre possui captação em 3 (três) poços tubulares com vazão média de produção dos poços de 20 m<sup>3</sup>/h. O tratamento inclui o sistema de tratamento de desferrização (remoção de ferro) seguido por filtração, desinfecção e fluoretação (PMSB, 2012; PMSB, 2019).



## 5.2 Plano Diretor do município de Santo Antônio de Pádua/RJ

A Lei 3.922 de 07 de novembro de 2018 institui o Plano Diretor do município, onde são observadas recomendações sobre o sistema de abastecimento de água, usos do solo, proteção de mananciais, entre outros, conforme pode ser verificado nos artigos 5º, 16º, 20º, 36º, 42º, 43º, 61º, 62º e 63º citados abaixo:

**Art. 5º.** O direito à cidade sustentável, entendido como a garantia das condições para que o desenvolvimento municipal seja socialmente justo, ambientalmente equilibrado e economicamente viável, visa à qualidade de vida para as presentes e futuras gerações, com a prevalência da inclusão social e da redução das desigualdades. (...)

**Art. 16º.** Os bens naturais que integram o patrimônio natural de Santo Antônio de Pádua, listados no Anexo I desta Lei, são de especial interesse para preservação e valorização, devendo ser objeto de ações que objetivem:

- I. O controle da ocupação urbana próximo às margens do Rio Pomba, Rio Pirapetinga, Rio Paraíba do Sul, córregos e ribeirões que cruzam o município, como meio para se estabelecer uma nova relação da cidade com o principal recurso hídrico da região;
- II. A caracterização, nas áreas não urbanas, de um corredor ecológico ao longo do Rio Pomba, Rio Pirapetinga e Rio Paraíba do Sul, que garanta a proteção de suas margens;
- III. Proteção das fontes de águas naturais, especialmente a Fonte de Água Iodetada, única com suas qualidades hidrominerais na América Latina, de modo a reverter a sua degradação em virtude do processo de ocupação em seu entorno imediato;

**Art. 20º.** São diretrizes para a promoção do saneamento ambiental em Santo Antônio de Pádua:

- I. proteger os cursos d'água e as águas subterrâneas;
- II. promover a desocupação de áreas sujeitas a inundação, devendo ser identificadas as unidades residenciais em situação de risco, particularmente as situadas na Zona de Proteção dos Rios Pomba, Pirapetinga, Paraíba do Sul e na Zona de Ocupação Urbana Restrita;
- III. garantir o abastecimento de água regular em todas as localidades;
- IV. promover o tratamento adequado do esgoto sanitário;
- V. planejar as ações do poder público para superar problemas existentes no

tratamento do esgoto sanitário, incluindo a implantação de estações de tratamento de esgoto, com atenção especial às áreas urbanas mais consolidadas e com maior potencial para adensamento;

- VI. prever restrições à adoção de soluções não sanitárias, tais como fossas negras, lançamento em valões ou lançamento direto nos cursos d'água;
- VII. orientar e estimular a adoção de soluções de esgotamento sanitário, individuais ou coletivas, tecnologicamente compatíveis com as densidades habitacionais de cada área, as condições topográficas e os recursos disponíveis, tais como fossas sépticas com filtros anaeróbios de fluxo ascendente;
- VIII. promover a gestão integrada dos resíduos sólidos;
- IX. ampliar a coleta seletiva e a reciclagem dos resíduos sólidos domésticos e industriais, bem como promover a redução da geração de resíduos sólidos;
- X. apoiar o uso de tecnologia de saneamento ambiental adequado nas áreas de produção agropecuária;
- XI. garantir, através da gestão ambiental, a recuperação e preservação:
  - a. dos mananciais;
  - b. dos remanescentes florestais;
  - c. das matas ciliares;
  - d. das áreas de preservação permanente;
  - e. das unidades de conservação;
- XII. disciplinar a implantação de atividades potencialmente causadoras de impactos ambientais negativos e monitorar as já instaladas;

**Art. 36º.** Com o objetivo de qualificar os espaços urbanos mais relevantes para a estruturação da cidade, deverão ser desenvolvidos e implantados projetos urbanos que valorizem a integração dos espaços públicos com as áreas edificadas.

§ 1º São áreas indicadas para implantação de projetos urbanos, sem prejuízo de outras que venham a ser consideradas:

- I. As áreas não urbanizadas da Zona de Proteção do Rio Pomba (ZPROPOMBA), visando à implantação de áreas de lazer;
- II. As Zonas de Preservação e Valorização do Ambiente Urbano (ZPVAU), visando ao embelezamento das áreas e à acessibilidade aos bens culturais;
- III. A Zona de Renovação Urbana (ZRU), visando à consolidação de uma nova centralidade;
- IV. A área de abrangência da Fonte de Água Iodetada, visando à sua

valorização e acesso público.

**Art. 42º.** A Macrozona de Preservação e Valorização do Ambiente Natural compreende áreas de valor natural, ambiental e paisagístico, consideradas como fundamentais para a organização do território.

**Art. 43º.** A Macrozona de Preservação e Valorização do Ambiente Natural engloba:

- I. a Reserva Particular do Patrimônio Natural Boa Vista e Pharol, reconhecida pela Portaria INEA/RJ/PRES nº54 de 01 de julho de 2009;
- II. o Parque Natural da Mata Atlântica, criado pela lei municipal nº3.355 de 25 de março de 2010;
- III. o Monumento Natural Municipal da Serra das Frecheiras, instituído pelo Decreto municipal nº 119/2013, em 30/09/2013;
- IV. o Monumento Natural Municipal da Pedra Bonita, criado pelo Decreto nº 90 de 24 de agosto de 2018;
- V. O Monumento Natural Municipal da Serra Prata, criado pelo Decreto nº 91 de 24 de agosto de 2018;
- VI. A cachoeira dos Macacos;
- VII. A área denominada Corredor Ecológico do Rio Pomba, definida pelas faixas marginais do Rio Pomba, com 30 (trinta) metros de largura para cada lado, nos trechos situados fora da Macrozona de Desenvolvimento Urbano Sustentável, que deverá ser monitorada de modo a evitar processos predatórios de ocupação ou utilização;

**Art. 61º.** Considerando a situação urbana fática, caracterizada pela ocupação, ao longo do tempo, de terrenos situados junto ao Rio Pomba, admitir-se-á novas construções na ZPROPOMBA (Zona de Proteção do Rio Pomba) somente na área de urbanização consolidada, indicada no Mapa 5 do Anexo II desta Lei, segundo os critérios gerais definidos nesta Lei, observada a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo.

§ 1º. Novas construções na ZPROPOMBA deverão respeitar obrigatoriamente faixa *non aedificandi* de 15 (quinze) metros em relação à margem do Rio Pomba, além de outras exigências da legislação urbanística e ambiental vigente.

§ 2º. Os imóveis situados na ZPROPOMBA poderão transferir seu potencial construtivo para zonas receptoras, de acordo com o disposto na Seção IV do Capítulo II do Título IV desta Lei.

§ 3º. Os imóveis situados fora da área de urbanização consolidada da ZPROPOMBA que já tenham edificação na data de aprovação desta Lei poderão ser objeto de ações de regularização, desde que submetidos à legislação urbanística e ambiental vigente.

§ 4º. As áreas não urbanizadas na ZPROPOMBA não poderão em hipótese alguma receber novas construções e deverão ser objeto de ações que visem à recomposição de matas ciliares, implantação de áreas de lazer, entre outras que contribuam para a proteção do Rio Pomba e sua valorização.

**Art. 62º.** A Zona de Proteção do Rio Pirapetinga e Rio Paraíba do Sul (ZPROPP) compreende as faixas marginais de proteção e áreas de preservação permanente desses corpos hídricos, definidos por lei federal e estadual.

**Art. 63º.** A ZPROPP tem como objetivo principal conter o avanço da urbanização sobre os corpos hídricos para preservação do ecossistema.

**Parágrafo Único.** Considerando a situação urbana fática, serão permitidas novas construções na ZPROPP e que deverão respeitar obrigatoriamente faixa *non aedificandi* de 15 (quinze) metros em relação à margem do Rio Pirapetinga, além de outras exigências da legislação urbanística e ambiental vigente.

De acordo com o PMSB (Plano Municipal de Saneamento Básico) (2019), o fato de o município possuir legislações que dispõe sobre o abastecimento de água já é um avanço e um indício de preocupação no planejamento do sistema, auxiliando as futuras ações para o setor, inclusive com melhorias ou complementações na própria legislação. ***No entanto, observa-se que o legislador municipal em momento algum citou o termo bacia hidrográfica, como unidade de gestão, conforme previsto na Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997.***

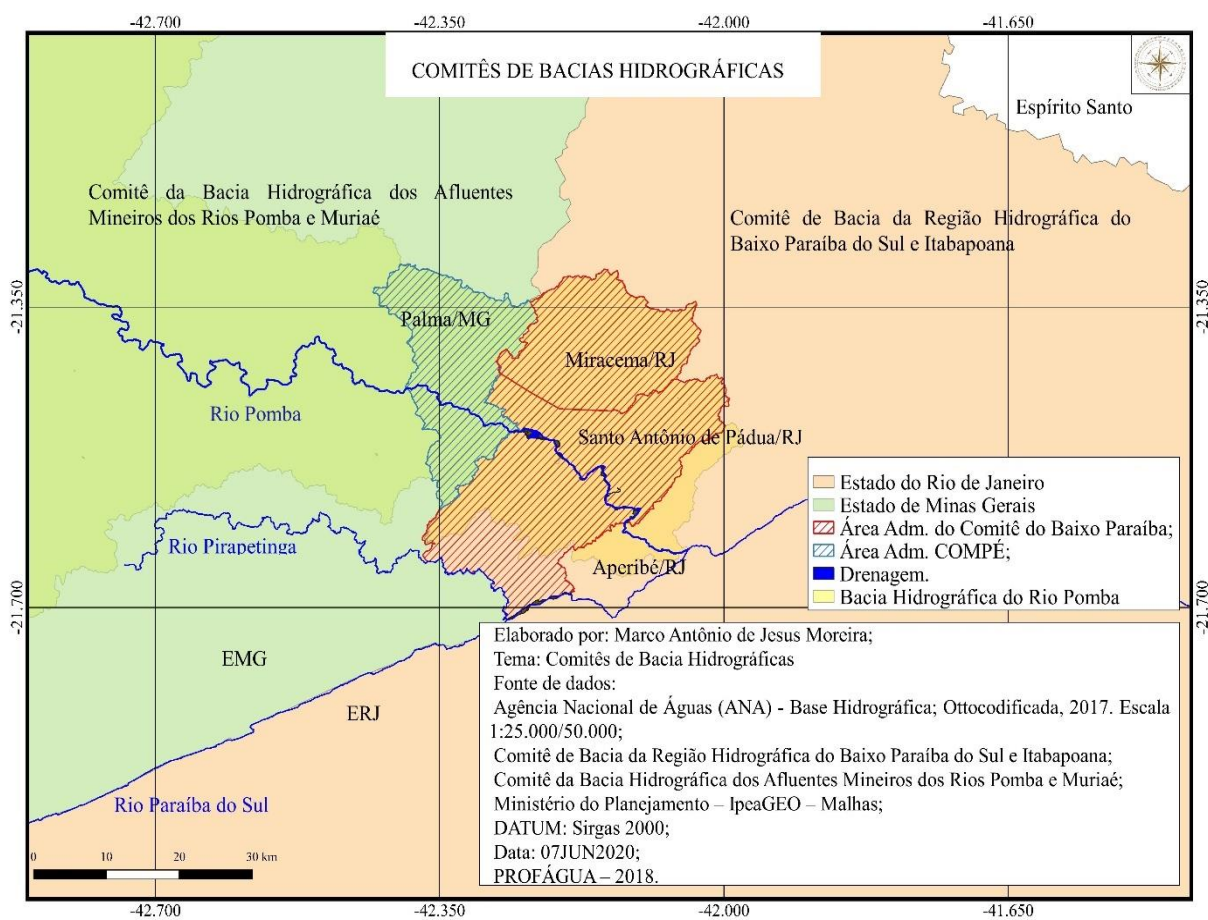
### 5.3 Comitê de Bacia Hidrográfica.

Os comitês atuam como colegiados, com funções consultivas e deliberativas, são considerados a instância mais importante de participação e integração na gestão hídrica, pois suas decisões têm impacto direto na vida dos usuários das respectivas bacias hidrográficas (FERNANDES V. O. 2011, pág. 1)

De acordo com SANTOS *et al*, 2016, pág. 3 (b), os usuários e gestores municipais precisam não só tomar conhecimento da realidade que envolve as fontes de abastecimento público, mas desenvolver ações que visam a preservação dessa matéria-prima vital para a sobrevivência humana. Dessa forma, precisam entender o que degrada, as consequências dessa degradação e como recuperar, conservar e proteger os mananciais, exatamente para criar uma consciência crítica e de participar ativamente do processo de preservação e recuperação. Com tal objetivo, foi instituído pelo governo federal a figura do Comitê de Bacias Hidrográficas, instituído pela Política Nacional dos Recursos Hídricos.

Os municípios envolvidos na área de estudo estão inseridos na área de atuação do Comitê de Bacia Hidrográfica Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (Região Hidrográfica IX), e uma pequena fração inserida na região hidrográfica administrada pelo Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Pomba e Muriaé (COMPÉ) (figura 22). O Comitê de Bacia da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul, foi instituído no âmbito do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, pelo Decreto nº 41.720, de 3 de março de 2009, cuja redação foi alterada pelo Decreto n.º 45.584/2016, incluindo Itabapoana.

Figura 22 – Áreas administrativas dos Comitês de Bacias Hidrográficas do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana e Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Pomba e Muriaé (COMPÉ).



Fonte: O autor, 2020.

Tucci (2008, pág. 79), afirma que grande parte das cidades compartilham com outros municípios, uma ou mais bacias hidrográficas. Geralmente existem os seguintes cenários:

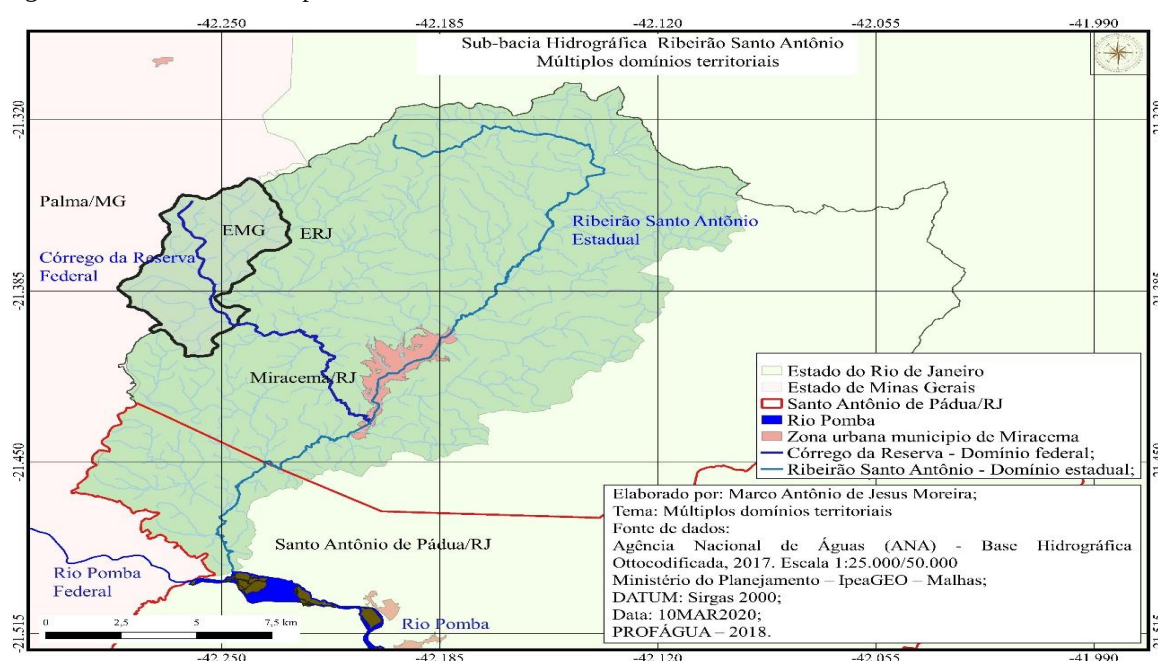
- (a) um município está a montante de outro;
- (b) o rio divide os municípios.

O controle institucional das águas urbanas, que envolve pelo menos dois municípios, pode ser realizado pelo seguinte:

- a) Comitê de Bacia: o comitê estabelece o enquadramento dos rios e as cidades através dos seus Planos devem estabelecer medidas para atingir as cargas limites para manter os rios dentro do enquadramento. A implementação do Plano se dá por meio de legislação municipal adequada para cada município;
- b) Por legislação municipal adequada para cada município;
- c) Por meio de legislação estadual que estabeleça os padrões a serem mantidos nos municípios de tal forma a não serem transferidos os impactos;
- d) Estabelecimento de distritos de drenagem onde cada distrito engloba um ou mais municípios e dentro dos mesmos são estabelecidas normas de comuns quanto a gestão territorial relacionada com os elementos das águas urbanas.
- e) Estes entendimentos podem ser realizados dentro do comitê da bacia e os Planos Estaduais desenvolvem a regulamentação setorial. Portanto, quando forem desenvolvidos os Planos das Bacias que envolvam mais de um município, deve-se buscar acordar ações conjuntas com estes municípios para se obter o planejamento de toda a bacia.

O que Tucci (2008) relata acima, pode ser observado com riqueza de detalhes na figura 23.

Figura 23 – Retrata os múltiplos domínios territoriais verificados na sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio



O autor, 2020.

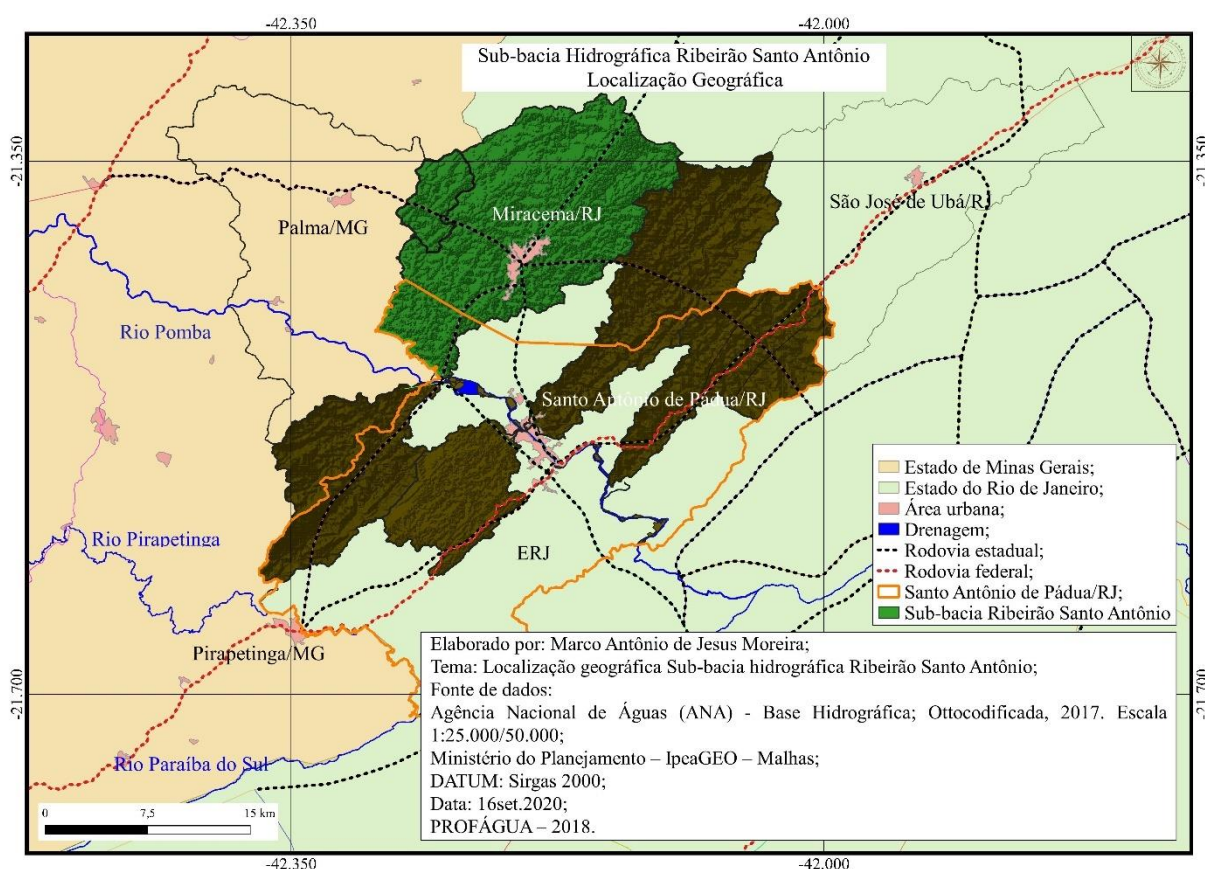


## 6 SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO POMBA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

### 6.1 Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio

A sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, pertence à bacia hidrográfica do Rio Pomba, e está localizada na coordenada Norte: -21.191446233, Sul: -21.571161705, Leste: -41.856497258 e Oeste: -42.515000112, com 80,7% no município de Miracema/RJ, 10,3% no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, noroeste fluminense, e 9% no município de Palma/MG, na zona da mata mineira, conforme figura 24.

Figura 24 – Localização geográfica da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio.

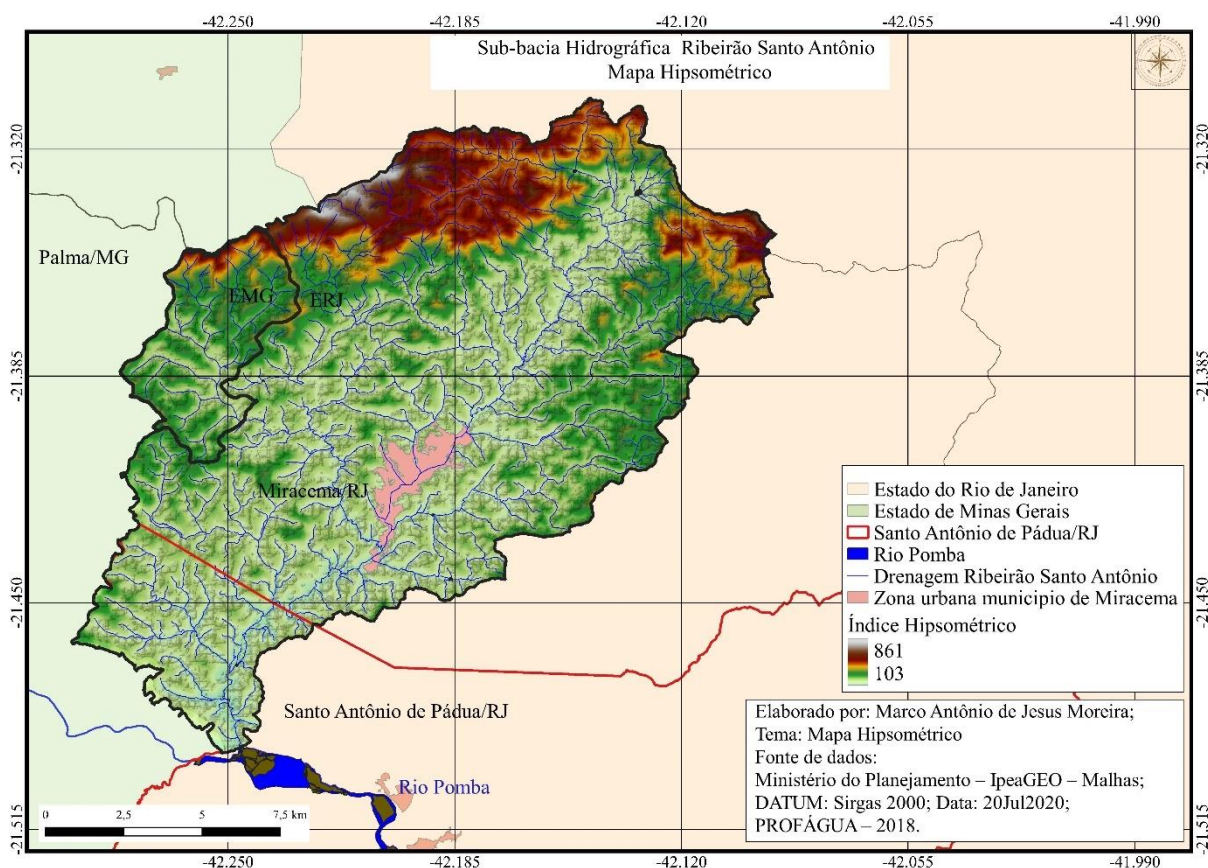


Fonte: O autor, 2020.

### 6.1.1 Hipsometria da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio

A altitude pode condicionar o clima de uma determinada região podendo invalidar o aspecto da zona climática onde a bacia hidrográfica está inserida (MARCUIZZO et al., 2015). A sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio tem sua cota máxima de altitude a 810 m variando até 103 m na sua foz (figura 25).

Figura 25 – Mapa hipsométrico Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio



Fonte: O autor, 2020.

De acordo com VILLELA e MATTOS, (1975), a variação de altitude média é um fator muito importante, pois a temperatura e precipitação estão relacionadas com a altitude. Variações de temperatura influenciam as perdas de águas que ocorrem na forma de evaporação e transpiração, já variações na precipitação atuarão diretamente no escoamento superficial e infiltração.

Em consonância com VILLELA e MATTOS (1975), SHIRINIVASAN et al., (2006) afirma que o relevo de uma bacia hidrográfica tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos dado que a velocidade de escoamento superficial é determinada

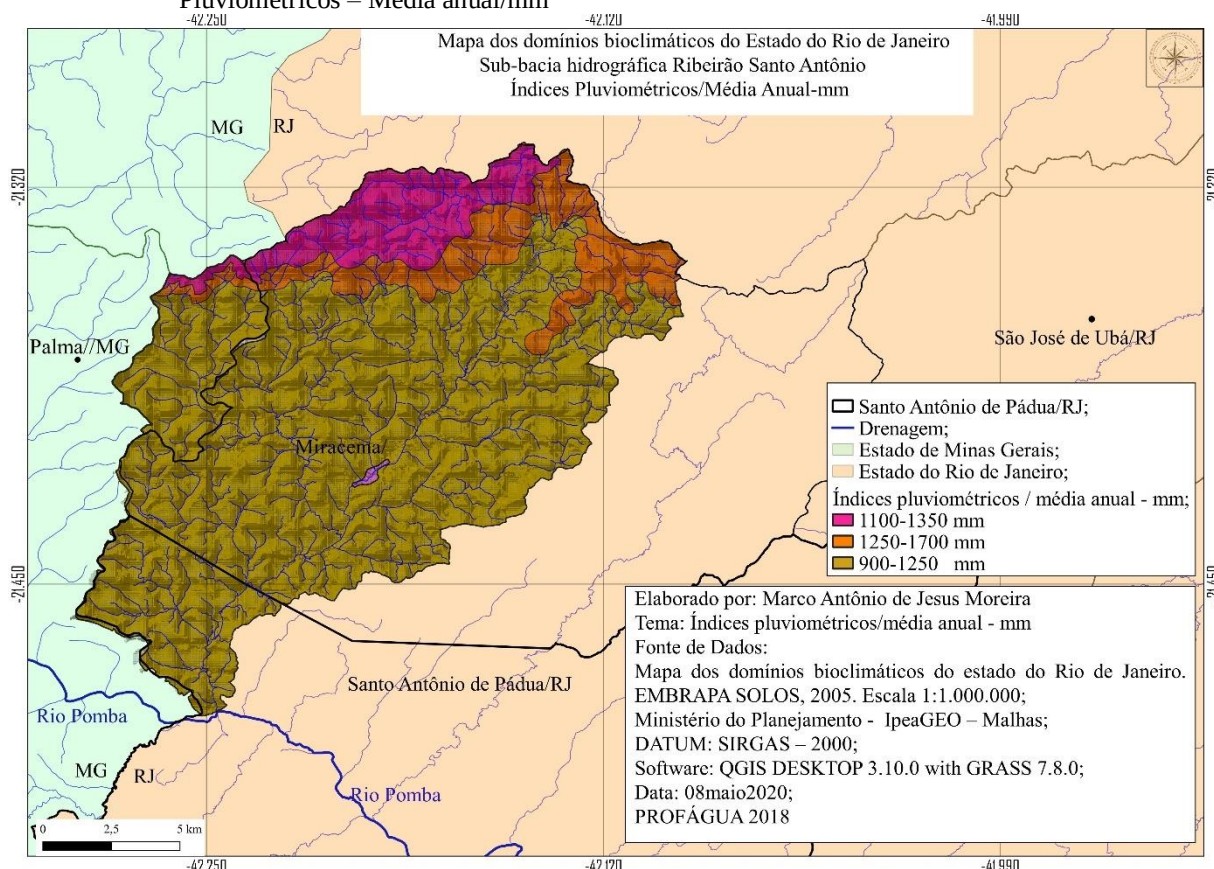


pela declividade do terreno, enquanto a temperatura, a precipitação e a evaporação são funções da altitude da bacia.

### 6.1.2 Índices pluviométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), com relação aos índices pluviométricos, a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio apresenta algumas variações, que podem ser creditadas a sua altitude em determinados pontos, variando entre o mínimo de 1.250 mm e máximo de 1700 mm na parte mais alta, e mínimo de 900 mm e máximo de 1250 mm nas demais áreas (figura 26).

Figura 26 - Mapa dos Domínios Bioclimáticos Sub-Bacia Hidrográfica Ribeirão Santo Antônio – Índices Pluviométricos – Média anual/mm



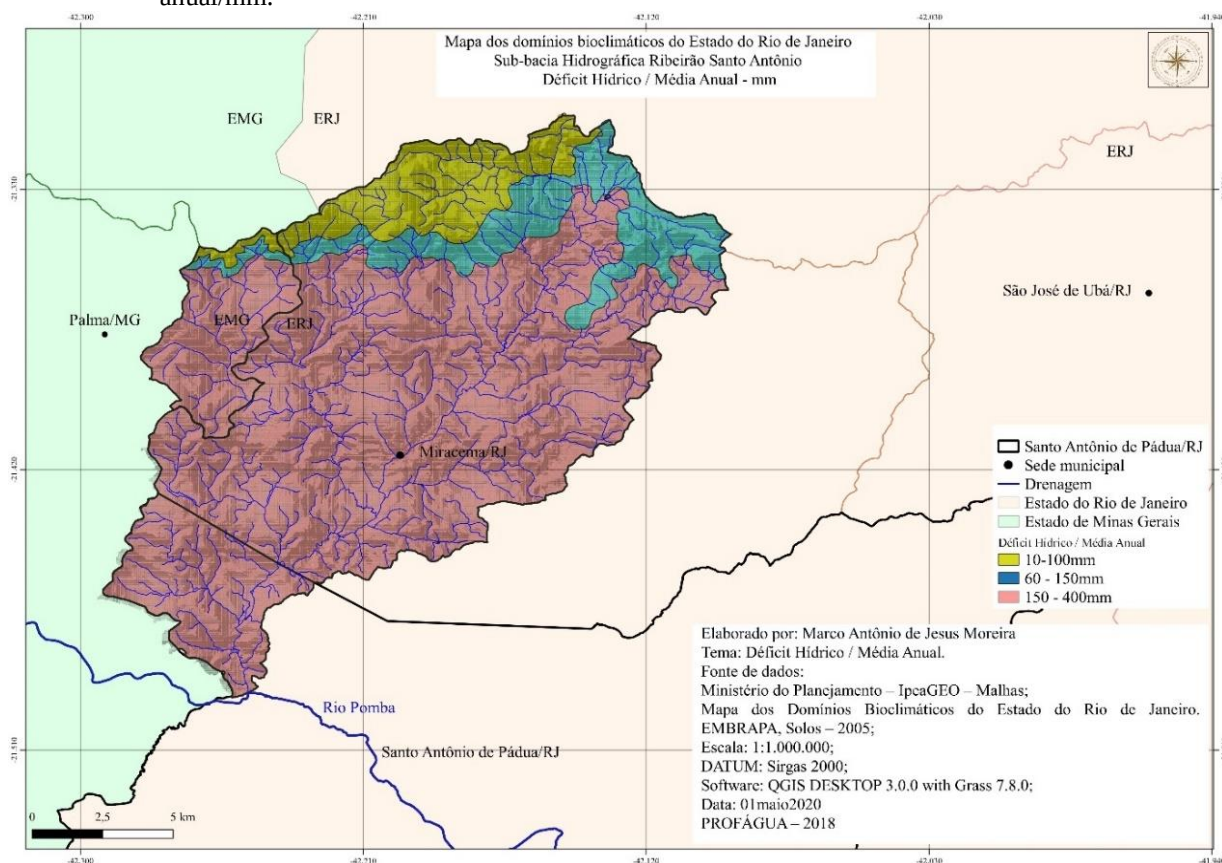
Fonte: O autor, 2020.

Independentemente da ação humana, o clima difere-se de uma região para outra, ou até mesmo dentro de alguns poucos quilômetros. As variações em quantidade, intensidade e distribuição estacional de temperatura, precipitação, umidade, pressão atmosférica e ventos, associados às variáveis do local, vão produzir inúmeras situações e tipos climáticos diferentes. Tornando, importante obter mecanismos que nos permitam conhecer e identificar estas diferentes unidades climáticas em escala regional (FERREIRA, 2012, pág. 85).

### 6.1.3 Déficit Hídrico da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio

Segundo o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, 10,87% possui déficit hídrico anuais entre 10 a 100 mm, 11,01% de 60 a 150 mm e 78,01% entre 150 a 400 mm, conforme figura 27.

Figura 27 - Mapa dos Domínios Bioclimáticos Sub-Bacia Hidrográfica Ribeirão Santo Antônio Déficit Hídrico anual/mm.

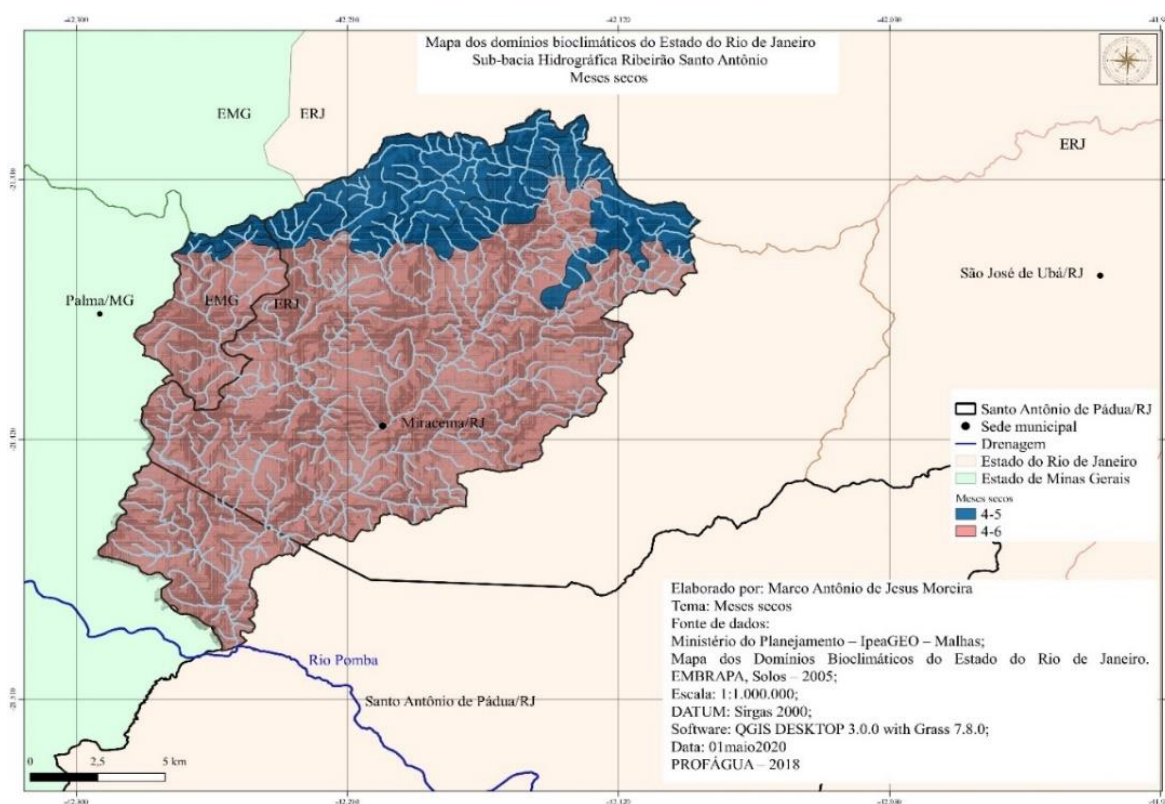


Fonte: O autor, 2020.

#### 6.1.4 Meses secos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio

De acordo com Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), 21,88% vinte e um vírgula oitenta e oito por cento) da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, apresentam de 4 (quatro) a 5 (cinco) meses secos e 78,12% de 4 (quatro) a 6 (seis) conforme figura 28.

Figura 28 - Mapa dos Domínios Bioclimáticos Sub-Bacia Hidrográfica Ribeirão Santo Antônio – Meses Secos

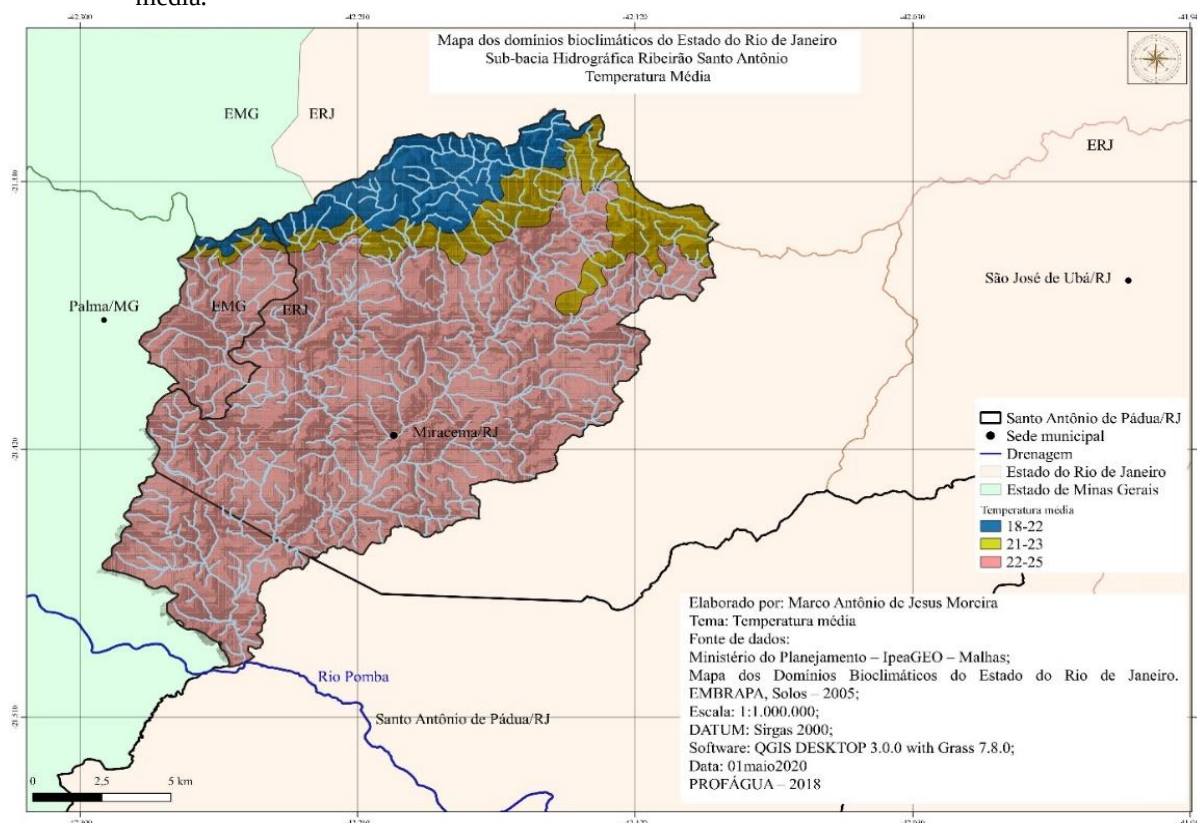


Fonte: O autor, 2020.

#### 6.1.5 Temperatura média da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio

Consoante ao Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), 11,01% da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, apresenta temperatura média em torno 18°C a 22°C, 10,87% de 21°C a 23°C e 78,12% de 22°C a 25°C, conforme figura 29 abaixo.

Figura 29 - Mapa dos Domínios Bioclimáticos Sub-Bacia Hidrográfica Ribeirão Santo Antônio – Temperatura média.



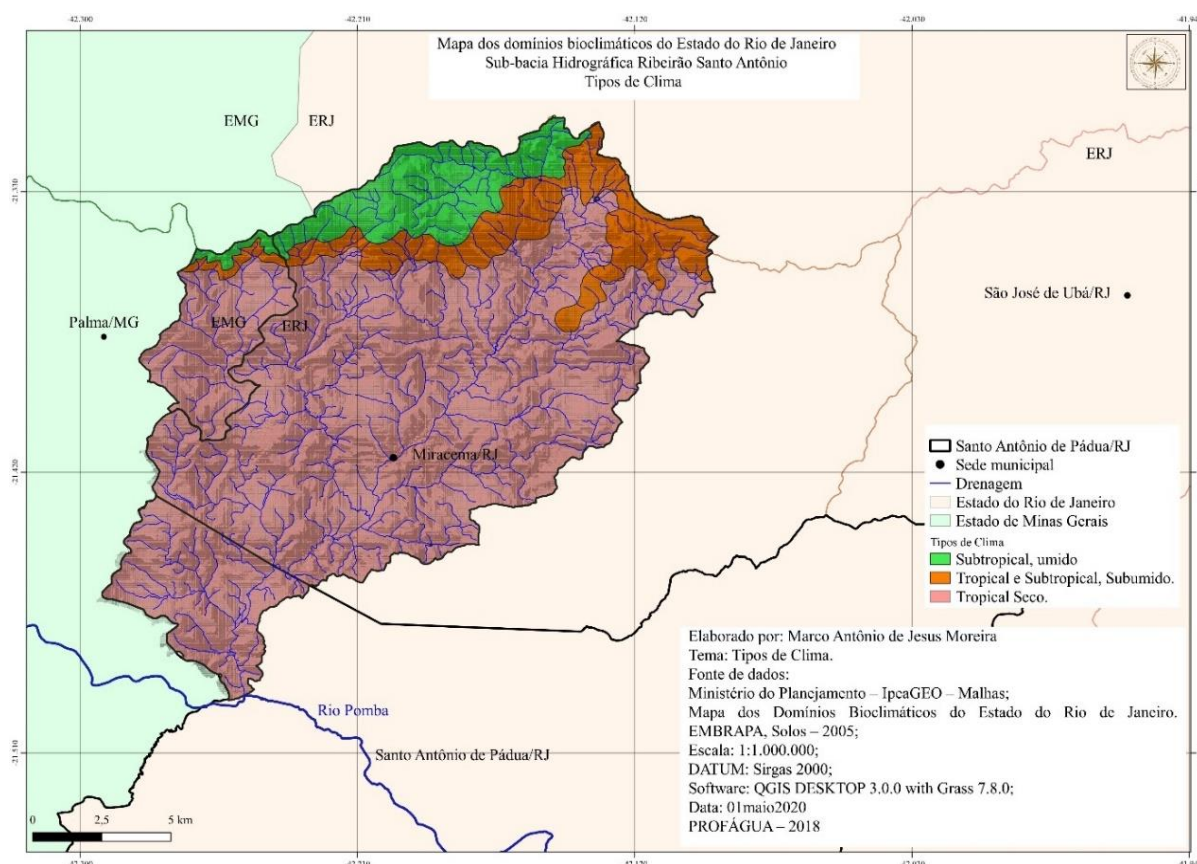
Fonte: O autor, 2020.

