



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS PURAS E APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DOS RECURSOS  
HÍDRICOS - PROFÁGUA

Hilda Fabiana Moura Marques

**EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA  
ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MANHUAÇU NO PERÍODO DE 2011-2020.**

ITABIRA – MINAS GERAIS

2022

Hilda Fabiana Moura Marques

**EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA  
ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MANHUAÇU NO PERÍODO DE 2011-2020.**

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 (PROFÁGUA), na Universidade Federal de Itajubá. Área de concentração: Regulação e governança de recursos hídricos.

Aprovada em

Orientador: Prof. Dr. Anderson de Assis Morais

Coorientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Eliane Maria Vieira

Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

Banca Examinadora:

Itabira – Minas Gerais

2022

*A sociedade que respeita as dinâmicas ambientais está  
sujeita a catástrofes; a sociedade que não respeita está  
fadada a elas!*

*Aline Balta*

## RESUMO

MARQUES, Hilda Fabiana Moura Marques. **Evolução do uso e ocupação do solo e do índice de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Manhuaçu no período de 2011-2020.** 2022. 102f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2022.

A gestão inadequada de recursos hídricos pode colocar em risco os usos múltiplos da água, contribuindo para a intensificação de eventos que podem impactar na qualidade e quantidade de água em uma bacia, tornando-se, desta forma, essencial o estudo das mesmas. A alteração na qualidade das águas provém de diversos fatores, tais como o crescimento dos centros urbanos sem planejamento adequado, industrialização, desmatamento e o modo de uso do solo nos cultivos agrícolas. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do uso e ocupação do solo sobre os parâmetros que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA) na bacia hidrográfica do rio Manhuaçu/MG no período de 2011 a 2019. A metodologia do presente trabalho consistiu em confeccionar mapas de uso e ocupação do solo para as 06 estações de monitoramento na bacia, sendo que para cada estação foi confeccionado mapas dos anos 2011, 2014, 2017 e 2019. Os dados sobre qualidade da água foram obtidos juntos ao IGAM pelo portal do InfoHidro. Para avaliar a influência do uso e ocupação do solo foram analisadas a evolução do percentual da área ocupada por cada tipo de uso e ocupação do solo na bacia ao longo do período de estudo, a evolução dos parâmetros que compõem o IQA e suas relações com o uso do solo. A partir dos dados obtidos no trabalho verificou-se que a classe de uso pastagem apresentou uma regressão em todas as áreas das bacias de contribuição, e por sua vez, a classe mosaico de agricultura e pastagem se destacou alcançando aumento de 11,06% no valor de sua área. Os parâmetros que obtiveram limite acima do permitido pela legislação foram: sólidos totais, coliformes termotolerantes, turbidez e fósforo, sendo que coliformes ganhou destaque em todas as estações. O IQA variou de ruim a bom, a deficiência na coleta e tratamento de esgotos nas cidades localizadas dentro da bacia hidrográfica tem resultado em uma parcela significativa de carga poluidora chegando aos corpos d'água, esse déficit contribuiu muito para valores elevados do IQA. Diante do estudo verifica-se a necessidade de ações voltadas ao tratamento de esgoto dentro da bacia, e implementação de ações voltadas à restauração e conservação das áreas de preservação permanente, programas de educação ambiental e incentivos de preservação ambiental visando reduzir os impactos do uso do solo na bacia.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica, Água, Uso do Solo.

## ABSTRACT

MARQUES, Hilda Fabiana Moura Marques. **Evolution of land use and occupation and water quality index in the Manhuaçu river watershed in the period 2011-2020.** 2022. 102f. Dissertation (Professional Master in National Network in Management and Regulation of Water Resources - PROFÁGUA), Institute of Pure and Applied Sciences, Federal University of Itajubá, Itabira Campus, Minas Gerais, 2022.

Inadequate management of water resources can jeopardize the multiple uses of water, contributing to the intensification of events that can impact the quality and quantity of water in a basin, thus making their study essential. The change in water quality comes from several factors, such as the growth of urban centers without proper planning, industrialization, deforestation and the way the soil is used in agricultural crops. The objective of this work was to evaluate the influence of land use and occupation on the parameters that make up the Water Quality Index (IQA) in the Manhuaçu/MG river basin from 2011 to 2019. The methodology of this work consisted of to prepare maps of land use and occupation for the 06 monitoring stations in the basin, and maps for the years 2011, 2014, 2017 and 2019 were prepared for each station. Data on water quality were obtained from IGAM through the InfoHidro portal . In order to evaluate the influence of land use and occupation, the evolution of the percentage of the area occupied by each type of land use and occupation in the basin over the study period, the evolution of the parameters that make up the WQI and its relations with the use of the soil. From the data obtained in the work, it was verified that the pasture use class showed a regression in all areas of the contribution basins, and in turn, the agriculture and pasture mosaic class stood out, reaching an increase of 11.06% in the value of your area. The parameters that obtained a limit above that allowed by the legislation were: total solids, thermotolerant coliforms, turbidity and phosphorus, and coliforms gained prominence in all seasons. The IQA ranged from bad to good, the deficiency in the collection and treatment of sewage in the cities located within the watershed has resulted in a significant portion of the polluting load reaching the water bodies, this deficit contributed a lot to the high values of the IQA. In view of the study, there is a need for actions aimed at treating sewage within the basin, and implementation of actions aimed at the restoration and conservation of permanent preservation areas, environmental education programs and environmental preservation incentives aimed at reducing the impacts of the use of the soil in the basin.

**Keywords:** Watershed, Water, Land Use.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia.....	25
Figura 2 – Fluxograma de Confecção dos Mapas .....	27
Figura 3 - de uso e ocupação do solo da estação RD095 ano 2011.....	31
Figura 4 - Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD095 ano 2014.....	31
Figura 5 -- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD095 ano 2017 .....	32
Figura 6 - Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD095 ano 2019.....	32
Figura 7- Classes de Usos do Solo da estação RD095 .....	33
Figura 8 - Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvido na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	34
Figura 9: Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	35
Figura 10 - Valores do parâmetro pH na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008. ....	35
Figura 11 - Valores do parâmetro DBO na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	35
Figura 12- Valores do parâmetro Nitrato na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008 .....	36
Figura 13- Valores do parâmetro Temperatura na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	36
Figura 14- Valores do parâmetro Fósforo Total na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	36
Figura 15- Valores do parâmetro turbidez na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	37
Figura 16- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008. ....	37
Figura 17- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD096 ano 2011.....	39
Figura 18- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD096 ano 2014.....	39
Figura 19- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD096 ano 2017.....	40
Figura 20- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD096 ano 2019.....	40
Figura 21- Classes de Usos do Solo da estação RD095 .....	42

Figura 22- Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvido na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	43
Figura 23- Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	43
Figura 24- Valores do parâmetro Ph na estação RD096 comparado ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008. ....	44
Figura 25 - Valores do parâmetro DBO na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008. ....	44
Figura 26- Valores do parâmetro Nitrato na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	44
Figura 27- Valores do parâmetro Temperatura na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	45
Figura 28- Valores do parâmetro Fósforo Total na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008. ....	45
Figura 29- Valores do parâmetro Turbidez na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008. ....	45
Figura 30- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	46
Figura 31- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD064 ano 2011.....	48
Figura 32- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD064 ano 2014.....	49
Figura 33- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD064 ano 2017.....	49
Figura 34- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD064 ano 2019. ....	50
Figura 35- Classes de Usos do Solo da estação RD064.....	51
Figura 36- Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvidona estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	52
Figura 37- Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	52
Figura 38- Valores do parâmetro pH na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	52
Figura 39 -Valores do parâmetro DBO na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	53
Figura 40- Valores do parâmetro Nitrato na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	53

Figura 41- Valores do parâmetro Fósforo Total na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	53
Figura 42-Valores do parâmetro Turbidez na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	54
Figura 43- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	54
Figura 44- Valores do parâmetro Temperatura na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	54
Figura 45- Inserção dos municípios Iúna e Ibatiba na Bacia do Rio Manhuaçu.....	57
Figura 46- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD097 ano 2011. ....	58
Figura 47- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD097 ano 2014.....	59
Figura 48- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD097 ano 2017. ....	59
Figura 49- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD097 ano 2019.....	60
Figura 50- Classes de Usos do Solo da estação RD097 .....	61
Figura 51- Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvido na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	62
Figura 52- Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantesna estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	62
Figura 53-Valores do parâmetro pH na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	63
Figura 54- Valores do parâmetro DBO na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	63
Figura 55- Valores do parâmetro Nitrato na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	63
Figura 56- Valores do parâmetro Fósforo Total estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	64
Figura 57- Valores do parâmetro Turbidez na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	64
Figura 58- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	64
Figura 59- Valores do parâmetro Temperatura na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	65
Figura 60- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD098 ano 2011.....	68

Figura 61- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD098 ano 2011.....	68
Figura 62- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD098 ano 2017.....	69
Figura 63- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD098 ano 2019.....	69
Figura 64- Classes de Usos do Solo da estação RD098.....	70
Figura 65- Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvido na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	71
Figura 66- Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	71
Figura 67-Valores do parâmetro pH na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	72
Figura 68- Valores do parâmetro DBO na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	72
Figura 69- Valores do parâmetro Nitrato na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	72
Figura 70- Valores do parâmetro Fósforo Total na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	73
Figura 71 - Valores do parâmetro Turbidez na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	73
Figura 72- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	73
Figura 73- Valores do parâmetro Temperatura na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	74
Figura 74- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD065 ano 2011.....	76
Figura 75- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD065 ano 2014.....	76
Figura 76- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD065 ano 2017.....	77
Figura 77- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD065 ano 2019.....	77
Figura 78- Classes de Usos do Solo da estação RD065.....	78
Figura 79- Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvido na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	79
Figura 80-Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	79
Figura 81- Valores do parâmetro Ph na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	80

Figura 82- Valores do parâmetro DBO na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	80
Figura 83- Valores do parâmetro Nitrato na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	80
Figura 84- Valores do parâmetro Fósforo Total na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	81
Figura 85- Valores do parâmetro Turbidez na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	81
Figura 86- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	81
Figura 87-Valores do parâmetro Temperatura na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.....	82
Figura 88– Valores IQA.....	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Descrição das estações de monitoramento de qualidade de água do rio Manhuaçu.....	26
Tabela 2 - Dados do Censo Agropecuário 2017 – Municípios a montante da estação RD095.....	30
Tabela 3- Dados de esgotamento sanitário para o município de São João do Manhuaçu.....	38
Tabela 4- Dados Censo Agropecuário 2017- Municípios a montante da estação RD096.....	41
Tabela 5- Dados de esgotamento sanitário para o município de Simonésia, a montante da estação RD096.....	47
Tabela 6- Dados Censo Agropecuário 2017 - Municípios a montante da estação RD064.....	48
Tabela 7- Dados de esgotamento sanitário dos municípios a montante da estação RD064.....	55
Tabela 8- Dados Censo Agropecuário 2017 municípios da estação RD097.....	57
Tabela 9-Dados de esgotamento sanitário dos municípios a Montante da estação RD097.....	66
Tabela 10- Dados Censo Agropecuário 2017 municípios da estação RD097.....	67
Tabela 11- Dados de esgotamento sanitário nos municípios a montante da estação RD098.....	74
Tabela 12- Dados Censo Agropecuário 2017 Municípios da estação RD064.....	75
Tabela 13- Dados de esgotamento sanitário dos municípios a montante da estação RD065.....	82
Tabela 14- IQA da estação RD095.....	83
Tabela 15- IQA da estação RD096.....	84
Tabela 16- IQA da estação RD064.....	84
Tabela 17- IQA da estação RD097.....	85
Tabela 18- IQA da estação RD098.....	85
Tabela 19- IQA da estação RD065.....	85

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

IDE - Infraestrutura de Dados Espaciais

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IN015 - Índice de coleta de esgoto