#### 6.1.6 Tipos de clima da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio

De acordo com Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), a categoria de clima predominante na sub-bacia Ribeirão Santo Antônio é o tropical seco, presente em 78,12%, seguido pelo tropical e subtropical, subsumido com 11,01% e 10,87% subtropical úmido, conforme ilustra a figura 30.



Figura 30 - Mapa dos Domínios Bioclimáticos Sub-Bacia Hidrográfica Ribeirão Santo Antônio - Tipo de clima



Fonte: O autor, 2020.

#### 6.1.7 Uso do solo sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio

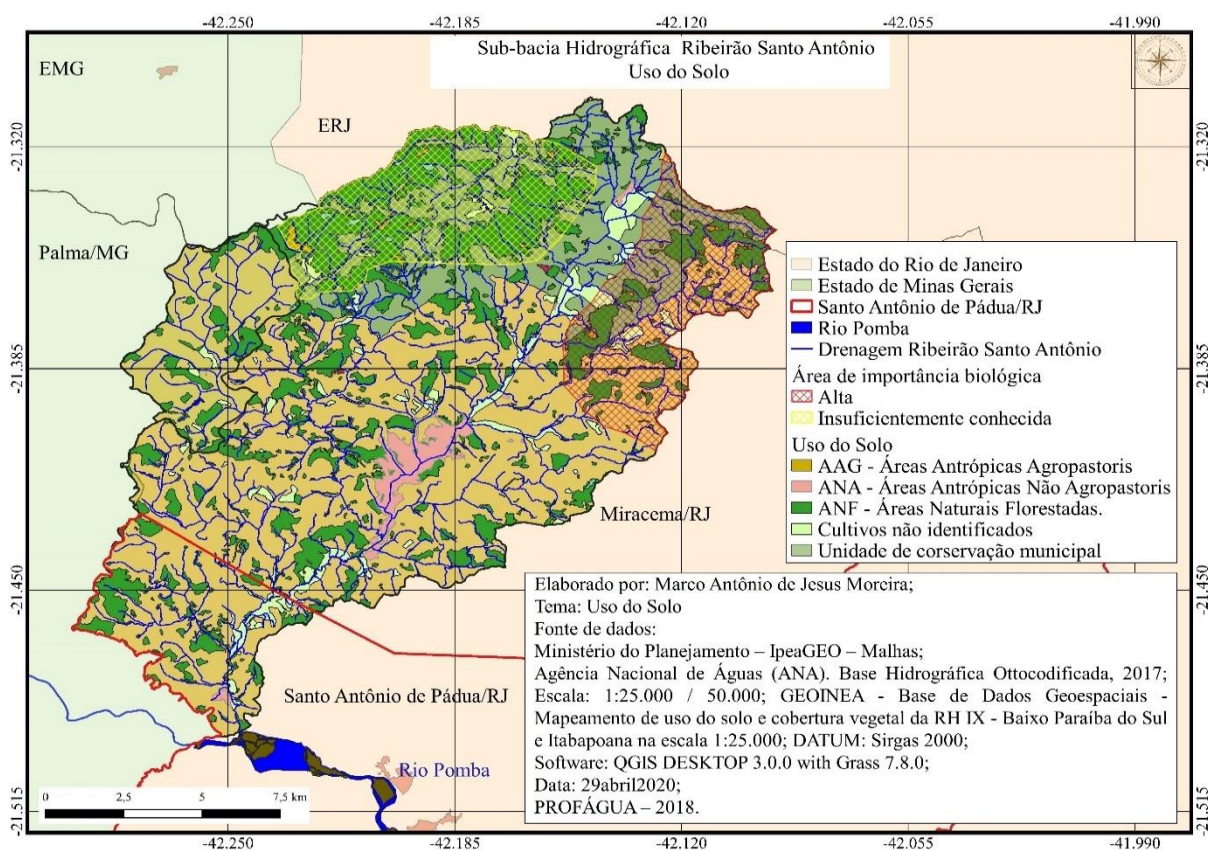
A área territorial da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, esta compreendida em 228,64 km<sup>2</sup>, que conforme o mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal da RH IX - Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (2019), foram encontradas 71,43 km<sup>2</sup> de áreas naturais florestadas (ANF), entorno de 395 fragmentos florestais distantes uns dos outros, praticamente sem função ecológica. Parte significativa destes fragmentos está situada em topos de morros e montanhas, e neste caso, preservados pela sua distância, declividade e pela dificuldade de acesso (BRASIL L. S. C. de A. et al. (?). Estes fragmentos são compostos por matas secundárias e terciárias, como verificado em campo (BRASIL, 2017). São observados ainda, 4,5 km<sup>2</sup> de áreas antrópicas não pastoris (ANA2), onde estão localizadas as áreas urbanas e as extrações de rochas ornamentais e 0,92 km<sup>2</sup> de áreas antrópicas agropastoris (AAG), 0,34 km<sup>2</sup> de áreas naturais não florestadas (cordões arenosos,

afloramentos rochosos, dunas, campos de altitude, entre outras) (NNF) e 2,35 km<sup>2</sup> de área de silvicultura.

A área da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antonio abriga a APA (Area de Proteção Ambiental de Miracema) com aproximadamente 67,07 km<sup>2</sup>, e a REVIS (Refúgio da Vida Silvestre da Ventania) criadas pelo Decreto nº.0261 de 15 de dezembro de 2010, com aproximadamente 21,75 km<sup>2</sup> (Rio de Janeiro, 2015).

Sendo assim, 60,28 km<sup>2</sup> são destinados a pastagens em geral e outros fins (figura 31). Observa-se que a área desta sub-bacia se encontra em avançado estado de degradação ambiental, que segundo SILVA et al. (2019), uma das causas para a degradação é o processo de ocupação e uso do solo, marcado, temporalmente, pelo plantio de cana-de-açúcar e café, pela pecuária e, mais recentemente, pela extração de rochas ornamentais.

Figura 31 – Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio. Uso do solo.



Fonte: O autor, 2020.

#### 6.1.8 Verificação da vazão do Ribeirão Santo Antônio

O conhecimento dos parâmetros ou das variáveis hidrológicas é de grande relevância para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, promovendo sugestões para medidas mitigadoras, no caso de ocorrência de impactos ao meio ambiente e à quantidade e qualidade de água, para as diferentes formas de uso (BONIFÁCIO, 2013).

Numa bacia hidrográfica, todos os cursos de água que mantém regime de escoamento permanente recebem águas subterrâneas de diversos sistemas aquíferos. Essas águas podem representar o escoamento de base ou o componente subterrâneo do escoamento superficial total. Em consequência disso, os deflúvios superficiais no tempo da estiagem dependem quase que exclusivamente da capacidade de retenção dos aquíferos e o estudo dessa variação sazonal poderá fornecer boas relações e revelações sobre as águas subterrâneas armazenadas (GONÇALVES, J. A. C., 2001).

De acordo com Zocoler J.L. et al., 2010, a atividade que mais utiliza água doce no mundo é a irrigação. Desta forma o conhecimento realista da disponibilidade do recurso deve sempre ser aferido. Não sendo de hoje que o homem tem a necessidade de medir as grandezas físicas dos cursos d'água.

Desse modo, os dados de vazão são importantes para estimar, por exemplo, o volume de água para o abastecimento humano, além da possível previsão e prevenção de inundações e enchentes, ou do volume mínimo de água sem prejuízo ecológico (BONIFÁCIO, 2013).

A tecnologia tem facilitado a aferição de diversas grandezas, como velocidade, pressão, temperatura e a vazão de um corpo d'água. Uma das variáveis importante é a determinação da vazão, diretamente relacionada com a disponibilidade dos recursos hídricos, serve de parâmetro para planificar o uso da água em uma bacia hidrográfica. A medição da vazão de um curso d'água é normalmente alcançada de forma indireta a partir da medida da velocidade média do escoamento ou de nível. Para medição da vazão de um curso d'água pode-se fazer uso de diversos aparelhos ou processos, como ADCP (Acoustic Doppler Current Profile), vertedores, calhas, molinete hidrométrico e o método do flutuador, sendo a escolha do método função da grandeza do corpo d'água, da precisão necessária e dos recursos disponíveis (ZOCOLER J.L et al., 2010, pág. 2).

O monitoramento das vazões fornece dados importantes que permite analisar a disponibilidade hídrica, além do comportamento de um determinado corpo hídrico possibilitando a formulação de projeções futuras no que diz respeito a gestão de recursos hídricos (SANTOS, 2018).

Cestonaro et al., (2007), afirma que vazão ou descarga de um rio é o volume de água que passa entre dois pontos por um dado período. Normalmente, é expressa em metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s). Sua medição é importante porque influencia a qualidade da água, os organismos que nela vivem e seus habitats.

**A vazão é influenciada pelo clima, aumentando durante os períodos chuvosos e diminuindo durante os períodos secos. Também pode ser influenciada pelas estações do ano, sendo menor quando as taxas de evaporação são maiores. (grifo nosso)**

#### 6.1.9 Local da verificação da vazão do Ribeirão Santo Antônio

A verificação da vazão foi realizada no Córrego Santo Antônio, no mês de setembro de 2019, época de estiagem, no trecho localizado na Fazenda Santa Margarida, Campelo, 9.º distrito de Santo Antônio de Pádua, coordenada geográfica S -21° 28' 38,5" W-42° 15' 05,5", com utilização do método do flutuador descrito por Bezerra et al., (2017); Cestonaro et al., (2007). O local escolhido possui vegetação ciliar apenas em uma das margens, e pastagem na outra, conforme observado nas fotos n.º 03. O Ribeirão Santo Antônio, entre sua nascente e o exutório possui climas do tipo subtropical, úmido; tropical e subtropical, subúmido, e tropical seco, conforme figura 30. Onde os índices hipsométricos encontram valores mínimos de 103 m e máximo de 861 m de altitude. Temperatura média, anual entre 22,8° a 26,1 °C e a pluviosidade média variam de 1350 a 1177 mm anuais, com um período chuvoso concentrado entre os meses de novembro a março.

Foto 03 – Vista parcial Ribeirão Santo Antônio – Local de verificação da vazão.



Fonte: O autor, 16 de setembro 2019.



Foto 04 – Vista parcial Ribeirão Santo Antônio.



Fonte: O autor, 16 de setembro 2019.

Figura 32 – Características morfológicas do canal

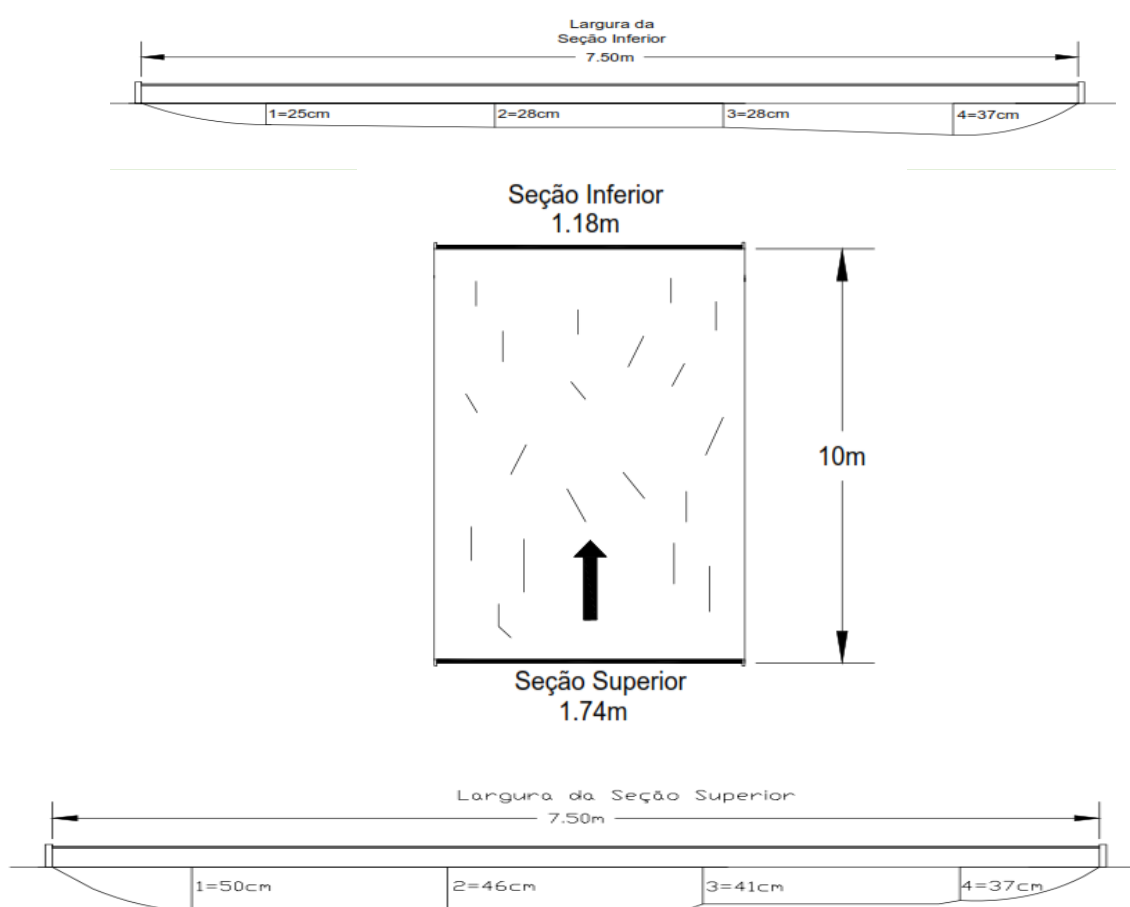


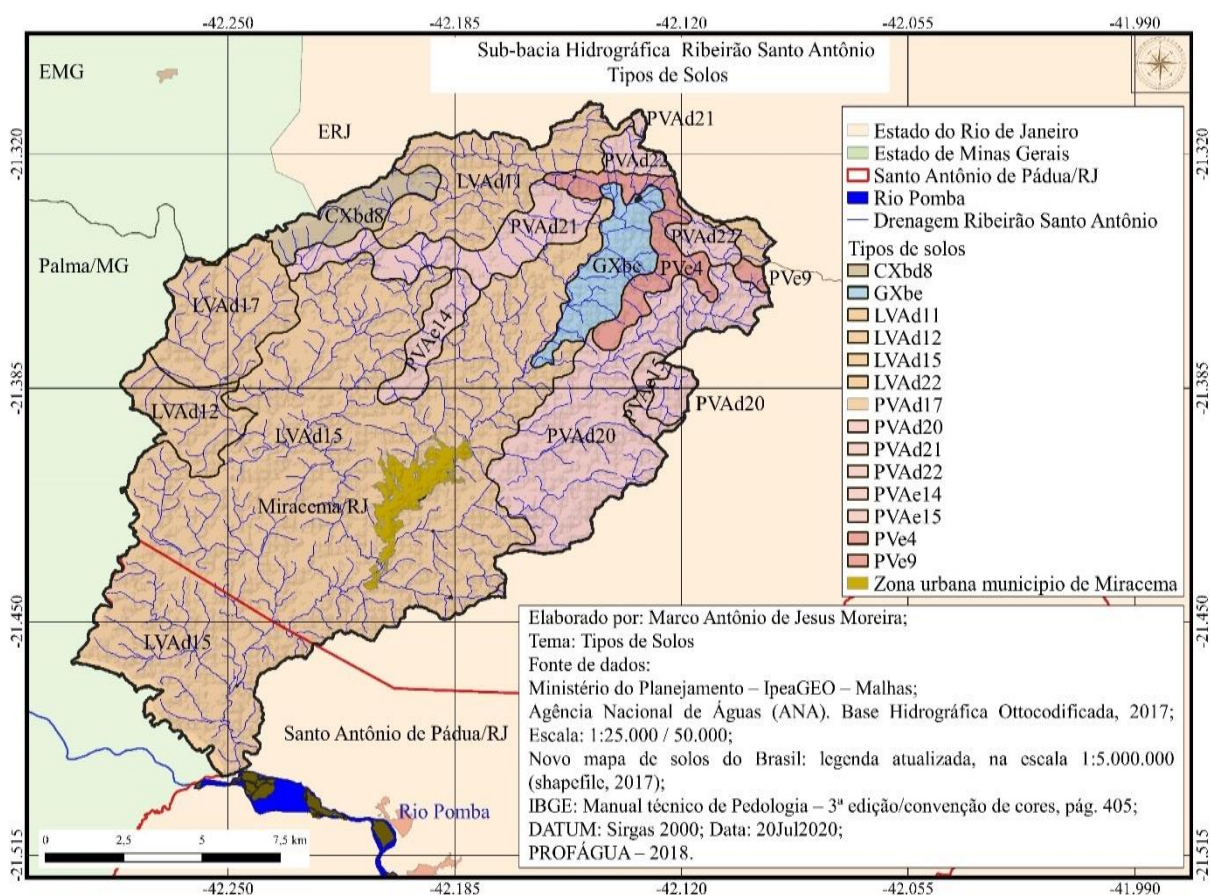
Tabela 10 - Valores médios referentes à área, velocidade e vazão do Ribeirão do Bonito.

| 1 <sup>a</sup>                                                          | 2 <sup>a</sup> | 3 <sup>a</sup> | 4 <sup>a</sup> |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| 1'37"                                                                   | 1'59"          | 1'31"          | 1'50"          |
| Largura do córrego x média da seção superior                            |                |                |                |
|                                                                         | 7,50           | 0,43 = 3,22m²  |                |
| Largura do córrego x média da seção inferior                            |                |                |                |
|                                                                         | 7,50           | 0,29 = 2,17m²  |                |
| Área média em m²                                                        |                |                |                |
| 3,22 + 2,17 = 5,39 / 2 = 2,69m²                                         |                |                |                |
| Área média x comprimento do trecho                                      |                |                |                |
| 2,69m² x 10 metros de comprimento = 26,9 / 104s (segundos) = 0,258 m³/s |                |                |                |
| VAZÃO AFERIDA                                                           |                |                |                |
| 15,48 m³/minuto                                                         |                |                |                |

Fonte: o autor, 2021.

#### 6.1.10 Natureza dos Solos Sub-bacia Hidrográfica Ribeirão Santo Antônio

Figura 33 - Mapa de solos da Sub-bacia Hidrográfica Ribeirão Santo Antônio



Fonte: O autor, 2020.

Quadro 05 - Tipos de solo da Sub-bacia Hidrográfica Ribeirão Santo Antônio.

(continua)

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CXbd8</b>  | CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura argilosa ou média + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, ambos textura argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso e forte ondulado (50-30-20%);                                                                                                                                                                                               |
| <b>GXbd8</b>  | Gleissolos Háplicos Tb Distróficos + Gleissolos Sálcos Órticos + Neossolos Quartzarênicos Órticos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>LVAd11</b> | LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, ambos textura argilosa ou muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (50-50%)                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>LVAd12</b> | LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou argissólico + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico ou argissólico, ambos textura argilosa ou muito argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou latossólico, textura argilosa/muito argilosa ou média/argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado e ondulado (40-30-30%);                                                                                                     |
| <b>LVAd15</b> | LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, ambos textura argilosa ou muito argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico, textura argilosa/muito argilosa ou média/argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado e forte ondulado (40-30-30%);                                                                                                                                             |
| <b>LVAd17</b> | LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, ambos textura argilosa ou muito argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico ou típico, textura argilosa/muito argilosa ou média/argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado (40-30-30%);                                                                                                                                                    |
| <b>LVAd22</b> | LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, ambos textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura média/argilosa ou argilosa/muito argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado (40-30-30%);                                                                                                                                                                               |
| <b>PVAd20</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou latossólico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico ou latossólico, textura argilosa/muito argilosa ou média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa ou muito argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado e ondulado (30-30-20-20%); |

Fonte: EMBRAPA, 2011. Adaptado pelo autor, 2021.

(Conclusão do quadro 05)

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PVAd21</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, ambos textura média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa ou muito argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura média, todos A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso (30-30-20-20%);                                                |
| <b>PVAd22</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou latossólico + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico ou latossólico, ambos textura média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou argissólico + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, ambos textura argilosa ou muito argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado e ondulado (30-30-20-20%); |
| <b>PVAe14</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado (70-30%);                                                                                                                                                     |
| <b>PVAe15</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado e montanhoso (70-30%);                                                                                                                                        |
| <b>PVe4</b>   | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHOAMARELO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo montanhoso e forte ondulado (60-40%).                                                                                                                                                                 |
| <b>PVe9</b>   | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHOAMARELO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo montanhoso e forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA, relevo escarpado e montanhoso (50-30-20%);                                                                                                       |

Fonte: EMBRAPA, 2011. Adaptado pelo autor, 2021.

Conforme as classes hidrológicas dos solos brasileiros (ANA, 2018, págs. 4 – 5), com relação os solos na sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio, há predominância do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, classificado no grupo A, que compreende os solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração uniforme quando completamente molhados, consistindo principalmente de areias ou cascalhos, ambos profundos e excessivamente drenados. Taxa mínima de infiltração: > 7,62 mm/h, seguido pelo ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e o CAMBISSOLO HÁPLICO classificados no grupo C, que compreende os solos contendo baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, principalmente com camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração. Taxa mínima de infiltração: 1,27-3,81 mm/h. Posteriormente, temos o

GLEISSOLOS HÁPLICOS, classificado no grupo D, que compreende os solos que possuem alto potencial de escoamento, tendo uma taxa de infiltração muito baixa quando completamente molhados, principalmente solos argilosos com alto potencial de expansão. Pertencem a este grupo, solos com grande permanência de lençol freático elevado, solos com argila dura ou camadas de argila próxima da superfície e solos expansivos agindo como materiais impermeabilizantes próximos da superfície. Taxa mínima de infiltração: < 1,27 mm/h.

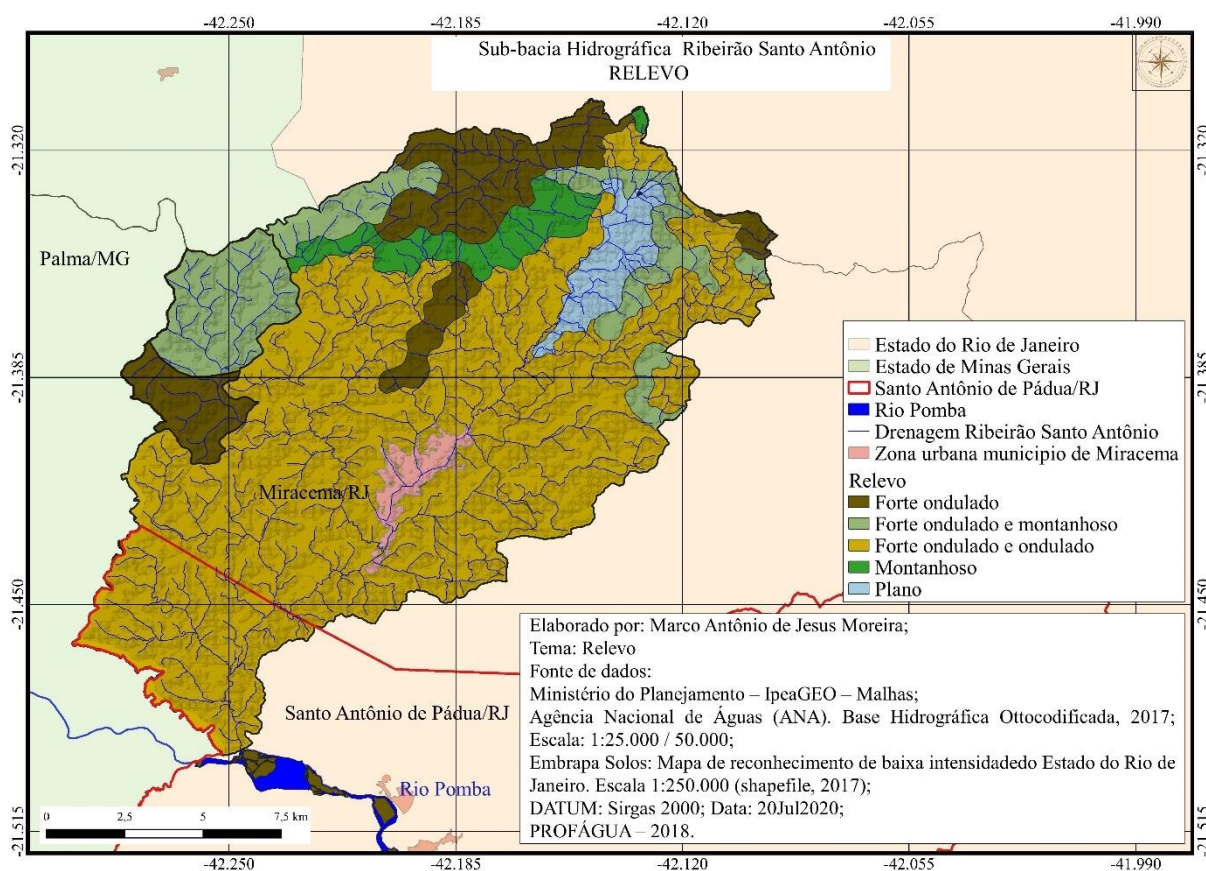
No entorno de Miracema e próximos à localidade de Morro do Coco são encontrados solos mais desenvolvidos e lixiviados (Latosolos Vermelho-Amarelos distróficos e Argissolos Vermelho-Amarelos latossólicos) sugerindo uma condição de maior umidade nessas áreas subordinadas (DANTAS M. E. et al., 2000).

#### 6.1.11 Relevo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio

Segundo VILELA; MATOS, 1975, pág. 17, o relevo de uma bacia hidrográfica tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, enquanto a temperatura, a precipitação, a evaporação etc. são funções da altitude da bacia. É de grande importância, portanto, a determinação de curvas características do relevo de uma bacia hidrográfica. Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), figura n.º 34, sessenta e nove virgula vinte e oito por cento da área da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio está compreendida entre o relevo forte-ondulado e ondulado (69,28%), treze virgula trinta e um por cento forte ondulado (13,31%), sete virgula vinte e dois por cento (7,22%) forte ondulado e montanhoso, cinco virgula sessenta e três por cento (5,63%) montanhoso e quatro virgula cinquenta e seis por cento (4,56%) plano. A declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, sobretudo devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial, reduzindo a possibilidade da infiltração de água no solo (CARDOSO et al., 2006).



Figura 34 – Relevo Sub-bacia Ribeirão Santo Antônio.



Fonte: O autor, 2020.

#### 6.1.12 Morfometria da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio

De acordo com STRAHLER (1957), a ordem da bacia aponta o grau de ramificação ou bifurcação na bacia, onde os canais primários (nascentes) são denominados 1.<sup>a</sup> ordem, a junção de dois canais primários forma um de 2.<sup>a</sup> ordem e assim por diante, exceto quando ocorre a junção de um canal de ordem inferior a outro de ordem superior, mantendo esta maior ordem. Neste trabalho, utilizou-se as ottobacias codificadas fornecida pela ANA, onde a ordem dos canais é contada de forma diferente da proposta apresentada por STRAHLER (1957). Neste caso, a partir da foz da bacia no mar (curso d'água que deságua diretamente no mar é de ordem 1 (um), o que deságua nele, de ordem 2 (dois), e assim por diante). Exemplificando, o Rio Paraíba do Sul é considerado de 1.<sup>a</sup> ordem, o Rio Pomba de 2.<sup>a</sup> ordem e o Ribeirão Santo Antônio de 3.<sup>a</sup> ordem, e assim sucessivamente. Neste caso, as nascentes

encontradas na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio seriam de 8.<sup>a</sup> ordem (figura 35).

Figura 35 – Hierarquia fluvial Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio.



Fonte: O autor, 2020.

A área da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio, localizadas nas coordenadas UTM norte: -21,306 000945, sul: -21.493102094 leste: - 42.093044773 oeste: - 42.292742278 Datum Sirgas 2000 e Meridiano Central 45°W, abrangendo os municípios de Miracema/RJ, Santo Antônio de Pádua/RJ e Palma/MG. De acordo com as análises realizadas, a sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio apresentou uma área de drenagem de 228,64 km<sup>2</sup> e perímetro igual a 90,57 km. Suas características morfométricas estão apresentadas na tabela 11.

Diante do resultado obtido para fator de forma (0,15), reforçado pelo resultado encontrado para coeficiente de compacidade (1,67) e índice de circularidade (0,35) pode-se inferir que a sub-bacia do ribeirão Santo Antônio é pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação, visto que tais valores encontrados apontam que a sub-bacia de estudo possui formato irregular, apresentando-se alongada.

De acordo com Castro et al., (2012, pág. 6-7) o formato alongado da sub-bacia denota menor possibilidade de precipitações intensas cobrirem simultaneamente toda sua extensão e, por conseguinte, menor a quantidade de água que chega simultaneamente à calha principal, reduzindo assim a incumbência do sistema de drenagem constituir uma drenagem com elevado grau de eficiência, considerando que quanto mais água o mesmo recebe mais demanda eficiência para impedir o extravasamento do canal.

A densidade de drenagem encontrada na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio foi de 2,22 km de rio para cada km de área da bacia (tabela 11). Um índice considerado baixo, mesmo tendo uma quantidade considerável de cursos de água. Conforme Villela e Mattos (1975 p.16), “pode-se afirmar que este índice varia de 0,5 km/km², para bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km², ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas”.

Segundo Cardoso et al (2006), o estudo da densidade de drenagem indica a maior ou menor velocidade com que a água escoar para o exutório, dessa forma, evidencia o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Esses valores ajudam substancialmente o planejamento do manejo da bacia hidrográfica.

Em relação ao índice de sinuosidade encontrado, de 2,1 (tabela 11), Teodoro et al. (2007), afirma que valores que ultrapassam 2 (dois) indicam canais com tendência a terem mais curvas. Coeficiente de manutenção (Cm) proposto por Schumm (1956), tem por finalidade fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. O referido autor considera-o como um dos valores numéricos mais importantes para a caracterização do sistema de drenagem, podendo ser calculado através da seguinte expressão  $Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000$  (CHRISTOFOLETTI, 1980, pág. 117).

Tabela 11. Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio (continua)

| Parâmetros                              | Unidade | Valores e Unidades |
|-----------------------------------------|---------|--------------------|
| Área (A)                                | Km²     | 228,64             |
| Perímetro (P)                           | Km      | 90.57              |
| Comprimento do canal principal          | Km      | 38,76              |
| Comprimento vetorial do canal principal | Km      | 19.21              |
| Comprimento total da rede de drenagem   | Km      | 509,27             |
| Altitude máxima                         | m       | 861                |
| Altitude mínima                         | m       | 103                |
| Ordem do córrego                        | -       | 3                  |
| Densidade de drenagem (Dd)              | Km/Km²  | 2,22               |

Fonte: GOMES, 2015; BARROS, 2017. Adaptado pelo autor, 2021.



(Continuação da tabela 11)

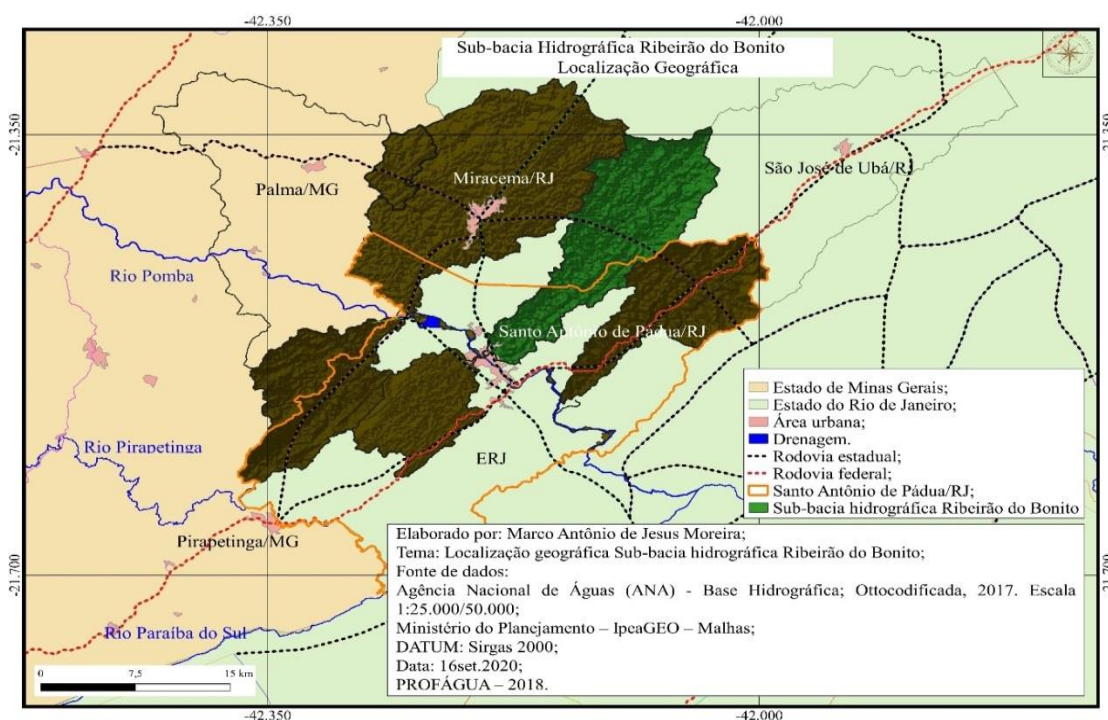
| Parâmetros                       | Unidade           | Valores e Unidades |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|
| Número de canais                 | -                 | 355                |
| Densidade hidrográfica (Dh)      | -                 | 1,55               |
| Índice de sinuosidade (Is)       | -                 | 2,01               |
| Fator de forma (F)               | -                 | 0,15               |
| Coefficiente de compacidade (Kc) | -                 | 1,67               |
| Índice de circularidade (Ic)     | -                 | 0,35               |
| Coefficiente de manutenção (Cm)  | m <sup>2</sup> /m | 450,45             |
| Extensão do percurso superficial |                   | 0,22               |
| Padrão de drenagem               | -                 | Dendrítica         |

Fonte: GOMES, 2015; BARROS, 2017. Adaptado pelo autor, 2021.

## 6.2 Sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito

A sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito, pertence à bacia hidrográfica do Rio Pomba, e está localizada na coordenada Norte: -21.191446233, Sul:- 21.571161705, Leste: - 41.856497258 e Oeste: - 42.515000112 com 74,8% no município de Miracema/RJ (104,47 km<sup>2</sup>) e 25,2% no município de Santo Antônio de Pádua/RJ (35,10 km<sup>2</sup>), região noroeste fluminense, conforme figura 36.

Figura 36 - Ilustra a localização geográfica da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.

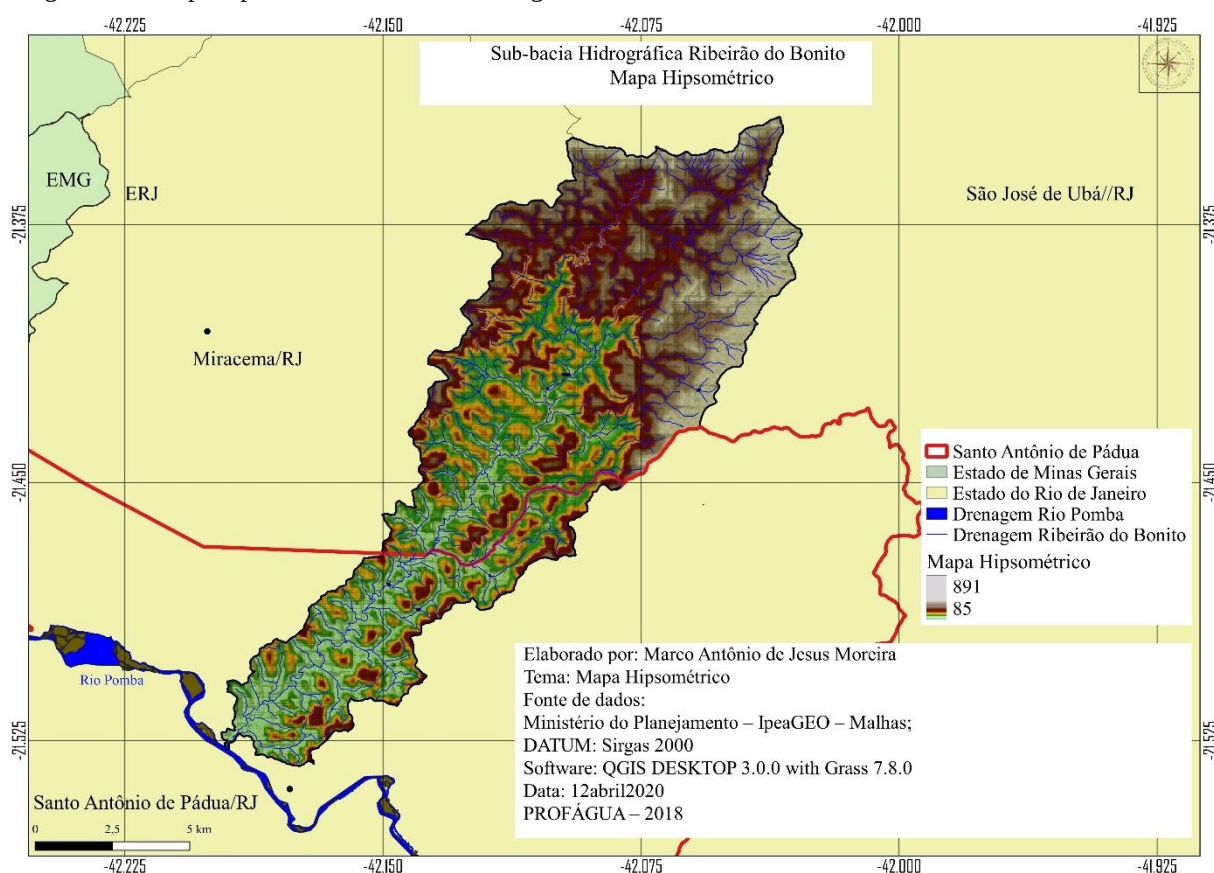


Fonte: O autor, 2020.

### 6.2.1 Hipsometria da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito

A altitude pode condicionar o clima de uma determinada região podendo invalidar o aspecto da zona climática na qual a bacia hidrográfica está inserida (MARCUIZZO et al., 2015). A sub-bacia do Ribeirão do Bonito tem sua cota máxima de altitude a 891 m variando até 85 m na sua foz (figura 37).

Figura 37 – Mapa hipsométrico sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.



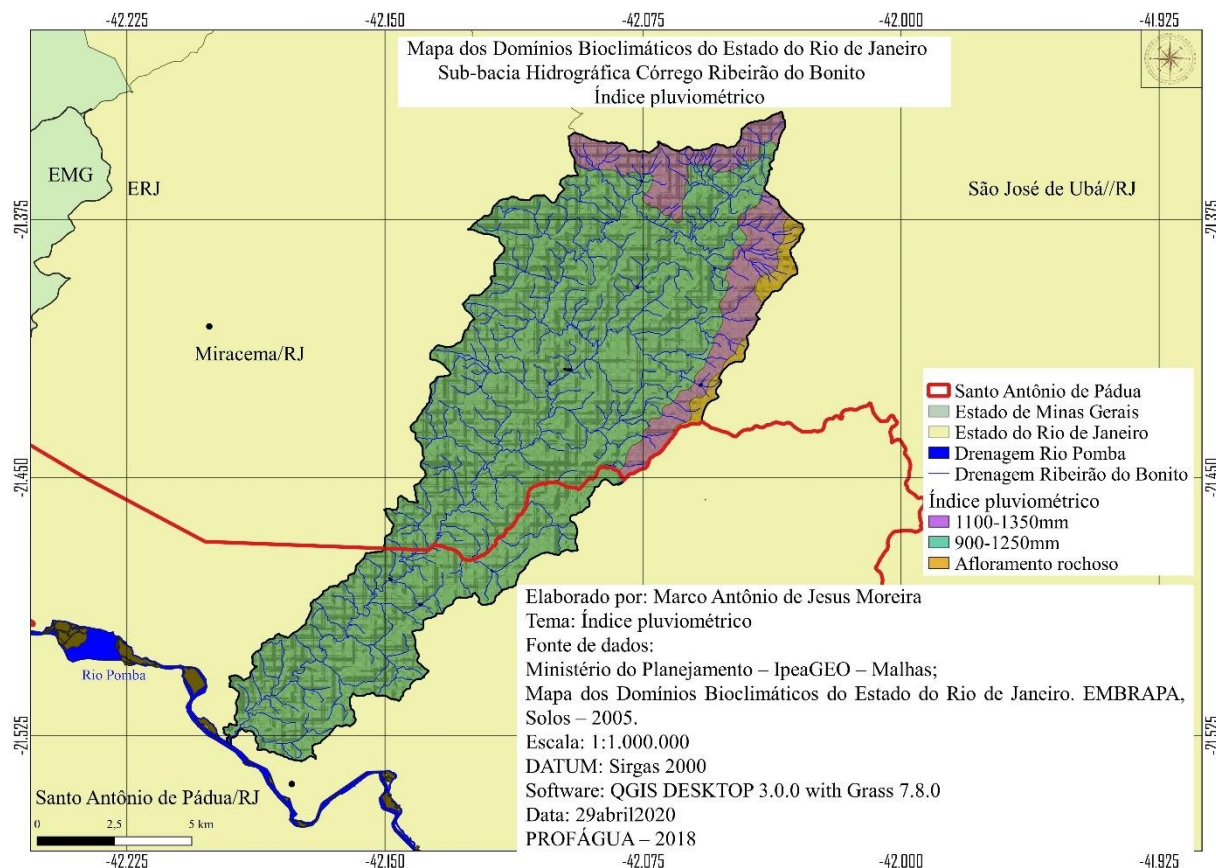
Fonte: O autor, 2020.

### 6.2.2 Índices pluviométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito

De acordo com o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), quanto ao índice pluviométrico, 86,6% do território da sub-bacia do Ribeirão do

Bonito se encontra entre 950 e 1250 mm anuais e, 13,4% entre 1100 e 1350 mm, conforme ilustra a figura 38 abaixo.

Figura 38 – Índices pluviométricos da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito.

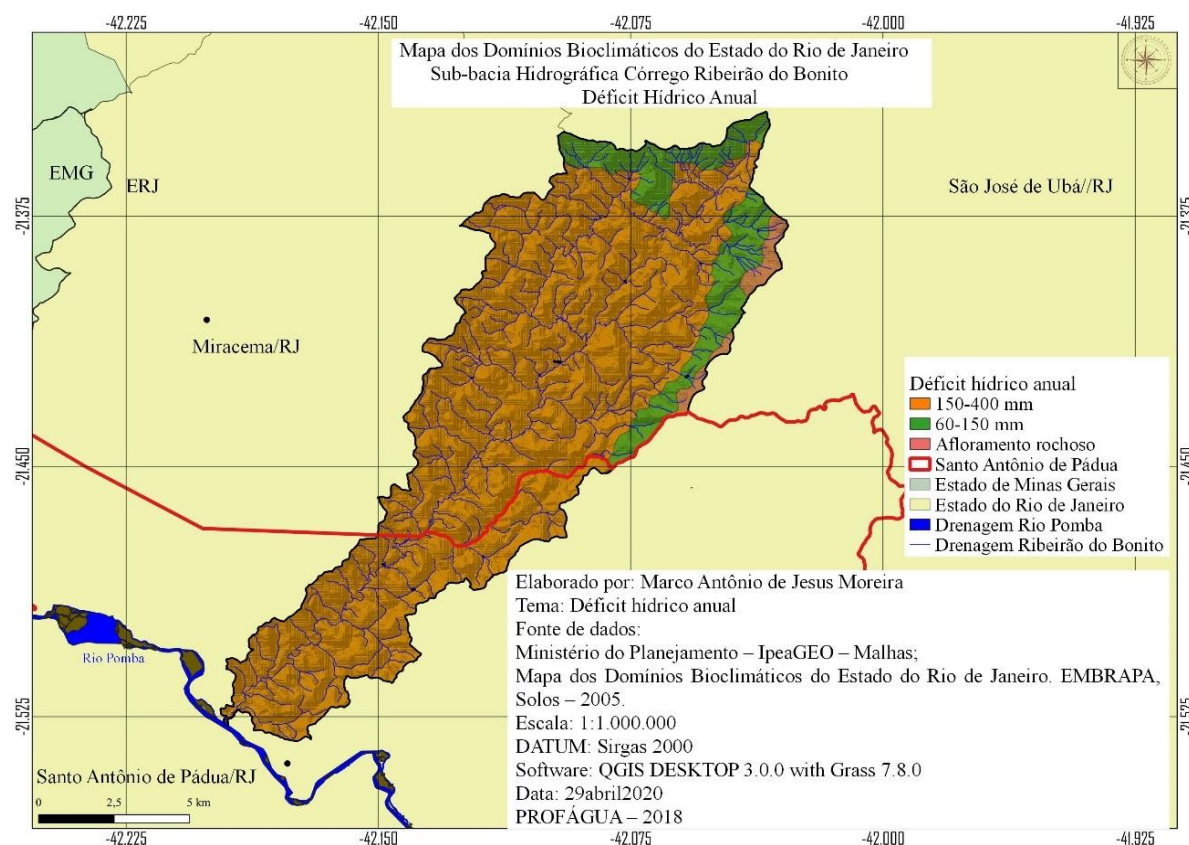


Fonte: O autor, 2020.

### 6.2.3 Déficit Hídrico da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), quanto ao déficit hídrico, 86,6% do território da sub-bacia do Ribeirão do Bonito se encontra entre 150 e 400 mm anuais e, 13,4% entre 60 e 150 mm, conforme ilustra a figura 39 abaixo.

Figura 39 – Retrata o déficit hídrico médio anual da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.



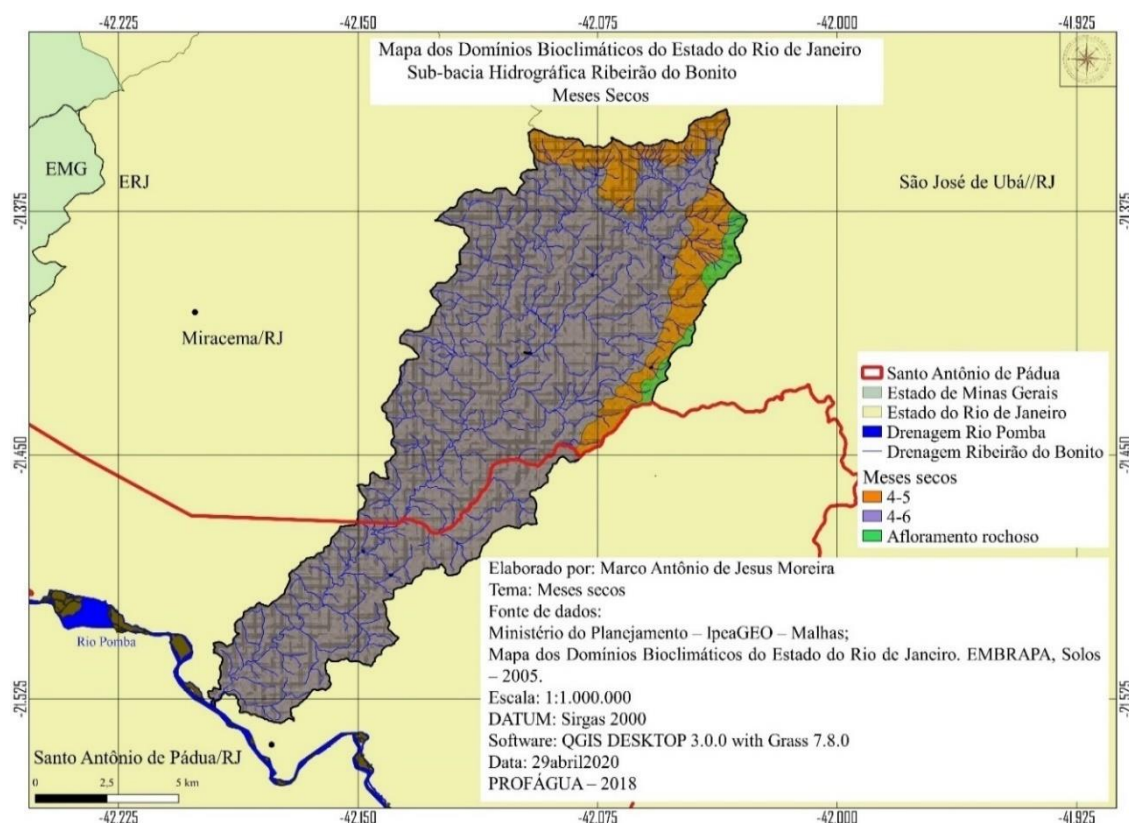
Fonte: O autor, 2020.

#### 6.2.4 Meses secos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito

De acordo com Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), 86,6% da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito, apresentam de 4 (quatro) a (seis) 6 meses secos e 13,4% 4 (quatro) a 5 (cinco) conforme figura 40 abaixo.



Figura 40 – Meses secos sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.

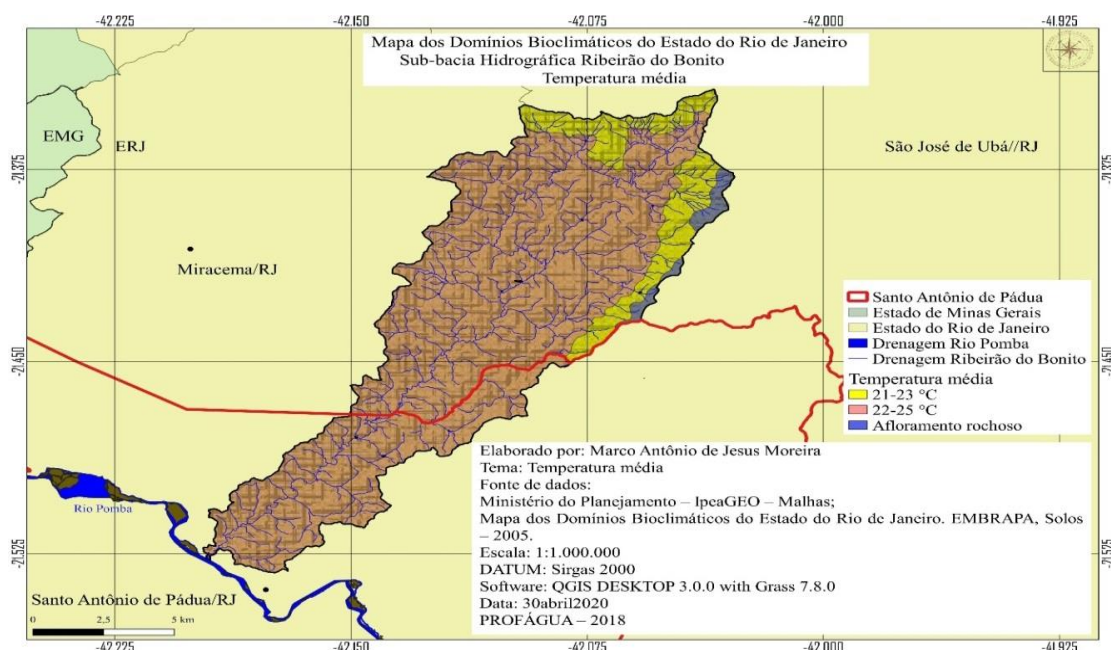


Fonte: O autor, 2020.

#### 6.2.5 Temperatura média da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito

De acordo com Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), 86,6% da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito, apresentam temperatura média em torno de 22°C a 25°C, e 13,4% entre de 21°C a 23°C, conforme figura 41 abaixo.

Figura 41 – Temperatura média verificada na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito.

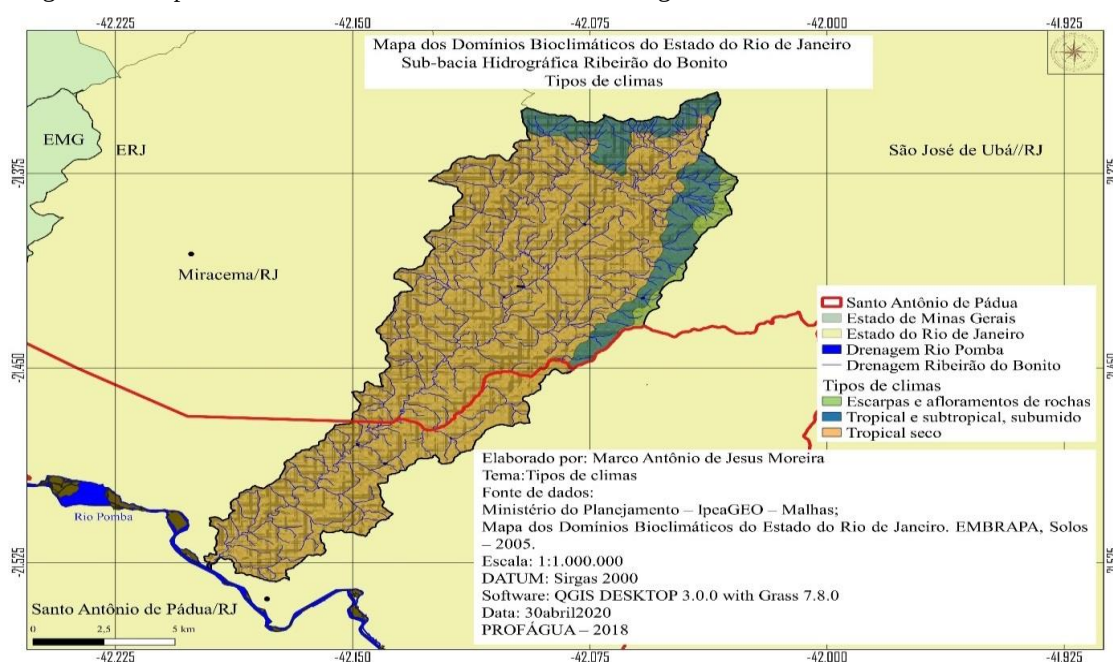


Fonte: O autor, 2020.

#### 6.2.6 Tipo de Clima da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), o tipo de clima predominante na sub-bacia Ribeirão do Bonito é o tropical seco, presente em 86,6%, seguido pelo tropical e subtropical, subsumido com 13,4%, conforme ilustra a figura 42.

Figura 42 – Tipos de climas encontrados na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito.

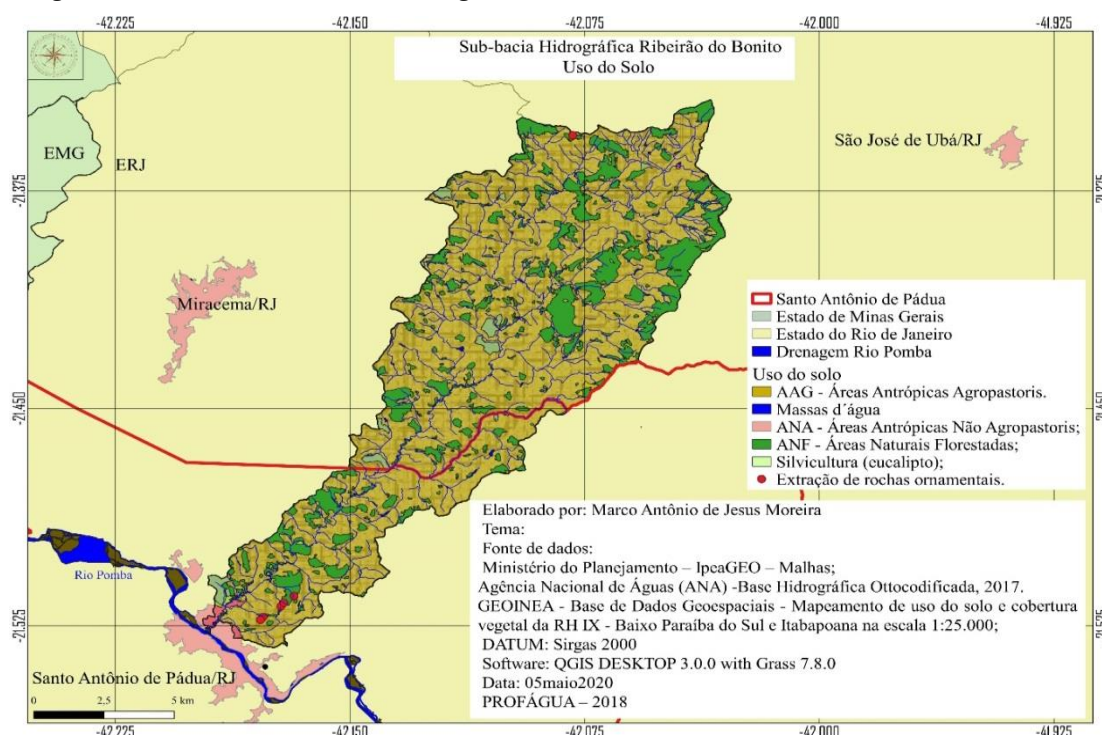


Fonte: O autor, 2020.

### 6.2.7 - Uso do solo sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito

A área territorial da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito, esta compreendida em 139,57 km<sup>2</sup>, que de acordo com o mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal da RH IX (Região hidrográfica nove) - Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (2019), foram encontradas 41,43 km<sup>2</sup> de áreas naturais florestadas (ANF), entorno de 278 fragmentos florestais distantes uns dos outros, praticamente sem função ecológica. Parte significativa destes fragmentos está situada em topos de morros e montanhas, e neste caso, preservados pela sua distância, declividade e pela dificuldade de acesso (SILVA A. S. et al., (?). Estes fragmentos são compostos por matas secundárias e terciárias, como verificado em campo BRASIL (2017). São observados ainda, 0,37 km<sup>2</sup> de áreas antrópicas não pastoris (ANA), onde estão localizadas as áreas urbanas e as extrações de rochas ornamentais e 0,15 km<sup>2</sup> de áreas antrópicas agropastoris (AAG), 0,08 km<sup>2</sup> de áreas naturais não florestadas (cordões arenosos, afloramentos rochosos, dunas, campos de altitude, entre outras) (NNF) e 0,30 km<sup>2</sup> de área de silvicultura. Ou seja, 97,24 km<sup>2</sup> são destinados a pastagens em geral e outros fins (figura 43). Observa-se que a área desta sub-bacia se encontra em avançado estado de degradação ambiental, que segundo SILVA (2019), uma das causas para a degradação é o processo de ocupação e uso do solo, marcado, ao longo do tempo, pelo plantio de cana-de-açúcar e café, pela pecuária e, mais recentemente, pela extração de rochas ornamentais.

Figura 43 – Uso do solo sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.



Fonte: O autor, 2020.



### 6.2.8 - Verificação da vazão do Ribeirão do Bonito

Observou-se que o fluxo de água deste córrego se encontrava interrompido em vários pontos. Sendo assim, a verificação da vazão do Ribeirão do Bonito, conforme a metodologia proposta, ficou prejudicada. Não sendo possível verificar se o fluxo de água foi interrompido pelo período de estiagem na região (foto 05), ou por construção de pequenas barragens de terra para a captação de água ao longo do seu percurso (foto 06). O fluxo natural foi normalizado no mês de novembro com a chegada das chuvas (foto 07), quando se dá o início ao período caracterizado por excedentes hídricos.

Foto 05 – Fluxo interrompido, em tese, pelo período de estiagem.



Fonte: O autor, 31 ago. 2019.



Foto 06 – Pequena barragem de terra para a captação de água.



Fonte: O autor, 27 de agosto 2019.

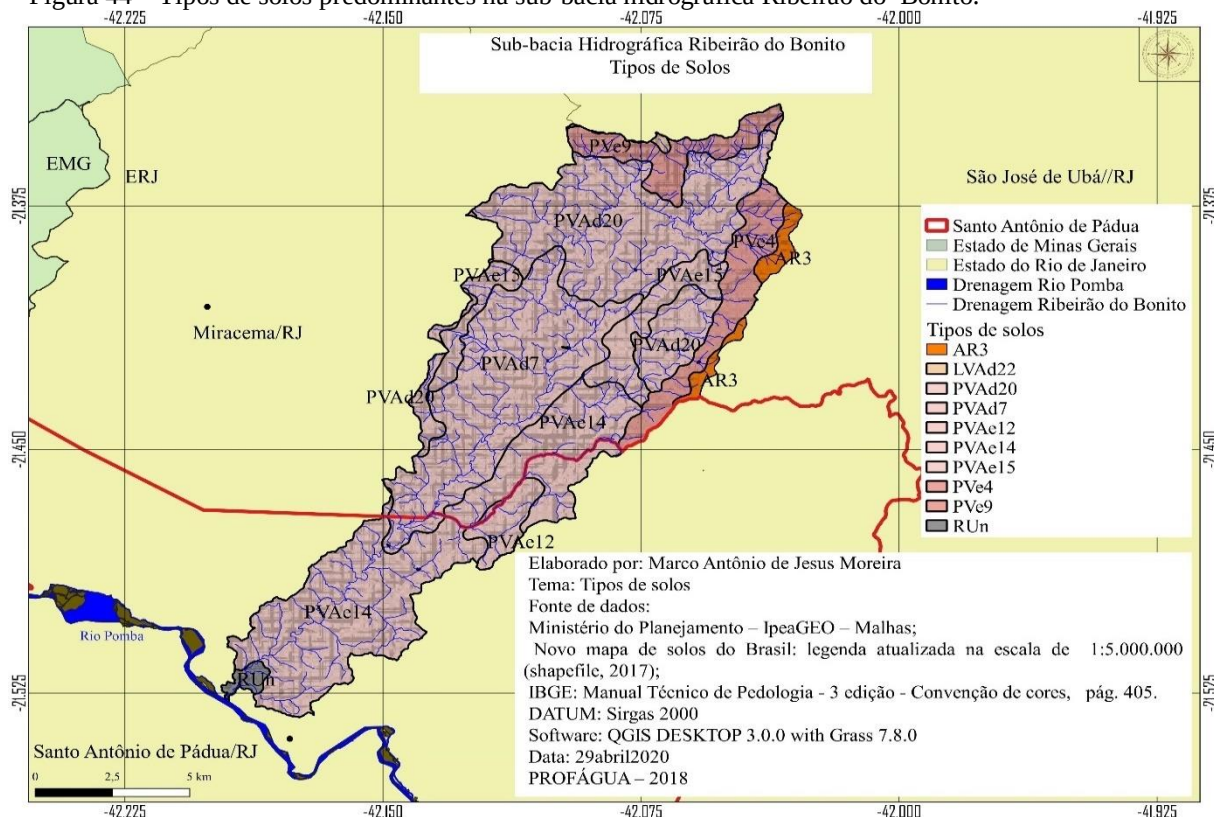
Foto 07 – Retrata o fluxo do Ribeirão do Bonito restabelecido.



Fonte: O autor, 24 de novembro 2019.

## 6.2.9 - Natureza dos Solos Sub-bacia Hidrográfica Ribeirão do Bonito

Figura 44 – Tipos de solos predominantes na sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.



Fonte: O autor, 2020.

Quadro 06 - Tipos de solo da Sub-bacia Hidrográfica Ribeirão do Bonito.

(continua)

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PVAe12</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado e forte ondulado (60-40%);                           |
| <b>PVAe14</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado (70-30%);              |
| <b>PVAe15</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado e montanhoso (70-30%); |

Fonte: EMBRAPA, 2011. Adaptado pelo autor, 2021.

(Conclusão do quadro 06)

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PVAd7</b>  | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou latossólico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico ou latossólico, todos textura média/argilosa ou argilosa/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado e forte ondulado (40-30-30%);                                                                                                                                                               |
| <b>PVe4</b>   | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHOAMARELO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo montanhoso e forte ondulado (60-40%);                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>PVe9</b>   | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHOAMARELO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo montanhoso e forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA, relevo escarpado e montanhoso (50-30-20%);                                                                                                                                                                                       |
| <b>LVAd22</b> | LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, ambos textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura média/argilosa ou argilosa/muito argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado (40-30-30%);                                                                                                                                                                               |
| <b>PVAd20</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou latossólico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico ou latossólico, textura argilosa/muito argilosa ou média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa ou muito argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado e ondulado (30-30-20-20%); |
| <b>RUn</b>    | NEOSSOLO FLÚVICO Sódico típico + NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico gleico, ambos textura média ou argilosa/média, fase floresta tropical subperenifólia de várzea + GLEISSOLO HÁPLICO Sódico* típico ou salino* + GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico solódico, ambos textura média ou argilosa, campo tropical higrófilo de várzea, todos A moderado, fase relevo plano (30-30-20-20%).                                                                                                         |

Fonte: EMBRAPA, 2011. Adaptado pelo autor, 2021

De acordo com as classes hidrológicas dos solos brasileiros (ANA, 2018, págs. 4 - 5), com relação a natureza dos solos na sub-bacia do Ribeirão do Bonito, há predominância do ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, ARGISSOLO VERMELHO e NEOSSOLO FLÚVICO, ambos classificados no grupo C, que compreende os solos contendo baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, principalmente com camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração. Taxa mínima de infiltração: 1,27-3,81 mm/h. Em

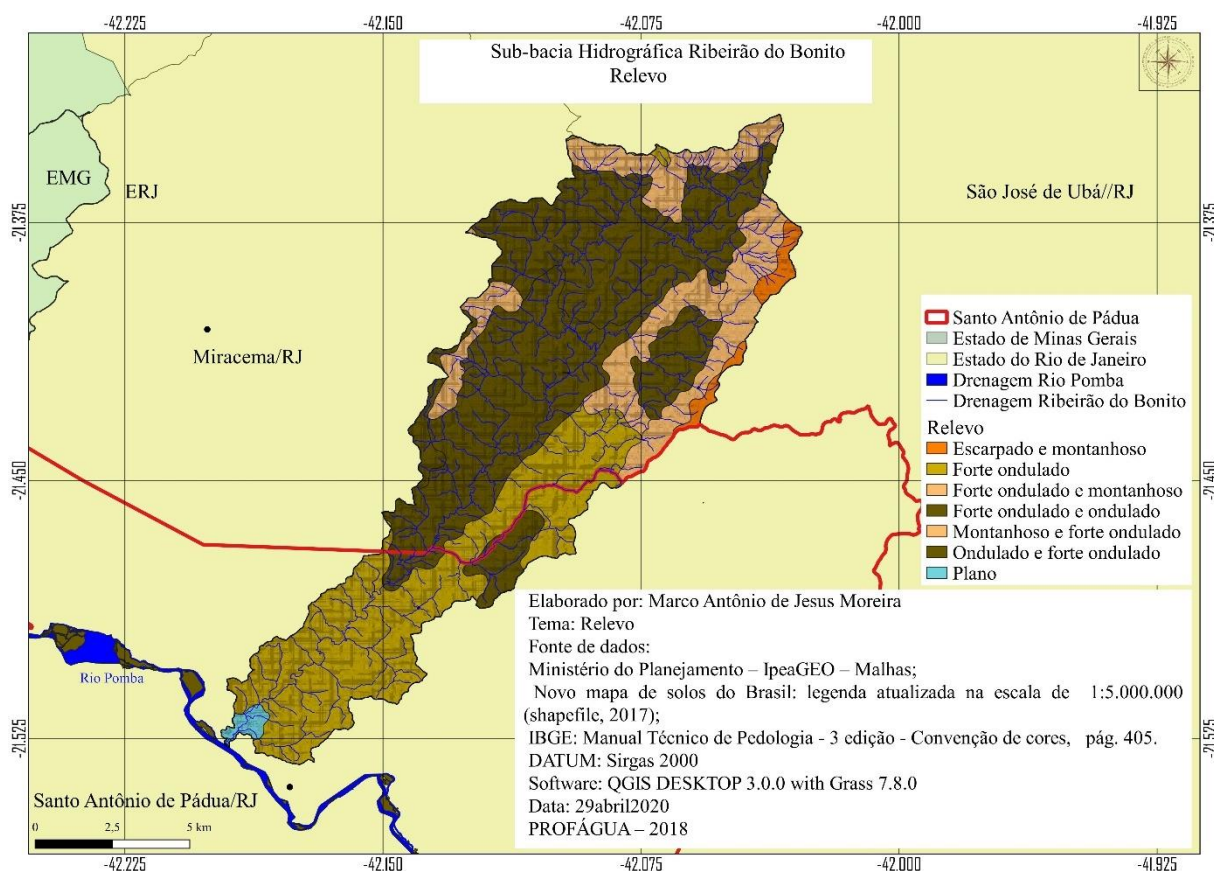


seguida, encontra-se uma pequena fração do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, classificado no grupo A, que compreende os solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração uniforme quando completamente molhados, consistindo principalmente de areias ou cascalhos, ambos profundos e excessivamente drenados. Taxa mínima de infiltração: > 7,62 mm/h.

#### 6.2.10 Relevo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito

De acordo com o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro, figura n.º 45, 53,17% da área da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito está compreendida entre o relevo forte-ondulado e ondulado, 28,09%, forte ondulado, 18,01% ondulado e suave ondulado e 0,73% plano. A declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, sobretudo devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial, reduzindo a possibilidade da infiltração de água no solo (CARDOSO et al., 2006).

Figura 45 – Relevo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito.



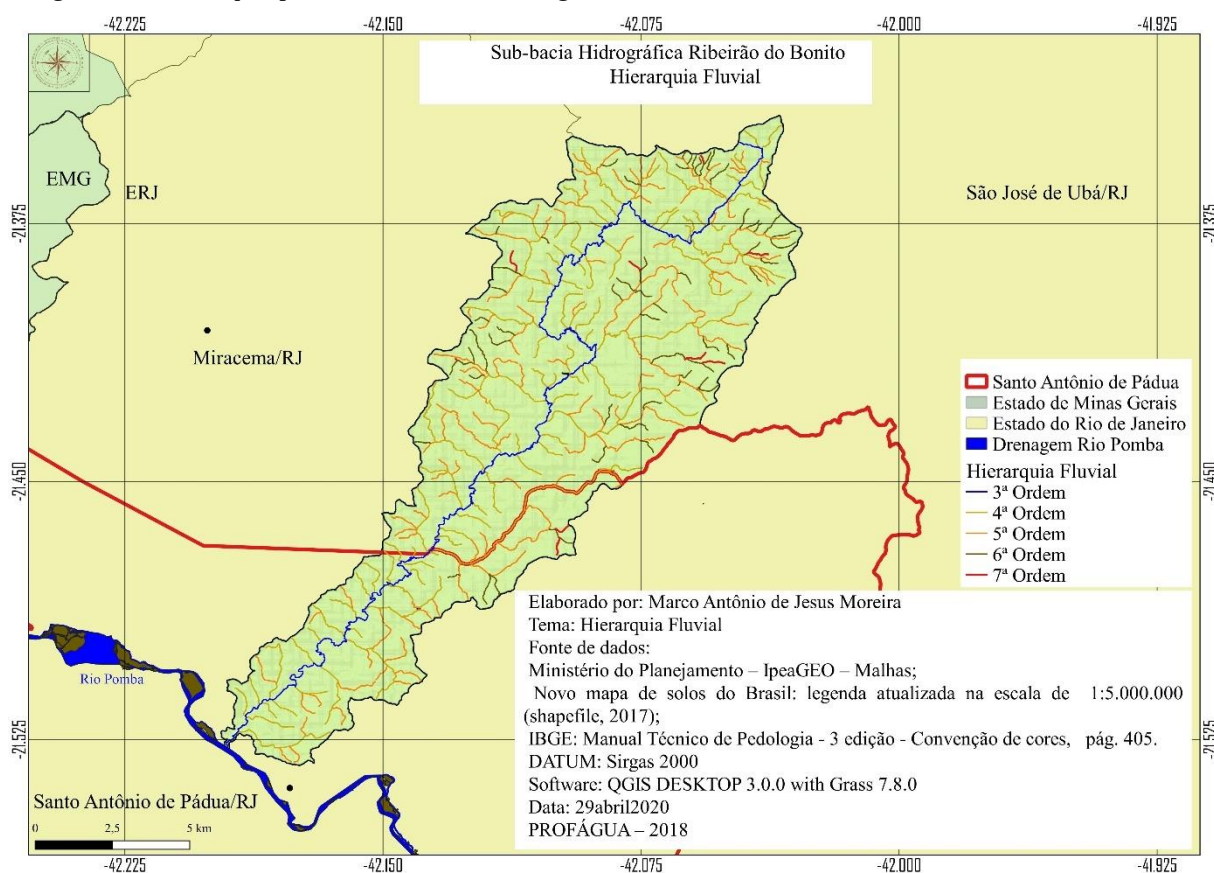
Fonte: O autor, 2020.

### 6.2.11 Morfometria da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito

De acordo com STRAHLER (1957), a ordem da bacia aponta o grau de ramificação ou bifurcação dentro da bacia, onde os canais primários (nascentes) são denominados de 1.<sup>a</sup> ordem, a junção de dois canais primários forma um de 2.<sup>a</sup> ordem e assim por diante, exceto quando ocorre a junção de um canal de ordem inferior a outro de ordem superior, mantendo esta maior ordem.

Neste trabalho, utilizou-se as otobacias codificadas fornecida pela ANA, onde a ordem dos canais é contada de forma diferente da proposta apresentada por STRAHLER (1957). Neste caso, a partir da foz da bacia no mar (curso d'água que deságua diretamente no mar é ordem 1, o que deságua nele é 2, e assim por diante). Exemplificando, o Rio Paraíba do Sul é considerado de 1.<sup>a</sup> ordem, o Rio Pomba de 2.<sup>a</sup> ordem e o Córrego do Bonito de 3.<sup>a</sup> ordem, e assim por diante. Neste caso, as nascentes encontradas na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio seriam de 7.<sup>a</sup> ordem (figura 46).

Figura 46 – Hierarquia pluvial da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito.



Fonte: O autor, 2020.

A área da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito, localizadas nas coordenadas UTM norte: -21.334942121, sul: -21.547849415 leste: -41.925245399 oeste: -42.282461173 Datum Sirgas 2000 e Meridiano Central 45°W, abrangendo os municípios de Miracema/RJ e Santo Antônio de Pádua/RJ. Conforme as análises realizadas, a sub-bacia do Ribeirão do Bonito apresentou uma área de drenagem de 139,57 km<sup>2</sup> e perímetro igual a 84,60 km. Suas características morfométricas serão apresentadas na tabela 12 abaixo. Diante do resultado obtido para fator de forma (0,06), reforçado pelo resultado encontrado para coeficiente de compacidade (2,00) e índice de circularidade (0,24), pode-se inferir que a sub-bacia do ribeirão Santo Antônio é pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação, visto que tais valores encontrados apontam que a sub-bacia de estudo possui formato irregular, apresentando-se alongada.

De acordo com Castro et al., (2012, pág. 6-7) o formato alongado da sub-bacia denota menor possibilidade de precipitações intensas cobrirem simultaneamente toda sua extensão e, por conseguinte, menor a quantidade de água que chega simultaneamente à calha principal, reduzindo assim a incumbência do sistema de drenagem constituir uma drenagem com elevado grau de eficiência, considerando que quanto mais água o mesmo recebe mais demanda eficiência para impedir o extravasamento do canal.

Sobre a densidade de drenagem, CARDOSO et al., (2006) afirma que o sistema de drenagem é formado pelo rio principal e seus tributários.

E prossegue:

Seu estudo indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, sendo, assim, o índice que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede – sejam eles perenes, intermitentes ou temporários – e a área total da bacia (CARDOSO et al., (2006).

A densidade de drenagem encontrada na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Bonito foi de 2,43 km de rio para cada km de área da bacia (Tabela 12). Conforme Villela e Mattos (1975 p.16), “pode-se afirmar que este índice varia de 0,5 km/km<sup>2</sup>, para bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km<sup>2</sup>, ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas”. O índice de sinuosidade encontrado foi de (1,87). Segundo Santos et. al., (2012), o índice de sinuosidade (Is) é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal. Este índice expressa a velocidade de escoamento do canal principal. Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor. Segundo Freitas (1952) citado por Santos et al (2012), valores de

(Is) próximos à unidade indicam canais retilíneos, valores de (Is) superiores a 2 indicam canais sinuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais. Com relação ao Coeficiente de Manutenção, o valor encontrado foi de 411,52m<sup>2</sup>/m, significando que cada metro de canal fluvial exige a área mínima acima para sua manutenção.

Tabela 12- Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito.

| Parâmetros                              | Unidade            | Valores e Unidades |
|-----------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Área (A)                                | Km <sup>2</sup>    | 139,57             |
| Perímetro (P)                           | Km                 | 84,60              |
| Comprimento do canal principal          | Km                 | 48,11              |
| Comprimento vetorial do canal principal | Km                 | 25,64              |
| Comprimento total da rede de drenagem   | Km                 | 339,59             |
| Altitude máxima                         | m                  | 982                |
| Altitude mínima                         | m                  | 78                 |
| Ordem do córrego                        | -                  | 3                  |
| Densidade de drenagem (Dd)              | Km/Km <sup>2</sup> | 2,43               |
| Número de canais                        | -                  | 259                |
| Densidade hidrográfica (Dh)             | -                  | 1,85               |
| Índice de sinuosidade (Is)              | -                  | 1,87               |
| Fator de forma (Ff)                     | -                  | 0,06               |
| Coeficiente de compacidade (Kc)         | -                  | 2,00               |
| Índice de circularidade (Ic)            | -                  | 0,24               |
| Coeficiente de manutenção (Cm)          | m <sup>2</sup> /m  | 411,52             |
| Extensão do percurso superficial        |                    | 0,20               |
| Padrão de drenagem                      | -                  | Dendrítica         |

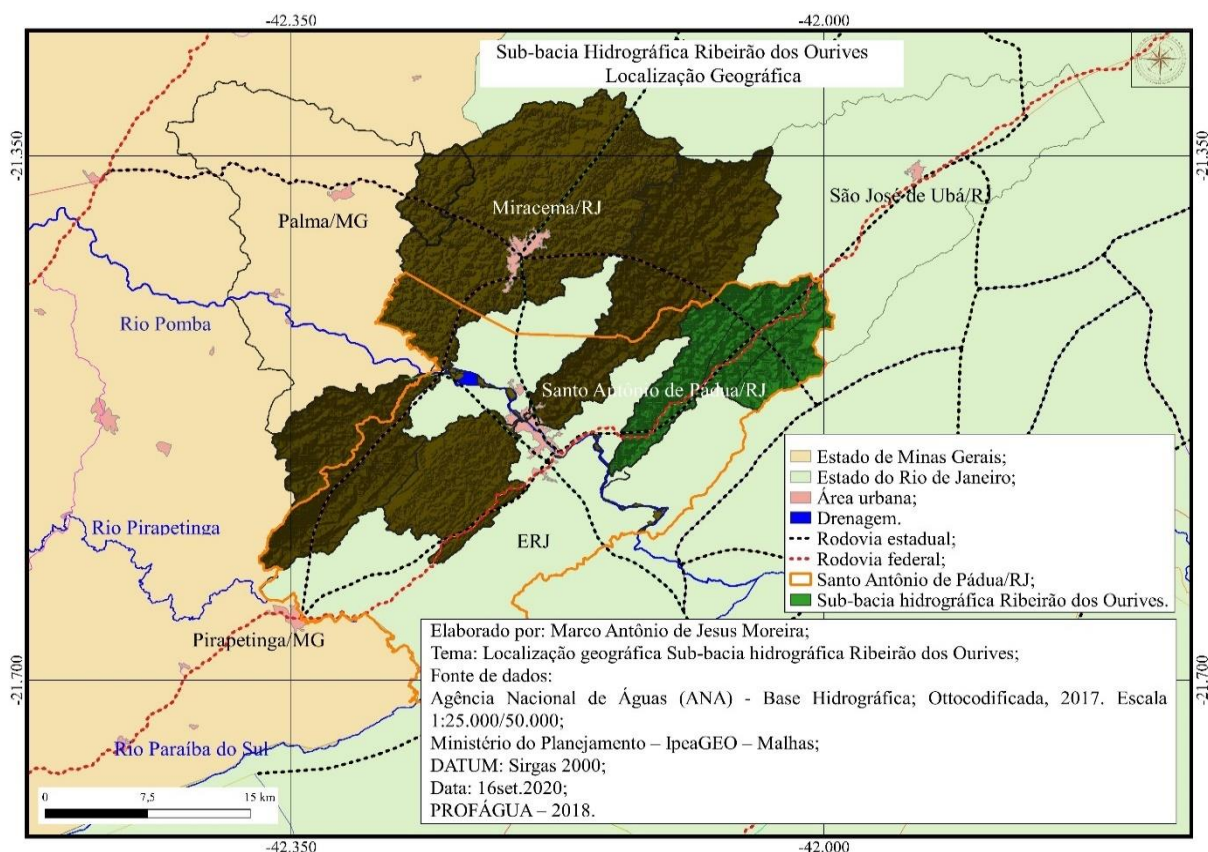
GOMES, 2015; BARROS, 2017. Adaptado pelo autor, 2021.



### 6.3. Sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives

A sub-bacia hidrográfica do Ribeirão dos Ourives, pertence à bacia hidrográfica do Rio Pomba, e está localizada na coordenada norte: -21.289551160, Sul: -21.669266632, leste: -41.842381441 e oeste: -42.500884296, com 100% no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, noroeste fluminense, conforme figura 47.

Figura 47 – Localização geográfica da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão dos Ourives.

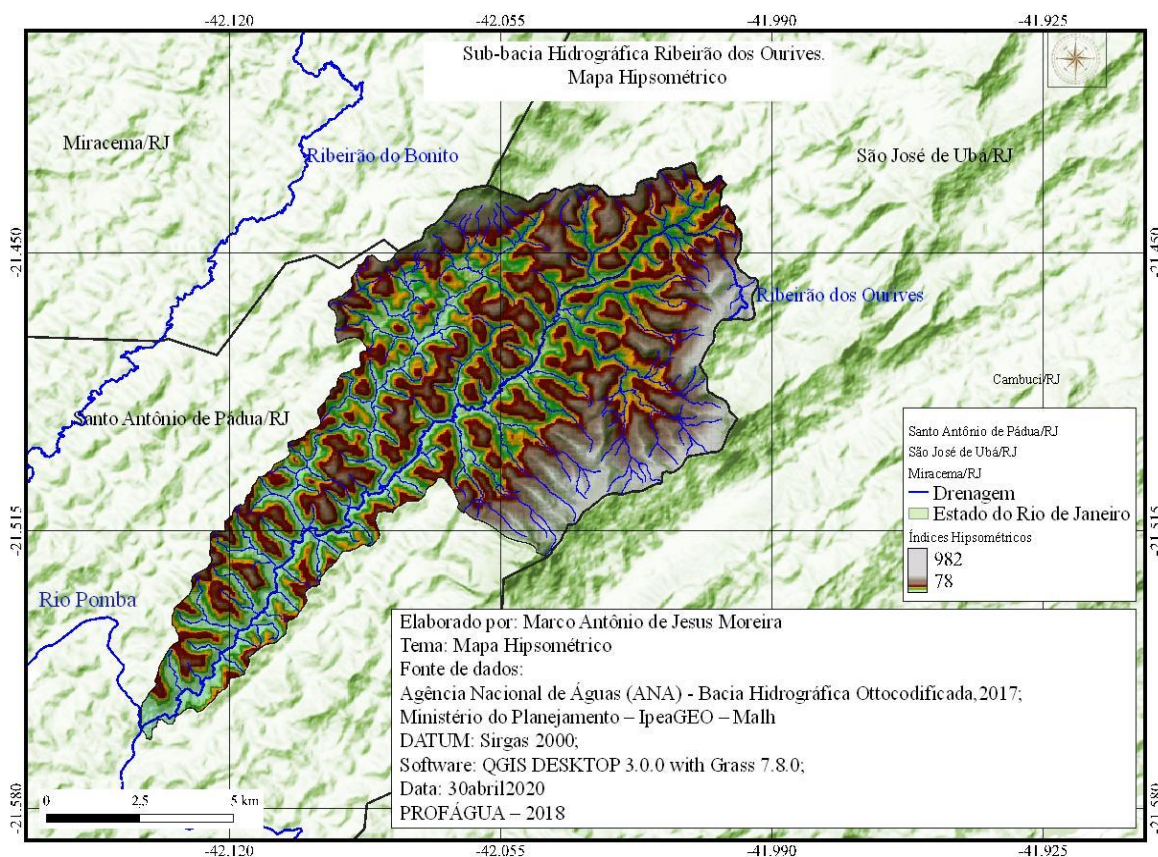


Fonte: O autor, 2020.

### 6.3.1 Hipsometria da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives

A altitude pode condicionar o clima de uma determinada região podendo invalidar o aspecto da zona climática em que a bacia hidrográfica está inserida (MARCUIZZO et al., 2015). A sub-bacia do Ribeirão dos Ourives tem sua cota máxima de altitude a 982 m variando até 78 m na sua foz (figura 48), apresentando diferentes tipos de relevo.