IN016- Índice de tratamento de esgoto

IN024 - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água

IQA - Índice de Qualidade das Águas

SNIS - Sistema nacional de informações sobre saneamento

SISEMA – Sistema Estadual de Meio Ambiente

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UPGRH - Unidades De Planejamento E Gestão Dos Recursos Hídricos No Estado

## SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO	16
2-OBJETIVOS	18
2.1 Geral	18
2.2 Específicos	18
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1- Qualidade da água	19
3.2 - Influência do uso e ocupação do solo	21
3.3 - Gestão de Bacias Hidrográficas	23
4- METODOLOGIA	25
4.1 - Caracterização do local de estudo	25
4.2 - Elaboração dos Mapas de Uso e Ocupação do solo	26
4.3- Cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA)	27
4.4- Correlações entre uso e ocupação do solo versus IQA	28
4.5 – Indicadores operacionais de esgotos na bacia hidrográfica	28
5- RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 – Uso e Ocupação do solo versus qualidade da água	30
5.2- Aplicação de Índices para Qualidade da Água – IQA	83
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
APÊNDICE A – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD095 Ano de 2011	93
APÊNDICE B – Mapa De Uso e Ocupação Do Solo Estação RD095 Ano de 2014	94

APÊNDICE C – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD095 Ano de 2017	95
APÊNDICE D – Mapa de Uso e Ocupação do solo Estação RD095 Ano de 2019	96
APÊNDICE E – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD096 Ano de 2011	97
APÊNDICE F – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD096 Ano de 2014	98
APÊNDICE G – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD096 Ano de 2017	99
APÊNDICE H – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD096 Ano de 2019	100
APÊNDICE I – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD064 Ano de 2011	101
APÊNDICE J – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD064 Ano de 2014	102
APÊNDICE K – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD064 Ano de 2017	103
APÊNDICE L – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD064 Ano de 2019	104
APÊNDICE M – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD097 ano de 2011	105
APÊNDICE N – Mapa De Uso e Ocupação do Solo Estação RD097 Ano de 2014	106
APÊNDICE O – Mapa de Uso e Ocupação Do Solo Estação RD097 Ano de 2017	107
APÊNDICE P – Mapa de Uso e Ocupação Do Solo Estação RD097 Ano de 2019	108
APÊNDICE Q – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD098 Ano de 2011	109
APÊNDICE R – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD098 Ano de 2014	110
APÊNDICE S – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD098 Ano de 2017	111
APÊNDICE T – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD098 Ano De 2019	112
APÊNDICE U – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD065 Ano de 2011	113
APÊNDICE V – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD065 Ano de 2014	114

APÊNDICE X – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD065 Ano de 2017	115
APÊNDICE Z – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD065 Ano de 2019	116

## 1-INTRODUÇÃO

Água é um recurso natural destinado a diversos fins, como abastecimento público, dessedentação animal, irrigação, navegação, suprimento industrial, conservação da fauna e da flora, recreação e lazer. Tem o potencial de receber, diluir e transportar efluentes provenientes de esgotos domésticos, de indústrias e de diversas atividades rurais e urbanas, que são depurados pela ação de processos biológicos, físicos e químicos. Entretanto, em virtude de fatores como o aumento da concentração populacional, intensificação de atividades agrícolas e industriais etc., é cada vez mais comum a ocorrência de eventos nos quais a capacidade de depuração e/ou a capacidade hídrica da região é excedida, gerando escassez e, conseqüentemente, conflitos de uso (FUNASA, 2019).

Segundo Bernardes (2009), as influências do homem no meio ambiente, principalmente por meio da utilização das terras, vem provocando, ao longo do tempo, a degradação dos recursos naturais. O ciclo degenerador provocado por desmatamentos, exposição do solo às intempéries, intensa utilização de insumos, descarga de dejetos em cursos d'água, dentre outros, gera impactos negativos, normalmente de difícil remediação e controle. Para minimizar tais efeitos, é necessário estabelecer um sistema de conservação do solo e da água, associado à regulação do uso e ocupação do solo na paisagem e dos fluxos hídricos na bacia.

Segundo Sperling (2005), a qualidade da água é decorrente de eventos naturais e da atuação do homem no meio ambiente. Assim, o estudo da qualidade da água é fundamental, tanto para se caracterizar as conseqüências de uma determinada atividade poluidora, quanto para se estabelecer os meios necessários para garantir a qualidade necessária para satisfazer os usos múltiplos das águas.

A gestão inadequada de recursos hídricos pode colocar em risco os usos múltiplos da água, contribuindo para a intensificação de eventos que podem impactar na qualidade e quantidade de água em uma bacia.

A bacia do rio Doce, localizada no sudeste do Brasil abrange parte dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo é caracterizada pela ocorrência de enchentes, despejos de esgotos domésticos, poluição por substâncias tóxicas etc., que influenciam na qualidade de água na bacia. As enchentes que ocorreram na bacia do rio Doce nos últimos anos são uma questão entre as mais urgentes da bacia, considerando o impacto social e econômico que representam e pela vulnerabilidade da bacia a eventos críticos recorrentes, agravados ano após ano pelo desmatamento e pela ocupação indevida do solo, ações antrópicas que deflagram processos erosivos indesejáveis(ANA, 2011), que interferem também na qualidade da água na bacia.

Segundo dados do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, o rio Doce é o décimo manancial mais poluído do país, cerca de 80% do esgoto doméstico produzido por cidades que

compõem a bacia são despejados sem tratamento no leito do rio Doce e seus afluentes. Informações do Resumo Executivo Anual do ano 2019 do IGAM indicam que os contaminantes fecais representam o maior percentual de não conformidade em todo o Estado, chegando a apresentar 75% dos pontos monitorados em desconformidade com o limite de classe. Em 2018, os maiores percentuais de desconformidade para os indicadores de contaminação por substâncias tóxicas ocorreram nas bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana, do rio Doce e do rio Mucuri, com mais de 30% de estações com alguma desconformidade.

A bacia do rio Manhuaçu, inserida na bacia do rio Doce, é caracterizada por grandes áreas de vulnerabilidade à erosão e por possuir municípios de pequeno porte e com grandes deficiências no saneamento básico, onde a maioria despeja esgoto in natura nos recursos hídricos e não destinam corretamente os resíduos sólidos urbanos (BARBOSA, 2019).

O planejamento ambiental das bacias hidrográficas é essencial para a redução dos impactos nos recursos hídricos. A caracterização da bacia hidrográfica, através de estudos de uso e ocupação do solo e relações com a qualidade da água, é uma importante ferramenta para a gestão das águas, uma vez que as informações adquiridas contribuem para o processo de tomada de decisão. A importância do seu estudo é para o planejamento ambiental local, de modo que sejam disciplinadas as atividades realizadas nos municípios para redução dos impactos nos recursos hídricos. Desta forma, a alocação de recursos financeiros e tecnológicos pode ser distribuída de forma mais inteligente para cada local.

## **2-OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar a influência do uso e ocupação do solo sobre os parâmetros que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA) na bacia hidrográfica do rio Manhuaçu/MG no período de 2011 a 2019.

### **2.2 Específicos**

- Analisar a evolução do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Manhuaçu/MG no período de 2011 a 2019.
- Analisar a evolução do IQA e dos parâmetros utilizados para o seu cálculo na bacia hidrográfica do rio Manhuaçu/MG no período de 2011 a 2019.
- Avaliar a evolução dos indicadores de água e esgotos, especialmente os indicadores operacionais – esgotos: IN015, IN016 e IN024.

### 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1- Qualidade da água

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica é resultante de fenômenos naturais e da ação antrópica, podendo-se afirmar que o uso e ocupação do solo influenciam diretamente na qualidade da água. Em uma bacia hidrográfica onde as condições naturais estão conservadas, o escoamento superficial e a infiltração do solo afetam diretamente a qualidade da água, ou seja, seu resultado é dependente do contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo. A interferência do homem no meio, sendo pela geração de despejos domésticos ou industriais ou na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade (SPERLING, 2005).

A qualidade das águas superficiais é facilmente alterada pela adição de efluentes ao sistema de drenagem. O uso dos recursos naturais pelo homem em áreas urbanas, na indústria, em atividades agrícolas, aliado aos processos naturais como variação da precipitação, intemperismo das rochas e erosão alteram a qualidade das águas, tornando-as inadequadas para o consumo humano, recreação, indústria e agricultura (ANDRADE *et al.*, 2007).

As águas subterrâneas podem estar longe do contato humano quando comparamos com as águas superficiais, porém estão sujeitas às ações antropogênicas e apresentam grande vulnerabilidade. Como exemplo destacam-se os dejetos residenciais que são jogados diretamente no esgoto pluvial e as fossas sépticas e negras que são construídas de maneira precária, esgotos a céu aberto e a disposição aleatória do lixo. (SANTOS *et al.*, 2017). A poluição hídrica resulta na introdução de resíduos na forma de matéria ou energia, tornando-a danosa ao homem e a outras formas de vida, ou imprópria para um determinado uso estabelecido por lei. A água contaminada contém número elevado de microrganismos patogênicos ou substâncias radioativas ou químicas e podem acarretar doenças ou morte (MOTA, 1997).

A lei nº 9433 de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, popularmente conhecida por lei das águas, fundamenta que a bacia hidrográfica é uma unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, um espaço onde os comitês de bacias hidrográficas (CBHs) atuam buscando controlar os usos da água e a proteção e conservação dos recursos hídricos. Um dos seus objetivos é garantir à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos referentes usos. Para assegurar às águas, superficiais e subterrâneas, qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, bem como diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes, criou-se o enquadramento, sendo um dos instrumentos da referida lei (BRASIL, 1997).

O enquadramento dos corpos d'água em classes apresenta especial relevância, uma vez que, numa concepção de planejamento descentralizado e participativo, figura como ferramenta de integração entre a gestão de quantidade e de qualidade da água na esfera da bacia hidrográfica, contribuindo na redução de custos com despoluição, através da prevenção (CALMON *et al.*, 2015). Um instrumento que tem forte relação com as políticas de uso e ocupação do solo e de saneamento, pois na medida em que se estabelece um padrão de qualidade de água, limita-se a forma de ocupação daquele determinado território. Em contrapartida, o planejamento da ocupação do solo, por meio de zoneamentos ecológico-econômicos ou planos diretores, certamente irá interferir na qualidade da água da bacia hidrográfica (ANA, 2013)

A política de saneamento, a Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, define que os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas em que estiverem inseridos. Estes, por sua vez, devem prever o enquadramento dos corpos de água e estabelecer metas progressivas para que a qualidade dos efluentes de unidades de tratamento de esgotos sanitários atenda aos padrões das classes dos corpos hídricos em que forem lançados (BRASIL, 2007).

A Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, lei nº 13.199 de 1999, visa a assegurar o controle, pelos usuários atuais e futuros, do uso da água e de sua utilização em quantidade, qualidade e regime satisfatórios. De acordo com a referida lei, as agências de bacia hidrográfica e as entidades a ela equiparadas tem competência de promoção do monitoramento sistemático da quantidade e da qualidade das águas da bacia hidrográfica de sua competência (MINAS GERAIS, 1999).

No estado de Minas Gerais foi criado o programa Águas de Minas, onde se realiza o monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, visando atender às ações previstas na Lei 12.584/1997, de criação do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. O programa tem por finalidade conhecer e avaliar as condições da qualidade das águas superficiais e subterrânea, divulgar a situação de qualidade das águas para os usuários e apoiar o estabelecimento de metas de qualidade, fornecer subsídios para o planejamento da gestão dos recursos hídricos, verificar a efetividade de ações de controle ambiental implementadas e propor prioridades de atuação (IGAM, 2021).