Figura 48 - Mapa hipsométrico sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives

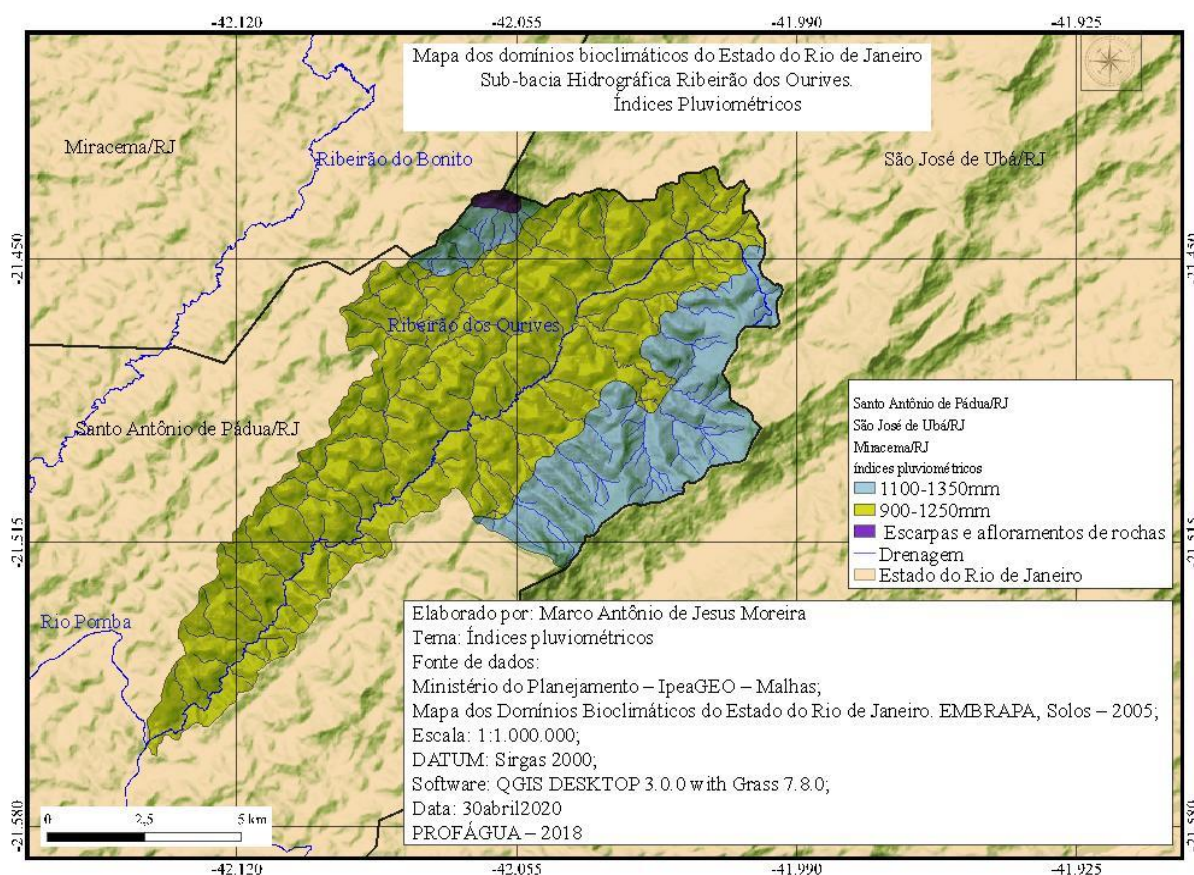


Fonte: O autor, 2020.

### 6.3.2 Índices pluviométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives

De acordo com Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), quanto ao índice pluviométrico, 80,22% do território da sub-bacia do Ribeirão dos Ourives se encontra entre 950 e 1250 mm anuais e, 19,78% entre 1100 e 1350 mm conforme ilustra a figura 49 abaixo.

Figura 49 – Índices pluviométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.



Fonte: O autor, 2020.

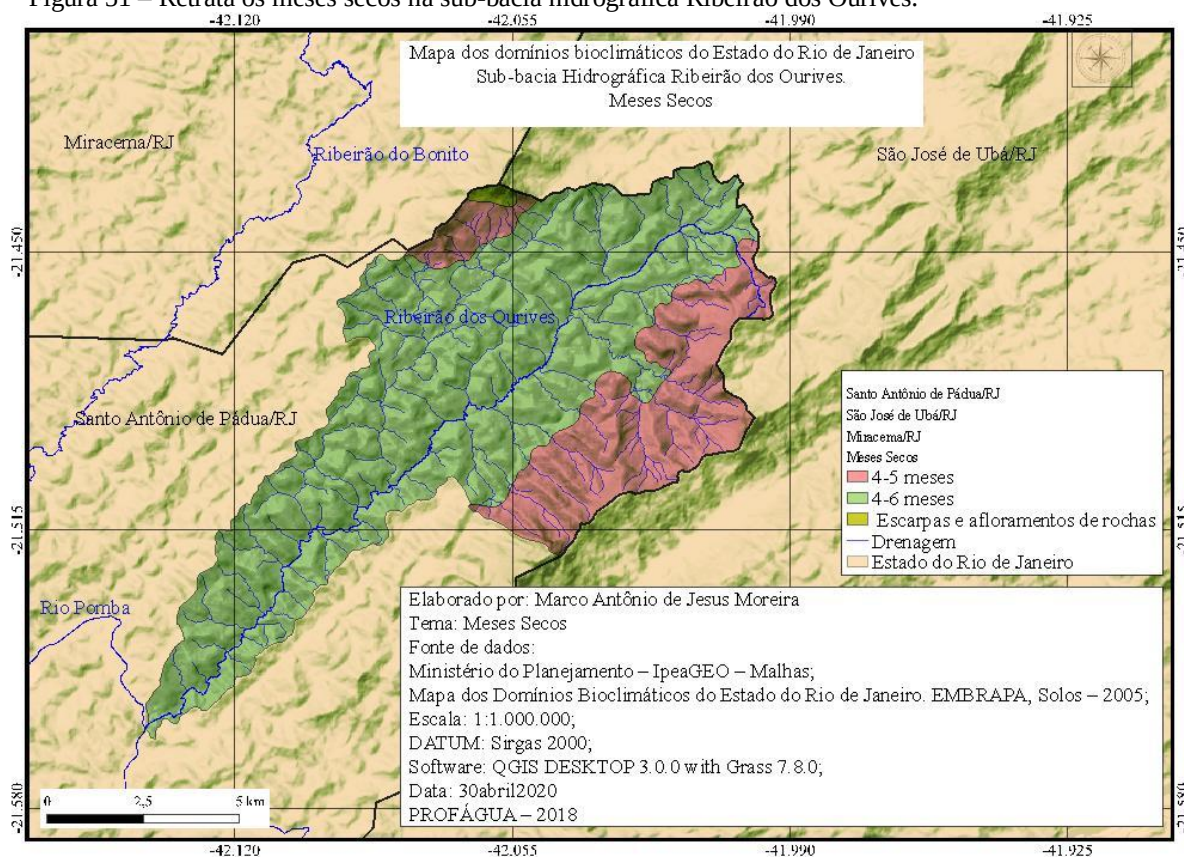




### 6.3.4 Meses secos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), em relação aos meses secos, 80,22% do território da sub-bacia do Ribeirão dos Ourives se encontra entre 4 e 6 e 19,78% entre 4 e 5 conforme ilustra a figura 51 abaixo.

Figura 51 – Retrata os meses secos na sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.



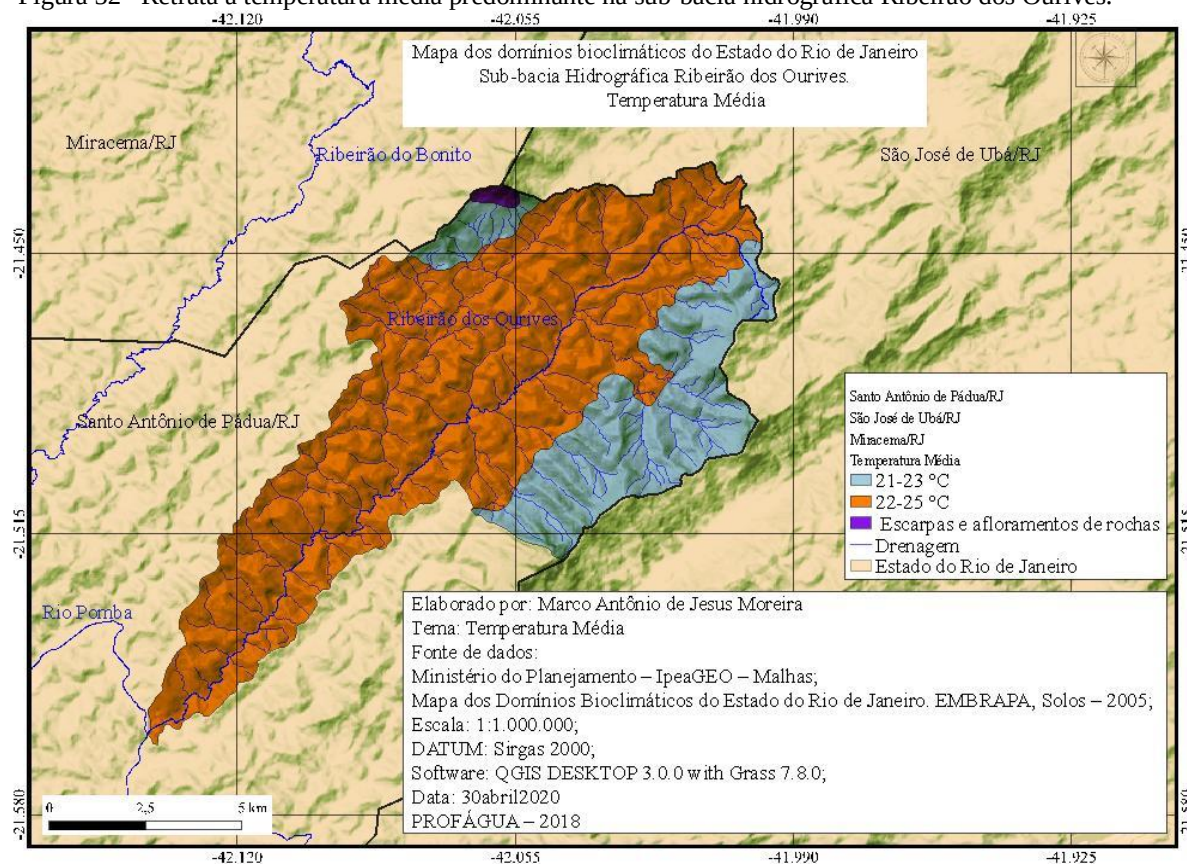
Fonte: O autor, 2020.



### 6.3.5 Temperatura média da sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives

De acordo com o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), com relação à temperatura média, 80,22% do território da sub-bacia do Ribeirão dos Ourives se encontra entre 22.º e 25.º e 19,78% entre 21.º e 23.º conforme ilustra a figura 52.

Figura 52– Retrata a temperatura média predominante na sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.

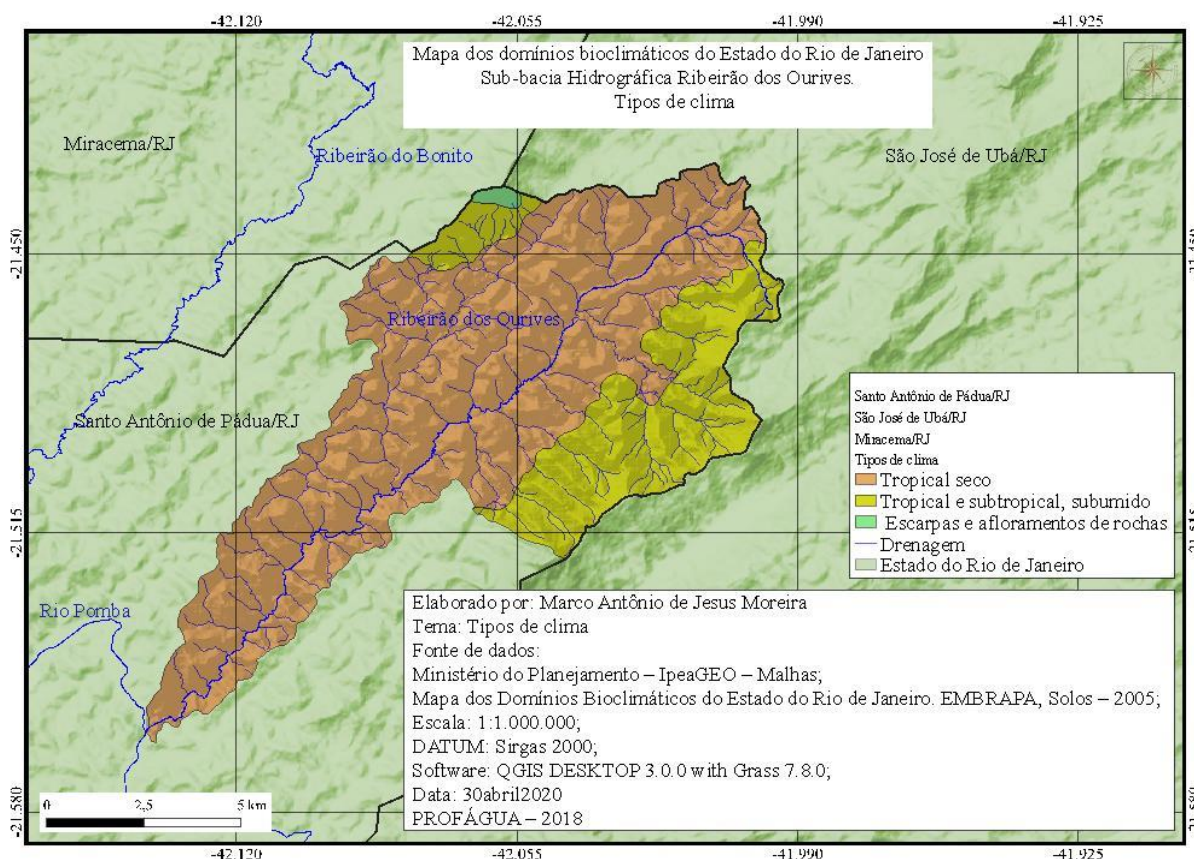


Fonte: O autor, 2020.

### 6.3.6 Tipos de clima da sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), o tipo de clima predominante na sub-bacia Ribeirão dos Ourives é o tropical seco, presente em 80,22%, seguido pelo tropical e subtropical, subsumido com 19,78%, conforme ilustra a figura 53.

Figura 53 – Tipos de climas predominantes na sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.



Fonte: O autor, 2020.

### 6.3.7 Uso do solo sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives

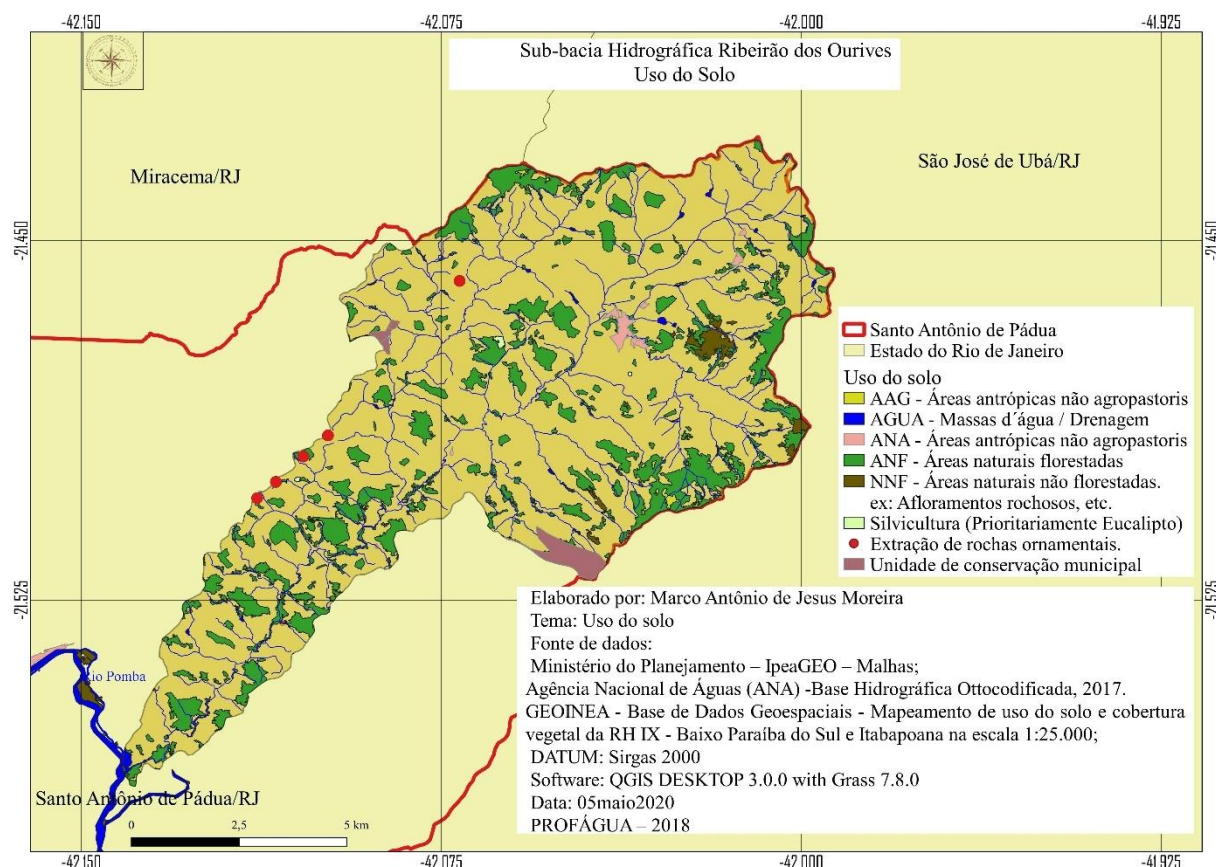
A área territorial da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão dos Ourives, esta compreendida em 93,37 km<sup>2</sup>, que conforme o mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal da RH IX (Região hidrográfica nove) — Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (2019), foram encontradas 37,88 km<sup>2</sup> de áreas naturais florestadas (ANF), entorno de 251 fragmentos florestais distantes uns dos outros, praticamente sem função ecológica. Parte significativa



destes fragmentos está situada em topos de morros e montanhas, e neste caso, preservados pela sua distância, declividade e pela dificuldade de acesso. Estes fragmentos são compostos por matas secundárias e terciárias, como verificado em campo BRASIL et al., (?). São observados ainda, 0,37 km<sup>2</sup> de áreas antrópicas não pastoris (ANA), onde estão localizadas as áreas urbanas e as extrações de rochas ornamentais e 0,15 km<sup>2</sup> de áreas antrópicas agropastoris (AAG), 1,09 km<sup>2</sup> de áreas naturais não florestadas (cordões arenosos, afloramentos rochosos, dunas, campos de altitude, entre outras) (NNF) e 0,06 km<sup>2</sup> de área de silvicultura. Ou seja, 53,82 km<sup>2</sup> são destinados a pastagens em geral e outros fins (figura 54).

Observa-se que a área desta sub-bacia se encontra em avançado estado de degradação ambiental, que segundo Silva (2019), uma das causas para a degradação é o processo de ocupação e uso do solo, marcado, temporalmente, pelo plantio de cana-de-açúcar e café, pela pecuária e, mais recentemente, pela extração de rochas ornamentais. A área da sub-bacia hidrográfica Córrego dos Ourives abriga o Monumento Natural Municipal da Serra de Frecheiras, criado pelo Decreto n.º 119 de 4 de outubro 2013, com área territorial de 4,57 km<sup>2</sup>, e o Parque Natural Municipal da Mata Atlântica, consoante a Lei n.º 3.335 de 25 de março 2010, com área de 0,52 km<sup>2</sup>.

Figura 54 – Uso do solo sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives



Fonte: O autor, 2020.

### 6.3.8 Verificação da vazão do Ribeirão dos Ourives

A verificação da vazão do Ribeirão dos Ourives ficou prejudicada, pelo fato de o mesmo não apresentar condições técnicas satisfatórias, entre os meses de agosto e setembro. Havendo interrupção do fluxo natural da água em diversos pontos, em tese, provocados por fatores climáticos (índices pluviométricos baixos) nos meses que antecederam a verificação, tipos de solos presentes na área da bacia, relevo, construção de pequenas barragens nas propriedades rurais, que impedem o fluxo natural da água e o assoreamento ocasionado por falta de proteção das margens (ausência de APP), conforme ilustra a foto n.º 08.

Foto 08 - Trecho do Ribeirão dos Ourives próximo ao distrito de Ibitiguaçu.



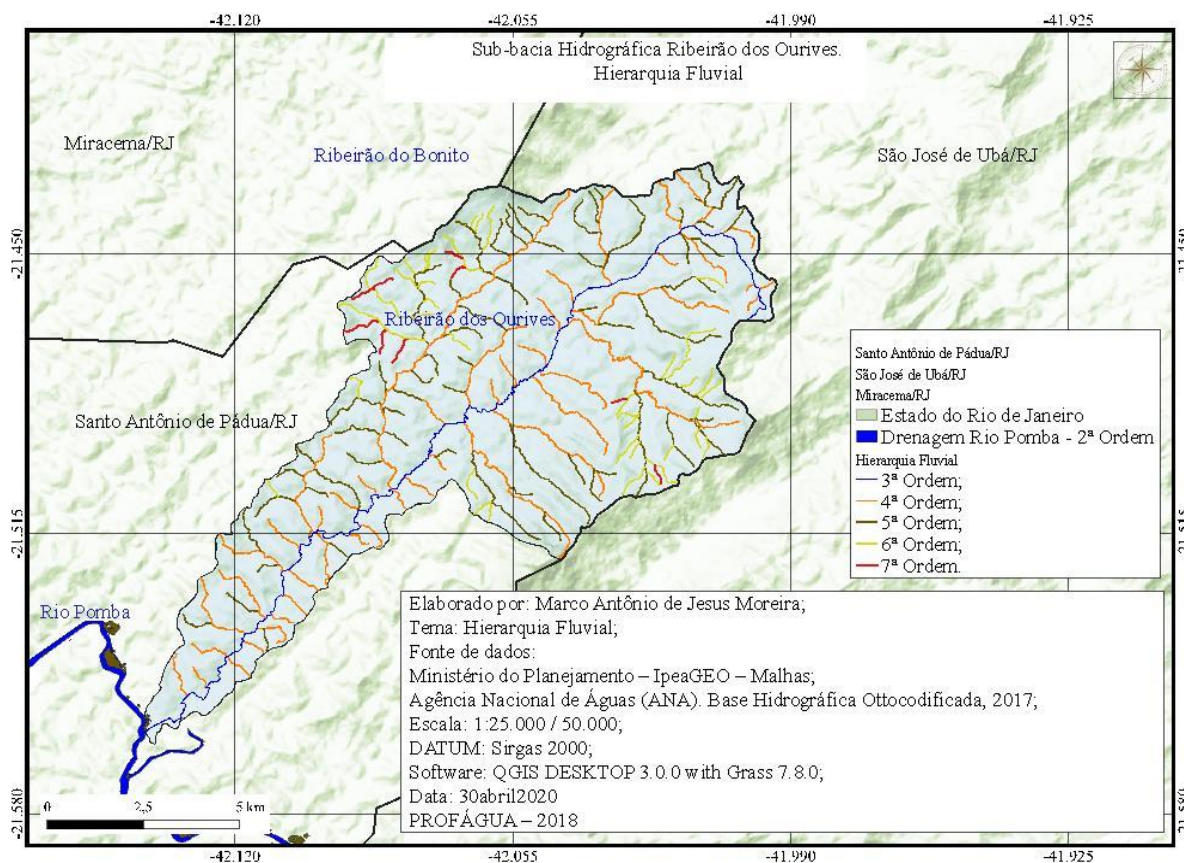
Fonte: O autor, 2019.

### 6.3.9 Morfometria da sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives

De acordo com STRAHLER (1957), a ordem da bacia aponta o grau de ramificação ou bifurcação dentro da bacia, onde os canais primários (nascentes) são denominados de 1ª ordem, a junção de dois canais primários forma um de 2ª ordem e assim por diante, exceto quando ocorre a junção de um canal de ordem inferior a outro de ordem superior, mantendo esta maior ordem.

Neste trabalho, utilizou-se as otobacias codificadas fornecida pela ANA, onde a ordem dos canais é contada de forma diferente da proposta apresentada por STRAHLER (1957). Neste caso, a partir da foz da bacia no mar (curso d'água que deságua diretamente no mar é ordem 1, o que deságua nele é 2, e assim por diante). Exemplificando, o Rio Paraíba do Sul é considerado de 1.ª ordem, o Rio Pomba de 2.ª ordem e o Ribeirão dos Ourives de 3.ª ordem, e assim por diante. Neste caso, as nascentes encontradas nesta sub-bacia hidrográfica seriam de 7.ª ordem (figura 55).

Figura 55 – Hierarquia pluvial sub-bacia hidrográfica do Ribeirão dos Ourives.



Fonte: O autor, 2020.

A área da sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives, localizadas nas coordenadas UTM norte: -21.359395053, sul: -21.642774303 leste: -41.800018737 oeste: -42.285000460 Datum Sirgas 2000 e Meridiano Central 45°W, com área total dentro do município de Santo Antônio de Pádua/RJ. Conforme as análises realizadas, a sub-bacia do Ribeirão dos Ourives apresentou uma área de drenagem de 93,37 km<sup>2</sup> e perímetro igual a 58,74 km. Suas características morfométricas estão apresentadas na tabela 13.

Diante do resultado obtido para fator de forma (0,10), reforçado pelo resultado encontrado para coeficiente de compactidade (1,70) e índice de circularidade (0,34), pode-se inferir que a sub-bacia do Ribeirão dos Ourives é pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação, visto que tais valores encontrados apontam que a sub-bacia de estudo possui formato irregular, apresentando-se alongada.

De acordo com Castro et al., (2012, pág. 6 – 7) o formato alongado da sub-bacia denota menor possibilidade de precipitações intensas cobrirem simultaneamente toda sua extensão, por conseguinte, menor a quantidade de água que chega simultaneamente à calha principal, reduzindo assim a incumbência do sistema de drenagem constituir uma drenagem com elevado grau de eficiência, considerando que quanto mais água o mesmo recebe mais demanda eficiência para impedir o extravasamento do canal.

A densidade de drenagem encontrada na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão dos Ourives foi de 2,43 km de rio para cada km de área da bacia (Tabela 13). Um índice considerado baixo, mesmo tendo uma quantidade considerável de cursos de água. Conforme Villela e Mattos (1975 p.16), “pode-se afirmar que este índice varia de 0,5 km/km<sup>2</sup>, para bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km<sup>2</sup>, ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas”.

Segundo Cardoso et al. (2006), o estudo da densidade de drenagem indica a maior ou menor velocidade com que a água escoar para o exutório, dessa forma, evidencia o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Segundo SANTOS et. al., (2012), o índice de sinuosidade (Is) é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal. Este índice expressa a velocidade de escoamento do canal principal. Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor. Segundo Freitas (1952) citado por SANTOS et al., (2012), valores de (Is) próximos à unidade indicam canais retilíneos, valores de (Is) superiores a 2 indicam canais sinuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais. Com relação ao Coeficiente de



Manutenção, o valor encontrado foi de 411,52 m<sup>2</sup>/m, significando que cada metro de canal fluvial exige a área mínima acima para sua manutenção.

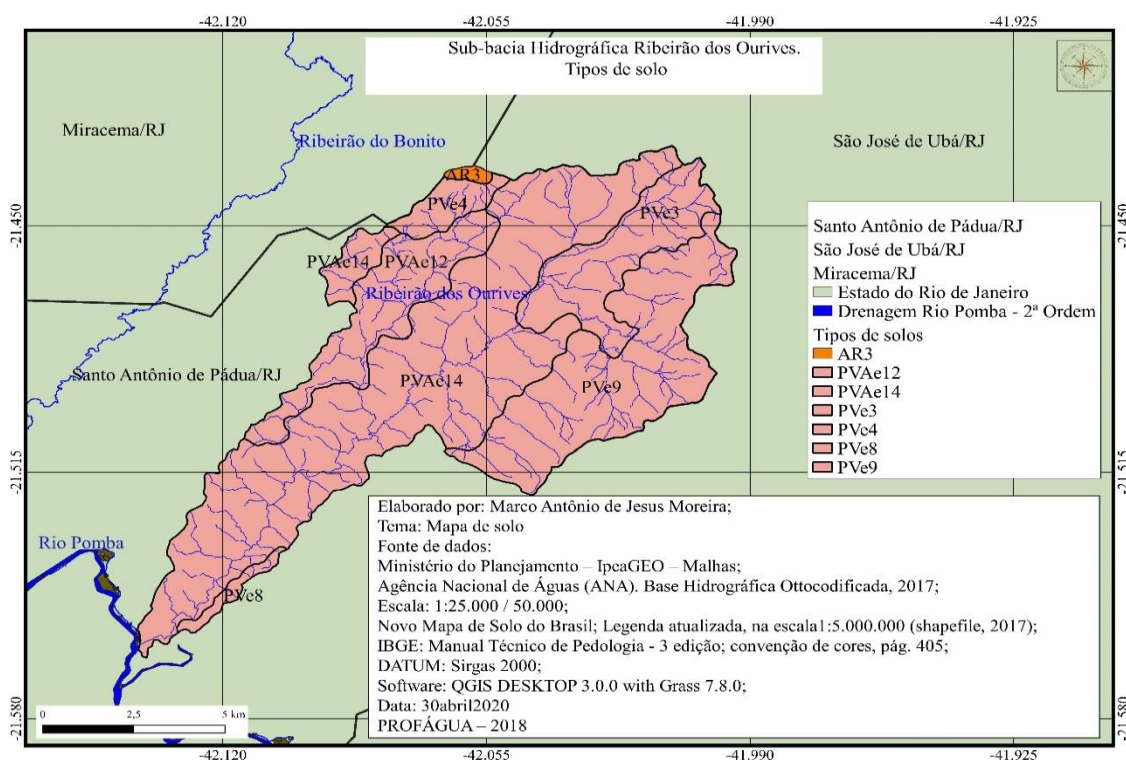
Tabela 13. Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives

| Parâmetros                              | Unidade            | Valores e Unidades |
|-----------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Área (A)                                | km <sup>2</sup>    | 93,37              |
| Perímetro (P)                           | Km                 | 58.74              |
| Comprimento do canal principal          | Km                 | 29,97              |
| Comprimento vetorial do canal principal | Km                 | 18.97              |
| Comprimento total da rede de drenagem   | Km                 | 227,18             |
| Altitude máxima                         | m                  | 982                |
| Altitude mínima                         | m                  | 78                 |
| Ordem do córrego                        | -                  | 3                  |
| Densidade de drenagem (Dd)              | Km/Km <sup>2</sup> | 2,43               |
| Números de canais                       | -                  | 161                |
| Densidade hidrográfica (Dh)             | -                  | 1,72               |
| Índice de sinuosidade (Is)              | -                  | 1,57               |
| Fator de forma (Ff)                     | -                  | 0,10               |
| Coeficiente de compacidade (Kc)         | -                  | 1,70               |
| Índice de circularidade (Ic)            | -                  | 0,34               |
| Coeficiente de manutenção (Cm)          | m <sup>2</sup> /m  | 411,52             |
| Extensão do percurso superficial        | -                  | 0,20               |
| Padrão de drenagem                      | -                  | Dendrítica         |

Fonte: GOMES, 2015; BARROS, 2017, adaptado pelo autor, 2021.

### 6.3.10 Natureza dos Solos Sub-bacia Hidrográfica Ribeirão dos Ourives

Figura 56 – Tipos de solos presentes na sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives.



Fonte: O autor, 2020.

Quadro 07 - Tipos de solo da Sub-bacia Hidrográfica Córrego dos Ourives.

(continua)

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PVAe12</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado e forte ondulado (60-40%);                                                                                                             |
| <b>PVe3</b>   | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHOAMARELO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado e ondulado (50-50%);                                                                                                              |
| <b>PVe4</b>   | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHOAMARELO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo montanhoso e forte ondulado (60-40%);                                                                                                            |
| <b>PVe8</b>   | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa/muito argilosa ou argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa ou argilosa + NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa ou argilosa/muito argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado (50-30-20%); |
| <b>PVe9</b>   | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHOAMARELO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo montanhoso e forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA, relevo escarpado e montanhoso (50-30-20%);                                                  |
| <b>PVAe14</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa<br>+ ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado (70-30%).                                                                                             |
| <b>AR3</b>    | Afloramento de rochas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Fonte: O autor, 2011.

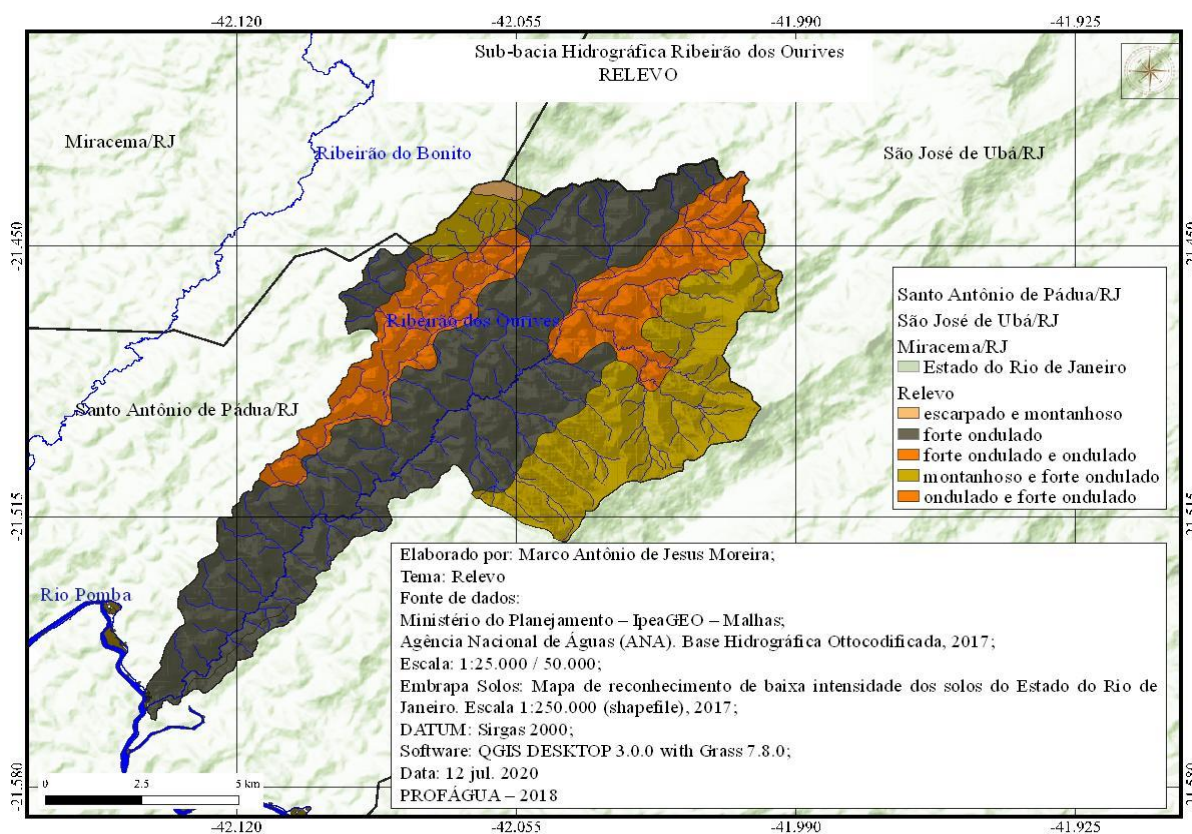
Conforme as classes hidrológicas dos solos brasileiros (ANA, 2018, págs. 4 – 5), com relação os solos na sub-bacia do Ribeirão do Bonito, há predominância do ARGISSOLO VERMELHO e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, tipos de solos classificados no grupo C, que compreende os solos contendo baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, principalmente com camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração. Taxa mínima de infiltração: 1,27-3,81 mm/h.



### 6.3.11 – Relevo Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Ourives

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), (figura n.º 57), 52,15% da área da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives está compreendida entre o relevo forte-ondulado, 25,21%, montanhoso e forte ondulado, 22,20% forte ondulado e ondulado, 0,44% escarpado e montanhoso. A declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, sobretudo devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial, reduzindo a possibilidade da infiltração de água no solo (CARDOSO et al., 2006). Nota-se que nesta sub-bacia hidrográfica não foi encontrado o tipo de relevo denominado plano.

Figura 57 – Relevo da Sub-bacia Hidrográfica Ribeirão dos Ourives.

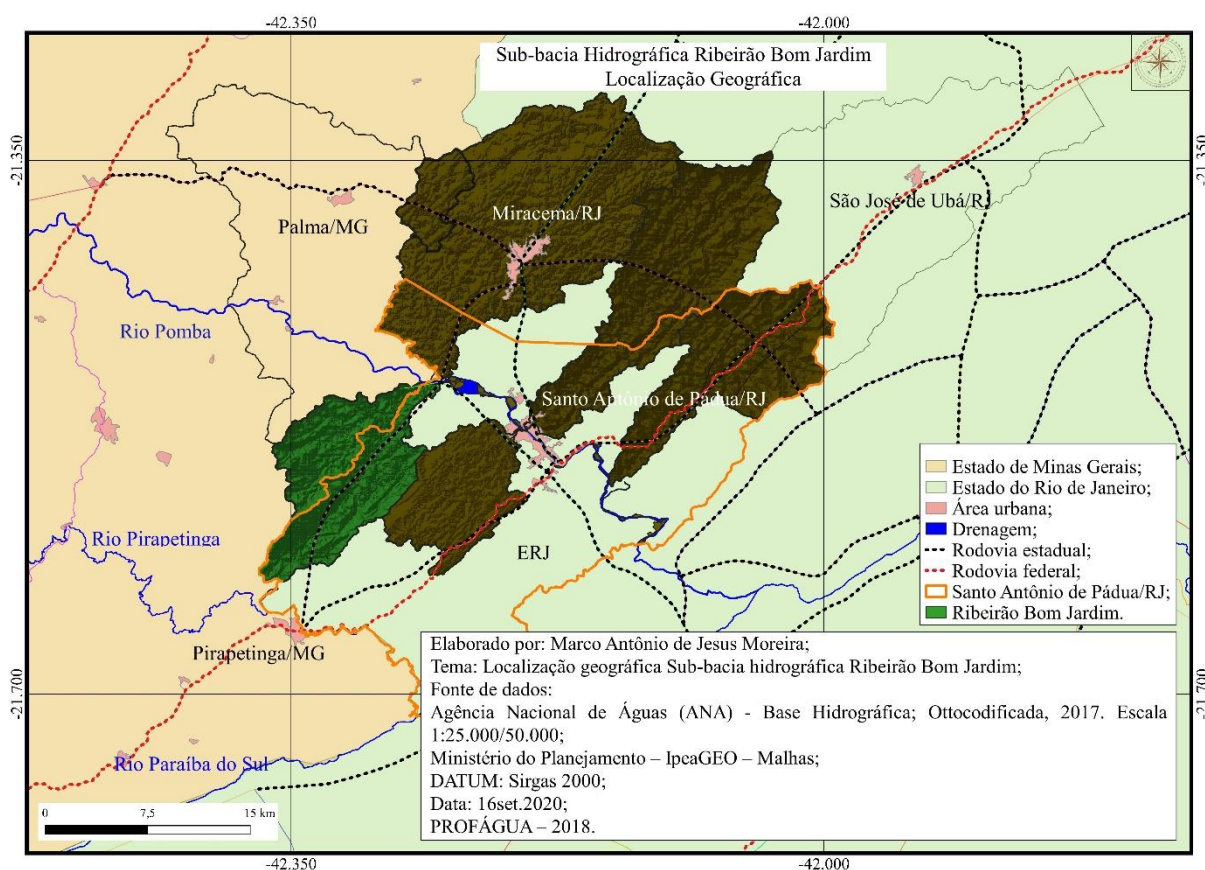


Fonte: O autor, 2020.

#### 6.4 Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim

A sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim, pertence à bacia hidrográfica do Rio Pombo, e está localizada na coordenada norte: -21.370976612, sul: -21.750692084, leste: -41.982430320 e oeste: -42.640933175, com 62,5% no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, noroeste fluminense, e 37,5% no município de Palma/MG, na zona da mata mineira, conforme figura 58. Sua nascente encontra-se na Serra da Pedra Bonita em Santo Antônio de Pádua, donde percorre cerca de 20 quilômetros através das pastagens, até chegar à foz no Rio Pombo. Nota-se que a área desta sub-bacia é citada no Atlas dos Mananciais de Abastecimento Público do Estado do Rio de Janeiro, como de interesse para proteção e recuperação de mananciais da Região Hidrográfica IX — Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, páginas 81 e 103.

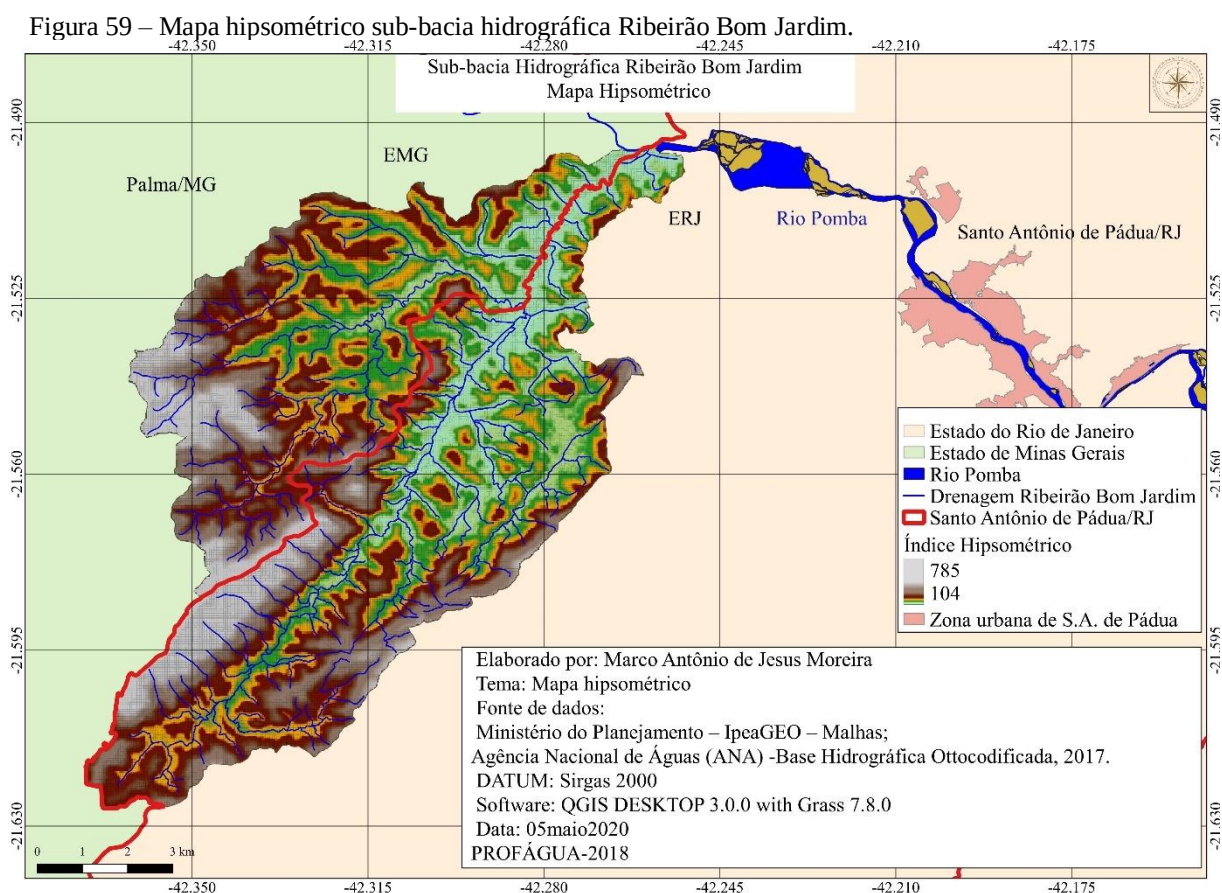
Figura 58 – Localização geográfica sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim.



Fonte: O autor, 2020.

#### 6.4.1 Hipsometria da Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim

A altitude pode condicionar o clima de uma determinada região, podendo invalidar o aspecto da zona climática em que a bacia hidrográfica está inserida (MARCUIZZO et al., 2015). A sub-bacia do Ribeirão Bom Jardim tem sua cota máxima de altitude a 785 m variando até 104 m na sua foz, apresentando diferentes tipos de relevo (figura 59).



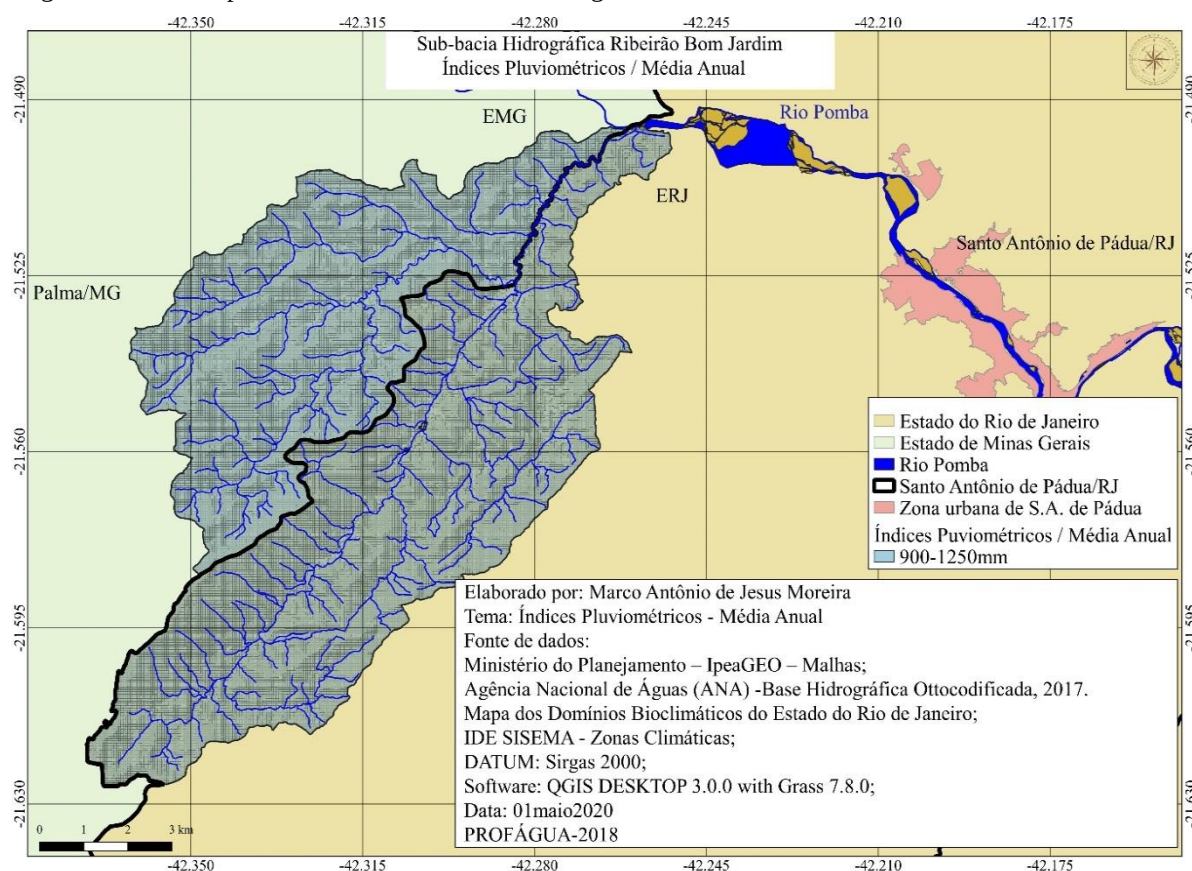
Fonte: O autor, 2020.



#### 6.4.2 Índices pluviométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim

De acordo com o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), quanto aos índices pluviométricos, 100% do território da sub-bacia do Ribeirão Bom Jardim se encontra entre 900 e 1250 mm anuais conforme ilustra a figura 60 abaixo.

Figura 60 - Índices pluviométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.

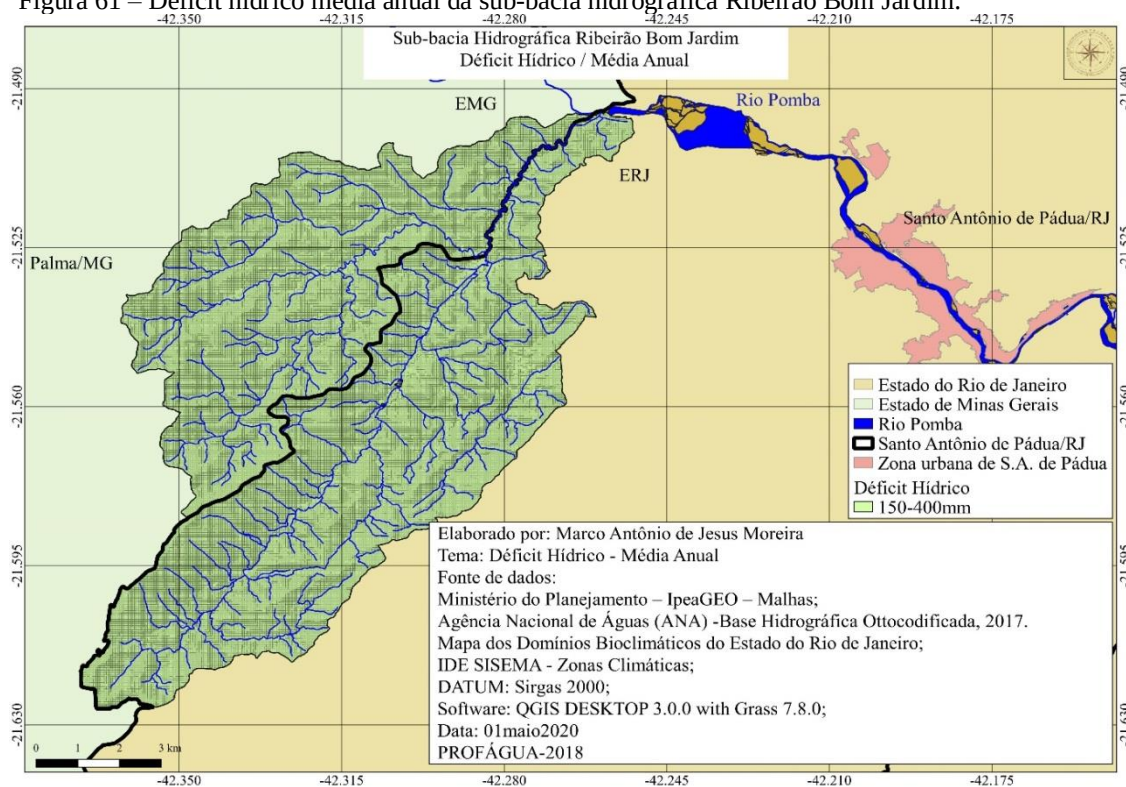


Fonte: O autor, 2020.

#### 6.4.3 Déficit Hídrico da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), com relação ao déficit hídrico, 100% do território da sub-bacia do Ribeirão Bom Jardim se encontra entre 150 e 400 mm anuais, conforme ilustra a figura 61 abaixo.

Figura 61 – Déficit hídrico média anual da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.

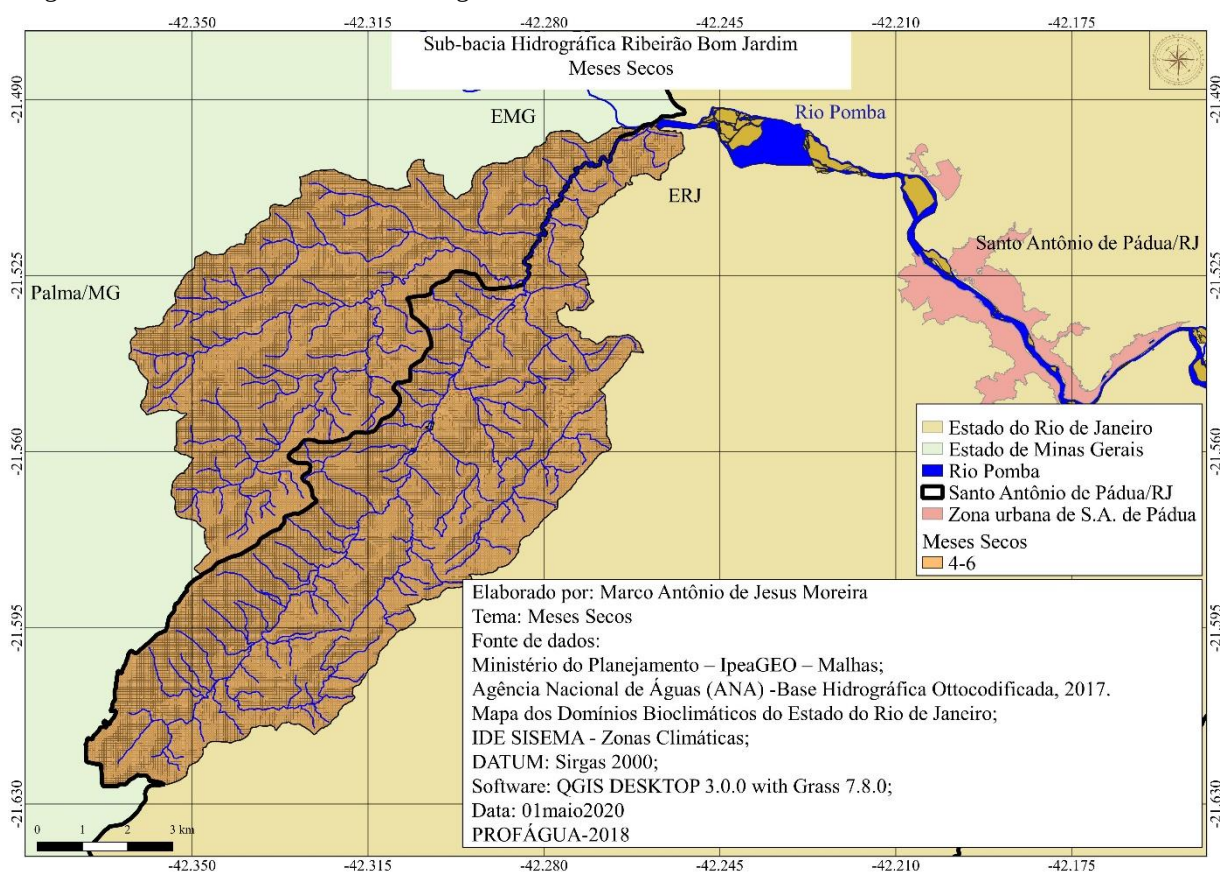


Fonte: O autor, 2020.

#### 6.4.4 Meses secos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), 100% da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim, apresentam de 4 (quatro) a 6 (seis) meses secos conforme figura 62.

Figura 62 – Meses secos sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.



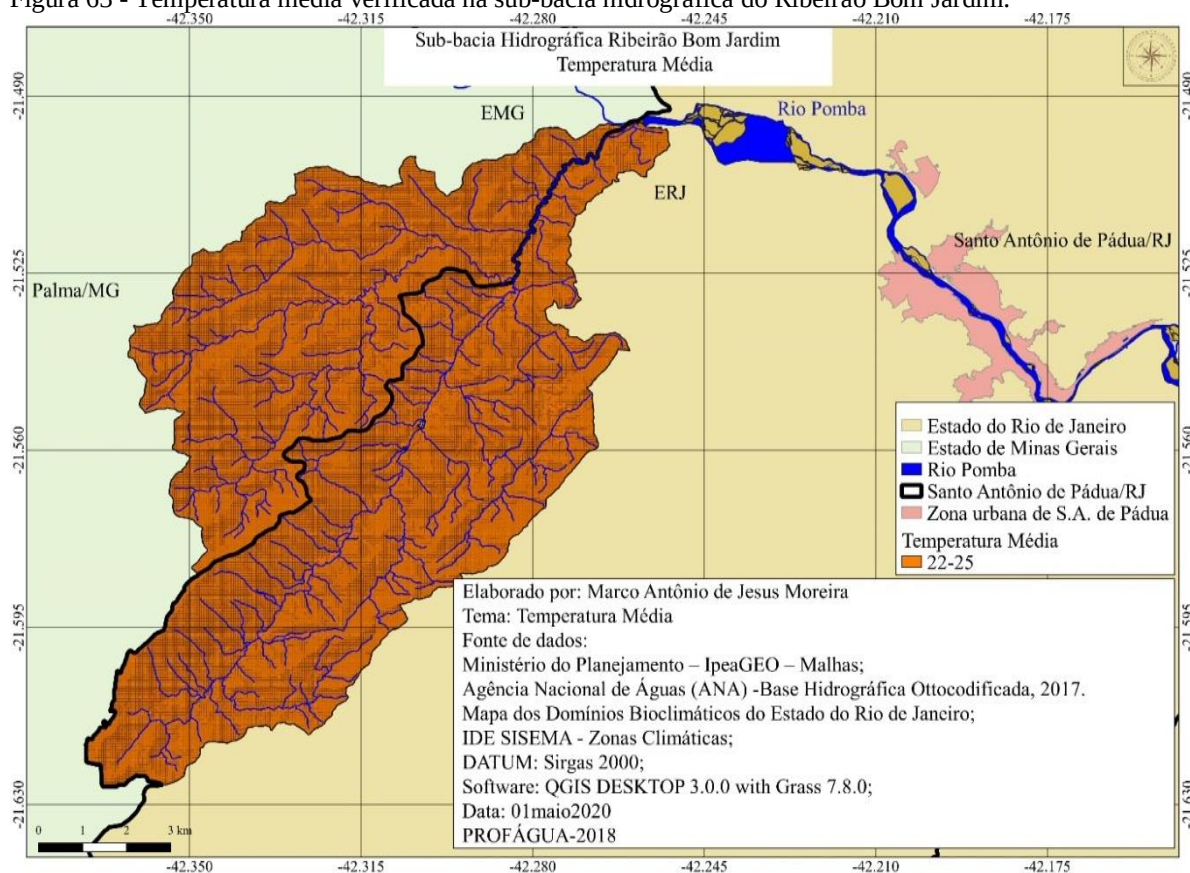
Fonte: O autor, 2020.



#### 6.4.5 Temperatura média da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim

De acordo com Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), com relação à temperatura média, 100% do território da sub-bacia do Ribeirão Bom Jardim se encontra entre 22 °C e 25 °C, conforme ilustra a figura 63 abaixo.

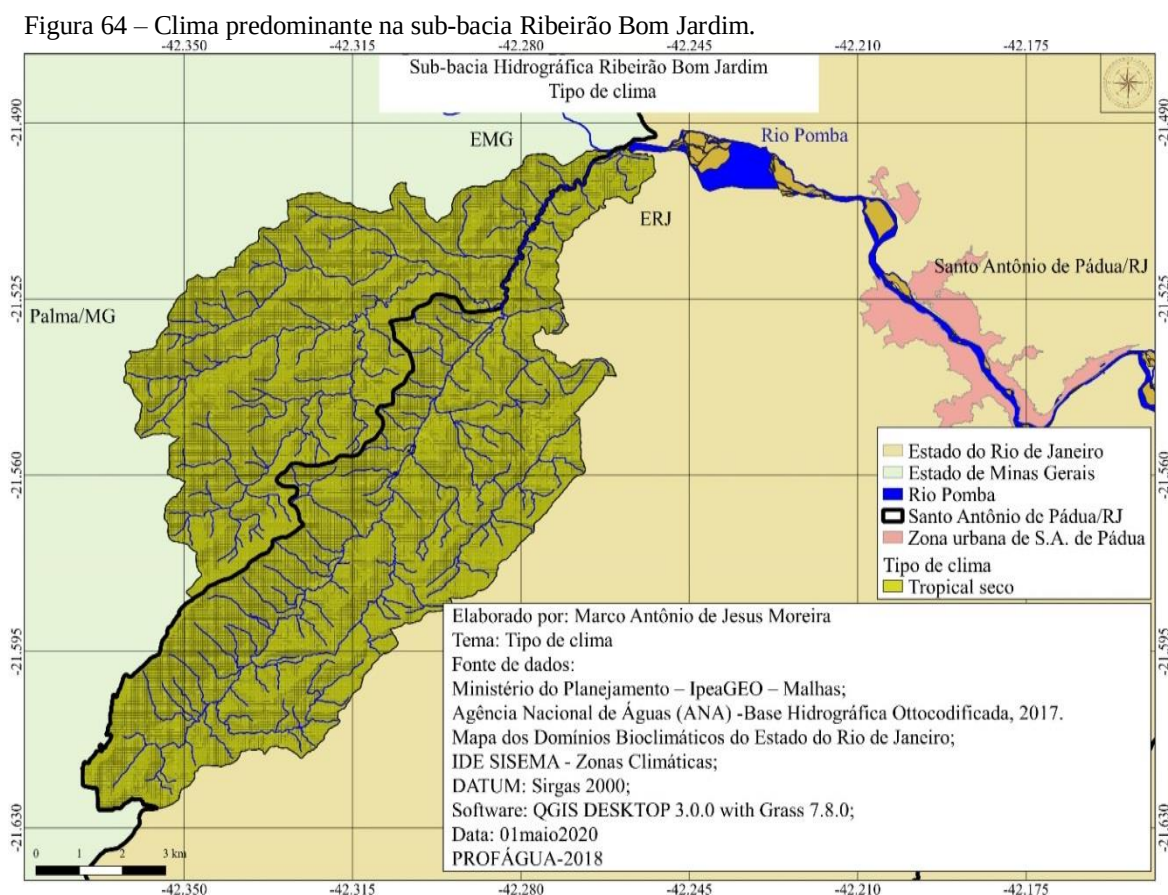
Figura 63 - Temperatura média verificada na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim.



Fonte: O autor, 2020.

#### 6.4.6 Tipos de clima da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim

De acordo com o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), o tipo de clima predominante na sub-bacia Ribeirão dos Ourives é o tropical seco, presente em 100% da microrregião, conforme ilustra a figura 64.



Fonte: O autor, 2020.

#### 6.4.7 Uso do solo sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim

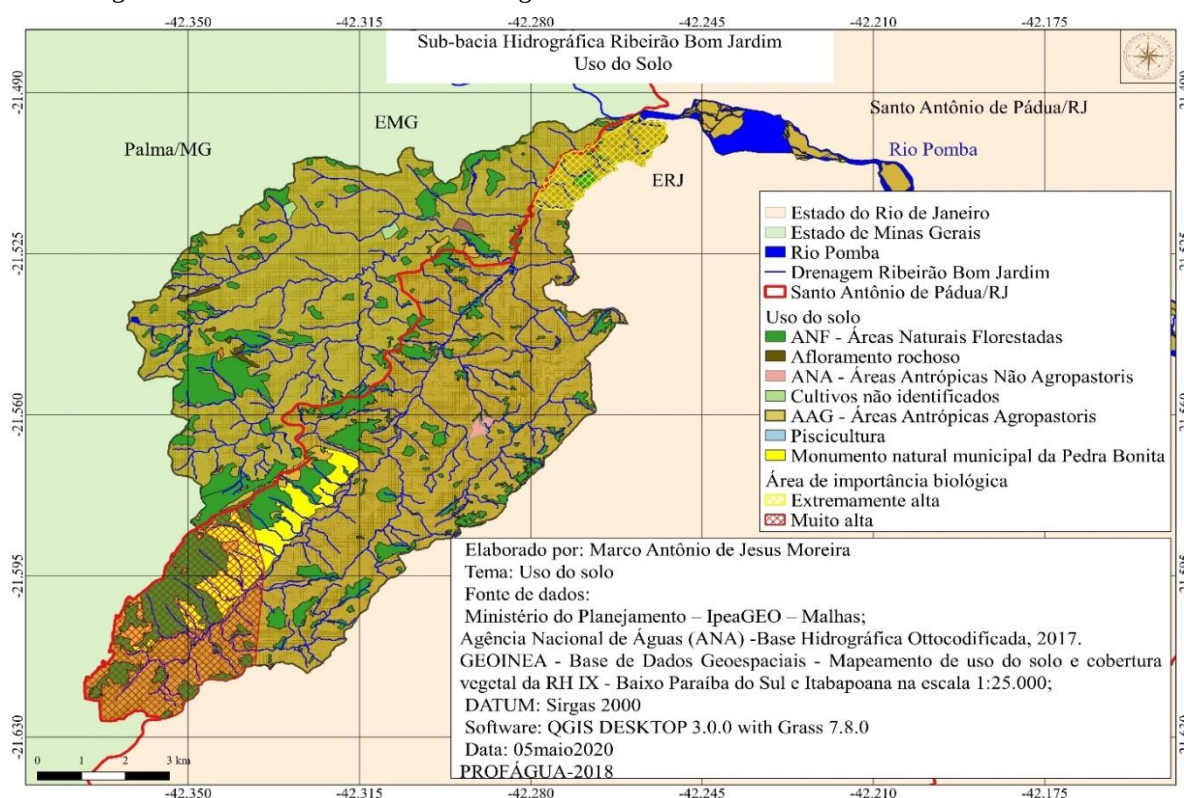
A área territorial da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim, esta compreendida em 93,20 km<sup>2</sup>, que conforme o mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal da RH IX (Região hidrográfica nove) — Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (2019), foram encontradas 39,51 km<sup>2</sup> de áreas naturais florestadas (ANF), entorno de 178 fragmentos florestais distantes uns dos outros, praticamente sem função ecológica. Parte significativa

destes fragmentos está situada em topos de morros e montanhas, e neste caso, preservados pela sua distância, declividade e pela dificuldade de acesso.

Estes fragmentos são compostos por matas secundárias e terciárias, como verificado em campo BRASIL L. S. C. de A. et al., (?). São observados ainda, 0,13 km<sup>2</sup> de áreas antrópicas não pastoris (ANA), onde estão localizadas as áreas urbanas e as extrações de rochas ornamentais e 0,0061 km<sup>2</sup> de áreas antrópicas agropastoris (AAG), 1,76 km<sup>2</sup> de áreas naturais não florestadas (cordões arenosos, afloramentos rochosos, dunas, campos de altitude, entre outras) (NNF) e 0,06 km<sup>2</sup> de área de silvicultura, 0,0068 Km<sup>2</sup> de área destinada à silvicultura diversa. Ou seja, 51,72 km<sup>2</sup> são destinados a pastagens em geral e outros fins (figura 65).

Observa-se que a área desta sub-bacia se encontra em avançado estado de degradação ambiental, que segundo Silva (2019), uma das causas para a degradação é o processo de ocupação e uso do solo, marcado, temporalmente, pelo plantio de cana-de-açúcar e café, pela pecuária e, mais recentemente, pela extração de rochas ornamentais. A área da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim abriga o Monumento Natural Municipal da Pedra Bonita, criado pelo Decreto n.º 090 de 24 de agosto 2018.

Figura 65 – Uso do solo sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.

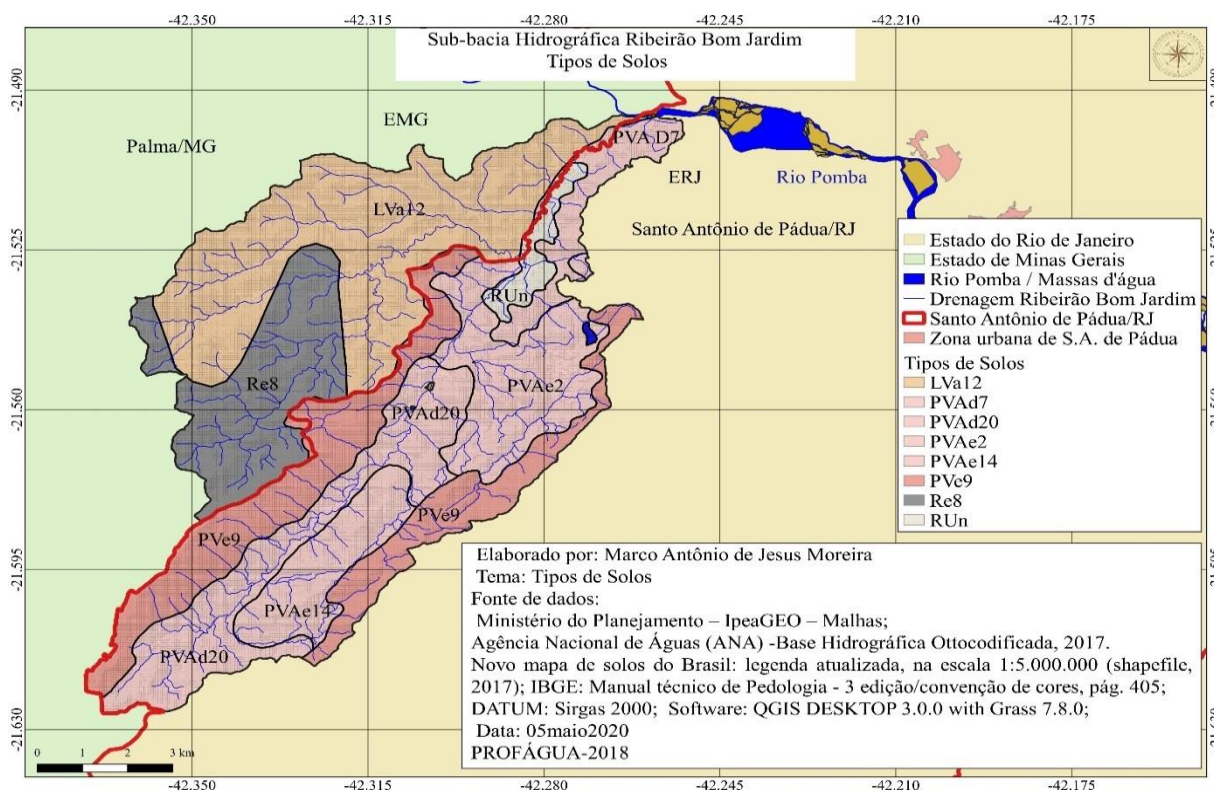


Fonte: O autor, 2020.



#### 6.4.8 Natureza dos Solos Sub-bacia Hidrográfica Córrego Bom Jardim

Figura 66– Tipos de solos sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.



Fonte: O autor, 2020.

Quadro 08 - Tipos de solo da Sub-bacia Hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.

(continua)

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>LVAd12</b> | LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou argissólico + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico ou argissólico, ambos textura argilosa ou muito argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou latossólico, textura argilosa/muito argilosa ou média/argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado e ondulado (40-30-30%); |
| <b>PVe9</b>   | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo montanhoso e forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA, relevo escarpado e montanhoso (50-30-20%);                                                                                  |
| <b>PVAd7</b>  | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico A proeminente textura arenosa/média álico fase campo subtropical relevo ondulado e suave ondulado.                                                                                                                                                                                                                                     |

Fonte: O autor, 2020. Adaptado de EMBRAPA, 2011.

(Continuação do quadro 08)

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PVAd20</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou latossólico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico ou latossólico, textura argilosa/muito argilosa ou média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa ou muito argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado e ondulado (30-30-20-20%); |
| <b>RLe8</b>   | Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico chernossólico fase floresta subtropical subperenifólia relevo forte ondulado e montanhoso substrato rochas eruptivas básicas + NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico A chernozêmico fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado ambos textura argilosa fase pedregosa.                                                                                                                                                        |
| <b>PVAe14</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado (70-30%);                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>PVAe2</b>  | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico ou abruptico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa, fase relevo ondulado e suave ondulado + ARGISSOLO AMARELO Eutrófico planossólico ou plântico, textura média/argilosa, fase relevo suave ondulado e plano, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia (80-20%);                                                                                                                                                   |
| <b>RUn</b>    | Neossolo NEOSSOLO FLÚVICO Sódico típico + NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico gleico, ambos textura média ou argilosa/média, fase floresta tropical subperenifólia de várzea + GLEISSOLO HÁPLICO Sódico* típico ou salino* + GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico solódico, ambos textura média ou argilosa, campo tropical higrófilo de várzea, todos A moderado, fase relevo plano (30-30-20-20%).                                                                                                |

Fonte: O autor, 2020. Adaptado de EMBRAPA, 2011.

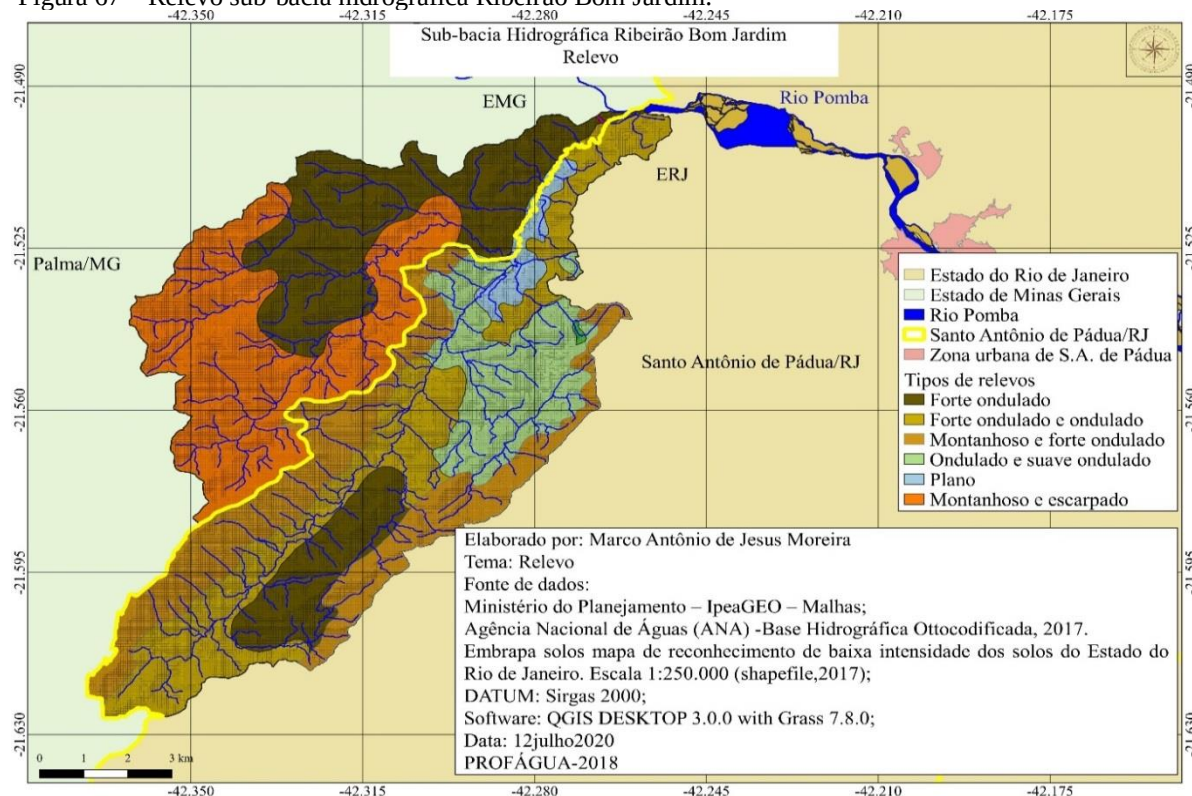
Conforme as classes hidrológicas dos solos brasileiros (ANA, 2018, págs. 4 – 5), com relação os solos na sub-bacia do Ribeirão Bom Jardim, há predominância do ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, ARGISSOLO VERMELHO e NEOSSOLO FLÚVICO, ambos classificados no grupo C, que compreende os solos contendo baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, principalmente com camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa. Em seguida, encontra-se o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, classificado no grupo A, que compreende os solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração uniforme quando completamente molhados, consistindo principalmente de areias ou cascalhos, ambos profundos e excessivamente drenados. Taxa mínima de infiltração: > 7,62 mm/h. E por fim, o solo NEOSSOLO LITÓLICO, classificado

no grupo D, que compreende os solos que possuem alto potencial de escoamento, tendo uma taxa de infiltração muito baixa quando completamente molhados, principalmente solos argilosos com alto potencial de expansão. Pertencem a este grupo, solos com grande permanência de lençol freático elevado, solos com argila dura ou camadas de argila próxima da superfície e solos expansivos agindo como materiais impermeabilizantes próximos da superfície. Taxa mínima de infiltração: <1,27mm/h.

#### 6.4.9 Relevo Sub-bacia Hidrográfica Ribeirão Bom Jardim

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), figura n.º 67, (26,70%) da área da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim está compreendida entre o relevo forte-ondulado, (12,37%), montanhoso e forte ondulado, (16,68%) forte ondulado e ondulado, (29,30%) escarpado e montanhoso, (12,34%) ondulado e suave ondulado e (2,61%) plano. A declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, sobretudo devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial, reduzindo a possibilidade da infiltração de água no solo (CARDOSO et al., 2006).

Figura 67 – Relevo sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.



Fonte: O autor, 2020.



#### 6.4.10 - Verificação da vazão do Ribeirão Bom Jardim

A verificação da vazão do Ribeirão Bom Jardim ficou prejudicada, pelo fato de o mesmo não apresentar condições técnicas satisfatórias, entre os meses de agosto e setembro. Havendo interrupção do fluxo natural da água em diversos pontos, em tese, provocados por fatores climáticos (índices pluviométricos baixos) nos meses que antecederam a verificação, tipos de solos presentes na área da bacia, relevo, construção de pequenas barragens nas propriedades rurais, que impedem o fluxo natural da água e o assoreamento ocasionado por falta de proteção das margens (ausência de APP), conforme ilustra a foto n.º 09.

Foto 09 – Retrata a ausência de APP com consequente assoreamento.



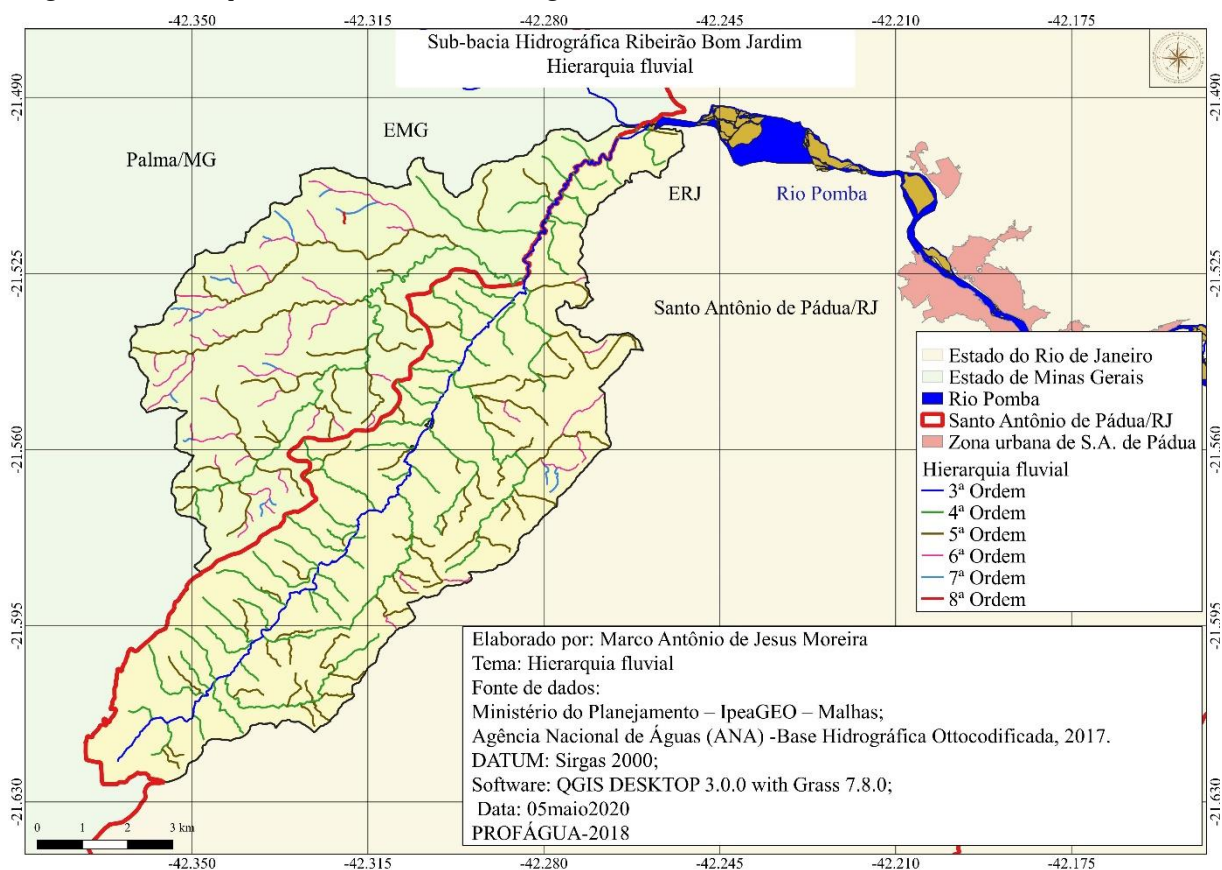
Fonte: O autor, 16 de setembro 2019.

#### 6.4.11 Morfometria da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim

De acordo com STRAHLER (1957), a ordem da bacia aponta o grau de ramificação ou bifurcação dentro da bacia, onde os canais primários (nascentes) são denominados 1.<sup>a</sup> ordem, a junção de dois canais primários forma um de 2.<sup>a</sup> ordem e assim por diante, exceto quando ocorre a junção de um canal de ordem inferior a outro de ordem superior, mantendo esta maior ordem. Neste trabalho, utilizou-se as ottobacias codificadas fornecidas pela ANA, onde a ordem dos canais é contada de forma diferente da proposta apresentada por STRAHLER (1957).

Neste caso, a partir da foz da bacia no mar (curso d'água que deságua diretamente no mar é ordem 1, o que deságua nele é 2, e assim por diante). Exemplificando, o Rio Paraíba do Sul é considerado de 1.<sup>a</sup> ordem, o Rio Pomba de 2.<sup>a</sup> ordem e o Ribeirão Bom Jardim de 3.<sup>a</sup> ordem, e assim por diante. Neste caso, as nascentes encontradas na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim seriam de 8.<sup>a</sup> ordem (figura 68).

Figura 68 – Hierarquia fluvial da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim.



Fonte: O autor, 2020.

A área da sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim, localizadas nas coordenadas UTM norte: -21.487728689, sul: -21.629418314 leste: -42.183328181 oeste: -42.430123634 Datum Sirgas 2000 e Meridiano Central 45°W, abrangendo os municípios de Santo Antônio de Pádua/RJ e Palma/MG. Conforme as análises realizadas, a sub-bacia do Ribeirão Bom Jardim apresentou uma área de drenagem de 93,20 km<sup>2</sup> e perímetro igual a 59,89 km. Suas características morfométricas estão apresentadas na tabela 14. Diante do resultado obtido para fator de forma (0,17), reforçado pelo resultado encontrado para coeficiente de compacidade (1,73) e índice de circularidade (0,32), pode-se inferir que a sub-bacia do Ribeirão Bom Jardim é pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação, visto que tais valores encontrados apontam que a sub-bacia de estudo possui formato irregular, apresentando-se alongada.

De acordo com Castro et al., (2012, pág. 6 – 7) o formato alongado da sub-bacia denota menor possibilidade de precipitações intensas cobrirem simultaneamente toda sua extensão, por conseguinte, menor a quantidade de água que chega simultaneamente à calha principal, reduzindo assim a incumbência do sistema de drenagem constituir uma drenagem com elevado grau de eficiência, considerando que quanto mais água o mesmo recebe mais demanda eficiência para impedir o extravasamento do canal.

A densidade de drenagem encontrada na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim foi de 2,51 km de rio para cada km de área da bacia (Tabela 14). Um índice considerado baixo, mesmo tendo uma quantidade considerável de cursos de água. Conforme Villela e Mattos (1975 p.16), “pode-se afirmar que este índice varia de 0,5 km/km<sup>2</sup>, para bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km<sup>2</sup>, ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas”. Segundo Cardoso et al. (2006), o estudo da densidade de drenagem indica a maior ou menor velocidade com que a água escoar para o exutório, dessa forma, evidencia o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. De acordo com SANTOS et al., (2012), a partir da densidade de drenagem é possível se calcular o Coeficiente de manutenção (Cm), que representa a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem, que neste caso o resultado encontrado foi de 398,40 m<sup>2</sup>/m.

Tabela 14. Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bom Jardim.