O monitoramento das águas superficiais destaca-se como um importante instrumento de gestão, independentemente do tamanho da bacia, possibilitando a tomada de decisão por parte dos órgãos ambientais. Esse monitoramento propicia a obtenção de dados qualitativos e quantitativos da água, evidenciando requisitos de qualidade traduzidos, de forma generalizada e conceitual, em função de seus usos previstos (FIA *et al.*, 2015)

Parâmetros físicos, químicos e biológicos são indicadores utilizados para caracterizar a qualidade da água e possuem valores estabelecidos por legislação; sendo que, quando ocorre a alteração dos valores, pode-se afirmar a ocorrência de impurezas. Já o uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se relacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens naturais ou antrópicas. Por possuir características de acordo com a sua localização, se torna difícil estabelecer uma única variável como um indicador padrão para qualquer sistema hídrico (FERNANDES *et al.*, 2011).

No estado de Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. A DN enfatiza que a classificação das águas doces é eficaz à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes e a qualidade ambiental requerida para o corpo de água. Para seu enquadramento são analisados os parâmetros de qualidade de água de acordo com seus respectivos usos, sendo que as águas doces estaduais são classificadas de acordo com os seus usos mais restritos em: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4 (MINAS GERAIS, 2008).

A alteração na qualidade das águas provém de diversos fatores, tais como o crescimento dos centros urbanos sem planejamento adequado, industrialização, desmatamento e o modo de uso do solo nos cultivos agrícolas. Percebe-se que a não preservação das matas nativas e ciliares, o uso cada vez mais frequente de defensivos agrícolas, o lançamento de efluentes não tratados nos corpos d'água e o destino incorreto do lixo, dentre outras ações, vêm contribuindo para a degradação dos recursos naturais das diferentes bacias hidrográficas. A qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido alterada em diferentes escalas nas últimas décadas. Fator este desencadeado pela complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, os quais acarretaram degradação ambiental significativa e diminuição considerável na disponibilidade de água de qualidade, produzindo inúmeros problemas ao seu aproveitamento (PEREIRA, 2004).

### **3.2 - Influência do uso e ocupação do solo**

Desde o começo da vida em sociedade e estabelecimento das primeiras civilizações organizadas, o homem apresentou como característica inata a capacidade de transformar o meio onde vive. Estas transformações se efetivavam a fim de satisfazer as necessidades físicas e naturais da espécie humana. O ser humano sempre promoveu modificações no meio ambiente, seja desmatando florestas, construindo casas e abrigos, plantando lavouras e pastagens, canalizando água, domesticando animais etc. A transformação do ambiente natural em um ambiente antrópico sem planejamento acarretou grandes problemas, ocasionando a poluição do meio ambiente (PAVANIN, 2016).

As atividades poluidoras do meio ambiente podem ser divididas em duas categorias em relação à ocupação territorial: meio rural e urbano. Nas áreas urbanas a poluição afeta de maneira direta ou indireta a qualidade dos rios, muitas vezes pela contaminação do lençol freático, o despejo de resíduos fecais via esgoto doméstico, pelo chorume oriundo da falta de tratamento dos resíduos sólidos urbanos, pelos resíduos industriais (metais pesados) que são resultado do processo de desenvolvimento, pelos vazamentos de combustível nos tanques de armazenamento e pela água das chuvas que transportam os rejeitos espalhados pelas ruas. A poluição na área rural ocorre pelo desenvolvimento da agricultura, em virtude do crescimento da população e necessidade maior de consumo de alimentos. A necessidade do uso da água para o desenvolvimento da pecuária e agricultura faz com que estas atividades se localizem próximas aos cursos d'água, o que também leva à degradação do solo, deixando-o exposto aos escorrimentos de água da chuva e erosões e, conseqüentemente, provocando maior entrada de matéria orgânica, inorgânica e compostos químicos. Juntas, essas matérias geram desequilíbrios na fauna e flora dos corpos d'água (BASTOS *et al.* 2018).

O crescimento urbano e o desenvolvimento tecnológico trazem como consequência imediata o aumento de consumo de água e a ampliação constante do volume de água residuária, não reaproveitável. Em muitas cidades, parcela significativa da população é atendida por redes coletoras que efetuam o afastamento dos esgotos das proximidades das casas; no entanto, não é realizado qualquer tipo de tratamento para a sua devolução ao meio ambiente e acabam, da mesma maneira, contaminando o solo, os rios, os lagos, os oceanos, as águas subterrâneas e até mesmo os mananciais que abastecem outras cidades. Ainda é muito baixo no Brasil o número de municípios que possuem sistemas completos de esgotamento sanitário contemplando a rede coletora e de tratamento, além do que muitos dos sistemas existentes atendem apenas a uma parcela destas cidades (FUNASA, 2019).

Assim, os impactos na qualidade da água são intensificados pelo lançamento de esgotos nos corpos hídricos, em sua maioria “in natura”, tanto de populações urbanas quanto rurais. Essa carga poluidora causa a perda da qualidade da água, proliferação de vetores e doenças de veiculação hídrica, eutrofização e dificulta o tratamento da água para abastecimento humano (FEAM, 2019). Segundo dados da Agência Nacional das Águas – ANA, no Brasil 55% da população possui tratamento de esgoto considerado adequado, enquanto 18% têm seu esgoto coletado e não tratado, o que pode ser considerado como um atendimento precário; e 27% não possuem coleta nem tratamento, isto é, sem atendimento por serviço de coleta sanitária.

O desmatamento ocasionado pelo uso e ocupação do solo é outro fator que pode interferir na qualidade da água, uma vez que a cobertura florestal em bacias hidrográficas desempenha diversas funções, como a promoção e proteção contra a erosão do solo, a sedimentação e a lixiviação

excessiva de nutrientes. Pode-se afirmar que a destruição das matas ciliares vem contribuindo para o acúmulo excessivo de material sedimentar no leito dos rios e redes de drenagem, o aumento da turbidez das águas, o desequilíbrio do regime das cheias, a erosão das margens de grande número de cursos d'água e o comprometimento da fauna silvestre (CAMPOS *et al.*,2016).

Os rios são particularmente vulneráveis às transformações nos ecossistemas, uma vez que integram a paisagem e suas características físico-químicas refletem tanto a configuração geológica que drenam quanto os insumos da bacia circundante. A gestão e o uso das terras agrícolas influenciam diretamente as concentrações de nutrientes na água, como o nitrogênio e o fósforo. Em áreas industriais e urbanas o uso e a ocupação do solo têm sido associados com a poluição orgânica, bem como metais pesados e nutrientes (MENEZES *et al.* 2016).

O desenvolvimento da agricultura tem contribuído para a poluição do solo e das águas. Os fertilizantes sintéticos e os agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), usados em excesso nas lavouras, poluem o solo e as águas dos rios e prejudicam os ecossistemas. A contaminação de um lençol freático por agrotóxicos coloca em risco a vida da população que se beneficia da água subterrânea (FUNASA, 2019).

A poluição causada pela agricultura pode ocorrer de forma pontual ou difusa. A pontual refere-se, por exemplo, à contaminação causada pela criação de animais em sistemas de confinamento, onde grandes quantidades de dejetos são produzidos e lançados diretamente no ambiente ou aplicados nas lavouras. Já a poluição difusa é aquela causada principalmente pelo deflúvio superficial, a lixiviação e o fluxo de macroporos que, por sua vez, estão relacionados com as propriedades do solo como a infiltração e a porosidade. Assim, solos mais arenosos teriam o processo de lixiviação e fluxo de macroporos favorecidos. Já em situações em que os solos são manejados de forma incorreta (preparo excessivo do solo, associado ao insuficiente aporte de biomassa), poderá ocorrer a degradação de sua estrutura, favorecendo, então, o deflúvio superficial (MERTEN; MINELLA, 2002).

O uso de fertilizantes e agrotóxicos nas lavouras pode provocar a contaminação do solo pelos metais pesados presentes na composição de alguns fertilizantes, que aumentam a toxicidade do solo. Posteriormente, esses metais pesados são levados pelas chuvas contaminando os cursos d'água, e os animais que habitam aquela área. Nas atividades agrícolas também existe um grande problema quando as sobras e as embalagens vazias dos defensivos agrícolas não são devolvidas corretamente (SANTOS; FREITAS, 2019).

### 3.3 - Gestão de Bacias Hidrográficas

A água doce é recurso vital para a sobrevivência das civilizações e, em casos de escassez, constitui-se como fator limitante na implementação de atividades econômicas típicas das sociedades

modernas. A intensificação do uso da água, causada pela ampliação da produção de alimentos e demais bens de consumo, provocou problemas ambientais, ameaçando, inclusive, sua conservação (ANA, 2011).

A gestão das águas no Brasil foi instituída com a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos lei 9.433/1997, a partir da qual a bacia hidrográfica foi determinada como a unidade territorial de planejamento e gestão; divisão hidrográfica que, além de direcionar a gestão regional da água, pode influenciar também em outras escalas, já que as bacias contêm os territórios municipais e regiões administrativas.

Para gerir as bacias hidrográficas foram criados os comitês de bacias hidrográficas, órgãos de decisão regional/local, que contam com a participação dos diferentes níveis do poder público, usuários e sociedade civil no processo de tomada de decisão e a descentralização da gestão dos recursos hídricos (PERES, 2013).

Uma das atribuições mais relevantes dos comitês é estabelecer um conjunto de mecanismos e de regras, decididas coletivamente, de forma que os diferentes interesses sobre os usos da água na bacia sejam discutidos e negociados democraticamente em ambiente público, com transparência no processo decisório, buscando prevenir e dirimir conflitos. A principal decisão a ser tomada pelo comitê é a aprovação do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, que se constitui no plano diretor para os usos da água (ANA, 2011) e são elaborados em três níveis: bacia hidrográfica, nacional e estadual.

Atualmente, o estado de Minas Gerais possui 36 comitês de bacia hidrográfica (CBH's), sendo que 19 (dezenove) possuem planos diretores concluídos; 11 (onze) planos em elaboração e 6 (seis) em fase de contratação, além do Plano Estadual de Recursos Hídricos, este último previsto na Lei 13.199/1999, cujo objetivo é estabelecer princípios básicos e diretrizes para o planejamento e o controle adequado do uso da água no Estado. O Plano também orienta sobre a necessidade de integrar a gestão de recursos hídricos com as políticas setoriais, como a agricultura e o saneamento (IGAM, 2021).

Para uma gestão hídrica eficiente, os planos de bacia e os planos diretores municipais têm que se complementar, visto que o planejamento territorial municipal deve atender à realidade do ecossistema em que o município se encontra, abrangendo bacia e sub-bacias hidrográficas em que se situa, e assim, adaptando o planejamento territorial às diretrizes presentes no plano de bacia hidrográfica do qual faz parte. O estatuto das cidades define que o conteúdo do plano diretor deverá ser compatível com as disposições inseridas nos planos de recursos hídricos, formulados conforme a Política Nacional de Recursos Hídricos (PIZELLA, 2015).

Um importante ambiente que dispõem sobre informações de saneamento básico nos municípios brasileiro e que auxilia na gestão das bacias hidrográficas é o SNIS o mesmo reúne

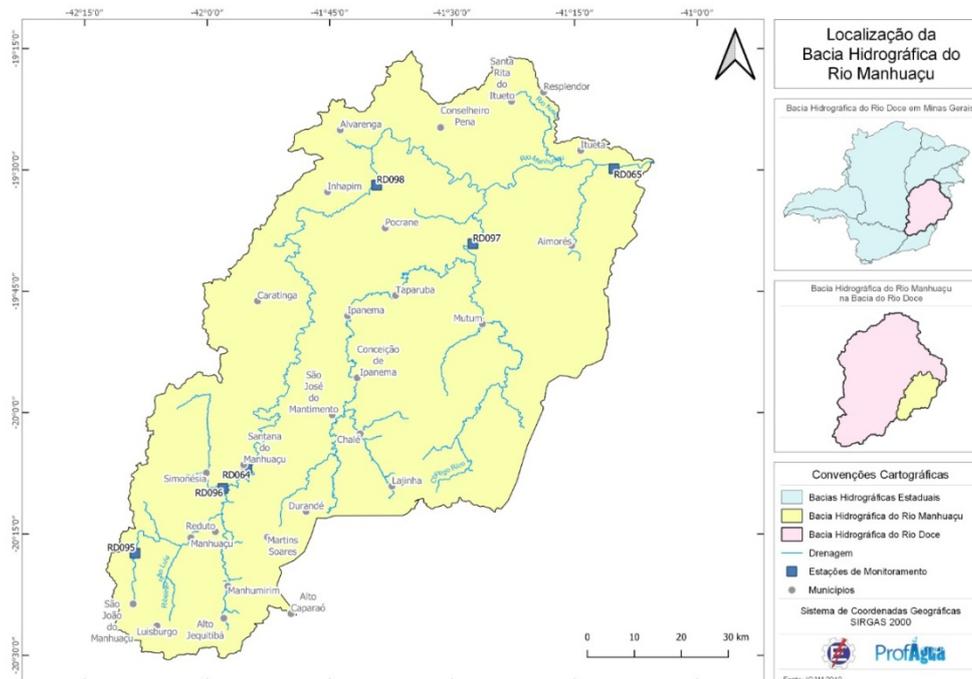
informações de caráter operacional, gerencial, financeiro e de qualidade dos serviços de Água e Esgotos desde 1995. Indicadores produzidos a partir destas informações são referência para comparação de desempenho da prestação de serviços e para o acompanhamento da evolução do setor de saneamento básico no Brasil. No diagnóstico são levantadas 185 informações de diversos tipos, e a partir do conjunto de informações são calculados 84 indicadores no sistema, dentre eles, indicadores de coleta de esgoto, de tratamento de esgoto e Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água.

## 4- METODOLOGIA

### 4.1 - Caracterização do local de estudo

A bacia hidrográfica do rio Manhuaçu está localizada no estado de Minas Gerais, nas regiões da Zona da Mata e Vale do Rio Doce, integrando a bacia hidrográfica do Rio Doce. A bacia é formada pelas sub-bacias dos rios Manhuaçu, Mutum, São Luís, Pocrane, Itueto, José Pedro e Capim. Tem área de 8.977 km<sup>2</sup> e o rio Manhuaçu tem extensão de 347 quilômetros (CBH Manhuaçu, 2021). Está inserida na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) D06, tem 27 municípios integrantes, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia



Fonte: Autora, 2021.

Segundo dados do IBGE/CENSO do ano de 2010, consta uma população total de 300.320 habitantes na bacia, sendo 191.797 caracterizada como população urbana e 108.523 como população rural. Predomina a cultura cafeeira nas regiões mais elevadas, próximas das cabeceiras,

ocorrendo gradual mudança ao longo da bacia para pastagem e cultivo de milho no sentido à foz. A presença de locais com solo erodido também aumenta sentido à foz, principalmente em pastagens degradadas. Na indústria, registram crescimento os setores extrativistas e de transformação; também ocorre na área a exploração de recursos minerais, a exemplo de bauxita, gemas, metais e outro. A maior precipitação média anual ocorre na região de cabeceira do rio, em São João do Manhuaçu (1351 mm ano<sup>-1</sup>) e a mínima no município de Itueta (1213 mm ano<sup>-1</sup>), ao norte da bacia (BARBOSA, 2019).

A área de estudo possui 08 estações de monitoramento da qualidade da água do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, situadas nos municípios de Santana do Manhuaçu, Manhuaçu/São João do Manhuaçu, Manhuaçu/Simonésia, Inhapim/Pocrane, Pocrane, Aimorés, Resplendor e Aimorés, Baixo Guandu (ES); no entanto, o estudo será realizado com apenas 06 estações, localizadas na calha do rio Manhuaçu e seus afluentes, conforme Tabela 1.

Tabela 1– Descrição das estações de monitoramento de qualidade de água do rio Manhuaçu.

Estação	Curso D'água	Classe de enquadramento	Município	Coordenadas Geográficas	
				Latitude	Longitude
RD095	Rio Manhuaçu	2	Manhuaçu / São João do Manhuaçu	-20°17'22,8"	-42°8'50,64"
RD096	Rio São Mateus	2	Manhuaçu /Simonésia	-20°9'22,02"	-41°58'75"
RD064	Rio Manhuaçu	2	Santana do Manhuaçu	-20°7'13"	-41°55'23,9"
RD097	Rio José Pedro	2	Pocrane	-19°39'8,04"	-41°27'27,42"
RD098	Rio Manhuaçu	2	Inhapim /Pocrane	-19°31'53"	-41°39'14,5"
RD065	Rio Manhuaçu	2	Aimorés	-19°29'51"	-41°10'10"

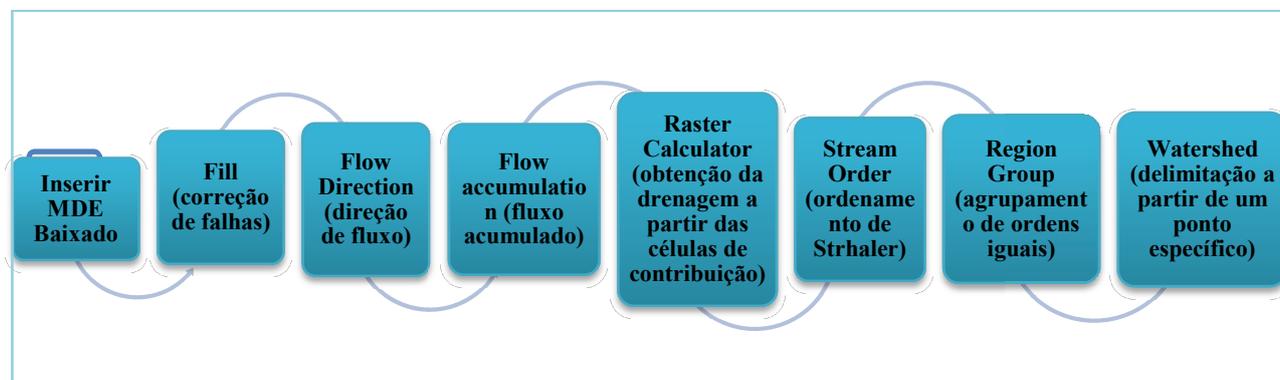
Fonte: Autora, 2022.

#### 4.2 - Elaboração dos Mapas de Uso e Ocupação do solo

Para avaliar a evolução do uso e ocupação do solo na bacia foram elaborados mapas de uso e ocupação para os anos de 2011, 2014, 2017 e 2019, para cada estação de monitoramento. Primeiramente foi realizado o download do Shapefile dos limites da bacia da base de dados do IDE SISEMA, em sequência delimitou-se as bacias de contribuição para cada estação de monitoramento, utilizando como base as coordenadas de cada estação de monitoramento com os dados do IGAM. Para o processo foi utilizado o software ARCGIS PRO para realização dos processamentos.

A partir da determinação dos pontos realizou-se a extração das bacias, sendo que para isso utilizou-se modelo digital de elevação –MDE com resolução espacial de 12,5m, disponível gratuitamente do Satélite ALOSPALSAR em seguida realizou-se o processamento abaixo apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma de Confeção dos Mapas



Fonte: Autora, 2022.

Após realizar a delimitação com os dados acima listados, foi realizado o recorte do Mapa de uso e ocupação do solo do MapBiomias para os anos estudados. Com a malha hídrica e delimitação das bacias obtidas, definidas dentro das coordenadas SIRGAS 2000, foram calculados os valores de área. Logo, o mapa de uso e ocupação do solo extraído do MapBiomias foi recortado em função de cada bacia obtida e calculada a área de cada uso e ocupação do solo, apontando suas áreas e as porcentagens referentes a cada ponto.

No MapBiomias foram encontradas 10 classes de uso do solo na bacia do rio Manhuaçu, tais como: Formação florestal, formação savânica, floresta plantada, afloramento rochoso, outras formações não florestais, pastagem, mosaico de agricultura e pastagem, infraestrutura urbana, outras áreas não vegetadas, rio/lago, para o estudo optou-se por trabalhar com 09 classe de uso sendo retiradas a classe outras formações não florestais, pelo motivo da mesma não se manifestar em todos os anos do estudo.

#### 4.3–Cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA)

O Projeto Águas de Minas, desenvolvido pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), é responsável pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas de Minas Gerais, que disponibiliza uma série histórica da qualidade das águas no Estado, que são armazenados em uma base de dados com informações atuais e históricas.

A metodologia utilizada para aplicação do IQA foi à do IGAM, cujos valores e suas classes estão descritos na Figura 3, onde cada um dos nove parâmetros apresentados possui um peso para

o cálculo do IQA, sendo que o parâmetro oxigênio dissolvido é o que possui maior peso de 0,17, logo em seguida coliformes termotolerantes com 0,15, pH com 0,12, DBO, nitratos, fosfato total, temperatura com peso 0,10, turbidez e sólidos totais com peso 0,08.

Figura 3– Valores IQA

Valor do IQA	Classes	Significado
90 < IQA ≤ 100	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando ao abastecimento público.
70 < IQA ≤ 90	Bom	
50 < IQA ≤ 70	Médio	
25 < IQA ≤ 50	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando ao abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
IQA ≤ 25	Muito Ruim	

Fonte: IGAM, 2012

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi disponibilizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), pela diretoria de operações e eventos críticos, para os seis pontos de monitoramento na bacia, para os anos de 2011, 2014, 2017 e 2019. Para identificar a variação nos valores dos parâmetros utilizados no cálculo do IQA - oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais – no período estudado, foram elaborados gráficos com seus respectivos valores com o auxílio do software Excel, a partir dos dados baixados do portal do InfoHidro.

#### 4.4- Correlações entre uso e ocupação do solo versus IQA

Para avaliar a influência do uso e ocupação do solo sobre o Índice de Qualidade da Água (IQA) na bacia hidrográfica do rio Manhuaçu/MG foram analisadas: i) a evolução do percentual da área ocupada por cada tipo de uso e ocupação do solo na bacia ao longo do período de estudo, buscando identificar variações de formação florestal, formação savânica, floresta plantada, pastagens, mosaico de agricultura, pastagem, infraestrutura urbana, outras áreas não vegetadas, afloramento rochoso; ii) a evolução dos parâmetros que compõem o IQA e suas relações com o uso do solo, como, por exemplo, relações entre turbidez e erosão, relações entre coliformes termotolerantes com a presença ou ausência de tratamento de esgoto; iii) relações entre as alterações no uso do solo e suas relações com a evolução do IQA, buscando identificar quais parâmetros influenciaram no valor do IQA.

#### 4.5 – Indicadores operacionais de esgotos na bacia hidrográfica

Os indicadores operacionais de esgotos foram coletados no banco de dados do SNIS. Para a coleta foi acessada a série histórica de cada município que compõe a bacia, e selecionando os anos

de estudo e os indicadores IN015, IN016 E IN024 para download de uma planilha em formato Excel.

Para o cálculo do Índice de coleta de esgoto – Indicador IN015, a base de dados do SNIS utiliza a seguinte fórmula:

$$\text{IN015} = \frac{\text{Volume de esgoto coletado}}{\text{Volume de água consumido-volume de água tratada exportado}} \times 100$$

Cálculo do Índice de tratamento de esgoto -IN016.

$$\text{IN016} = \frac{\text{Volume de esgotos tratado+} \\ \text{Volume de esgoto importado tratado nas instalações do importador+} \\ \text{Volume de esgoto bruto exportado tratado nas instalações do importador}}{\text{Volume de esgotos coletado+Volume de esgotos bruto importado}} \times 100$$

Cálculo do Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água- IN024.

$$\text{IN024} = \frac{\text{População urbana atendida com esgotamento sanitário}}{\text{População urbana residente do(s) município(s) com abastecimento de água}} \times 100$$

## 5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 – Uso e Ocupação do solo versus qualidade da água

Os resultados das análises das relações entre o uso e ocupação do solo e a qualidade da água estão apresentados a seguir, analisados por estação de monitoramento.