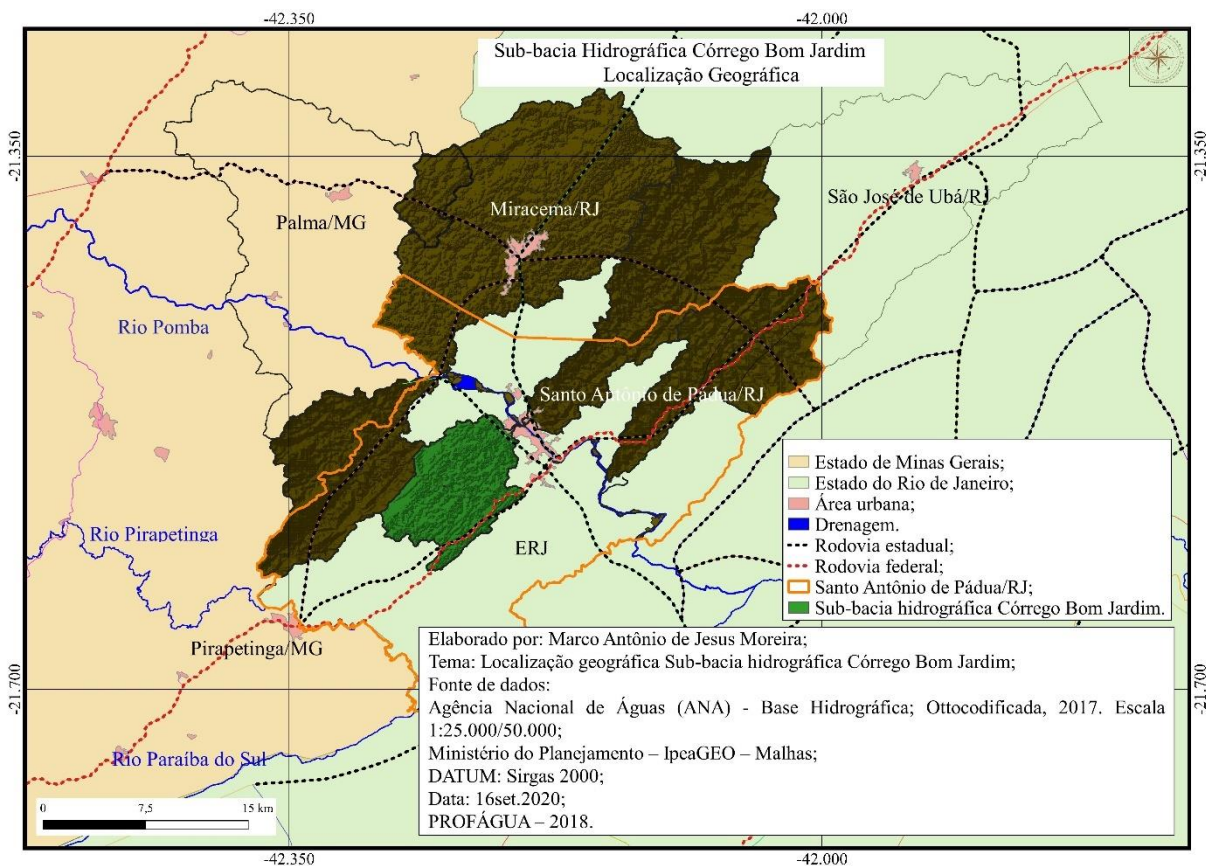
| <b>Parâmetros</b>                       | <b>Unidade</b>         | <b>Valores e Unidades</b> |
|-----------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Área (A)                                | km <sup>2</sup>        | 93,20                     |
| Perímetro (P)                           | km                     | 59,89                     |
| Comprimento do canal principal          | km                     | 23,36                     |
| Comprimento vetorial do canal principal | km                     | 18,37                     |
| Comprimento total da rede de drenagem   | km                     | 234,33                    |
| Altitude máxima                         | m                      | 785                       |
| Altitude mínima                         | m                      | 104                       |
| Ordem do córrego                        | -                      | 3                         |
| Densidade de drenagem (Dd)              | km/km <sup>2</sup>     | 2,51                      |
| Número de canais                        | -                      | 183                       |
| Densidade hidrográfica (Dh)             | canais/km <sup>2</sup> | 1,96                      |
| Índice de sinuosidade (Is)              | m/m                    | 1,27                      |
| Fator de forma (F)                      | -                      | 0,17                      |
| Coeficiente de compactidade (Kc)        | -                      | 1,73                      |
| Índice de circularidade (Ic)            | -                      | 0,32                      |
| Coeficiente de manutenção (Cm)          | m <sup>2</sup>         | 398,40                    |
| Extensão do percurso superficial        |                        | 0,19                      |
| Padrão de drenagem                      | -                      | Dendrítica                |

Adaptado pelo autor, de acordo com GOMES, 2015; BARROS, 2017.

### 6.5 Sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim

A sub-bacia hidrográfica do Córrego Bom Jardim, pertence à bacia hidrográfica do Rio Pomba, e está localizada na coordenada Norte: -21.358517819, Sul: -21.639723247, leste: -41.967983760 e oeste: -42.455650422, com 100% no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, noroeste fluminense conforme figura 69.

Figura 69 – Localização geográfica sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim



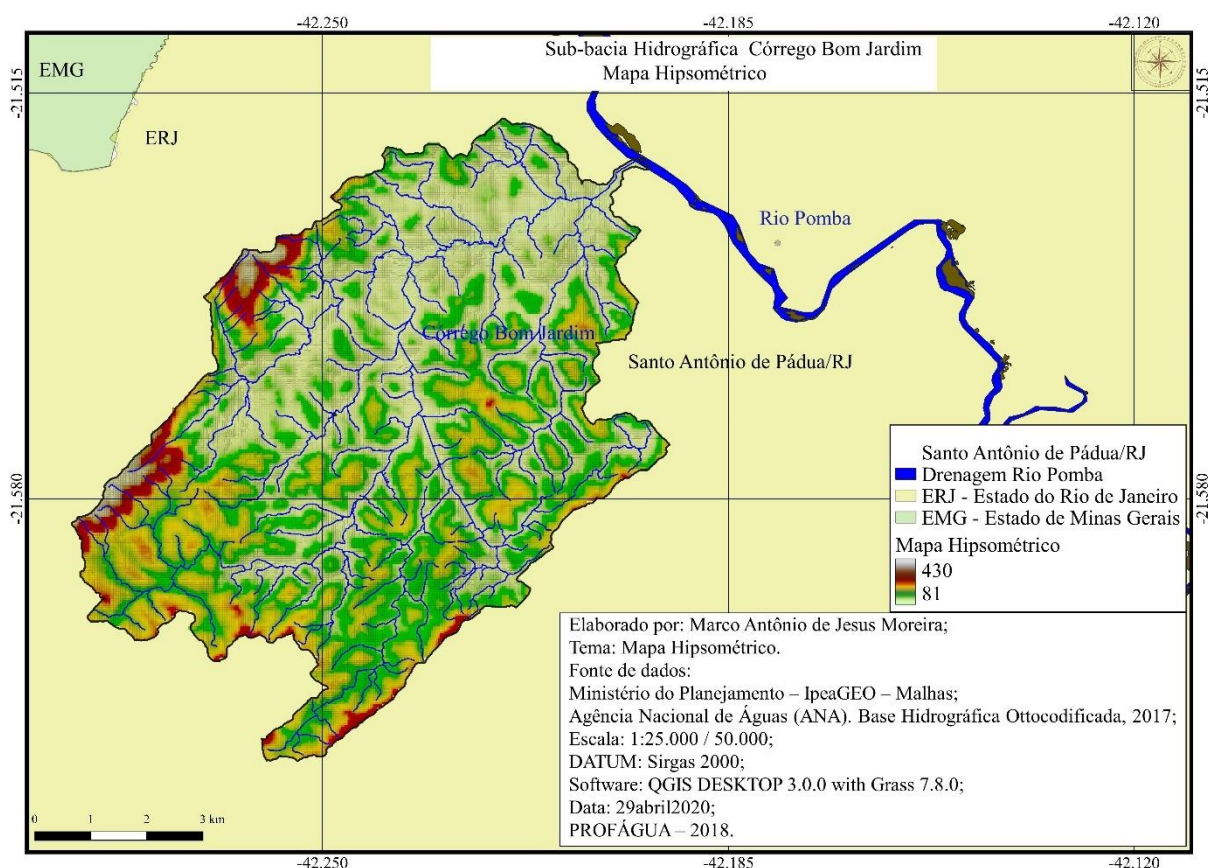
Fonte: O autor, 2020.



### 6.5.1 Hipsometria da Sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim

A altitude pode condicionar o clima de uma determinada região podendo invalidar o aspecto da zona climática onde a bacia hidrográfica está inserida (MARCUIZZO et al., 2015). A sub-bacia do Ribeirão do Bonito tem sua cota máxima de altitude a 430 m variando até 81 m na sua foz (figura 70).

Figura 70 – Mapa hipsométrico sub-bacia Córrego Bom Jardim.



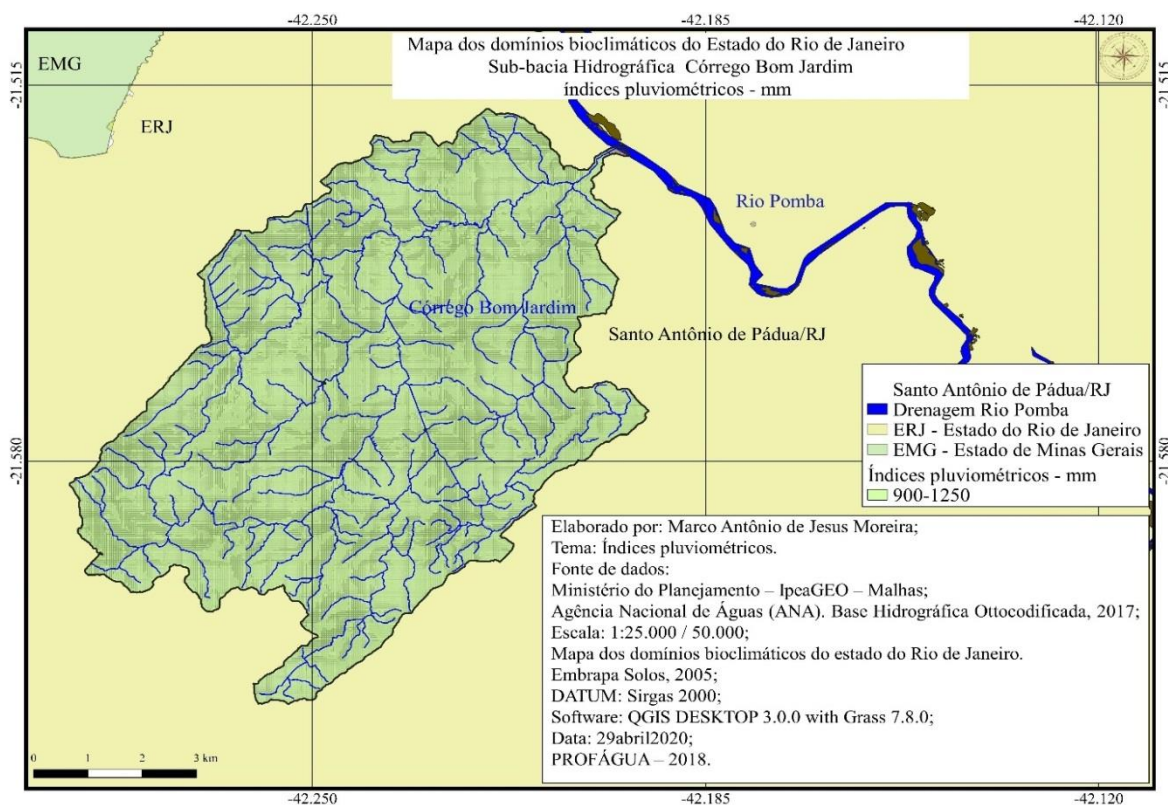
Fonte: O autor, 2020.



### 6.5.2 Índices pluviométricos da sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), quanto ao índice pluviométrico, 100% do território da sub-bacia do Córrego Bom Jardim se encontra entre 900 e 1250 mm anuais, conforme ilustra a figura 71 abaixo.

Figura 71 – Índices pluviométricos sub-bacia do Córrego Bom Jardim.

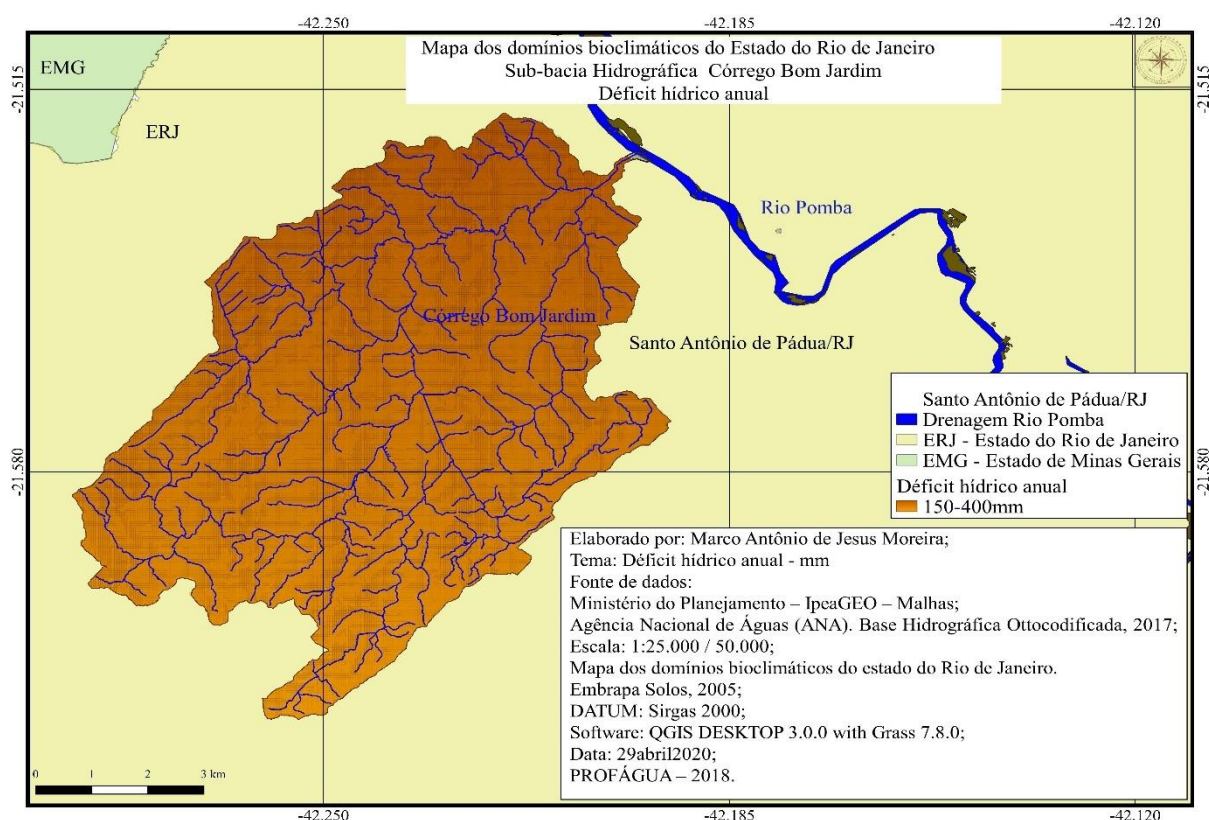


Fonte: O autor, 2020.

### 6.5.3 Déficit Hídrico da sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), com relação ao déficit hídrico, 100% da sub-bacia hidrográfica do Córrego Bom Jardim Mirim se encontra na faixa entre 150 e 400 mm anuais, conforme figura 72.

Figura 72 - Déficit hídrico médio anual sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.

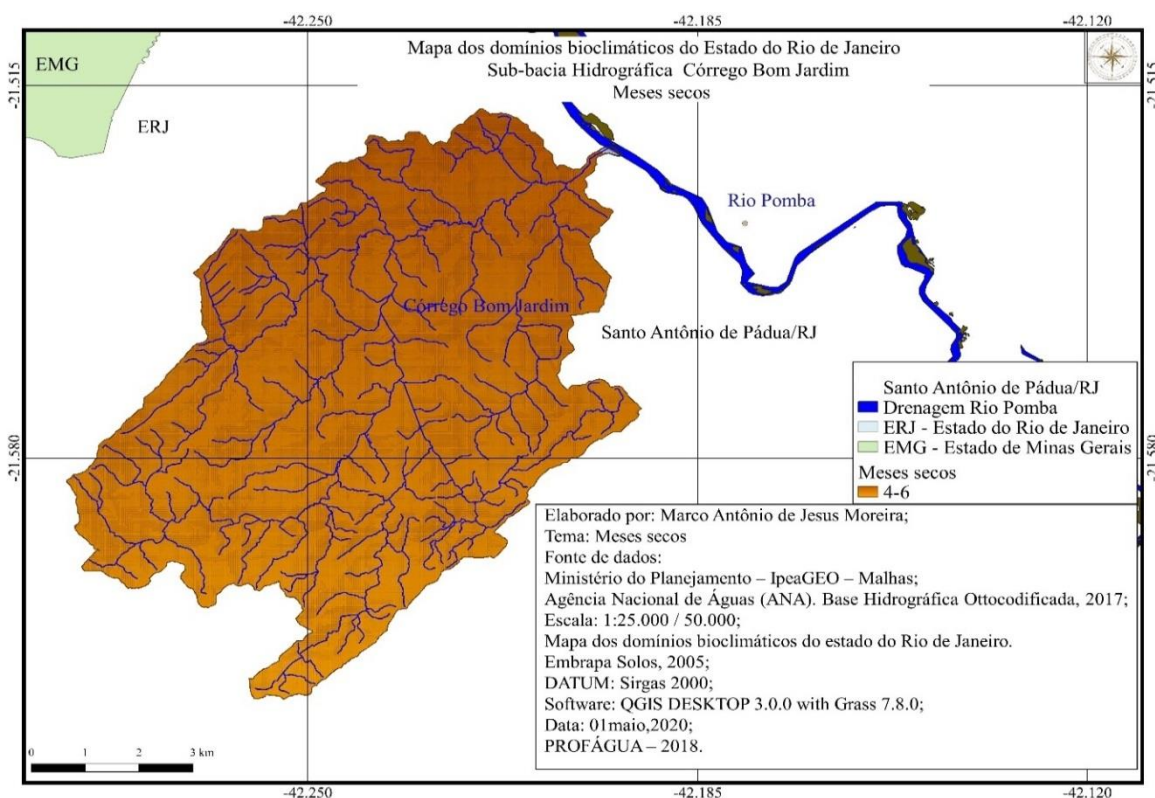


Fonte: O autor, 2020.

#### 6.5.4 Meses secos da sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim

De acordo com Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), 100% da área da sub-bacia hidrográfica do Córrego Bom Jardim, passa por 4 (quatro) a 6 (seis) meses secos durante o ano (figura n.º 73), tendo como consequência a interrupção do fluxo natural do córrego (foto n.º 10 e 11).

Figura 73 – Meses secos sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.



Fonte: O autor, 2020.

A seca é um fenômeno natural desastroso, com um impacto significativo nas esferas socioeconômicas, agrícolas e ambiental. Difere de outros desastres naturais por seu processo se dar de forma lenta e ter seu início e fim de difícil determinação (FERNANDES et al., 2019).

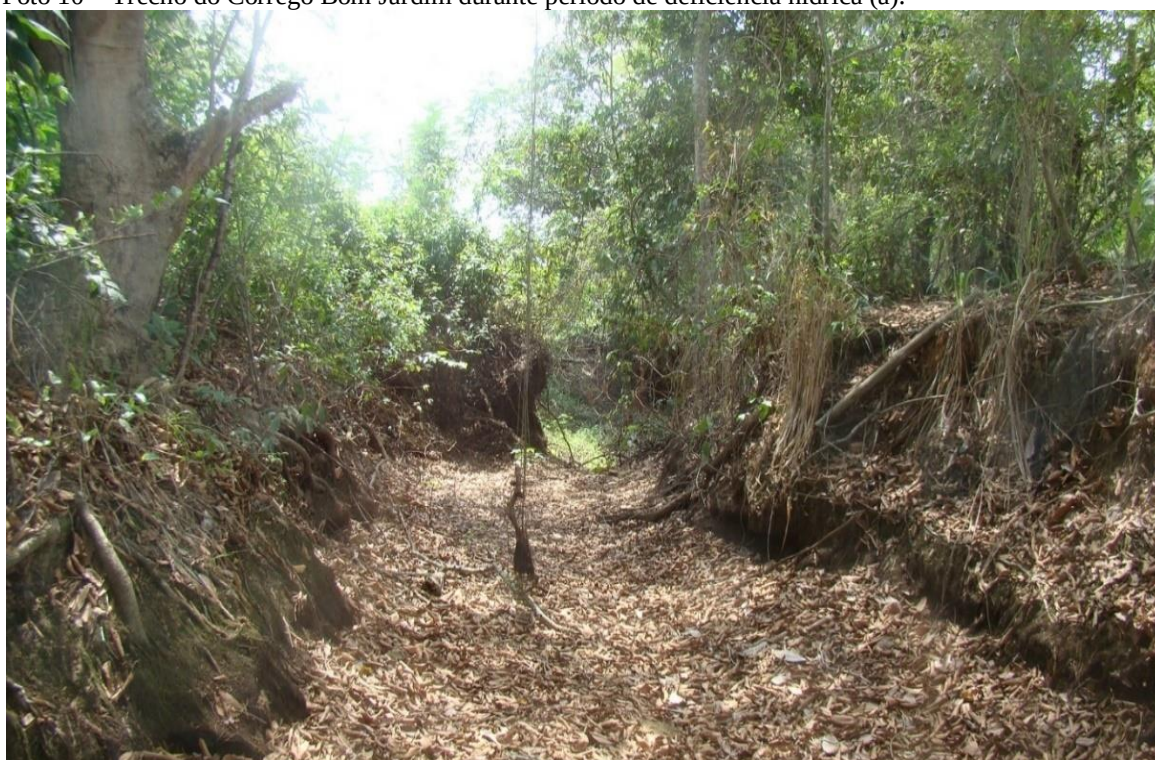
De acordo com Silva et al., (2009e), devido ao intenso desmatamento ocorrido ao longo dos últimos 150 anos muitos rios modificaram o seu regime, passando de perenes para temporários. Embora a redução da vazão dos rios ao longo da estação seca seja uma característica desta região fluminense, os relatos da temporalidade dos rios têm sido muito frequentes. Atualmente, verificam-se cenas antes restritas ao sertão semiárido do Nordeste do Brasil, este sim, um núcleo peridesértico, como caminhões pipa, para abastecer as populações com água; a vegetação totalmente desfolhada; rios totalmente secos e aquíferos idem. Deve-se ressaltar que os solos



com grande capacidade de reter água não são os mais comuns visto que a estrutura geológica deste setor fluminense é fortemente marcada por afloramentos rochosos ocasionando solos rasos. Pacotes de latossolos são encontrados apenas nas várzeas dos rios, geralmente estreitas, visto que os vales não muito encaixados devido ao tectonismo recente desta área.

A verificação da vazão do Córrego Bom Jardim, conforme a metodologia proposta ficou prejudicada diante do período de estiagem, conforme retrata as fotos 10, 11 e 12 respectivamente.

Foto 10 – Trecho do Córrego Bom Jardim durante período de deficiência hídrica (a).



Fonte: O autor, 2019.



Foto 11 – Trecho do Córrego Bom Jardim durante período de deficiência hídrica (b).



Fonte: O autor, 2019.

Foto 12 – Trecho do Córrego Bom Jardim apresentando excedente hídrico.



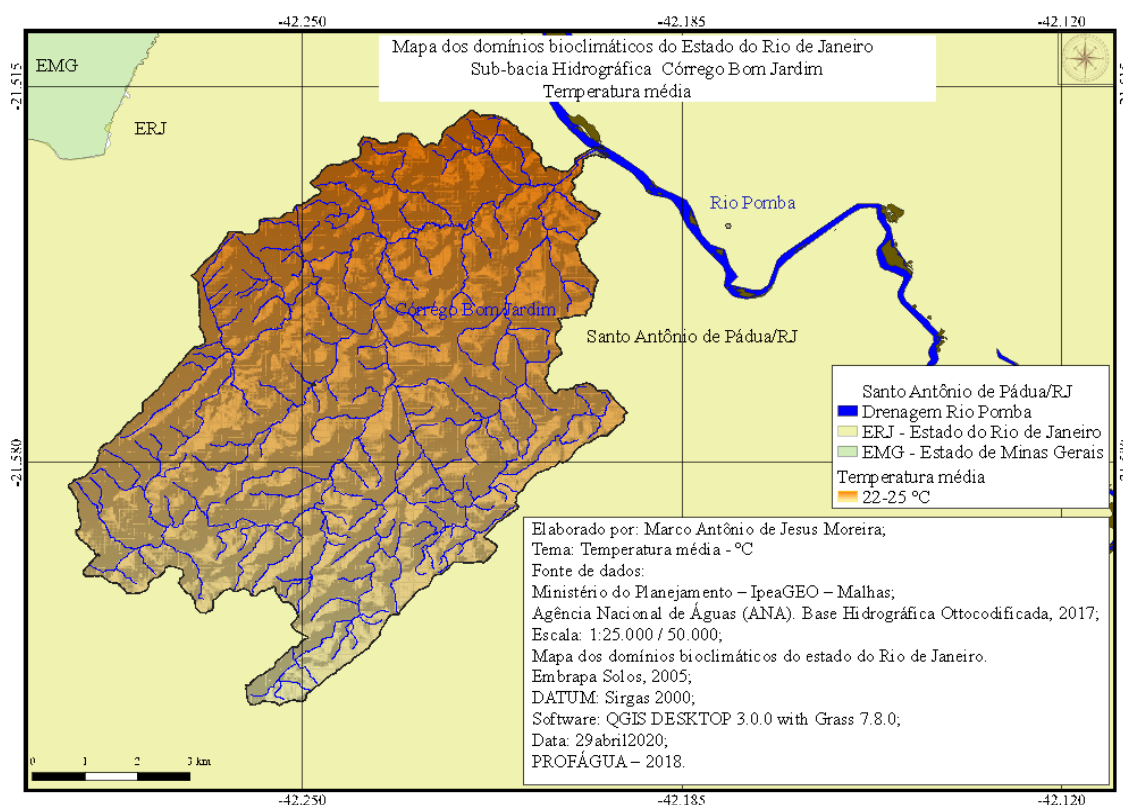
Fonte: O autor, 24 de nov. 2019.



### 6.5.5 Temperatura média da sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim

De acordo com Mapa dos domínios bioclimáticos do estado do Rio de Janeiro (2005), 100% da sub-bacia hidrográfica do Córrego Bom Jardim, apresenta temperatura média em torno 22 °C a 25 °C, conforme figura 74.

Figura 74 – Temperatura média sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.



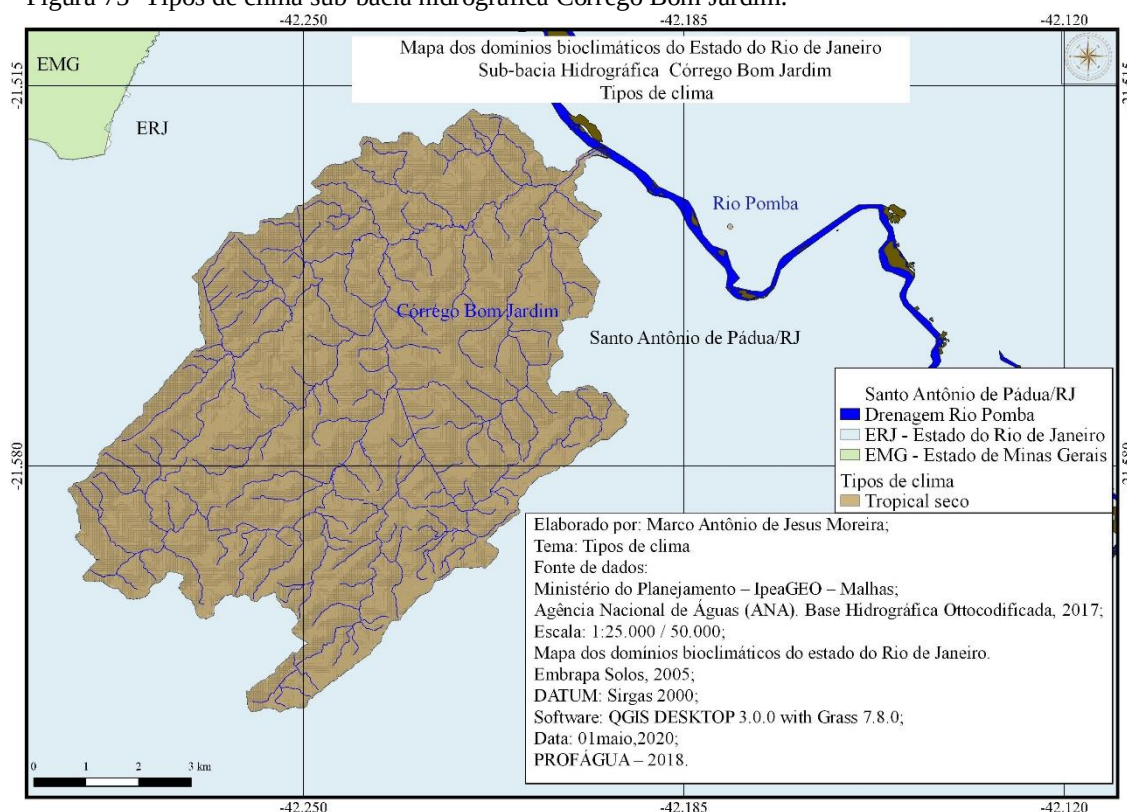
Fonte: O autor, 2020.

### 6.5.6 Tipos de clima da sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim

De acordo com Mapa dos domínios bioclimáticos do estado do Rio de Janeiro (2005), o tipo de clima predominante na sub-bacia do Córrego Bom Jardim é o tropical seco, presente em 100% da área, conforme ilustra a figura 75.



Figura 75- Tipos de clima sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.



Fonte: O autor, 2020.

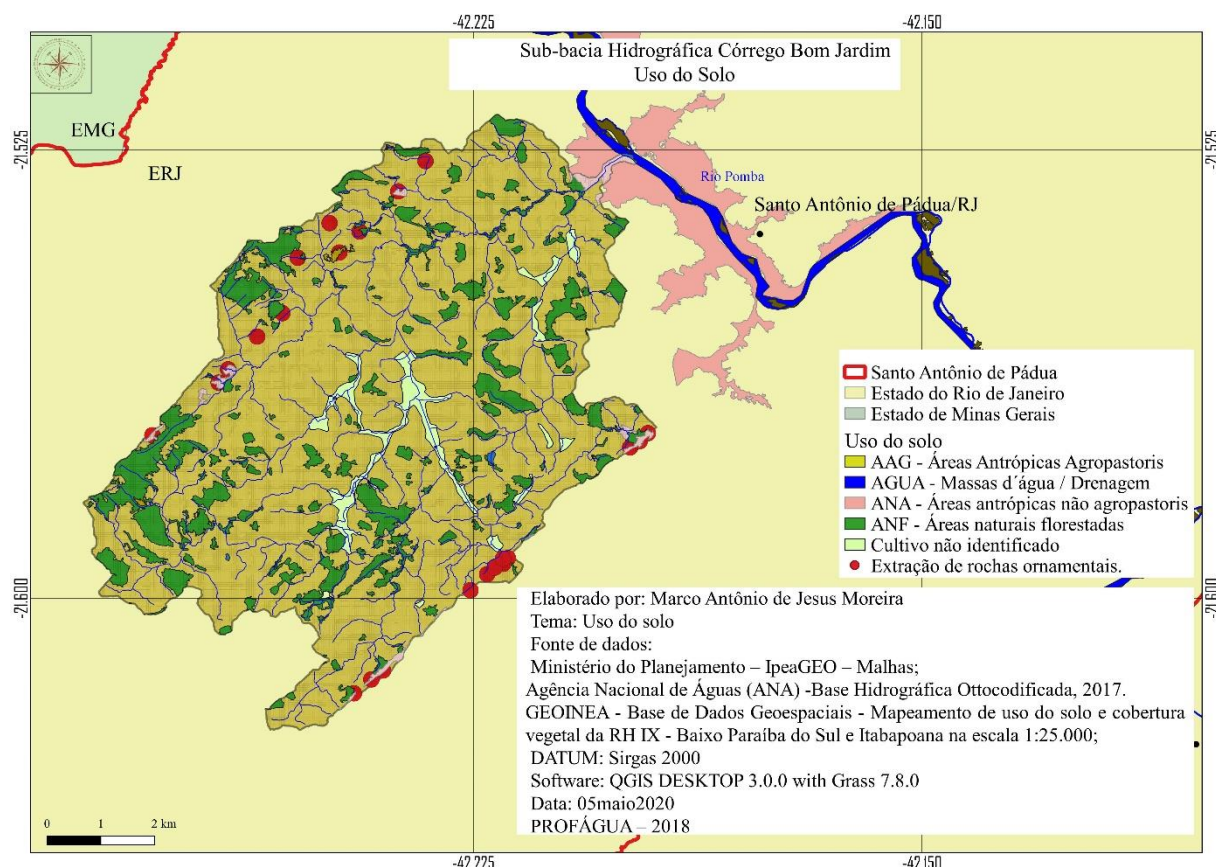
#### 6.5.7 Uso do solo sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim

A área territorial da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim Mirim, esta compreendida em 61,47 km<sup>2</sup>, que conforme o mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal da RH IX (Região hidrográfica nove) - Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (2019), foram encontradas 11,03 km<sup>2</sup> de áreas naturais florestadas (ANF), entorno de 176 fragmentos florestais distantes uns dos outros, praticamente sem função ecológica. Parte significativa destes fragmentos está situada em topos de morros e montanhas, e neste caso, preservados pela sua distância, declividade e pela dificuldade de acesso.

Estes fragmentos são compostos por matas secundárias e terciárias, como verificado em campo (BRASIL L. S. C. de A. et al., (?). São observados ainda, 2,26 km<sup>2</sup> de áreas antrópicas não pastoris (ANA), onde estão localizadas as áreas urbanas e as extrações de rochas ornamentais e 0,63 km<sup>2</sup> de áreas antrópicas agropastoris (AAG), ou seja, 47,55 km<sup>2</sup> são destinados a pastagens em geral e outros fins (figura 76). Observa-se que a área desta sub-bacia se encontra em avançado estado de degradação ambiental, que segundo SILVA (2019),

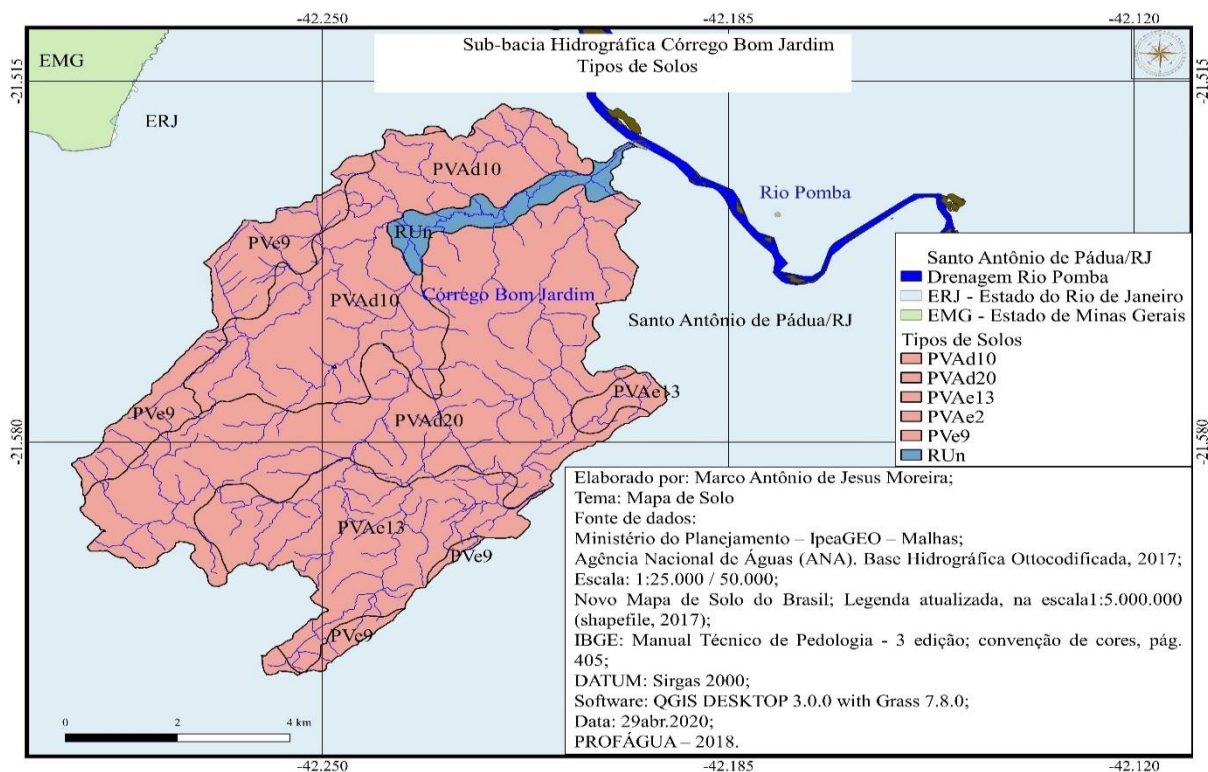
uma das causas para a degradação é o processo de ocupação e uso do solo, marcado, temporalmente, pelo plantio de cana-de-açúcar e café, pela pecuária e, mais recentemente, pela extração de rochas ornamentais. Não sendo observada a presença de unidades de conservação nos limites dessa sub-bacia hidrográfica objeto de estudo.

Figura 76 – Uso do solo sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim.



### 6.5.8 Natureza dos Solos Sub-bacia Hidrográfica Córrego Bom Jardim

Figura 77 – Tipos de solos sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim



Fonte: O autor, 2020.

Quadro 09 - Tipos de solo da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Bom Jardim.

(continua)

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PVAAd10</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou abrupto + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico ou abrupto + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico ou abrupto, todos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado e suave ondulado (40-40-20%);                                                                                                                                                               |
| <b>PVAAd20</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ou latossólico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico ou latossólico, textura argilosa/muito argilosa ou média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa ou muito argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa, todos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado e ondulado (30-30-20-20%); |

Fonte: O autor, 2020. Adaptado de EMBRAPA, 2011.

(conclusão do quadro 09)

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PVe2</b>   | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura média/argilosa ou argilosa/muito argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/muito argilosa ou argilosa/muito argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado e montanhoso (60-40%);                                                                            |
| <b>PVe9</b>   | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHOAMARELO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo montanhoso e forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA, relevo escarpado e montanhoso (50-30-20%);                                                                               |
| <b>PVAe13</b> | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, ambos textura média/argilosa ou média/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado e ondulado (70-30%);                                                                                                                                          |
| <b>RUn</b>    | NEOSSOLO FLÚVICO Sódico típico + NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico gleico, ambos textura média ou argilosa/média, fase floresta tropical subperenifólia de várzea + GLEISSOLO HÁPLICO Sódico* típico ou salino* + GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico solódico, ambos textura média ou argilosa, campo tropical higrófilo de várzea, todos A moderado, fase relevo plano (30-30-20-20%). |

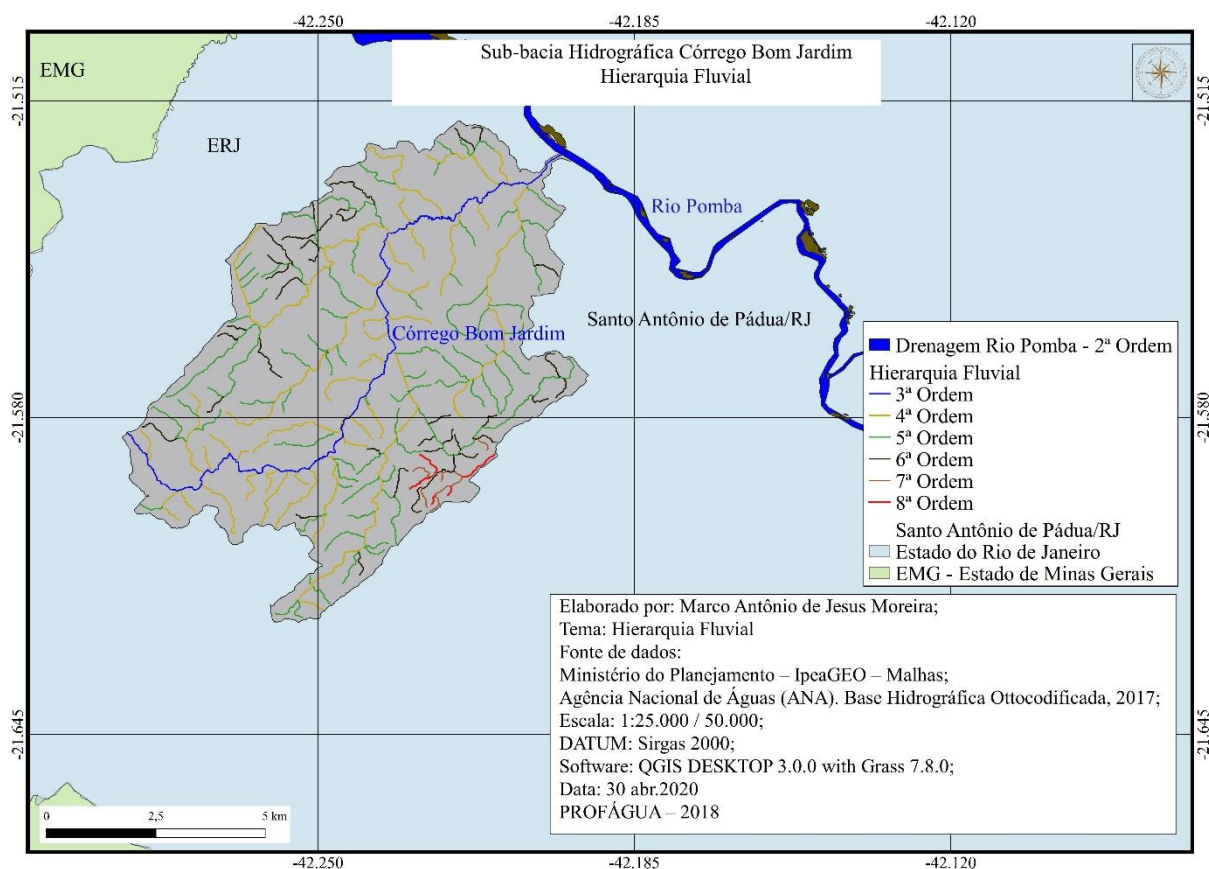
Fonte: EMBRAPA, 2011. Adaptada pelo autor, 2021.

Conforme as classes hidrológicas dos solos brasileiros (ANA, 2018, págs. 4 – 5), com relação a natureza dos solos na sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio, há predominância do ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, ARGISSOLO VERMELHO e NEOSSOLO FLÚVICO, classificados no grupo c, que compreende os solos contendo baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, principalmente com camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração. Taxa mínima de infiltração: 1,27-3,81 mm/h.

#### 6.5.9 Morfometria da sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim

De acordo com STRAHLER (1957), a ordem da bacia aponta o grau de ramificação ou bifurcação na bacia, onde os canais primários (nascentes) são denominados 1.<sup>a</sup> ordem, a junção de dois canais primários forma um de 2.<sup>a</sup> ordem e assim por diante, exceto quando ocorre a junção de um canal de ordem inferior a outro de ordem superior, mantendo esta maior ordem. Neste trabalho, utilizou-se as otobacias codificadas fornecida pela ANA, onde a ordem dos canais é contada de forma diferente da proposta apresentada por STRAHLER (1957). Neste caso, a partir da foz da bacia no mar (curso d'água que deságua diretamente no mar é ordem 1, o que deságua nele é 2, e assim por diante). Exemplificando, o Rio Paraíba do Sul é considerado de 1<sup>a</sup> ordem, o Rio Pomba de 2<sup>a</sup> ordem e o Córrego Bom Jardim de 3<sup>a</sup> ordem, e assim por diante. Sendo assim, as nascentes encontradas na sub-bacia hidrográfica do Córrego Bom Jardim seriam de 8<sup>a</sup> ordem (figura 78).

Figura 78 – Hierarquia fluvial sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim



Fonte: O autor, 2020.

A área da sub-bacia hidrográficas do Córrego Bom Jardim, localizadas nas coordenadas UTM Norte: -21.488125329, Sul: -21.642257582; Leste: -42.086532003; Oeste: -42.356495107; Datum Sirgas 2000 e Meridiano Central 45°W, desta forma, se encontrando totalmente dentro dos limites do município de Santo Antônio de Pádua/RJ.

De acordo com as análises realizadas, a sub-bacia do Córrego Bom Jardim apresentou uma área de drenagem de 61,47 km<sup>2</sup> e perímetro igual a 45,53 km. Suas características morfométricas estão apresentadas na tabela 15.

Diante do resultado obtido para fator de forma (0,16), reforçado pelo resultado encontrado para coeficiente de compacidade (1,62) e índice de circularidade (0,37), pode-se inferir que a sub-bacia do Córrego Bom Jardim é pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação. visto que tais valores encontrados apontam que a sub-bacia de estudo possui formato irregular, apresentando-se oblonga (mais comprida do que larga), com baixa tendência a enchentes.

O índice de sinuosidade (Is) é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal. Este índice expressa a velocidade de escoamento do



canal principal. Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor (SANTOS et al., 2012). Na sub-bacia em estudo, o valor de  $I_s$  foi de 1,59. Segundo Freitas (1952), valores de  $I_s$  próximos a unidade indicam canais retilíneos, valores de  $I_s$  superiores a 2 indicam canais sinuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais.

A densidade de drenagem encontrada na sub-bacia hidrográfica do Córrego Bom Jardim foi de 3,04 km de rio para cada km de área da bacia. Um índice considerado alto por Beltrame (1994), citado por SANTOS et al., 2012 (a). Conforme Villela e Mattos (1975, Cap. 2, p.16), “pode-se afirmar que este índice varia de 0,5 km/km<sup>2</sup>, para bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km<sup>2</sup>, ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas”.

Segundo Cardoso et al (2006), o estudo da densidade de drenagem indica a maior ou menor velocidade com que a água escoar para o exutório, dessa forma, evidencia o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Já para BARRETO, A. B. da C. et al., 2000, pág. 9, a densidade de drenagem é definida como o comprimento total de canais existentes em uma determinada bacia, dividido pela área desta bacia. É uma expressão da intensidade do escoamento superficial de uma região. Quanto maior a densidade de drenagem, maior o escoamento superficial e menor a infiltração.

De acordo com SANTOS et al., (2012), a partir da densidade de drenagem é possível se calcular o Coeficiente de manutenção ( $C_m$ ), que representa a área necessária que a bacia deve ter para manter porene cada metro de canal de drenagem, que neste caso o resultado encontrado foi de 328,94 m<sup>2</sup>/m.



Tabela 15. Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica Córrego do Bom Jardim

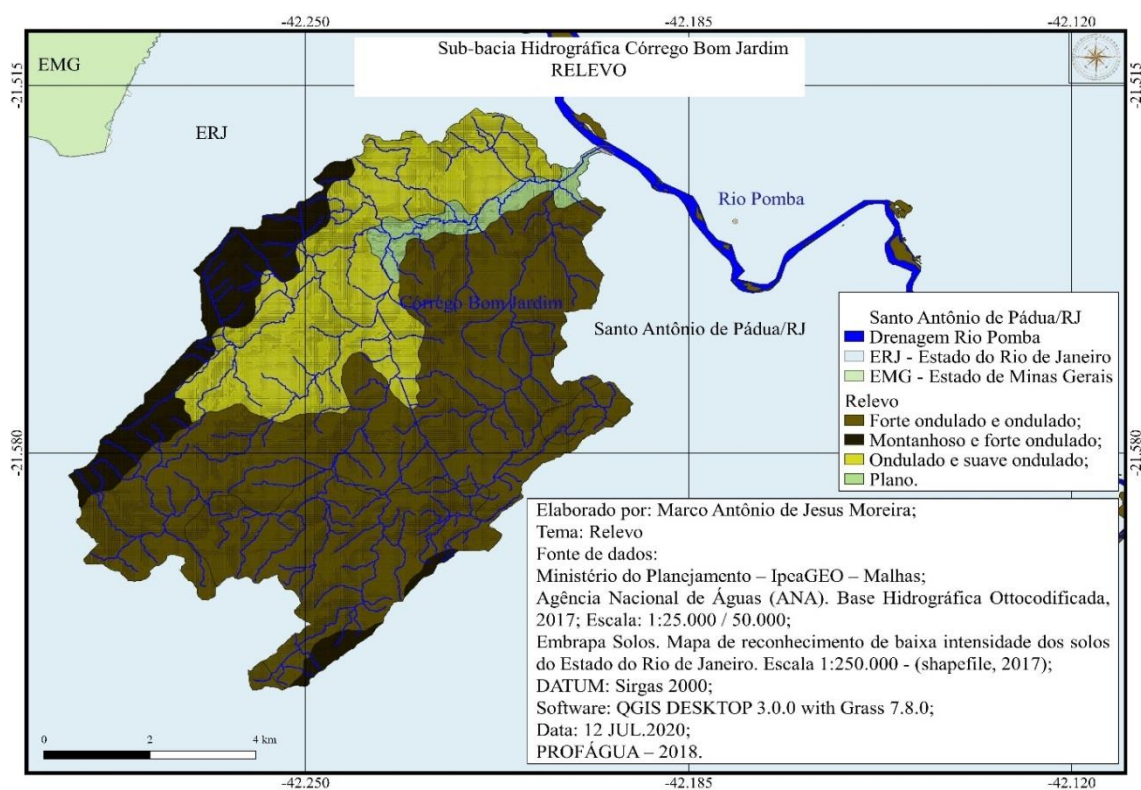
| Parâmetros                              | Unidade                 | Valores e Unidades |
|-----------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Área (A)                                | Km <sup>2</sup>         | 61,47              |
| Perímetro (P)                           | Km                      | 45,53              |
| Comprimento do canal principal          | Km                      | 19,08              |
| Comprimento vetorial do canal principal | Km                      | 11,93              |
| Comprimento total da rede de drenagem   | Km                      | 187,30             |
| Altitude máxima                         | m                       | 432                |
| Altitude mínima                         | m                       | 81                 |
| Ordem do córrego                        | -                       | 3                  |
| Densidade de drenagem (Dd)              | km/km <sup>2</sup>      | 3,04               |
| Números de canais                       | -                       | 162                |
| Densidade hidrográfica (Dh)             | Canais /km <sup>2</sup> | 2.63               |
| Índice de sinuosidade (Is)              | m/m                     | 1,59               |
| Fator de forma (Kf)                     | -                       | 0,16               |
| Coeficiente de compacidade (Kc)         | -                       | 1,62               |
| Índice de circularidade (Ic)            | -                       | 0,37               |
| Coeficiente de manutenção (Cm)          | m <sup>2</sup> /m       | 328,94             |
| Extensão do percurso superficial (EPS)  | km                      | 0,16               |
| Padrão de drenagem                      | -                       | Dendrítica         |

Adaptado pelo autor, de acordo com GOMES, 2015; BARROS, 2017.

#### 6.5.10 Relevo Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Bom Jardim

Conforme o Mapa dos Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (2005), figura n.º 79, sessenta e um virgula sessenta e seis por cento da área da Sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim está compreendida entre o relevo forte-ondulado e ondulado (61,66%), dez virgula trinta e um por cento (10,31%), forte ondulado e montanhoso, vinte e quatro virgula cinquenta e quatro por cento (24,54%) ondulado e suave ondulado e três virgula quarenta e nove por cento (3,49%) plano. A declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, sobretudo devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial, reduzindo a possibilidade da infiltração de água no solo (CARDOSO et al., 2006).

Figura 79 – Relevo da sub-bacia hidrográfica Córrego Bom Jardim



Fonte: O autor, 2020.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta Dissertação teve como objetivo principal, delimitar e analisar morfometricamente sub-bacias hidrográficas para abastecimento público emergencial no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, noroeste fluminense. Que encontra no Rio Pomba sua principal fonte de abastecimento, cuja nascente tem origem no Estado de Minas Gerais, onde são desenvolvidas diversas atividades econômicas capazes de causar danos ao meio ambiente, principalmente aos recursos hídricos, como a mineração.

No desenvolvimento das análises delimitou-se com o auxílio da Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO), aproximadamente 130 microbacias, donde selecionou-se 05 (cinco) para estudos, sendo sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio, Ribeirão do Bonito e Ribeirão dos Ourives, situadas à margem esquerda do Rio Pomba, e Ribeirão Bom Jardim e Córrego Bom Jardim, localizadas à margem direita do mesmo rio.

Nestes casos, consideraram-se os critérios como localização do exutório, proximidade com aglomerados urbanos, ou seja, a representatividade da população a ser atendida, acesso a E.T.A (Estação de Tratamento de Água) e, por fim, o tamanho das sub-bacias, dando preferência a áreas com até 20.000 ha, de acordo com IKEMOTO, 2018, pág. 81. A exceção foi a sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio, que possui área superior a 22.000 ha (22.864 ha). Durante a evolução dos estudos, notou-se que as sub-bacias selecionadas são desprovidas de instrumentação, ou seja, não há pluviômetros, fluviômetros ou régua linimétrica. Fato comum, associado as pequenas bacias.

Com relação aos objetivos específicos, inicialmente, analisou-se morfometricamente as sub-bacias hidrográficas, com o uso de geotecnologias aplicadas aos recursos hídricos (*software* livre) neste caso, o QGIS, cujos resultados podem ser verificados nos mapas e gráficos desenvolvidos. O segundo objetivo consistiu em avaliar o uso e ocupação do solo, que neste ato usou-se dos arquivos originados do GEOINEA, mais especificamente sobre a Região Hidrográfica IX. Por último, avaliou-se disponibilidade hídrica das sub-bacias hidrográficas através das medições das vazões dos cursos d'água, selecionados, com o uso do método do flutuador descrito por CESTONARO et al., 2007; BEZERRA et al., 2017. Que se obteve êxito na medição realizada no Ribeirão Santo Antônio. No que se refere as sub-bacias estudadas, observou-se o seguinte:

**SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO** – Pertencente a bacia hidrográfica do Rio Pomba, a sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio possui 80,7% do seu território no município de Miracema/RJ, 10,3% no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, noroeste fluminense, e 9% no município de Palma/MG, na zona da mata mineira. Situação geográfica que faz com seu manancial possua domínios diversos, como, por exemplo, o Córrego da Reserva, que possui nascente no município de Palma/MG, e se junta ao Ribeirão Santo Antônio em Miracema, onde ele possui nascente. Já a foz do Ribeirão Santo Antônio se localiza no município de Santo Antônio de Pádua. O clima da região está dividido entre subtropical, úmido; tropical e subtropical, subúmido e tropical seco.

Na caracterização morfométrica foi encontrada para sub-bacia hidrográfica Ribeirão Santo Antônio uma área de 228,64 km<sup>2</sup>, o perímetro de 90,57 km e o comprimento do eixo da bacia de 38,76 km, apresentando padrão dendrítico de drenagem. O coeficiente de compacidade (Kc) encontrado foi de 1,67, associado ao respectivo fator de forma (Kf) de 0,15 indicam que esta sub-bacia, em condições normais de precipitação, é pouco suscetível a enchentes.

O resultado desses índices é reforçado pelo índice de circularidade (Ic) encontrado de 0,35, observa-se que o afastamento da unidade indica que a sub-bacia não tende à forma circular, ou seja, possui forma mais alongada, portanto, menor concentração de deflúvio. Os resultados obtidos para o coeficiente de manutenção (cm) indicam que para manter cada metro de canal, são necessários 450,45 m<sup>2</sup>/m. Quanto a densidade de drenagem, o índice encontrado foi de (2,22) km/km<sup>2</sup>, apresentando tendência mediana de escoamento superficial, tendendo a favorecer a infiltração da água no solo. Com relação à densidade hidrográfica, encontrou-se o valor de 1,55 canais por km<sup>2</sup>, correspondendo, desta forma, ao menor índice dentre as sub-bacias analisadas.

Quanto ao relevo, 69,28% apresentaram-se em forte ondulado e ondulado, 13,31% forte ondulado, 7,22% forte ondulado e montanhoso, e por fim, 4,56% plano. Observou-se que o tipo de solo predominante na sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio, é o Latossolo vermelho-amarelo, pertencente ao grupo A, da classe hidrológica dos solos brasileiros, onde encontramos solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração uniforme quando completamente molhados. Seguido pelo Argissolo vermelho-amarelo, Argissolo vermelho, Cambissolo Háplicos e Gleissolos Háplicos.

Esta sub-bacia, coleciona índices pluviométricos diversos, que vão de 1200 a 1700 mm na parte mais alta, e 900 a 1250 mm nas demais áreas. Nota-se, portanto, que esta sub-bacia possui índices pluviométricos superiores as demais bacias verificadas. Com relação ao

uso do solo, foram encontrados 71,43 km<sup>2</sup> (31,24%) de áreas naturais florestadas, com aproximadamente 395 fragmentos florestais distantes uns dos outros, praticamente sem função ecológica, 4,5 km<sup>2</sup> (1,96%) de áreas antrópicas não pastoris, onde se localizam as zonas urbanas e as extrações de rochas ornamentais, e 0,92 km<sup>2</sup> (0,40%) áreas antrópicas agropastoris, 0,34 km<sup>2</sup> (0,14%) de áreas não florestadas, compostas por afloramentos rochosos, etc. 2,35 km<sup>2</sup> de silvicultura (1,02%). A área desta sub-bacia abriga a APA (Área de Proteção Ambiental) de Miracema, com aproximadamente 67,07 km<sup>2</sup> (29,33%), e a REVIS (Refúgio da Vida Silvestre da Ventania) criada pelo Decreto n.º 0261 de 15 de dezembro de 2010, com aproximadamente 21,75 km<sup>2</sup> (9,51%).

Restando, então, 60,28 km<sup>2</sup> (26,36%) destinados a pastagens em geral e outros fins.

O Ribeirão Santo Antônio possui seu exutório no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, mas não atende aos quesitos que nortearam esta pesquisa, quanto a representatividade da população a ser atendida, e a proximidade com a E.T.A (Estação de Tratamento de Água) localizada na sede do município. Entretanto, observa-se que a mesma poderia ser usada para o abastecimento emergencial em 02 (dois) distritos de Santo Antônio de Pádua, sendo Paraquena e Campelo, além do município de Miracema/RJ, igualmente dependente do Rio Pomba para abastecimento público. Que a metodologia proposta para aferir a vazão foi usada neste manancial, que mesmo em época de estiagem, meses de agosto/setembro, mantinha o fluxo de água sem interrupção.

Sendo observada uma vazão de 15,48 m<sup>3</sup>/minuto. Percebe-se, assim, que o tipo de solo predominante nesta sub-bacia (Latosolo vermelho-amarelo), os tipos de climas (subtropical, úmido; tropical e subtropical, subsumido e tropical seco), os índices pluviométricos que variam de 1250 – 1700 a 900 – 1250 mm, e por fim o uso do solo, já que com o somatório das áreas naturais florestadas, APA e REVIS, pode-se chegar a 70,08% da área de drenagem da sub-bacia, com condições razoáveis para a produção de água.

**SUB-BACIA HIDROGRÁFICA RIBEIRÃO DO BONITO** – Localizado na bacia hidrográfica do Rio Pomba, com 74,8% no município de Miracema/RJ, 104,47 km<sup>2</sup> e 25,2% no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, 35,10 km<sup>2</sup>. A sub-bacia do Ribeirão do Bonito tem sua cota máxima de altitude a 891 m variando até 85 m na sua foz.

Na caracterização morfométrica foi encontrada para sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito uma área de 139,57 km<sup>2</sup>, o perímetro de 84,60 km e o comprimento do eixo da bacia de 48,11 km, apresentando padrão dendrítico de drenagem. O clima encontrado na região é o tropical e subtropical, subúmido e o tropical seco. O coeficiente de compacidade (Kc) encontrado foi de 2,00, associado ao respectivo fator de forma (Kf) de 0,06 indicam que esta sub-bacia, em condições normais de precipitação, é pouco suscetível a enchentes. O resultado desses índices é reforçado pelo índice de circularidade (Ic) encontrado de 0,24, observa-se que o afastamento da unidade indica que a sub-bacia não tende à forma circular, ou seja, possui forma mais alongada, portanto, menor concentração de deflúvio. O índice de sinuosidade encontrado para esta sub-bacia foi de 1,87. Já os resultados obtidos para o coeficiente de manutenção (cm) indicam que para manter cada metro de canal, são necessários 411,52 m<sup>2</sup>/m.

Quanto a densidade de drenagem, o índice encontrado foi de 2,43 km/km<sup>2</sup>, indicando tendência mediana de escoamento superficial. Com relação à densidade hidrográfica, encontrou-se o valor de 1,85 canais por km<sup>2</sup>. Sobre o relevo, 53,17% da área da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão do Bonito está compreendida entre o relevo forte-ondulado e ondulado, 28,09% forte ondulado, 18,01% ondulado e suave ondulado e 0,73% plano.

Observou-se que o tipo de solo predominante na sub-bacia do Ribeirão do Bonito, é o Argissolo vermelho-amarelo, seguido do Argissolo vermelho e uma pequena fração do Neossolo Flúvico. Os solos aqui relatados são pertencentes ao grupo C, da classe hidrológica dos solos brasileiros, onde encontramos solos com baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, apresentando camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração. Encontrou-se ainda uma pequena camada do Latossolo vermelho-amarelo nesta área de drenagem. Esta sub-bacia, coleciona índices pluviométricos diversos, que vão de 1100 a 1350 mm na parte mais alta, e 900 a 1250 mm nas demais áreas.

Com relação ao uso do solo, foram encontrados 41,43 km<sup>2</sup> (29,68%) de áreas naturais florestadas, com aproximadamente 278 fragmentos florestais distantes uns dos outros, praticamente sem função ecológica, 0,37 km<sup>2</sup> (0,26%) de áreas antrópicas não pastoris, onde se localizam as zonas urbanas e as extrações de rochas ornamentais, e 0,15 km<sup>2</sup> (0,10%) áreas



antrópicas agropastoris, 0,08 km<sup>2</sup> (0,05%) de áreas não florestadas, compostas por afloramentos rochosos, etc. 0,30 km<sup>2</sup> (0,21%) de silvicultura. Restando assim, 97,24 km<sup>2</sup> (69,67%) destinados a pastagens em geral e outros fins.

Observa-se que este manancial atende aos requisitos propostos neste estudo, quanto a localização do exutório no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, proximidade com a E.T.A (Estação de Tratamento de Água), representatividade da população a ser atendida e área do manancial com até 20.000 ha. Que a metodologia proposta para aferir a vazão não foi usada neste ribeirão, pelo fato de o mesmo não apresentar condições técnicas satisfatórias, havendo interrupção do fluxo natural da água em diversos pontos. A menor quantidade de água nesta sub-bacia, se dá por motivos diversos, tais como, o climático, relacionado ao baixo índice pluviométrico nos meses que antecederam a verificação da vazão, tipo de solo predominante na área de drenagem, que não propicia uma boa infiltração em épocas de excedentes hídricos, o relevo, o uso do solo onde normalmente ocorre a remoção da cobertura vegetal, além das diversas barragens de terra construídas visando a acumulação local de água.

**SUB-BACIA HIDROGRÁFICA RIBEIRÃO DOS OURIVES** - Pertencente a bacia hidrográfica do Rio Pomba, a sub-bacia do Ribeirão dos Ourives possui 100% de seu manancial no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, noroeste fluminense. A sub-bacia do Ribeirão dos Ourives tem sua cota máxima de altitude a 982 m variando até 78 m na foz. Coleciona índices pluviométricos diversos, que vão de 1100 a 1350 mm na parte mais alta, e 950 a 1250 mm nas demais áreas da sub-bacia. O clima encontrado na região é o tropical e subtropical, subúmido e o tropical seco.

Na caracterização morfométrica foi encontrada para sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives, área de 93,37 km<sup>2</sup>, o perímetro de 58,74 km e o comprimento do eixo da bacia de 29,97 km, apresentando padrão dendrítico de drenagem. O coeficiente de compacidade (Kc) encontrado, 1,70, associado ao respectivo fator de forma, (Kf) 0,10 indicam que esta sub-bacia, em condições normais de precipitação, é pouco suscetível a enchentes.

O resultado desses índices é reforçado pelo índice de circularidade (Ic) encontrado de 0,34, que demonstra um afastamento da unidade indicando que a sub-bacia não tende à forma circular, ou seja, possui forma mais alongada, portanto, menor concentração de deflúvio. O índice de sinuosidade encontrado para esta sub-bacia foi de 1,57. Os resultados obtidos para o coeficiente de manutenção (cm) indicam que para manter cada metro de canal, são necessários 411,52 m<sup>2</sup>/m.

Quanto a densidade de drenagem, o índice encontrado foi de 2,43 km/km<sup>2</sup>. Com relação à densidade hidrográfica, encontrou-se o valor de 1,72 canais por km<sup>2</sup>. Em relação ao relevo, 52,15% da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão dos Ourives está compreendida entre o relevo forte-ondulado, bem como, 25,21% se encontra montanhoso e forte ondulado, 22,20% forte ondulado e ondulado, zero virgula quarenta e quatro por cento (0,44%) escarpado e montanhoso.

Observa-se que não há relevos ditos planos nesta área de drenagem. Notou-se que o tipo de solo predominante na sub-bacia do Ribeirão dos Ourives, é o Argissolo vermelho, seguido pelo Argissolo vermelho-amarelo, pertencentes ao grupo C, da classe hidrológica dos solos brasileiros, onde encontramos solos com baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, apresentando camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração.

Com relação ao uso do solo, foram encontrados 37,88 km<sup>2</sup> (40,56%) de áreas naturais florestadas, com aproximadamente 251 fragmentos florestais distantes uns dos outros, praticamente sem função ecológica, 0,37 km<sup>2</sup> (0,39%) de áreas antrópicas não pastoris, onde

se localizam as zonas urbanas e as extrações de rochas ornamentais, e 0,15 km<sup>2</sup> (0,16%) de áreas antrópicas agropastoris, 1,09 km<sup>2</sup> (1,16%) de áreas não florestadas, compostas por afloramentos rochosos, etc., 0,06 km<sup>2</sup> de silvicultura (0,064%).

Restando assim, 53,82 km<sup>2</sup> (57,64%) destinados a pastagens em geral e outros fins. A área desta sub-bacia hidrográfica abriga o Monumento Natural Municipal da Serra de Frecheiras, criado pelo Decreto n.º 119, de 4 de outubro 2013, com área territorial de 4,57 km<sup>2</sup>, e o Parque Natural Municipal da Mata Atlântica, conforme a Lei n.º 3.335 de 25 de março 2010, com área de 0,52 km<sup>2</sup>.

Observa-se que este manancial atende ao requisito proposto neste estudo, quanto a área do manancial com até 20.000 ha. E deixa de atender em relação à localização do exutório, que se encontra distante da sede do município de Santo Antônio de Pádua/RJ, proximidade com a E.T.A (Estação de Tratamento de Água) também situada na sede do município, bem como representatividade da população a ser atendida.

Mas há necessidade de estudos que verifiquem seu uso no abastecimento do distrito de Monte Alegre e Ibitiguaçu. Que a metodologia proposta para aferir a vazão não foi usada neste ribeirão, pelo fato de o mesmo não apresentar condições técnicas satisfatórias, entre os meses de agosto e setembro. Havendo interrupção do fluxo natural da água em diversos pontos. A menor quantidade de água nesta sub-bacia, se dá por diversos motivos tais como, climáticos (índice pluviométrico baixo), características dos solos e relevos encontrados naquela região, que não possibilita o armazenamento de água nos períodos de chuvas, contribuindo assim para um rápido escoamento, o mau uso do solo, principalmente pela falta de cobertura vegetal, além das diversas barragens de terra construídas visando a acumulação local de água, nas propriedades rurais.

**SUB-BACIA HIDROGRÁFICA RIBEIRÃO BOM JARDIM** – Pertencente a bacia hidrográfica do Rio Pomba, a sub-bacia do Ribeirão Bom Jardim possui 62,5% de seu manancial no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, noroeste fluminense, e 37,5% no município de Palma/MG, na zona da mata mineira. Este ribeirão tem sua cota máxima de altitude a 785 m variando até 104 m na foz.

O índice pluviométrico desta sub-bacia se encontra em 950 a 1250 mm anuais. Já o clima predominante nesta sub-bacia é o tropical seco. Na caracterização morfométrica foi encontrada para sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim, área de 93,20 km<sup>2</sup>, o perímetro de 59,89 km e o comprimento do eixo da bacia de 23,36 km, apresentando padrão dendrítico de drenagem. O coeficiente de compacidade (Kc) encontrado de 1,73, associado ao respectivo fator de forma, (Kf) 0,17 indicam que esta sub-bacia, em condições normais de precipitação, é pouco suscetível a enchentes.

O resultado desses índices é reforçado pelo índice de circularidade (Ic) encontrado de 0,32, observa-se que o afastamento da unidade indica que a sub-bacia não tende à forma circular, ou seja, possui forma mais alongada, portanto, menor concentração de deflúvio. O índice de sinuosidade encontrado para esta sub-bacia foi de 1,27. Os resultados obtidos para o coeficiente de manutenção (cm) indicam que para manter cada metro de canal, são necessários 398,40 m<sup>2</sup>/m. Quanto a densidade de drenagem, o índice encontrado foi de (2,51) km/km<sup>2</sup>, apresentando alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão, tendendo a não favorecer a infiltração da água no solo.

Com relação à densidade hidrográfica, encontrou-se o valor de 1,96 canais por km<sup>2</sup>. Quanto ao relevo, pode-se verificar que 26,70% da área da Sub-bacia hidrográfica Ribeirão Bom Jardim está compreendida entre o relevo forte-ondulado, 12,37% montanhoso e forte ondulado, 16,68% forte ondulado e ondulado, 29,30% escarpado e montanhoso, 12,34% ondulado e suave ondulado e 2,61% plano.

Observou-se que o tipo de solo predominante no lado fluminense da sub-bacia do Ribeirão Bom Jardim, é o Argissolo vermelho-amarelo, seguido pelo Argissolo vermelho, pertencentes ao grupo C, da classe hidrológica dos solos brasileiros, onde encontramos solos com baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, apresentando camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração. J

á no lado mineiro da sub-bacia predomina o Latossolo vermelho-amarelo, pertencente ao grupo A da classe hidrológica dos solos brasileiros, caracterizados pelo baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração uniforme, quando completamente molhados.

Neossolo litólico e o Neossolo flúvico completam a lista de solo local. Com relação ao uso do solo, foram encontrados 39,51 km<sup>2</sup> (42,39%) de áreas naturais florestadas, com aproximadamente 178 fragmentos florestais distantes uns dos outros, praticamente sem função ecológica, 0,13 km<sup>2</sup> (0,139%) de áreas antrópicas não pastoris, onde se localizam as zonas urbanas e as extrações de rochas ornamentais, e 0,0061 km<sup>2</sup> áreas antrópicas agropastoris, 1,76 km<sup>2</sup> (1,88%) de áreas não florestadas, compostas por afloramentos rochosos, etc., 0,06 km<sup>2</sup> de silvicultura (0,064%), e 0,0068 km<sup>2</sup> destinados à silvicultura diversas. Restando assim, 51,72 km<sup>2</sup> (55,49%) destinados a pastagens em geral e outros fins.

A área desta sub-bacia hidrográfica abriga o Monumento Natural Municipal da Pedra Bonita, criado pelo Decreto n.º 090 de 24 de agosto 2018. Observa-se que este manancial atende aos requisitos propostos neste estudo, quanto a localização do exutório no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, área do manancial com até 20.000 ha. Deixa de atender quanto aos requisitos de proximidade com a E.T.A (Estação de Tratamento de Água), situada na sede do município, e representatividade da população a ser atendida. Faz parte das áreas de interesse para proteção e recuperação de mananciais no Estado do Rio de Janeiro (Ikemoto et al., 2019, pág. 80), atualmente auxilia no abastecimento ao distrito de Santa Cruz.

A metodologia proposta para aferir a vazão não foi usada neste ribeirão, pelo fato de não apresentar condições técnicas satisfatórias, havendo interrupção do fluxo natural da água em diversos pontos, por se tratar de período de estiagem, meses de agosto e setembro. A menor quantidade de água nesta sub-bacia, se dá por diversos motivos tais como, climáticos (índice pluviométrico baixo), características dos solos e relevos encontrados naquela região, que não possibilita o armazenamento de água nos períodos de chuvas, contribuindo assim para um rápido escoamento, o mau uso do solo, principalmente pela remoção da cobertura vegetal, além das diversas barragens de terra construídas visando a acumulação local de água, nas propriedades rurais.

**SUB-BACIA DO CÓRREGO BOM JARDIM** – Pertencente a bacia hidrográfica do Rio Pomba, a sub-bacia do Córrego Bom Jardim possui 100% de seu manancial no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, noroeste fluminense. Este ribeirão tem sua cota máxima de altitude a 430 m variando até 81 m na foz. O índice pluviométrico desta sub-bacia se encontra em 950 a 1250 mm anuais. O clima predominante é o tropical seco.

Na caracterização morfométrica foi encontrada para sub-bacia hidrográfica do Córrego Bom Jardim, área de 61,47 km<sup>2</sup>, o perímetro de 45,53 km e o comprimento do eixo da bacia de 19,08 km, apresentando padrão dendrítico de drenagem, mostrando-se oblonga (mais comprido do que largo). O coeficiente de compacidade (Kc) encontrado de 1,62, associado ao respectivo fator de forma (Kf) de 0,16 indicam que esta sub-bacia, em condições normais de precipitação, é pouco suscetível a enchentes.

O resultado desses índices é reforçado pelo índice de circularidade (Ic) encontrado foi de 0,37, observa-se que o afastamento da unidade indica que a sub-bacia não tende à forma circular, ou seja, possui forma mais alongada, portanto, menor concentração de deflúvio. O índice de sinuosidade encontrado para esta sub-bacia foi de 1,59.

Os resultados obtidos para o coeficiente de manutenção (cm) indicam que para manter cada metro de canal, são necessários 398,40 m<sup>2</sup>/m. Quanto a densidade de drenagem, o índice encontrado foi de (3,04) km/km<sup>2</sup>, apresentando alta tendencia ao escoamento superficial, enxurradas e erosão, tendendo a não favorecer a infiltração da água no solo. Com relação à densidade hidrográfica, encontrou-se o valor de 2,63 canais por km<sup>2</sup>, constituindo, assim, o maior índice dentre as sub-bacias estudadas.

Quanto ao relevo, pode-se verificar que 61,66% da área da Sub-bacia hidrográfica do Córrego Bom Jardim está compreendida entre o relevo forte-ondulado e ondulado, 10,31% forte ondulado e montanhoso, 24,54% ondulado e suave ondulado e 3,49% plano. Observou-se que o tipo de solo predominante na sub-bacia do Córrego Bom Jardim, é o Argissolo vermelho-amarelo, seguido pelo Argissolo vermelho, e o Neossolo flúvico, ambos pertencentes ao grupo C, da classe hidrológica dos solos brasileiros, onde encontramos solos com baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, apresentando camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração.

Com relação ao uso do solo, foram encontrados 11,03 km<sup>2</sup> (17,94%) de áreas naturais florestadas, com aproximadamente 176 fragmentos florestais distantes uns dos outros, praticamente sem função ecológica, 2,26 km<sup>2</sup> (3,67%) de áreas antrópicas não pastoris, onde se localizam as zonas urbanas e as extrações de rochas ornamentais, e 0,63 km<sup>2</sup> (1,02%) áreas



antrópicas agropastoris e 47,55 km<sup>2</sup> (77,35%) são destinados a pastagens em geral e outros fins.

Observa-se que este manancial atende aos requisitos propostos neste estudo, quanto a localização do exutório no município de Santo Antônio de Pádua/RJ, proximidade com a E.T.A (Estação de Tratamento de Água) do bairro Cidade Nova, e área do manancial com até 20.000ha. Atende parcialmente a representatividade da população a ser atendida.

A metodologia proposta para verificar a vazão não foi usada neste ribeirão, pelo fato de não apresentar condições técnicas satisfatórias, havendo interrupção do fluxo natural da água em diversos pontos, por se tratar de período de estiagem, meses de agosto e setembro. A menor quantidade de água nesta sub-bacia, se dá por diversos motivos tais como, climáticos (índice pluviométrico baixo), características dos solos e relevos encontrados naquela região, que não possibilita o armazenamento de água nos períodos de excedentes hídricos, contribuindo assim para um rápido escoamento, o mau uso do solo, principalmente pela falta de cobertura vegetal, além das diversas barragens de terra construídas visando a acumulação local de água. Cabe salientar que dentre os mananciais observados neste estudo, este, sem dúvida, é o mais prejudicado por ações antrópicas diversas.

## CONCLUSÃO

Conforme foi observado, considera-se que as 05 (cinco) sub-bacias hidrográficas estudadas possuem capacidade de abastecimento público, de cunho emergencial, bastando adequá-las a realidade geográfica de onde se encontram, ou seja, nos distritos ou na sede do município. Durante a realização deste estudo ficou constatado que o Córrego Bom Jardim, Ribeirão Bom Jardim, Ribeirão do Bonito e Ribeirão dos Ourives estavam com o fluxo natural da água, interrompido em diversos pontos. A menor quantidade de água nestas sub-bacias, se dá por diversos motivos climáticos (baixo índice pluviométrico), características dos solos e relevos encontrados naquela região, que não possibilita o armazenamento de água nos períodos de excedentes hídricos, contribuindo assim para um rápido escoamento superficial, o mau uso do solo, principalmente pela retirada da cobertura vegetal para implantação de culturas diversas, além das inúmeras barragens de terra construídas visando a acumulação local de água nas propriedades rurais.

Apenas o Ribeirão Santo Antônio se encontrava com fluxo hídrico, em tese, normal, apesar da estiagem. Sendo assim, considera-se que a sub-bacia do Ribeirão do Bonito atenderia na totalidade aos critérios estabelecidos neste trabalho, quanto a população a ser atendida, tamanho do manancial (até 20.000 ha), proximidade com a E.T.A (Estação de tratamento de água). Entretanto, haveria necessidade de colocar em prática as chamadas medidas estruturantes, que seria a construção de reservatório e demais estruturas de apoio, como prevenção aos períodos de estiagens.

Esta pesquisa contribuiu para o campo da gestão e regulação de recursos hídricos, quando lança luz sobre o abandono em que se encontram as pequenas bacias hidrográficas. Muitas delas, com potencial extraordinário para o abastecimento público, o que contribuiria imensamente para a retirada da pressão sobre as grandes bacias. Observou-se que o Ribeirão Santo Antônio reúne capacidade para abastecimento público diário, no entanto, o distrito paduano de Campelo e o município de Miracema são abastecidos pelo Rio Pomba. Espera-se que esta análise se torne um pontapé inicial para outras que possam surgir, com objetivos semelhantes. Por fim, o produto resultante deste estudo é a Nota Técnica constante do Apêndice, que pode orientar as instituições do setor hídrico, a concentrar esforços para minimizar os problemas identificados, que podem ser solucionados a médio e longo prazo.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Plano Nacional de Segurança Hídrica / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico** – Brasília: ANA, 2019 112 p.: il. ISBN: 978-85-8210-059-2  
<<https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSH/ArquivosPDF/PNSH.pdf>>. Acesso em 20 de mar. 2020.

\_\_\_\_\_. **Nota Técnica nº 46/2018/SPR Documento no 00000.040424/2018-44. Produção de base vetorial com o Curve Number (CN) para BHO 2014 (BHO\_CN)**. Brasília – junho de 2018. Disponível em:  
<[https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67/attachments/NOTA\\_TECNICA\\_46\\_2018\\_SPR.pdf](https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67/attachments/NOTA_TECNICA_46_2018_SPR.pdf)>. Acesso em: 06 de out. 2020.

\_\_\_\_\_. **Comitês de Bacia Hidrográfica**. Disponível em:  
<<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/fortalecimento-dos-entes-do-singreh/comites-de-bacia-hidrografica>>. Acesso em: 07 de nov. 2021.

\_\_\_\_\_. **Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 5k (BHO5k)**. Brasília – 2017. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acesso em: 05 set 2018.

\_\_\_\_\_. **ENCARTE ESPECIAL SOBRE A BACIA DO RIO DOCE. Rompimento da barragem em Mariana/MG, 2015**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos – SPR Brasília – DF 2016. Disponível em:  
<[HTTP://Arquivos.ANA.GOV.BR/RioDoce/EncarteRioDoce\\_2203\\_2016v2.PDF](http://Arquivos.ANA.GOV.BR/RioDoce/EncarteRioDoce_2203_2016v2.PDF)>  
Acesso em: 05 de out. 2020.

\_\_\_\_\_. **Base Hidrográfica Ottocodificada da Bacia do Rio Paraíba DO Sul nas Escalas 1:25.000/50.000, 2017**. Disponível em:  
<<https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=458&currTab=simple>>. Acesso em: 05 set 2018.

\_\_\_\_\_. **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 (BHO 2017)** <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/0c698205-6b59-48dc-8b5e-a58a5dfcc989>>. Acesso em: 05 set 2018.

ALVES V. B. S. et al. **Impactos do acidente na Indústria de Papel e Celulose Cataguases, no Rio Paraíba do Sul**. Revista Educação Pública. ISSN: 1984-6290-B3 em ensino - Qualis, Capes. DOI: 10.18264/REP. Publicado em 06 de agosto de 2013. Disponível em:  
<<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/13/29/impactos-do-acidente-na-induacutestria-de-papel-e-celulose-cataguases-no-rio-paraiacuteba-do-sul>>. Acesso em: 05 set 2018.

ALVES J. M. de P. et al. **Influência de Feições Geológicas na Morfologia da Bacia do Rio do Tanque (MG) Baseada no Estudo de Parâmetros Morfométricos e Análise de Padrões de Lineamentos**. Revista Brasileira de Geociências. Volume 33, 2003.

Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9821/9781>>.

Acesso em: 05 OUT, 2020. (B)

ASPINALL, R. et al., **Integrated geographical assessment of environmental condition in water catchments: Linking landscape ecology, environmental modelling and GIS**.

**Journal of Environmental Management**. 59. 299-319. 10.1006/jema.2000.0372.

*Geographic Information and Analysis Center Department of Earth Sciences Montana State University Bozeman, MT 59717-3495 USA. 30 jun 2000.* Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/223445168\\_Integrated\\_geographical\\_assessment\\_of\\_environmental\\_condition\\_in\\_water\\_catchments\\_Linking\\_landscape\\_ecology\\_environmental\\_modelling\\_and\\_GIS](https://www.researchgate.net/publication/223445168_Integrated_geographical_assessment_of_environmental_condition_in_water_catchments_Linking_landscape_ecology_environmental_modelling_and_GIS)>. Acesso em: 05 de out. 2020.

Barreto, A. B. da C. et al. **Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro** – Brasília: CPRM, 2000. Disponível em:

<[file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/rel\\_proj\\_rj\\_hidrogeologia%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/rel_proj_rj_hidrogeologia%20(1).pdf)>. Acesso em: 23 de jan. 2021.

BECKER. F. G. **Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica em Ecologia e Manejo de Bacias Hidrográficas**. Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações. Ilhéus, Ba: Editus, 2002. 293p:Il. Cap. 4. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/255992821\\_Aplicacoes\\_de\\_Sistemas\\_de\\_Informacao\\_Geografica\\_em\\_Ecologia\\_e\\_Manejo\\_de\\_Bacias\\_Hidrograficas](https://www.researchgate.net/publication/255992821_Aplicacoes_de_Sistemas_de_Informacao_Geografica_em_Ecologia_e_Manejo_de_Bacias_Hidrograficas)>. Acesso em: 05 de out. 2020.

BEZERRA J. C. F. et al., **Medição de vazão em um canal fluvial utilizando o método do Flutuador**. II Congresso Internacional das Ciências Agrárias. COINTER - PDVAgro. Natal – Rio Grande do Norte, 2017. Disponível em: <<https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2018/02/MEDI%C3%87%C3%83O-DE-VAZ%C3%83O-EM-UM-CANAL-FLUVIAL-UTILIZANDO-O-M%C3%89TODO-DO-FLUTUADOR-086191-1.pdf>>. Acesso em: 05 set 2018.

BONIFÁCIO, C. M et al. **Comparação de três métodos para a medição da vazão e velocidade aplicados em dois cursos d'água da bacia do Ribeirão Maringá**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 2, 10 nov. 2013. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/259229210\\_Comparacao\\_de\\_Tres\\_Metodos\\_para\\_Medicao\\_da\\_Vazao\\_e\\_Velocidade\\_Aplicados\\_em\\_Dois\\_Cursos\\_D'agua\\_da\\_Bacia\\_do\\_Ribeirao\\_Maringa](https://www.researchgate.net/publication/259229210_Comparacao_de_Tres_Metodos_para_Medicao_da_Vazao_e_Velocidade_Aplicados_em_Dois_Cursos_D'agua_da_Bacia_do_Ribeirao_Maringa)>. Acesso em: 05 set 2018.

BURYAK et al. **GIS maintenance of rural territories geoplanning under basin principles**. **International Journal of Advanced Studies**. (2015). 4. 56. 10.12731/2227-930X-2014-2-8.

Disponível em: <<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/4073-7012-1-PB.pdf>>. Acesso em: 06 de out. 2020.

BRANDÃO, C. B. et al., **A determinação do perfil climatológico do município de Santo Antônio de Pádua-RJ e sua aplicabilidade na recuperação de áreas degradadas**. Anuário do Instituto de Geociências -UFRJ, Rio de Janeiro, v.39, n.1, p. 5-12, 2016. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/8472/7743>>. Acesso em: 05 set 2018.

BRASIL L. S. C. de A. et al., (?) **Definição de áreas prioritárias para revegetação em Santo Antonio de Pádua (Rio de Janeiro – Brasil)**. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Procesosambientales/Impactoambiental/10.pdf>>. Acesso em: 23 de jan. 2021.

BRASIL (País). **Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.: il. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos>>. Acesso em: 06 de out. 2020.

\_\_\_\_\_. **LEI Nº 9.433, DE 8 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. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 05 set 2018.

\_\_\_\_\_. **Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: SNS/MDR, 2019. 226 p.: il. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>>. Acesso em; 20 de fev. 2020.

\_\_\_\_\_. **Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019b. 180 p.: il. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>>. Acesso em: 23 de fev. 2020.

\_\_\_\_\_. **LEI Nº 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm)>. Acesso em: 20 de mar.2020.

\_\_\_\_\_. **LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

**DECRETO Nº 24.643, DE 10 DE JULHO DE 1934.** Decreta o Código de Águas.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643compilado.htm)>.  
Acesso em: 20 de mar. 2020.

CAMPOS S. et al., 2019. **SIG aplicado no diagnóstico do uso e ocupação do solo de microbacias hidrográficas** [recurso eletrônico] – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.  
Disponível em: <<https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/11/E-book-SIG-Aplicado-no-Diagnostico-do-Uso-e-Ocupacao-do-Solo-de-Microbacias-Hidrograficas.pdf>>.  
Acesso em: 20 de mar. 2020.