#### 5.1.1 - Estação RD095

As bacias de contribuições foram geradas para cada estação de monitoramento adotada e foram determinadas levando em consideração a topografia. A estação RD095 está localizada no rio Manhuaçu entre os municípios de São João do Manhuaçu e Manhuaçu, cuja área de drenagem é de aproximadamente 169,44 km<sup>2</sup>, sendo essa a menor sub-bacia na área de estudo. O município de São João do Manhuaçu é o único com sede dentro da área analisada e localiza-se a uma distância de 11,5 quilômetros da estação de monitoramento.

Segundo Censo Agropecuário do IBGE no ano de 2017 o município de São João do Manhuaçu possui uma área de 5.325 hectares de lavouras denominadas permanentes e 75 hectares de lavouras temporárias, pastagens denominadas naturais ocupam cerca de 1.206 hectares e plantadas em boas condições cerca de 94 hectares. A principal atividade econômica do município é a lavoura de café, sendo este denominado de cultura permanente, com área colhida superior a 4.577 hectares. O milho tem destaque na lavoura temporária, sendo a área colhida de 321 hectares, conforme ilustra a Tabela 2.

Tabela 2- Dados do Censo Agropecuário 2017 – Municípios a montante da estação RD095.

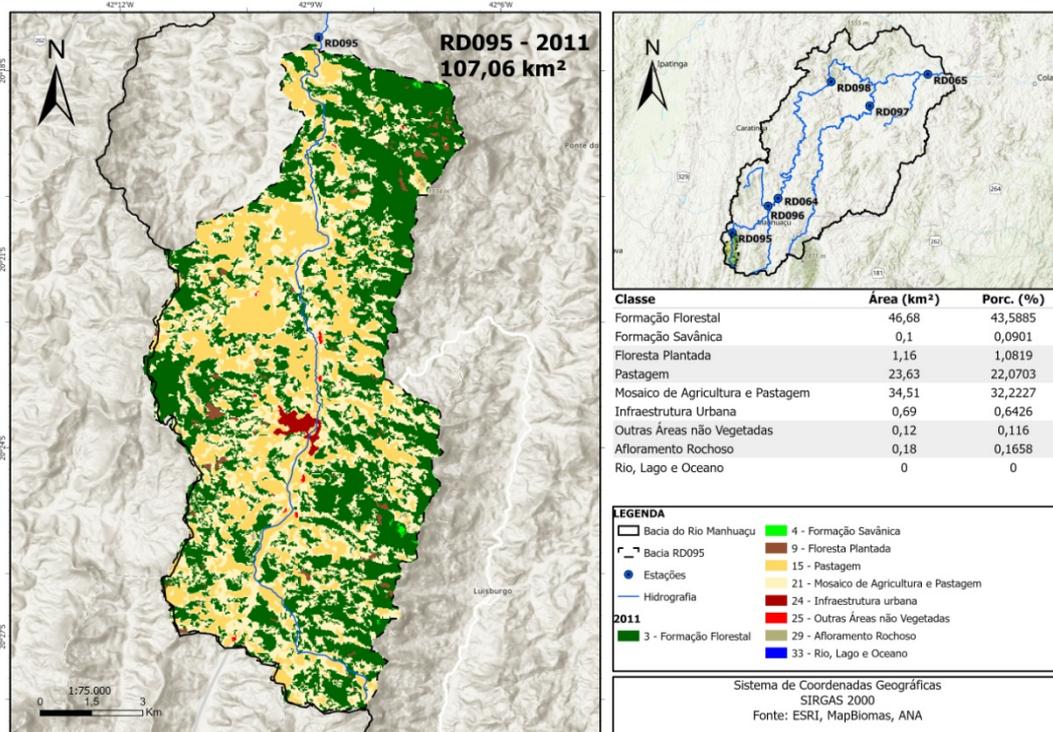
Município	Lavoura		Pastagem		Mata ou Floresta		Lavoura	
	Permanente	Temporárias	Naturais	Plantadas em boas condições	Naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	Florestas plantadas	Permanente com Área colhida nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais	Temporária com Área colhida nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais
São João do Manhuaçu	5325 ha	75ha	1.206 ha	94 ha	1.544 ha	18ha	Café - 4.577 ha	Milho – 321 ha

\*\*Sem Informação no site IBGE

Fonte: Autora, 2022

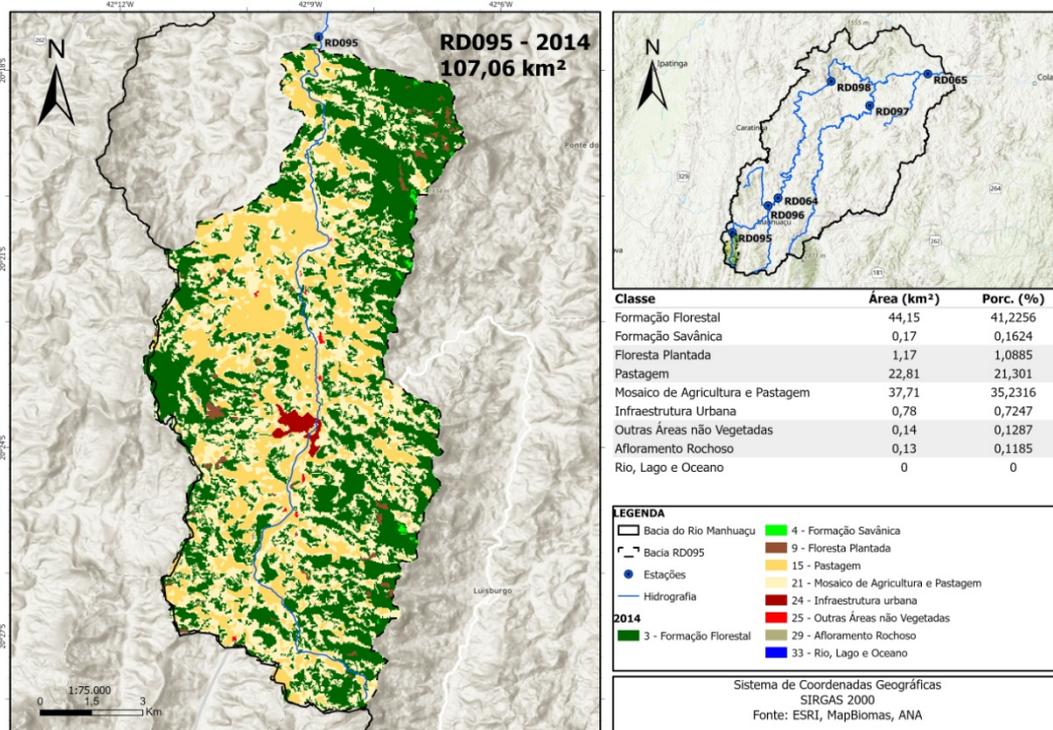
As Figuras 4, 5,6 e 7 ilustram o uso e ocupação do solo na bacia estudada nos anos de 2011, 2014, 2017 e 2019.

Figura 4—Mapa de uso e ocupação do solo a montante da estação RD095 no ano de 2011.



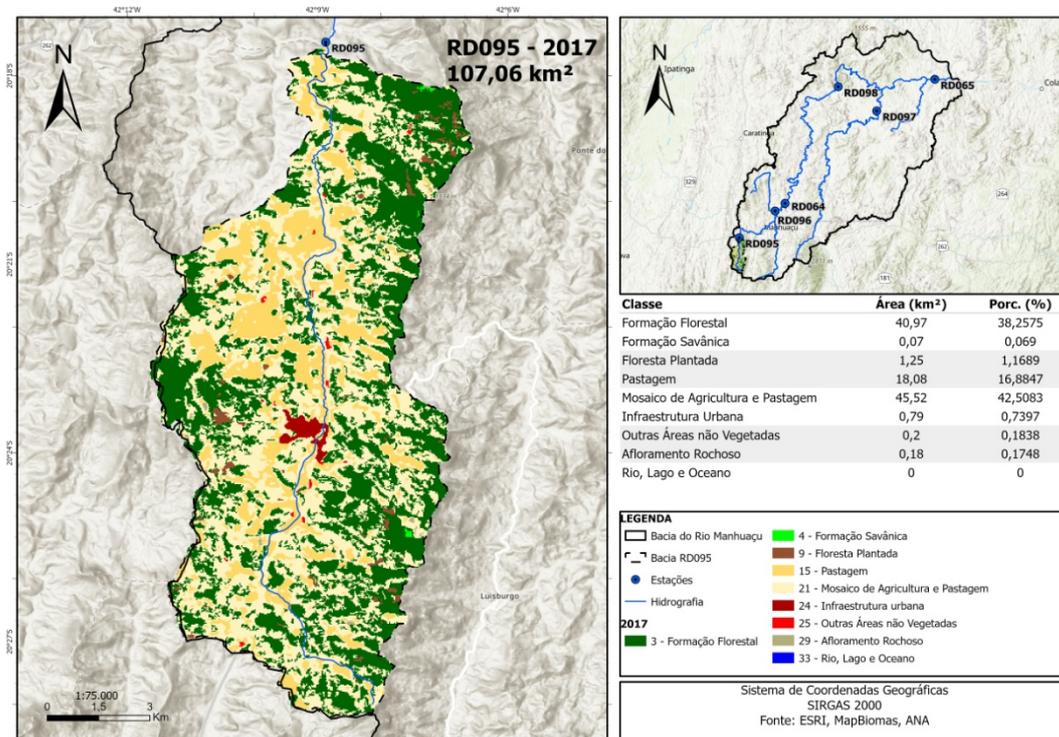
Fonte: Autora, 2022.

Figura 5— Mapa de uso e ocupação do solo a montante da estação RD095 no ano de 2014



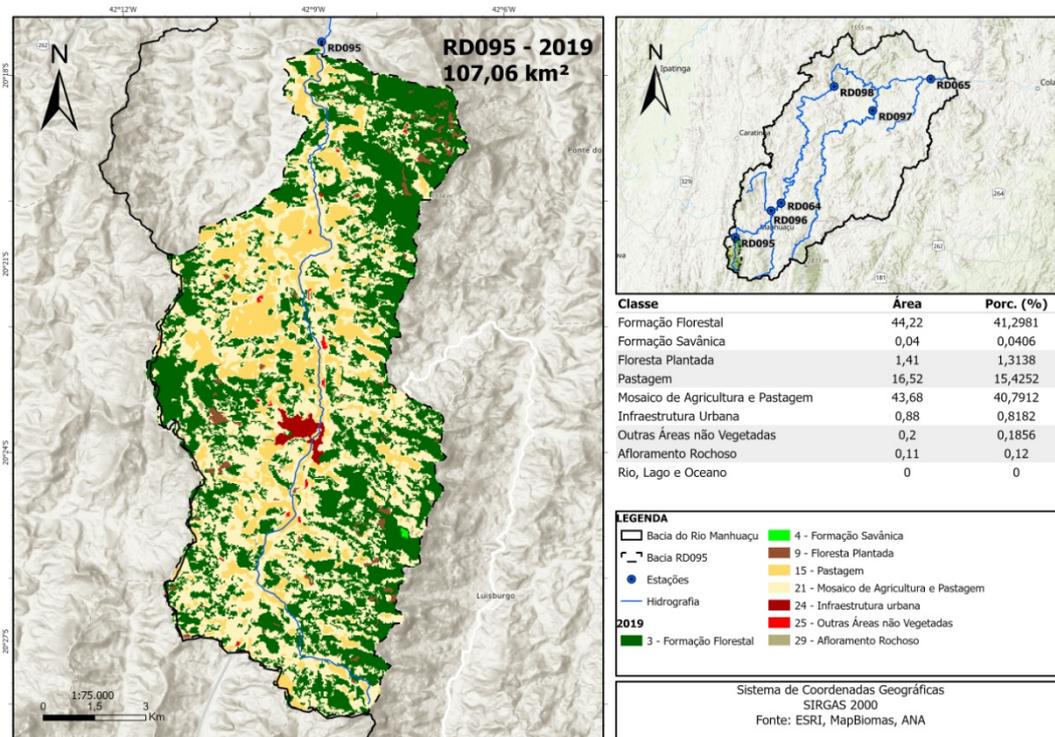
Fonte: Autora, 2022.