CARVALHO, G. B. de. **Incidências de impactos decorrentes de acidentes com barragens de rejeito.** 2018. 207 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em:  
<[https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/10689/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O\\_Incid%c3%aanciaImpactosDecorrentes.pdf](https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/10689/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Incid%c3%aanciaImpactosDecorrentes.pdf)>. Acesso em: 23 de fev. 2020.

CARDOSO C. A. et al. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.** R. Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.  
Disponível em:  
<<https://www.scielo.br/j/rarv/a/cXmkNxXThc8ksdjWwFM6vNt/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 23 de fev. 2020.

CASTRO L. I. S. et al. **Sistema de informação geográfica na formulação de indicadores ambientais para sustentabilidade dos recursos hídricos.** Irriga, Botucatu, v. 19, n.4, p. 655-674, outubro-dezembro, 2014. Disponível em:  
<<https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/791/1082>>. Acesso em: 03 de mar.2020.

CASTRO F. da S. et al. **Caracterização morfométrica da sub-bacia do Ribeirão Panquinhas,** ES. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012. Disponível em:  
<<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/engenharias/caracterizacao%20morfometrica.pdf>>. Acesso em: 04 de mar. de 2020. (b)

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN) - **Mapa Interativo da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden.** Disponível em:  
<<http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>>. Acesso em: 04 de março de 2020.

CESTONARO et al. **Medição da vazão em rios pelo método do flutuador.** Comunicado Técnico 455. SSN 0100-8862 Versão Eletrônica julho, 2007. Concórdia, SC.  
Disponível em:  
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58075/1/CUsersPiazzonDocuments455.pdf>>. Acesso em: 04 de mar. de 2020.

CEIVAP. **Pelas águas do Paraíba.** Ano II. Edição nº 2. dez. 2008. Disponível em:  
<<https://www.ceivap.org.br/downloads2008/revista1-edicao-n2-Dezembro%202008.pdf>>.  
Acesso em: 04 de mar. de 2020.



COSTA C. D. DA. **Variabilidade intranual da precipitação pluvial mensal no Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica – RJ, janeiro – 2010.

<<http://novorima.im.ufrj.br:8080/jspui/bitstream/1235813/2891/1/CamilaDuarte.pdf>>.

Acesso em: 04 de mar. de 2020.

CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blücher, 2ª edição, 1980.

Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/livro-geomorfologia-christofoleti/4818039/>>.

Acesso em: 04 de abr. de 2020.

DANIELKA P. et al. **Tailing dams risk analysis and managment**. UNECE WORKSHOP ON TDS, YEREVAN, nov. 2007. Disponível em:

<[https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/teia/water/tailingdams/presentations/Danielka\\_RISK\\_ANALYSIS\\_OF\\_TAILING\\_DAMS\\_F.ppt](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/teia/water/tailingdams/presentations/Danielka_RISK_ANALYSIS_OF_TAILING_DAMS_F.ppt)>. Acesso em: 10 jan. 2020.

DANTAS M. E. et al. **Diagnóstico geoambiental do estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2000. Disponível em:

<[https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/14/rel\\_proj\\_rj\\_geoambiental.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/14/rel_proj_rj_geoambiental.pdf)>.

Acesso em: 20 de mar. 2020.

**Mapa dos domínios bioclimáticos do estado do Rio de Janeiro**. EMBRAPA SOLOS.

lev\_rj\_estado\_bioclimatico\_lat\_long\_sirgas2000\_12\_11\_18.zip. Escala: 1:250.000. Rio de Janeiro, maio de 2005.

Disponível em:

<[http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Alev\\_rj\\_estado\\_bioclimatico\\_lat\\_long\\_sirgas2000\\_12\\_11\\_18/metadata\\_read](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Alev_rj_estado_bioclimatico_lat_long_sirgas2000_12_11_18/metadata_read)>. Acesso em: 05 set 2018.

---

**Caracterização climática do Município de Santo Antônio de Pádua**, Estado do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 25 p.: il. color. – (Documentos, 80) ISSN: 1517–2627. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/89866/1/doc80-2005-clima-santo-antonio-padua.pdf>> Acesso em: 10 de jan. 2020.

EMBRAPA SOLOS. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada** — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 130). Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123772/1/DOC-130-O-novo-mapa-de-solos-do-Brasil.pdf>>. Acesso em: 05 de maio 2019.

FARIA M. M. **Compartimentação Geomorfológica e Morfometria da Bacia do Rio Pomba, MG/ RJ**. Viçosa - MG 2009. Disponível em:

<<https://www.novoscursos.ufv.br/graduacao/ufv/geo/www/wp-content/uploads/2013/08/Maola-Monique-de-Faria.pdf>>.

Acesso em: 20 de mar. 2020.

FARIA, M. **Barragens de rejeito já causaram diversas tragédias em MG; relembre**.

Correio Braziliense, Brasília - 05 de nov. 2015. Disponível em:

<<https://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/brasil/2015/11/05/interna-brasil,505277/barragens-de-rejeito-ja-causaram-diversas-tragedias-em-mg-relembre.shtml>>.

Acesso em: 20 de mar. 2020.

FAO. **Planificación y ordenación de cuencas hidrográficas con ayuda de computadora.** Tecnologías para planificación nacional. Guia de Conservacion 28/1. Organizacion de Las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentacion, Roma, 1996.

Disponível em: <<http://www.fao.org/3/V9927S/V9927S00.htm>>. Acesso em: 10 de maio 2019.

FERNANDES V. O. **A gestão dos recursos hídricos e a necessária construção de espaços participativos no Estado da Paraíba.** XIX Simpósio Brasileira de Recursos Hídricos – Maceió. 2001. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/da25ad4cc8fc8eda77a9241c9c27443e\\_f7574b0ab3d5bf857b7bf80619cafe86.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/da25ad4cc8fc8eda77a9241c9c27443e_f7574b0ab3d5bf857b7bf80619cafe86.pdf)>. Acesso em: 08 de out. 2020.

FERREIRA, C. de C. M. **APLICAÇÃO DA LÓGICA NEBULOSA (FUZZY CLUSTER) NA DEFINIÇÃO DE UNIDADES CLIMÁTICAS: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIO PARAIBUNA-MG/RJ.** Revista Brasileira de Climatologia. Ano 8 – Vol. 10 – JAN/JUN 2012. ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica). Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/30589/19777>>. Acesso em: 23 de mar. 2020

FITZGERALD, J. et. al. **Development of a geomorphic risk assessment and use of GIS applications in the Middle Fork Payette river subbasin, Idaho.** In: SLAUGHTER, C.W., (ed.). Proceedings of the 7th Biennial Watershed Management Conference: Western Watersheds - Science, Sense, Strategies. Davis: University of California, 2000. p. 131-134. Disponível em: <[https://or.water.usgs.gov/tualatin/wmc\\_proceedings.pdf](https://or.water.usgs.gov/tualatin/wmc_proceedings.pdf)>. Acesso em: 20 de mar. 2019.

FREITAS C. M. de et al. **Desastres em barragens de mineração: lições do passado para reduzir riscos atuais e futuros.** Epidemiol. Serv. Saude, Brasília, 28(1):e20180120, 2019. doi: 10.5123/S1679-49742019000100020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ress/v28n1/2237-9622-ress-28-01-e20180120.pdf>>. Acesso em: 08 de out. 2020.

GALVÃO W. S. et al. **Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2511-2518. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/8698467-Avaliacao-dos-sistemas-de-classificacao-e-codificacao-das-bacias-hidrograficas-brasileiras-para-fins-de-planejamento-de-redes-hidrometricas.html>>. Acesso em: 08 de out. 2020.

FAUSTINO. J. **Gestão ambiental para a gestão de bacias municipais.** 137 pág, illus, tab, 12 ref. CATIE, Turrialba (Costa Rica), 1996. Area de Cuencas y Sistemas Agroforestales. Unidad Técnica de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Disponível em: <[https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2239/Gestion\\_ambiental\\_para\\_el\\_manejo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2239/Gestion_ambiental_para_el_manejo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 07 de out. 2020.

GOMES L. N. et al. (a) **Análise morfométrica e susceptibilidade à erosão da microbacia da nascente do Rio das Cinzas-PR.** Ciência Geográfica - Bauru - XIX - Vol. XIX - (1): janeiro/dezembro – 2015. Disponível em: <[https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXIX\\_1/agb\\_xix1-versao\\_internet/Revista\\_AGB\\_dez2015-06.pdf](https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXIX_1/agb_xix1-versao_internet/Revista_AGB_dez2015-06.pdf)>. Acesso em: 08 de out. 2020.

GOMES T. S. et al. (b) **Delimitação de sub-bacias a partir do uso de imagem SRTM/NASA: um estudo da Bacia do Rio Jacuípe-BA.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3841-3848. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.02.13/doc/3841-3848.pdf>>. Acesso em: 14 de set. 2020.

GONÇALVES, J. A. C. **Estudo do potencial hidrogeológico do leste da zona da mata de Minas Gerais e extremo Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.** IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste. Olinda – Pernambuco, 2001. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/24464-Texto%20do%20artigo-88887-1-10-20111001.pdf>>. Acesso em: 06 de out. 2020.

GRAFF J. V. DE et al., **The Stava mudflow of 19 July 1985 (Northern Italy): A disaster that effective regulation might have prevented.** Natural Hazards and Earth System Sciences. 12. 1029-1044. 10.5194/nhess-12-1029-2012. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Desktop/DISSERTA%C3%87%C3%95ES/nhess-12-1029-2012.pdf>>. Acesso em: 05 de out. 2020.

HAYAKAWA E.H. et al. **Caracterização geoambiental do trecho superior do córrego Quatro Pontes, município de Quatro Pontes – Paraná – Brasil.** Unioeste; p.68; 2014. (Trabalho de conclusão de curso). Disponível em: <<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/MAPEAMENTO%20GEOAMBIENTAL%20NO%20ALTO%20CURSO%20DA%20BACIA%20HIDROGR%C3%81FICA%20DO%20C%C3%93RREGO%20QUATRO%20PONTES%20PR.pdf>>. Acesso em: 08 de out. 2020

HELLER L. et al. **Rompimento da barragem em Brumadinho e o acesso à água das comunidades atingidas: um caso de direitos humanos.** Cienc. Cult., São Paulo, v. 72, n. 2, p. 47-50, abr. 2020. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602020000200013>. Disponível em <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252020000200013&lng=pt&nrm=iso](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252020000200013&lng=pt&nrm=iso)>. acesso em: 12 out. 2020.

HOTT M. C. et al. **Determinação automática de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas no município de Campinas – SP.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3381-3388. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.27.20.00/doc/3381-3388.pdf>>. Acesso em: 08 de mar. 2019.

HORTON R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology.** vol. 56. PP. Z75-370. 40 FIGS. MARCH 1945. Disponível em: <<https://www.scribd.com/document/376179702/Horton-1945-Erosional-Development-of-Streams-and-Their-Drainage-Basins-Hydrophysical-Approach-to-Quantitative-Morphology-pdf>> . Acesso em: 28 out. 2020.

HUNSAKER, C. T. et al., **“Hierarchical approaches to the study of water quality in rivers.”** *BioScience*, vol. 45, no. 3, 1995, pp. 193–203., [www.jstor.org/stable/1312558](http://www.jstor.org/stable/1312558). Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1312558?seq=1>>. Acesso em: 12 out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS  
RENOVÁVEIS – IBAMA. **Relatório de Acidentes Ambientais 2012.**

Disponível em: <[http://ibama.gov.br/phocadownload/relatorios/acidentes\\_ambientais/ibama-2012-relatorio\\_acidentes\\_ambientais.pdf](http://ibama.gov.br/phocadownload/relatorios/acidentes_ambientais/ibama-2012-relatorio_acidentes_ambientais.pdf)>. Acesso em: 23 de dez. 2020.

\_\_\_\_\_. **Relatório de acidentes ambientais 2013.** Brasília, DF: julho – 2014. Disponível em:

<[http://ibama.gov.br/phocadownload/relatorios/acidentes\\_ambientais/ibama-2013-relatorio\\_acidentes\\_ambientais.pdf](http://ibama.gov.br/phocadownload/relatorios/acidentes_ambientais/ibama-2013-relatorio_acidentes_ambientais.pdf)>. Acesso em: 23 de dez. 2020.

\_\_\_\_\_. **Relatório de acidentes ambientais 2014.** Brasília, DF: junho – 2015. Disponível em:

<[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/relatorios/acidentes\\_ambientais/ibama-2014-relatorio\\_acidentes\\_ambientais.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/relatorios/acidentes_ambientais/ibama-2014-relatorio_acidentes_ambientais.pdf)>. Acesso em: 23 de dez. 2020.

\_\_\_\_\_. **Relatório de acidentes ambientais 2015-2018.** Brasília, DF: 2020. Disponível em:

<<http://ibama.gov.br/phocadownload/emergenciasambientais/relatorios/2015-2018-Ibama-relatorio-acidentes-ambientais.pdf>>. Acesso em: 23 de dez. 2020.

\_\_\_\_\_. **Acidentes ambientais** [recurso eletrônico]: relatório 2019 / Diretoria de Proteção Ambiental. – Brasília, DF: IBAMA, 2020.

18p.: il.; color. ISBN 978-65-5799-005-6 (on-line) Disponível em:

<[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/emergenciasambientais/relatorios/2019-Ibama-relatorio\\_acidentes-ambientais.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/emergenciasambientais/relatorios/2019-Ibama-relatorio_acidentes-ambientais.pdf)>. Acesso em: 23 de dez. 2020.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA) - (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **População estimada.** Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

IBGE. (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Manual técnico de pedologia, coordenação de recursos naturais e estudos ambientais.** - 3. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430 p. -: il. - Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n. 4). Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95017.pdf>>. Acesso em: 05 de mar. 2019.

\_\_\_\_\_. **Mapa hidrogeológico da região sudeste (2016).** Escala 1:250.000

Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geologia/15824-hidrogeologia.html?=&t=downloads.>> Acesso em: 17 set. 2020.

\_\_\_\_\_. **Produto interno bruto dos municípios, 2017.** Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=pi-b-por-municipio>>. Acesso em: fev. 2020.

FIRJAN. **Índice Firjan de Gestão Fiscal 2019** / Firjan. – Rio de Janeiro: Firjan, 2012- v.: graf. color. – (índices Firjan) (Pesquisas e Estudos Socioeconômicos). Disponível em:

<<https://www.firjan.com.br/ifgf/consulta-ao-indice/consulta-ao-indice-grafico.htm?UF=MG&IdCidade=316790&Indicador=1&Ano=2018>>. Acesso em: 05 de fev. de 2020.

INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS. (IDE-SISEMA). **Gestão de resíduos especiais, industriais e da mineração. Barragens de contenção de rejeitos e resíduos (FEAN).** <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>. Acesso em: 23 de dez. 2020.

Ikemoto, S. M. et al., **Atlas dos mananciais de abastecimento público do Estado do Rio de Janeiro: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial** / Instituto Estadual do Ambiente; coordenação geral: Silvia Marie Ikemoto; coordenação executiva: Patrícia Rosa Martines Napoleão. – Rio de Janeiro, 2018. 464 p.: il. color.

INMET – **Instituto nacional de meteorologia. estação convencional 83.805 - índices pluviométricos** - Santo Antônio de Pádua/RJ.

Disponível em:

<[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_conv\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_conv_graf)>. Acesso em: 10 jan. 2019.

LEÃO, A. C. N. et al., **Análise temporal do uso e ocupação do solo na bacia de contribuição do manancial de Tocantins**, MG. Blucher Engineering Proceedings. Anais... In: IX SBEA + XV ENEEAMB + III FLES. São Paulo: Editora Blucher, 1 Jul. 2017. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/xveneeamb/173.pdf>>. Acesso em: 07 de out. 2020.

LONDE L. R. et al. **Desastres relacionados à água no Brasil: Perspectivas e recomendações. ambiente & sociedade.** São Paulo v. XVII, n. 4 p. 133-152 out. Dez. 2014

Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/asoc/a/D65yDDZ5kXt5vrpH6PX6QPw/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em 07 de out. 2020.

LOPES R. DE S. et al., **Estudo técnico para criação do monumento natural municipal da Serra de Frecheiras Prefeitura de Santo Antônio de Pádua (2013).** Disponível em: <[http://www.santoantoniodepadua.rj.gov.br/area\\_restrita/modulos/transparencia/arquivos/ba7549estudotecnico\\_serra\\_de\\_frecheiras.pdf](http://www.santoantoniodepadua.rj.gov.br/area_restrita/modulos/transparencia/arquivos/ba7549estudotecnico_serra_de_frecheiras.pdf)>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

MACHADO, C. J. S. 2003. **A Gestão francesa de recursos hídricos; Descrição e análise dos princípios jurídicos.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos RBRH. Vol 8. n. 4 Out/Dez 2003, 31 – 47. Disponível em: <[https://abr.h.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/34/102d2fd1eca276fd23a429fcc4af3d69\\_7160dff80ccada3d3fab8d469029be66.pdf](https://abr.h.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/34/102d2fd1eca276fd23a429fcc4af3d69_7160dff80ccada3d3fab8d469029be66.pdf)>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

MARCUZZO F. F. N. et al. **Influência da altitude na precipitação média anual nas sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio Uruguai.** XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília-DF, 2015. Disponível em:

<<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/15056/PAP018948.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

MARSHALL J. **Rompimentos de barragens de rejeitos no Brasil e no Canadá: uma análise do comportamento corporativo** – Caderno Eletrônico de Ciências Sociais, Vitória, v. 5, n. 1, pp. 27-46, 2017. DOI: <https://doi.org/10.24305/cadecs.v5i1.2017.17793>. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/Dialnet-RompimentosDeBarragensDeRejeitosNoBrasilENoCanada-6230519.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

MARTORANO et al., 2003. **Aspectos climáticos do noroeste fluminense, RJ** - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. CD-ROM. - (Embrapa Solos. Documentos; n. 43). ISSN 1517-2627. Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/338495/1/doc432003noroestefluminense.pdf>>. Acesso em: 23 de dez. 2020.

MATSUSHITA, M. S. et al. **Agrupamento de Ottobacias para o manejo de solo e água no Paraná: Contribuição da Extensão Rural**. Curitiba: Instituto Emater, 2013. 48 p.: il. color.; (Série Informação Técnica, n. 087) ISBN: 978-85-63667-34-2 Disponível em:

<[http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Geoprocessamento/Materiais\\_Tecnicos/Ottobacias\\_Manejo\\_solo\\_Agua\\_PR.pdf](http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Geoprocessamento/Materiais_Tecnicos/Ottobacias_Manejo_solo_Agua_PR.pdf)> Acesso em: 08 de maio 2020.

MELO. M. C. **Segurança hídrica para abastecimento urbano: Proposta de modelo analítico e aplicação na Bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais**. Rio de Janeiro Dezembro de 2016. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em:

<[file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/MELO\\_MC\\_TD\\_16\\_2.pdf](file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/MELO_MC_TD_16_2.pdf)>. Acesso em: 24 de mar. 2020.

MELO M. C R. F. et al. **O Conceito emergente de segurança hídrica**. Sustentare, Três Corações, v. 1, n. 1, p.72-92, ago./dez. 2017. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/322649192\\_O\\_CONCEITO\\_EMERGENTE\\_DE\\_SEGURANCA\\_HIDRICA/link/5aea085eaca2725dabb63f8e/download](https://www.researchgate.net/publication/322649192_O_CONCEITO_EMERGENTE_DE_SEGURANCA_HIDRICA/link/5aea085eaca2725dabb63f8e/download)> Acesso em: 24 de mar. 2020. (b)

MEIXLER M.S. et al., **Aquatic gap analysis: tool for watershed scale assessment of fluvial habitat and biodiversity**. *Proceedings of the Ecohydraulics 2000 Sympoium*.

Published online 1996: A665-A670. doi:10.7282/T3NZ89K1. Disponível em:

<[https://scholarship.libraries.rutgers.edu/discovery/fulldisplay?context=L&vid=01RUT\\_INST:ResearchRepository&search\\_scope=Research&tab=Research&docid=alma991031550009204646](https://scholarship.libraries.rutgers.edu/discovery/fulldisplay?context=L&vid=01RUT_INST:ResearchRepository&search_scope=Research&tab=Research&docid=alma991031550009204646)>. Acesso em: 05 de mar. 2020.

MILLER G. T., Jr. **Ciência ambiental**. Tradução da 11ª edição norte-americana. São Paulo: Thomson Learning, 2007. ISBN 85-221-0549-9.

MINUZZI, R. B. et al. **Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil**. Rev. bras. meteorol., São Paulo, v. 22, n. 3, p. 338-344, Dec. 2007. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862007000300007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862007000300007&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 04 mar. 2020

MIQUELITO A. DO C. et al. **Ações relacionadas aos acidentes ambientais: estudo de caso do acidente da Indústria Cataguases de Papel e Celulose/MG em 2003**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campos dos Goytacazes/RJ, v.8 n.1, p. 119-133, jan./jun. 2014 DOI: 10.5935/2177-4560.20140009. Disponível em:

<<https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20140009/3742>>. Acesso em: 14 de nov. 2021.



MOREIRA K. F. et al., **Geotecnologias aplicado na análise de uso da terra de uma microbacia, capítulo 2**. DOI 10.22533/at.ed.9631919112. – Ponta Grossa, PR. Ed. Atenas, ano 2019. Disponível em: <<https://www.atenaeditora.com.br/arquivos/ebooks/sig-aplicado-no-diagnostico-do-uso-e-ocupacao-do-solo-de-microbacias-hidrograficas>>. Acesso em: 14 de nov. 2021.

NIMER E. **Climatologia da região sudeste do Brasil: Introdução à climatologia dinâmica - subsídios à geografia regional do Brasil**. R. Bras. Geog., Rio de Janeiro, 34(1) :3-48 jan./mar. 1972. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg\\_1972\\_v34\\_n1.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1972_v34_n1.pdf)>. Acesso em: 23 de mar. 2020.

NOERNBERG M. A. et al. **Análise comparativa entre duas diferentes metodologias de pré-processamento de imagens SAR-C aerotransportadas para determinação dos valores de retroespalhamento de plantas aquáticas**. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 221-225. Disponível: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2004/07.20.12.04/doc/T79.pdf>>. Acesso em: 13 de abr. 2020.

NETO J. L. S. **Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro**. Revista Brasileira de Climatologia, v.1, Nº 1. São Paulo/SP, dezembro de 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25232>. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25232>>. Acesso em: 14 de jan. 2021.

NORSALIZA, U. et al. **Use of remote sensing and gis in monitoring water quality**. Journal of Sustainable Development. 3. 10.5539/jsd. v3n3p228. September 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/45718377\\_Use\\_of\\_Remote\\_Sensing\\_and\\_GIS\\_in\\_Monitoring\\_Water\\_Quality](https://www.researchgate.net/publication/45718377_Use_of_Remote_Sensing_and_GIS_in_Monitoring_Water_Quality)>. Acesso em: 23 de fev. 2020.

ONU. **Recomendações para a Rio+20 - Segurança hídrica para um planeta sob pressão**. Londres, mar. 2012. Disponível em: <[http://www3.inpe.br/igbp/arquivos/Water\\_FINAL\\_LR-portugues.pdf](http://www3.inpe.br/igbp/arquivos/Water_FINAL_LR-portugues.pdf)>. Acesso em: 23 de mar. 2020.

Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). **Plano Regional de Saneamento com Base Municipalizada nas Modalidades água, Esgoto e Drenagem Urbana. Produto 4 – Diagnóstico Setorial Santo Antônio de Pádua/RJ, 2012**. Disponível em: <<http://www.cbhriodoisrios.org.br/saneamento/santoantoniodepadua/Diagnostico-Setorial.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

PORTO, M. F. A. et al., **Gestão de bacias hidrográficas**. Estud. av., São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142008000200004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004&lng=pt&nrm=iso)>. Acessos em: 09 dez. 2019.

Prefeitura Municipal de Santo Antônio de Pádua/RJ. Lei nº 3.922, de 07 de novembro de 2018. **Aprova o Plano Diretor de Santo Antônio de Pádua/RJ**. Disponível em: <<http://www.padua.rj.gov.br/siteantigo/transparencia/index.php?t=37>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA/RJ. **Plano Municipal de Saneamento Básico/Volume 3: Diagnóstico e Prognóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água-2019**. 163f.:il. color.30cm.

Disponível em: <<http://padua.rj.gov.br/siteantigo/pmsb/3.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

\_\_\_\_\_. **Plano Regional de Saneamento com base municipalizada nas modalidades água, esgoto e drenagem urbana. Produto 3 – Caracterização Municipal**.

Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/saneamento/santoantoniodepadua/Produto-3-Characterizacao-Municipal.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

RECKEL R. H. **Ottocodificação da bacia hidrográfica do Rio Urupá utilizando dados SRTM**. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharel em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Rondônia - Ji - Paraná 2014. 77p: 30 cm. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/262268522-Ottocodificacao-da-bacia-Hidrografica-do-rio-Urupa-utilizando-dados-SRTM.pdf>. Acesso em: 14 de fev. 2020.

Rio de Janeiro (Estado). **Secretaria de Estado do Ambiente. Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Miracema** / Secretaria de Estado do Ambiente, organizadores: Renata de Souza Lopes, Janete Abrahão, Gustavo Melo. – Rio de Janeiro: SEA, 2015. 112 p.: il. color.; 30 cm. – (Série Planos da Mata Atlântica, 8)

MIRACEMA. Disponível em:

<<http://aemerj.org.br/images/pdf/PMMA/Municipio%20de%20Miracema.pdf>>. Acesso em: 14 de fev. 2020.

\_\_\_\_\_. **DECRETO Nº 41.720, de 03 de março de 2009**. Institui o Comitê da Bacia da região hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul, no âmbito do sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos. Disponível em:

<<http://www.cbhbaixoparaiba.org.br/decreto-criacao.php#:~:text=O%20Comit%C3%AA%20de%20Bacia%20da,Itabapoana%20e%2C%20consequentemente%2C%20alterando%20o>>. Acesso em: 23 de fev. 2020.

RODRIGUES T. E. et al. **Análise fisiográfica das várzeas do baixo Tocantins: uma contribuição ao manejo e desenvolvimento dos sistemas de uso da terra**. Embrapa Amazônia Oriental - Belém-PA Dezembro, 2002. ISSN 1517-2201, Documentos 149. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63563/1/Oriental-Doc149.PDF>>. Acesso em: 23 de fev. 2020.

ROMANHOLI M.P. et al., **Base hidrográfica ottocodificada na escala 1:25.000: exemplo da bacia do córrego Itapiranga (SP)**. Revista Caminhos de Geografia – Uberlândia - MG v. 19, n. 68 Dez/2018 p. 46 – 60 Página 46 ISSN 1678 – 6343. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40246/24891>>. Acesso em: 23 de fev. 2020.

ROSSETE A. N. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira, MT-BRASIL**. Revista Eletrônica do curso de geografia do Campus Avançado de Jataí. Jataí-GO (jan-jun/2005).

Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/25872-Texto%20do%20artigo-108815-1-10-20130814.pdf>. Acesso: 20 dez 2020.

SABINO H. et al., **Comparação de quatro métodos para a delimitação de uma microbacia hidrográfica de 1 KM<sup>2</sup>**: Grass e Extensões Spatial Analyst, Arcswat e Hec-Geohms no Arcgis. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173788/1/2017-036.pdf>> Acesso em: 05 maio 2019.

SAMANTARAY A. K. et al., **Applications of remote sensing and GIS in water quality monitoring and remediation: A State-of-the-Art Review**. 2018. 10.1007/978-981-10-7551-3\_13. In book: Water Remediation (pp.225-246). Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/322025957\\_Applications\\_of\\_Remote\\_Sensing\\_and\\_GIS\\_in\\_Water\\_Quality\\_Monitoring\\_and\\_Remediation\\_A\\_State-of-the-Art\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/322025957_Applications_of_Remote_Sensing_and_GIS_in_Water_Quality_Monitoring_and_Remediation_A_State-of-the-Art_Review)>. Acesso em: 13 de nov. 2021.

SANTANA. L. R. **Análise comparativa de ottobacias na região amazônica**. XXII simpósio brasileiro de recursos hídricos 26 de novembro a 01 de dezembro de 2017 Florianópolis- SC. Disponível em: <[player.com.br/216065564-Xxii-simposio-brasileiro-de-recursos-hidricos-26-de-novembro-a-01-de-dezembro-de-2017-florianopolis-sc.html](http://player.com.br/216065564-Xxii-simposio-brasileiro-de-recursos-hidricos-26-de-novembro-a-01-de-dezembro-de-2017-florianopolis-sc.html)>. Acesso em: 08 de maio 2020.

SANTANA. L. R. **Contribuição à classificação de pequenas bacias hidrográficas em função da área de drenagem**. Dissertação (Mestrado)–Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2018. Disponível em: <<https://ppgec.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2018/laila.pdf.pdf>>. Acesso em: 05 de fev. 2020.

SANTO ANTONIO DE PÁDUA. Lei nº.3.922, 07 de novembro de 2018. **Aprova o Plano Diretor de Santo Antônio de Pádua– RJ**. Disponível em: <<http://www.padua.rj.gov.br/siteantigo/transparencia/index.php?t=37>>. Acesso em: 21 de nov. 2020.

SANTOS et al., (a) **Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil**. Ambi-Água, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012. <(http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945)>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/tYpMVzyHC7Gw49N4FvHF7qb/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 05 de maio 2019.

SANTOS. H. et al., **O novo mapa de solos do Brasil - Legenda atualizada- escala 1:5.000.000**. (2017). Disponível em: <[file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/DOC-130-O-novo-mapa-de-solos-do-Brasil%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/DOC-130-O-novo-mapa-de-solos-do-Brasil%20(1).pdf)>. Acesso em: 05 de fev.2020.

SANTOS P. M. et al. (b) **Análise da antropização no Córrego Cerrado, manancial de abastecimento público de Sanclerlândia, Goiás**. 20<sup>a</sup> Exposição de experiencias municipais em saneamento. ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. Jaraguá do Sul, Santa Catarina, 2016. Disponível em: <<http://sistema.trabalhosasemmae.com.br/repositorio/2016/10/trabalhos/47/651/t651t21e10a2016.pdf>>. Acesso em: 20 de set. 2020.

SANTOS T. O. DOS et al.(c) **A utilização dos métodos de medição acústico doppler e flutuador como ferramenta para medição de vazão e velocidade em corpos hídricos – notas de uma experiência de campo.** ACTA Geográfica, Boa Vista, v.12, n.28, jan./abr. de 2018. Pp. 170-177. ISSN 1980-5772 eISSN 2177-4307. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/4856-19135-1-PB.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2019.

SILVA A. S. da. et al. (d) **Influência do pisoteio do gado na alteração das propriedades físicas de horizontes superficiais em Santo Antônio de Pádua.** doi: 10.12957/geouerj.2019.46650 Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/viewFile/46650/32216>. Acesso em: 23 de jan. 2021.

SILVA, A. S. da. (c) **Mineração e áreas de preservação permanentes (APPs) em Santo Antônio de Pádua - RJ.** Sociedade & Natureza, vol. 23, núm. 2, maio-agosto, 2011, pp. 173-185 Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3213/321327202002.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2020.

SILVA L. F. G. (f) **Uso Integrado de recursos hídricos superficiais e subterrâneos na bacia do Arroio Capané – RS: Uma Proposta de Análise por Geoprocessamento,** 2005. 129 fls. Dissertação (Mestrado - Ciências da Terra e Meio Ambiente). Unisinos - Universidade do Vale do Rio dos Sinos PPGeo – Programa de Pós-Graduação da Geologia. São Leopoldo – RS. Fevereiro, 2005. Disponível em: <http://biblioteca.asav.org.br/vinculos/tede/uso%20integrado.pdf>. Acesso em: 19 de dez. 2019.

SILVA M. M. et al., 2009 (e). **Aspectos dos problemas ambientais da região noroeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Um Estudo de Caso.** Rio de Janeiro/RJ, 09 de março de 2009. Disponível em: <https://silo.tips/download/aspectos-dos-problemas-ambientais-da-regiao-noroeste-do-estado-do-rio-de-janeiro#modals>. Acesso em: 19 de dez. 2020.

SILVA P. R. da. (a) **Avaliação qualitativa da segurança hídrica do abastecimento de municípios fluminenses da bacia do Rio Pomba.** 2017. 174f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2017/PEAMB2017PhelipeRabelo.pdf.> Acesso em: 07 de jan. 2020.

SILVA, R. R. (b) Bacia do rio Pomba (MG) [Manuscrito]: **uso e ocupação do solo e impactos ambientais nos recursos hídricos.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Goiás - 2014. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/8619/5/Tese%20-%20Roselir%20Ribeiro%20da%20Silva%20-%202014.pdf >. Acesso em: 05 de maio de 2019.

SCHIAVETT A. et al. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações.** Ilhéus, Ba: Editus, 2002. 293p.: il. Disponível em: <http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos\_de\_bacias.pdf >. Acesso em: 14 de mar. 2020.

SCHUMM S. A. **evolution of drainage systems and slopes in badlands at perth amboy, new jersey** Bulletin of the geological society of america vol. 67. PP. 697-646. 43 FIGS. 6 PLS. MAY 1966.

Disponível em: <<https://www.scribd.com/document/235539090/Schumm-1956-Evolution-of-Drainage-Systems-and-Slopes-in-Badlands-of-Perth-Amboy>>. Acesso em: 05 de out. 2021.

SNIS – **Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2019>>. Acesso em: 05 de out. 2021.

SHIRINIVASAN V. S. et al. **Análise do relevo da bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa**. v. 23, n. 1 2006. Revista de Geografia (Recife). Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228652/23074>>. Acesso em: 03 de out. 2020.

SOARES, L. **Barragem de rejeitos. In: Tratamento de minérios**. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Cap.19. p. 831-888. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20626/8/BarragensRejeitosInd%C3%BAstria.pdf>> Acesso em: 03 de out. 2020.

STRAHLER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. New Halen: Transactions: American Geophysical Union, 1957. v.38. p. 913-920.

TAGGART, M. A. et al. “**After the Aznalcóllar mine spill: Arsenic, zinc, selenium, lead and copper levels in the livers and bones of five waterfowl species**.” (2006). Disponível em: <<http://www.ebd.csic.es/jordiplataforma/subidas/EnvironResearch.pdf>>. Acesso em: 05 de out. 2020.

TEIXEIRA A.A. et al. **Construção da base hidrográfica Ottocodificada ao milionésimo**. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-aws.amazonaws.com/Sumarios/19/8ab4b02883b54885460be120c9e0fcc5\\_9cf45d2ee07c5dd5351590f16b858611.pdf](https://abrh.s3.sa-east.amazonaws.com/Sumarios/19/8ab4b02883b54885460be120c9e0fcc5_9cf45d2ee07c5dd5351590f16b858611.pdf)>. Acesso em: 21 de mar. de 2020.

TEODORO, V. L. I. et al. **O Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 137-156, jan. 2007. ISSN 2527-2675. Disponível em: <<http://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/236>>. Acesso em: 01 dez. 2019.

TONELLO, K. C. et al. **Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG**. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, Oct. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622006000500019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000500019&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 21 de mar. 2020.

TUCCI, C.E.M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4)

TUCCI C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2ª edição. Porto Alegre: Ed. Universidades/UFRGS: ABRH, 2001.

TUCCI C. E. M. **Gestão integrada das águas urbanas**. REGA – Vol. 5, no. 2, p. 71-81, jul./dez. 2008. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/72/888a0e0cd38219dabd9bb3676b7a82ea\\_7cadf32bf8ac9642d38b2d42832bde55.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/72/888a0e0cd38219dabd9bb3676b7a82ea_7cadf32bf8ac9642d38b2d42832bde55.pdf)> Acesso em: 20 dez. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico**. Belo Horizonte. v. 24, n.1, 2015. ISSN 2525-6084. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/mhnjb/issue/view/335/69>> Acesso em: 05 de out. 2020.

VELOSO. G. A. et al., **Geotecnologias aplicadas ao monitoramento do uso do solo na bacia hidrográfica do Riachão, no norte de Minas Gerais**. Revista de Geografia (UFPE), v. 28, n 2, p. 165 -184, 2011. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/228811-64285-1-PB.pdf>> Acesso em: Acesso em: 20 de set. 2020.

VIANA *et al*, 2009. **Riscos Ambientais decorrentes de acidentes no transporte de produtos perigosos na área de influência da ETA Guandu, RJ**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009. Disponível em: <Erro! A referência de hiperlink não é válida.> Acesso em: 20 de set. 2020.

WILSON et al. **Water resource applications of geographic information systems**. URISA Journal, Vol. 12, No. 2, Spring 2000. Disponível em: <<https://johnwilson.usc.edu/wp-content/uploads/2016/05/2000-Wilson-Mitasova.pdf>>. Acesso em: 10 de jan. 2020.

WEBER E. et al. **Estruturação de sistemas de informação ambiental em bacias hidrográficas: o caso da bacia hidrográfica do rio Caí, RS**. Porto Alegre – RS, 1998. Disponível em: <[http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/Publicacoes/Congressos/1998/Weber\\_et\\_al\\_1998\\_Estruturacao\\_SIG\\_bacia\\_rio\\_Cai.pdf](http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/Publicacoes/Congressos/1998/Weber_et_al_1998_Estruturacao_SIG_bacia_rio_Cai.pdf)>. Acesso em: 10 de jan. 2020.

ZOCOLER J.L et al., **Medição de velocidade e vazão em cursos d'água: molinete hidrométrico versus método do flutuador**. São Paulo - SP. 2010  
Disponível em: <[http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/conird2010\\_junior.pdf](http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/conird2010_junior.pdf)> Acesso: 20 dez. 2019.

ZONA DE RISCO. **O pior desastre ambiental do país, Cataguazes**. Acidentes, Desastres, Riscos, Ciência e Tecnologia. Nov. 2015. Disponível em: <[https://zonaderisco.blogspot.com/2015/11/lembanca-o-pior-desastre-ambiental-do\\_25.html](https://zonaderisco.blogspot.com/2015/11/lembanca-o-pior-desastre-ambiental-do_25.html)>. Acesso em: 13 de out. 2021.



## **APÊNDICE – Nota Técnica**

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.

A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Assegurar à geração atual e às futuras a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. De todos os usos múltiplos da água, o abastecimento público é considerado o uso mais exigente, pois desse depende todas as atividades do dia a dia de uma sociedade, afetando diretamente a saúde e o bem-estar das pessoas, merecendo assim atenção especial (LEÃO, 2017).

Dados e informações confiáveis de bacias hidrográficas são muito importantes para uma avaliação adequada da situação, assim como para o planejamento e a operação das atividades. O planejamento necessita, crucialmente, de dados históricos, atuais e projeções futuras de hidrologia, meteorologia, hidráulica, uso da terra e demografia (MELLO 2017, pág. 39).

Conforme Costa et al., (2007) o entendimento das condições hídricas de uma pequena bacia é um instrumento fundamental na gestão dos recursos hídricos frente à perspectiva real de degradação das águas e a premência crescente de novas fontes geradores de abastecimento.

Independentemente da ação humana, o clima difere-se de uma região para outra, ou até mesmo dentro de alguns poucos quilômetros. As variações em quantidade, intensidade e distribuição estacional de temperatura, precipitação, umidade, pressão atmosférica e ventos, associados às variáveis do local, vão produzir inúmeras situações e tipos climáticos diferentes.

Segurança hídrica para abastecimento urbano de água pode ser definido como a garantia de provimento de quantidade e qualidade de água bruta suficiente para o abastecimento público, associado a um determinado risco de escassez, tendo como referencial a bacia hidrográfica (MELLO 2017, pág. 39).

A articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

Na bacia hidrográfica do Rio Pomba existem 4 barragens de rejeitos, sendo 1 classe II, de médio potencial de danos ambientais, e 3 de classe III, de alto potencial de danos ambientais.

O plano de contingência é elaborado a partir de uma determinada hipótese de concretização do risco, que contém ações e regras pré-estabelecidas para o gerenciamento da situação de crise (MELLO 2017, pág. 196).

A insuficiência na oferta de água para os diversos usos ou a falta de água de boa qualidade gera efeitos diretos no dia a dia da população e na economia do País e tem exigido grande atenção na busca de alternativas para o enfrentamento dos problemas: medidas emergenciais e medidas estruturantes, além de medidas não estruturantes relacionadas ao aprimoramento da gestão de recursos hídricos no Brasil. ANA (2016, pág. 5)

Que o rompimento de barragens de rejeitos possui o condão de provocar sérios danos ao meio ambiente, ceifar vidas e destruir economias. Assim, estudos que se dediquem a identificar fontes alternativas para o abastecimento público serem de extrema importância.

Garantir a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;

Os planos de contingência podem também ser aplicados a gestão de riscos associados aos acidentes ambientais.

## NOTA TÉCNICA

- A) O Rio Pomba possui, no ano de 2022, boa disponibilidade hídrica, mas torna-se necessário o investimento em novas fontes destinadas ao abastecimento público de água, evitando assim, a dependência total desse manancial.
- B) Exigir das empresas de extração de rochas ornamentais, que conforme o PRAD (Plano de Recuperação de Áreas Degradadas), bem como o TAC (Termo de Ajuste de Conduta) realize a recuperação de área degradada ou a sua compensação em outro local, na mesma sub-bacia hidrográfica, preferencialmente o mais próximo possível da lavra, com a revegetação da área de preservação permanente em topo de morro e em leito de rios e córregos;
- C) Considerando a importância das pequenas bacias hidrográficas, no abastecimento de cidades de pequeno e médio porte, sugere-se a realização de parcerias junto ao Comitê de Bacia da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, prefeituras e Estados, no sentido de incluir esses mananciais nos projetos relacionados a gestão dos recursos hídricos;
- D) Projetar e construir junto aos mananciais destinados ao abastecimento público emergencial, infraestrutura para captação de água que possa ser usada de imediato, em caso emergencial;
- E) Equipar as sub-bacias hidrográficas com equipamentos de monitoração, tais como medidores de vazão, pluviômetros, fluviômetros, réguas linimétricas, etc., que certamente os resultados dessas observações serão traduzidos em ganhos para a sociedade;
- F) Criar bancos de dados com as informações coletadas dos equipamentos citados no item “E”, e deixá-los disponíveis para consulta pública, pois, observou-se durante esta pesquisa que há uma grande lacuna a ser preenchida quando se analisa bacias de pequeno porte. Simplesmente não há informações;
- G) Verificar o IQA (índices de Qualidade da Água) das sub-bacias regularmente;

- H) Propor a introdução do PSA (Pagamento por Serviços Ambientais) na região de estudo;
- I) Incentivar a criação de projetos, visando o saneamento ambiental nas sub-bacias analisadas, a fim de se evitar o lançamento de esgoto in natura nos córregos e ribeirões;
- J) Incentivar a criação de projetos que visem a proteção e a revitalização de nascentes, ao nível regional, priorizando pequenas bacias para abastecimento público;
- K) Incentivar as ações preconizadas, nas práticas mecânicas de conservação da água e do solo, tais como: terraceamento, bacias de infiltração (Barraginhas), sistemas de drenagens para estradas não pavimentadas.

Marco Antônio de Jesus Moreira – ProfªÁgua – UERJ, 29 de junho de 2022.