Figura 6-- Mapa de uso e ocupação do solo a montante da estação RD095 no ano de 2017.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 7 - Mapa de uso e ocupação do solo a montante da estação RD095 no ano de 2019.

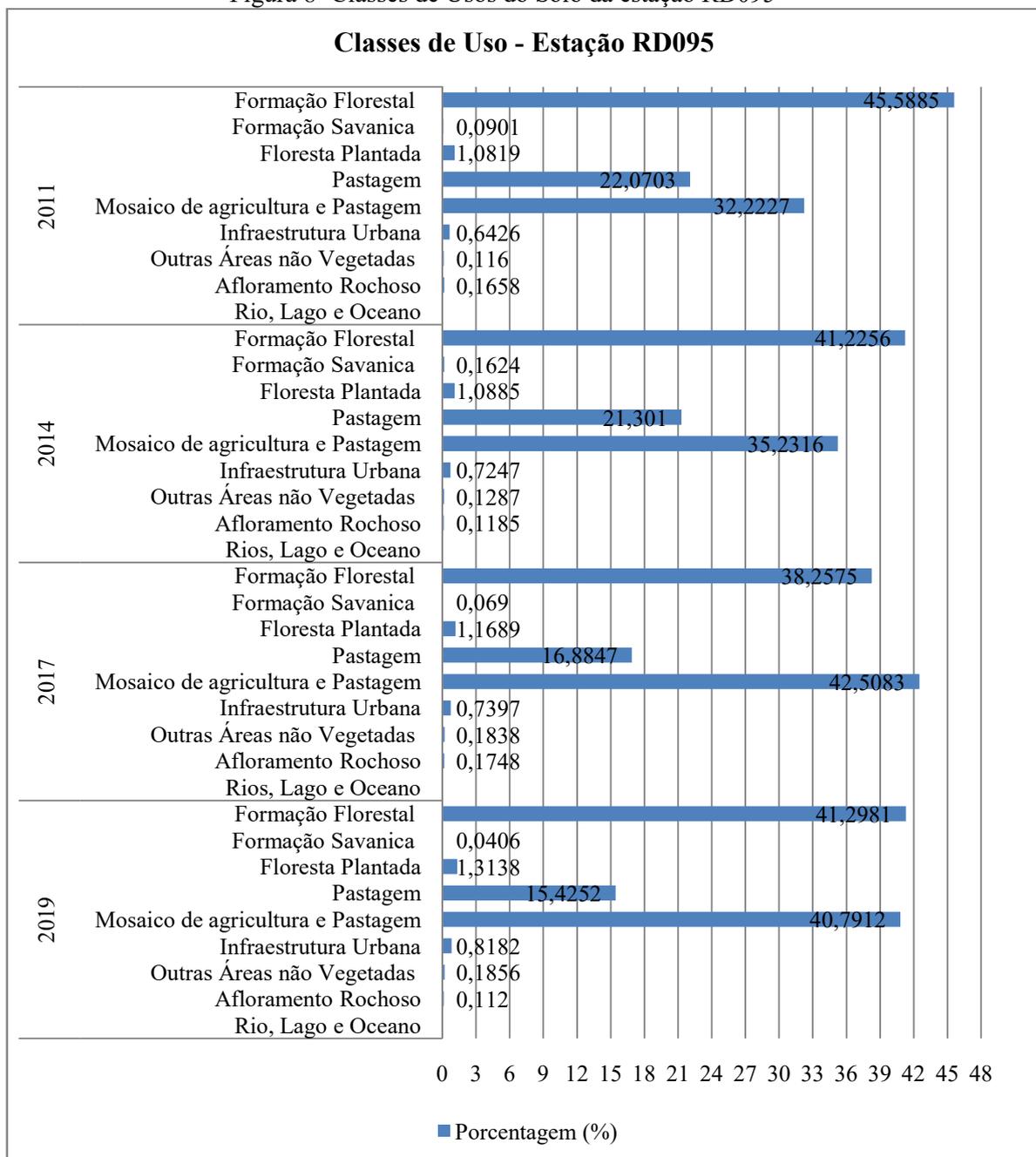


Fonte: Autora, 2022.

Os usos e ocupações do solo na estação RD095 são caracterizados por prevalência de formação florestal prosseguido de agricultura e pastagem. Comparando os valores das classes de uso do solo na respectiva bacia notou-se que a classe formação florestal sofreu alteração nos valores no período analisado, em 2011 a formação florestal representava 43,58 % da área total da bacia, no ano de

2014 caiu para 41,22%, no ano de 2017 foi para 38,25% e para o ano de 2019 apresentou uma pequena elevação para 41,29%. Mesmo apresentando essa elevação no último ano a mesma apresentou diferença de 2,29% para entre o ano de 2011 e 2019. Nota-se que as margens dos recursos hídricos e topos de morro apresentam-se em sua maior parte com a classe uso de pastagem. A classe agricultura e pastagem em 2011 representavam 32,22% da área da bacia, em 2014 seu percentual foi de 35,23 %, 2017 teve uma representação de 42,50 % e 2019 foi de 40,79%, observa-se um aumento significativo quando comparado às demais classes de uso do solo analisadas, conforme ilustra a Figura 8 abaixo.

Figura 8- Classes de Usos do Solo da estação RD095



Fonte: Autora, 2022.

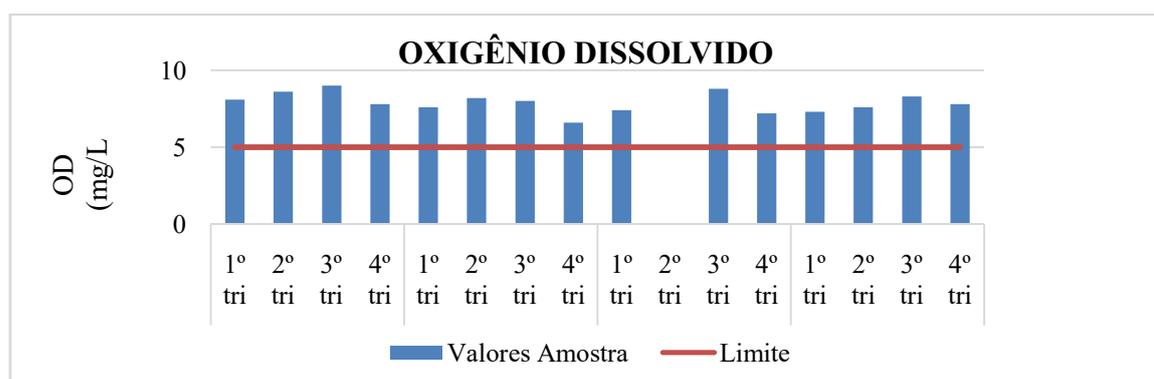
Chama-se atenção na bacia a diminuição das áreas de florestas na bacia no período amostral, e um aumento das áreas de agricultura e pastagem, onde se percebe que as florestas foram substituídas pela agricultura e pastagem. A lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013 que dispõe sobre as políticas florestais e de proteção à biodiversidade no estado de Minas Gerais, viabiliza a regularização dos imóveis rurais com áreas de APP consideradas consolidadas, ou seja, aquelas com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio. Nas áreas de APP classificadas como consolidadas são autorizadas a continuidades de atividades de agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural, e a sua área pode ser coberta ou não por vegetação nativa. A recomposição dessas áreas ocorrerá em uma faixa mínima obrigatória, que varia em função do tamanho do imóvel rural.

Segundo Moreira *et al.*, (2015), as áreas de preservação permanente de um recurso hídrico garantem estabilização de suas margens, desse modo assume importância vital no controle da erosão do solo e da qualidade da água, evitando o transporte direto para o ambiente aquático de sedimentos, nutrientes e produtos químicos provenientes das partes mais altas do terreno, os quais afetam a qualidade da água, reduzindo a vida útil dos reservatórios, dos sistemas de irrigação e das instalações hidroelétricas.

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. A bacia do rio Manhuaçu não possui estudo para seu enquadramento, assim, como disposto na referida lei que enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas como classe 2.

As Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15,16 e17 apresentam os gráficos da estação RD095 que apresentam os resultados das análises dos parâmetros que compõem o IQA: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, DBO, nitrato, temperatura, fósforo total, turbidez e sólidos totais.

Figura 9 - Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvido na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 10: Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.

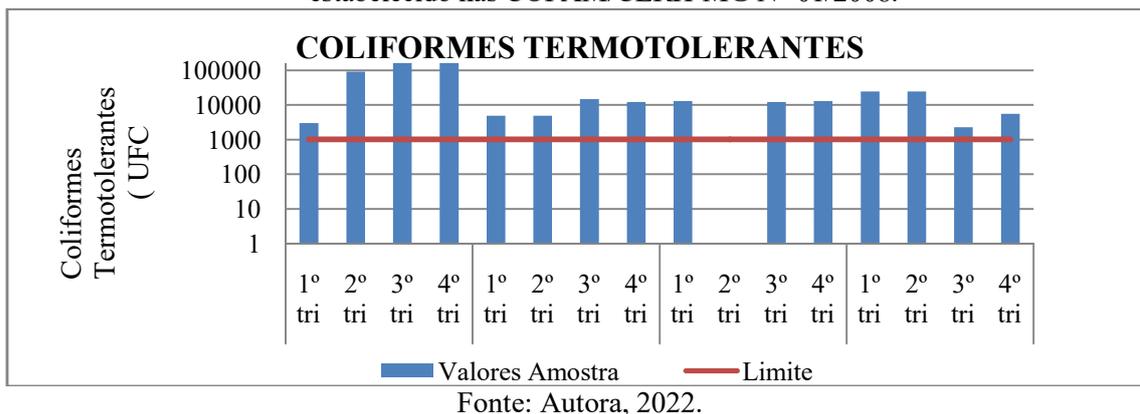


Figura 11 - Valores do parâmetro pH na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.

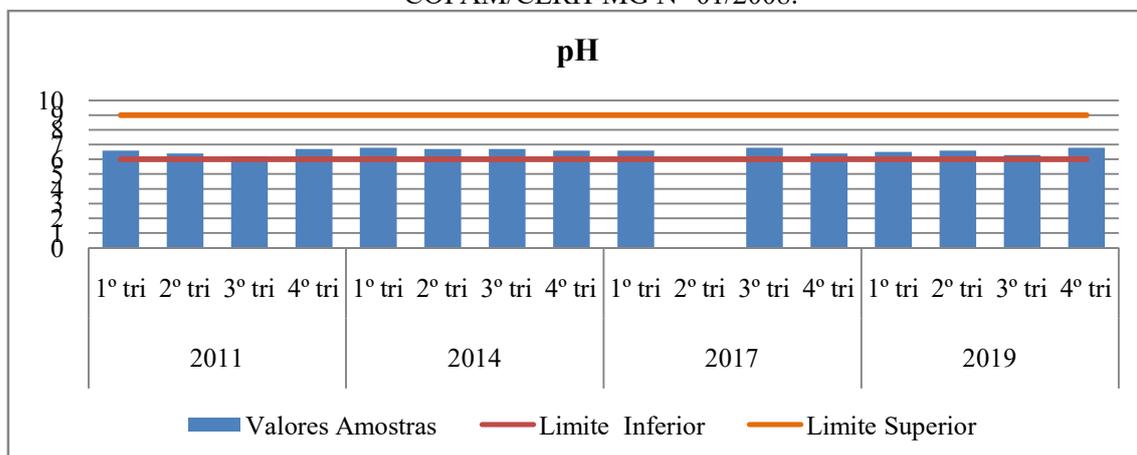
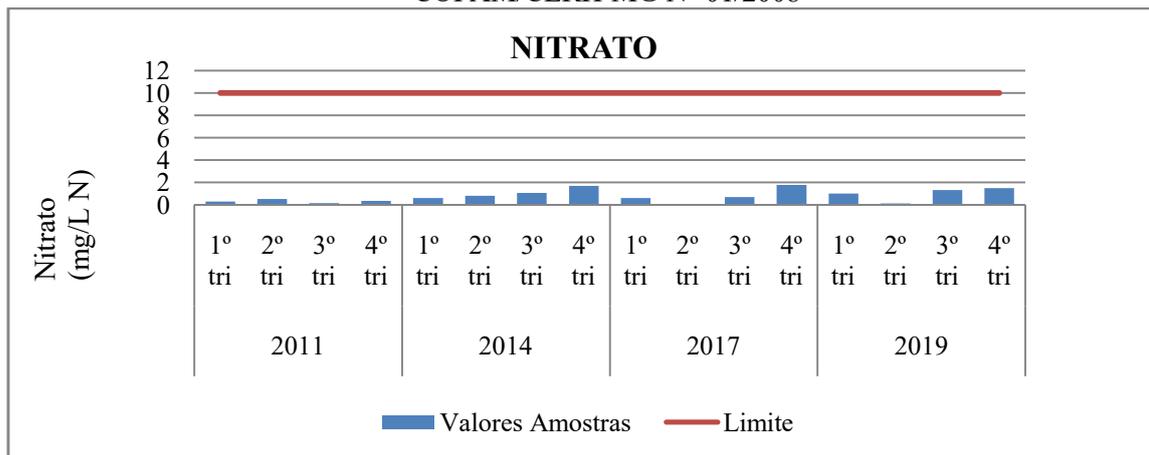


Figura 12 - Valores do parâmetro DBO na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008

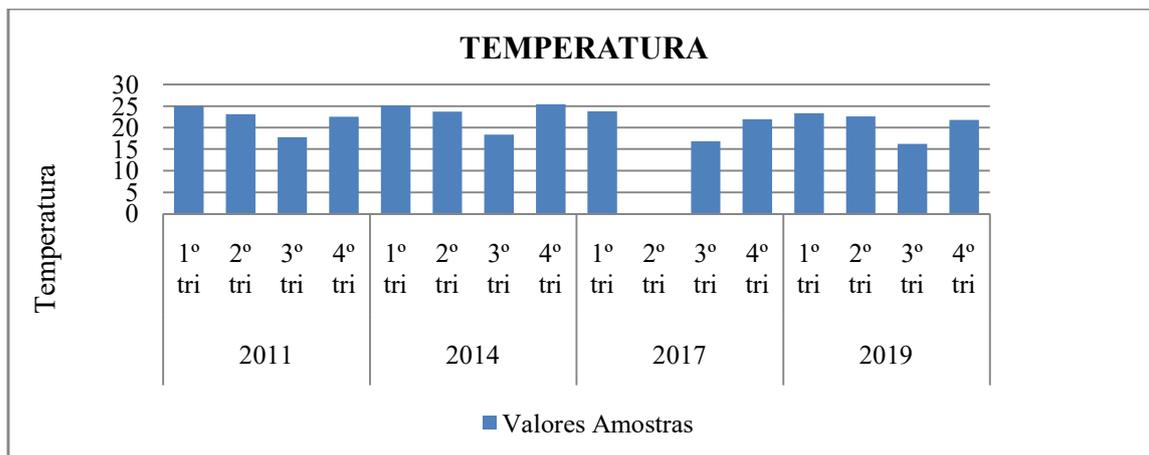


Figura 13- Valores do parâmetro Nitrato na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008



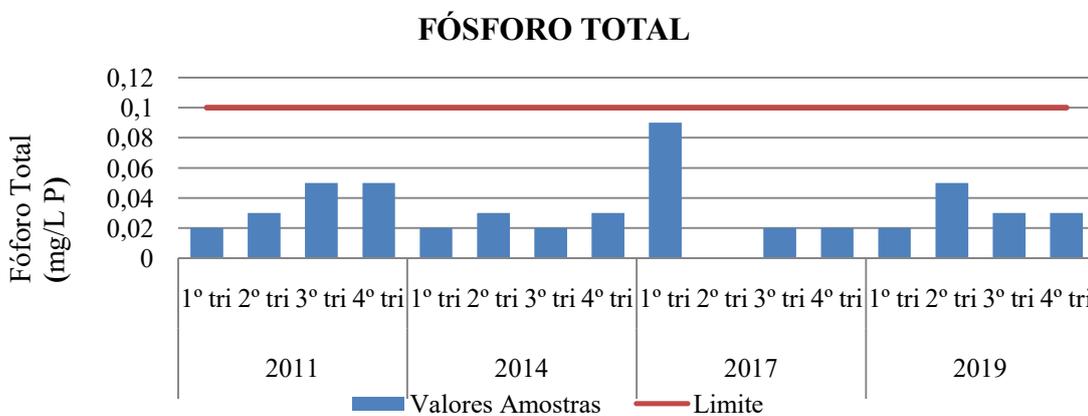
Fonte: Autora, 2022.

Figura 14- Valores do parâmetro Temperatura na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



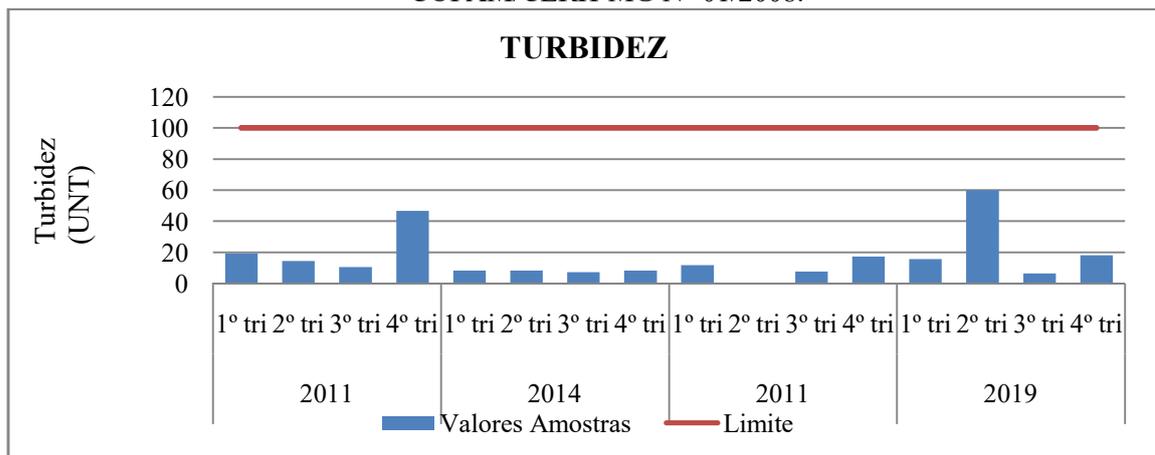
Fonte: Autora, 2022.

Figura 15- Valores do parâmetro Fósforo Total na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



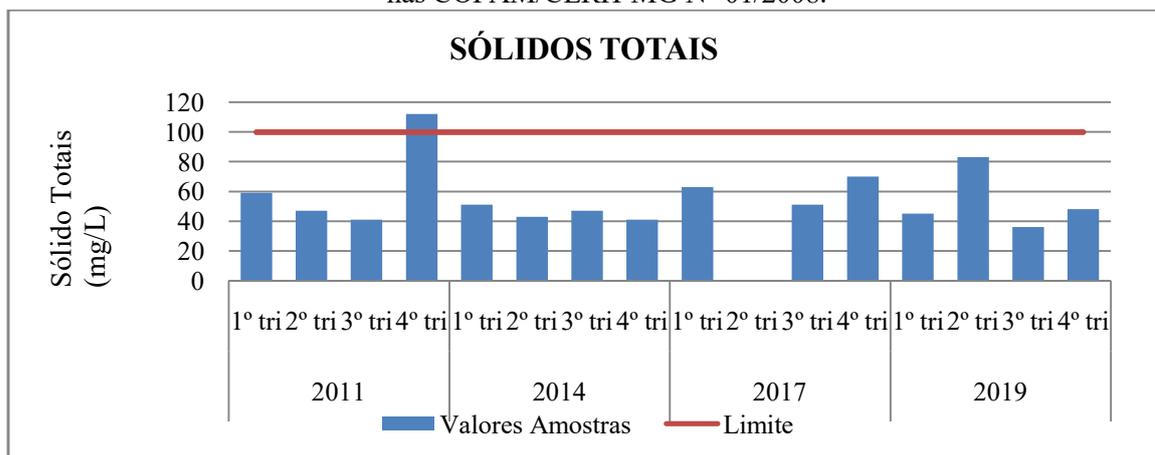
Fonte: Autora, 2022.

Figura 16- Valores do parâmetro turbidez na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 17- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD095 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Na estação RD095, dentre os parâmetros analisados os que excederam a legislação foram coliformes termotolerantes e sólidos totais. Coliformes termotolerantes foi o parâmetro que mais oscilou dentro do período estudado, com os maiores valores detectados no ano 2011 nos 2º e 3º(seca) e 4º(chuvoso) trimestres. O parâmetro sólidos totais apresentou um valor fora do padrão estabelecido pela legislação, no ano de 2011, no 4º trimestre (chuvoso).

Os sólidos totais são provenientes de diversas fontes, sendo as principais a erosão de áreas agrícolas, de terrenos montanhosos e erosões costeiras. A erosão do solo na bacia hidrográfica, que lança cargas de sedimentos nos corpos d'água, resulta no assoreamento mais rápido dos principais rios e reservatórios, além de afetar a qualidade da água e suas aplicações para o consumo humano (JENSEN, 2009).

Em estudo realizado por Silva (2017), na bacia do rio Manhuaçu, observou-se alteração considerável nos valores de sólidos totais em todos os pontos de coleta na campanha do período chuvoso, segundo o autor nos locais de coleta os ambientes apresentavam pantanosos e com baixo escoamento, com indicações de atividade humana com despejo de material na água e uma possível criação de animais próximo ao local.

De acordo com os dados do SNIS o município de São João do Manhuaçu possui índice de tratamento de esgoto, em percentual, para todos os anos do estudo de 0%, ou seja, não apresenta tratamento de esgoto. Em relação ao índice de coleta de esgoto e ao índice de atendimento urbano de esgoto, referido aos municípios atendidos com água, este apresenta déficit conforme ilustra a Tabela 3 abaixo.

Tabela 3- Dados de esgotamento sanitário para o município de São João do Manhuaçu

Município	Ano	IN015_AE - Índice de coleta de esgoto (percentual)	IN016_AE - Índice de tratamento de esgoto (percentual)	IN024_AE - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (percentual)
São João do Manhuaçu	2011	77,8	0	91,67
	2014	73,96	0	98,47
	2017	73,79	0	83,83
	2019	73,53	0	85,01

Fonte: Autora, 2022 adaptado do SNIS

Em análise aos mapas de uso e ocupação do solo e aos dados do SNIS, verifica-se que os valores elevados de sólidos totais refletem a lixiviação dos solos devido à ausência de APPs e alteração da paisagem onde há uma diminuição da classe floresta plantada para o aumento da classe agricultura e pastagem e, os altos valores de coliformes estão associados ao despejo de efluentes domésticos nos cursos d'água, onde próximo à estação de monitoramento está localizada a sede do município de São João do Manhuaçu e também a criação de bovinos e suínos.

Os obstáculos hídricos e ambientais mais atuais na bacia do rio Manhuaçu são a falta de tratamento de esgoto, que capta cerca de 80% do esgoto produzido na bacia, porém somente 1% é adequadamente tratado antes de retornar aos cursos d'água; a poluição urbana, pois a bacia destina adequadamente somente cerca de 13,4% dos resíduos sólidos produzidos e conta com 17 lixões, 5 aterros controlados e um aterro sanitário; erosões, assoreamento; falta de proteção a matas ciliares, apesar desta bacia abrigar 11 unidades de conservação; e a diminuição das águas dos rios (SILVA, 2017).

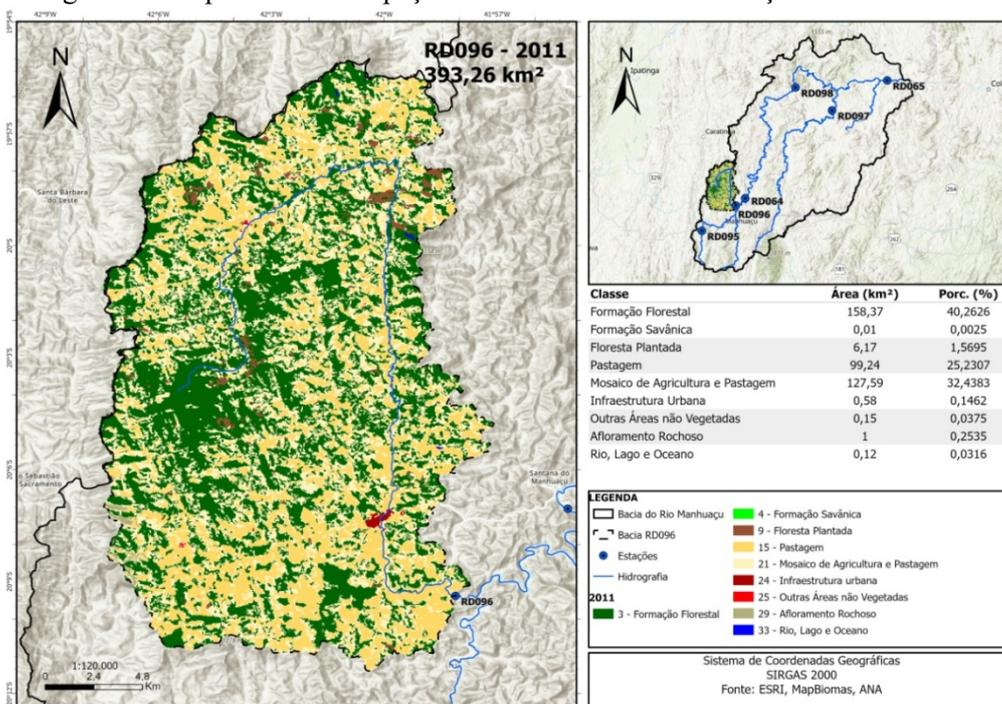
### 5.1.2- Estação RD096

A estação RD096 está localizada no rio São Manoel, afluente do rio Manhuaçu, com uma área de drenagem de aproximadamente 393,23 km<sup>2</sup>. Simonésia é o único município com sede dentro da

bacia, sendo a distância da estação de monitoramento a sua sede de aproximadamente de 7 quilômetros. Nas Figuras 18,19 e 20 e 21 são demonstradas a evolução do uso e ocupação do solo nos anos de 2011, 2014, 2017 e 2019.

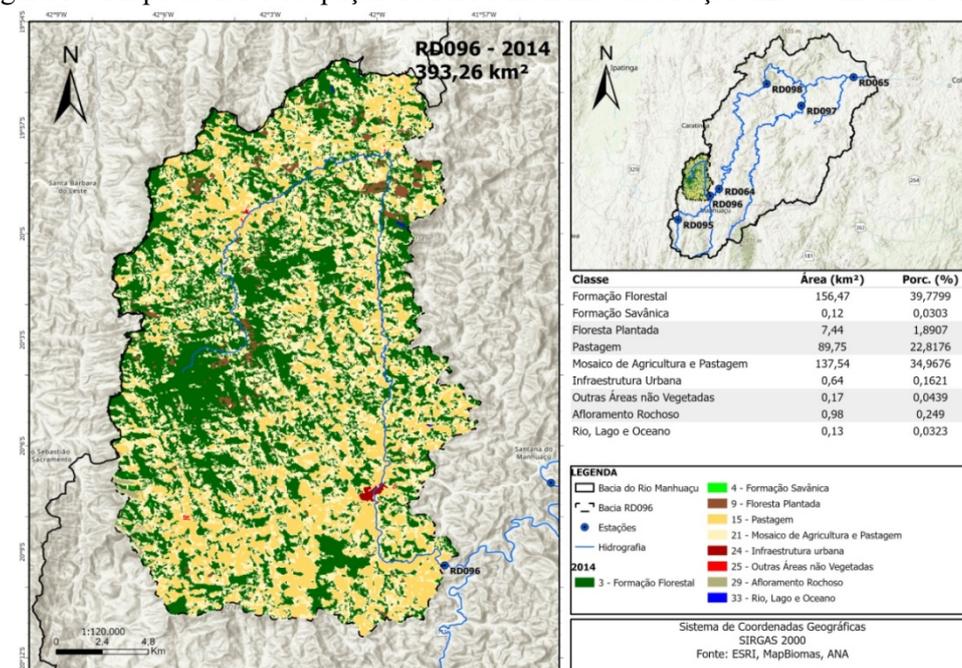
Em consulta ao IDE-SISEMA verifica-se que dentro da área da bacia encontra-se uma Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN denominada de Estação Biológica da Mata do Sossego, com área de aproximadamente 133,74 hectares.

Figura 18- Mapa de uso e ocupação do solo a montante da estação RD096 no ano de 2011.



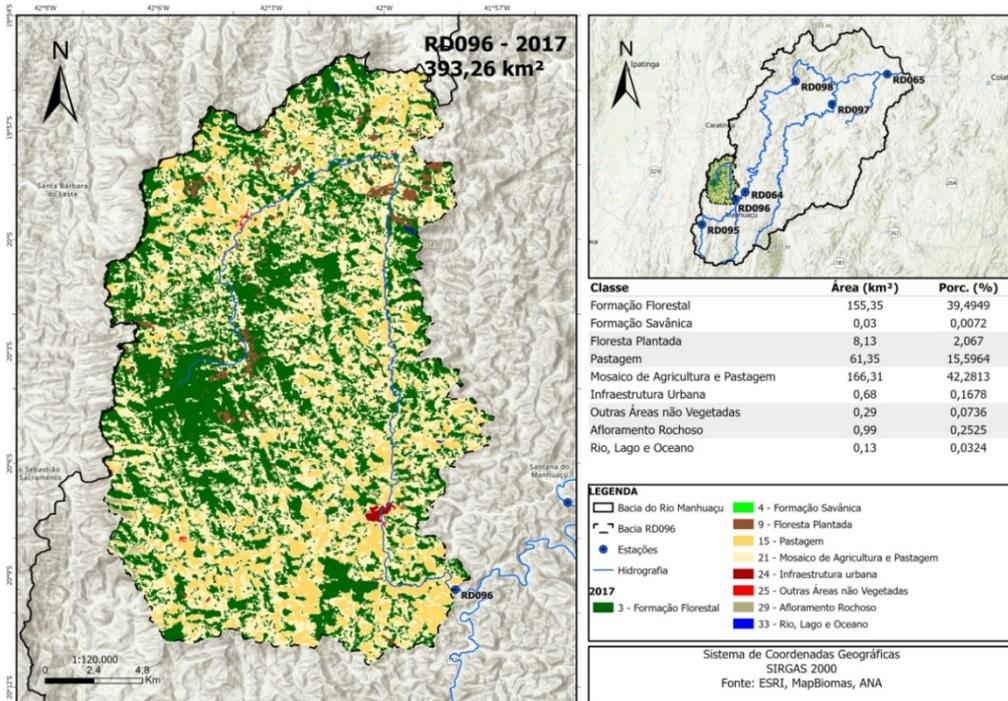
Fonte: Autora, 2022.

Figura 19- Mapa de uso e ocupação do solo a montante da estação RD096 no ano de 2014.



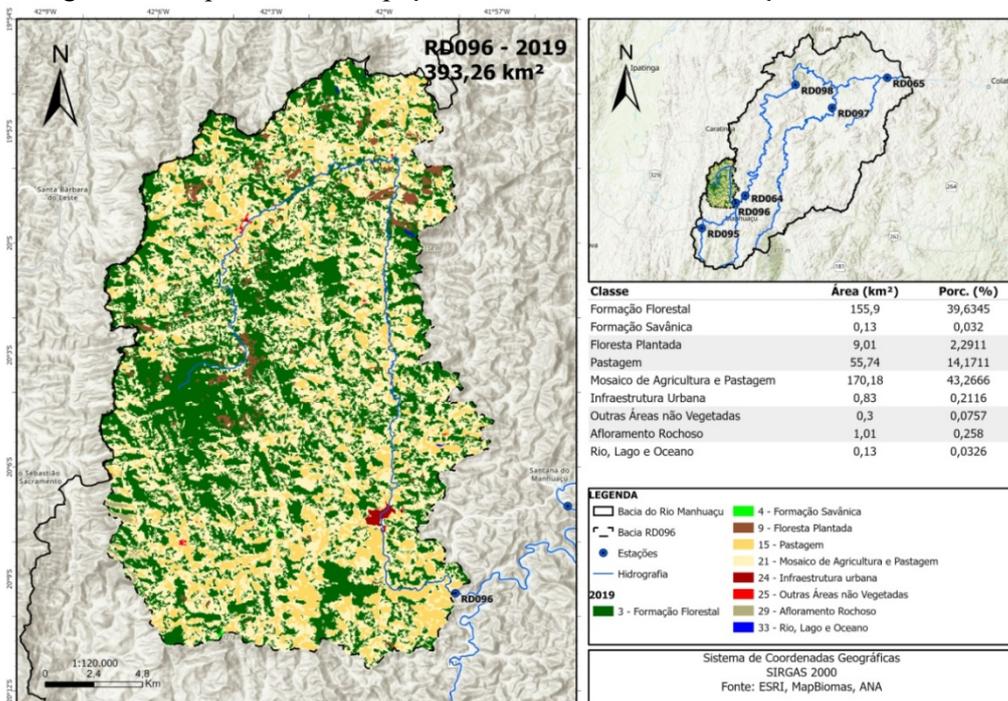
Fonte: Autora, 2022.

Figura 20- Mapa de uso e ocupação do solo a montante da estação RD096 no ano de 2017.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 21- Mapa de uso e ocupação do solo a montante da estação RD096 no ano de 2019.



Fonte: Autora, 2022.

De acordo com a Tabela 4 sobre os dados do IBGE censo agropecuário de 2017 o município de Simõesia possui 14.327 hectares de lavouras permanentes e 212 hectares de lavouras temporárias, na classe pastagem as denominadas naturais 3.378 hectares e plantadas em boas condições são 7.038 hectares. A principal lavoura do município é o café com 11.415 hectares de área colhida nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais, seguido do milho com 577 hectares de área colhida.

Tabela 4- Dados Censo Agropecuário 2017-Municípios a montante da estação RD096.

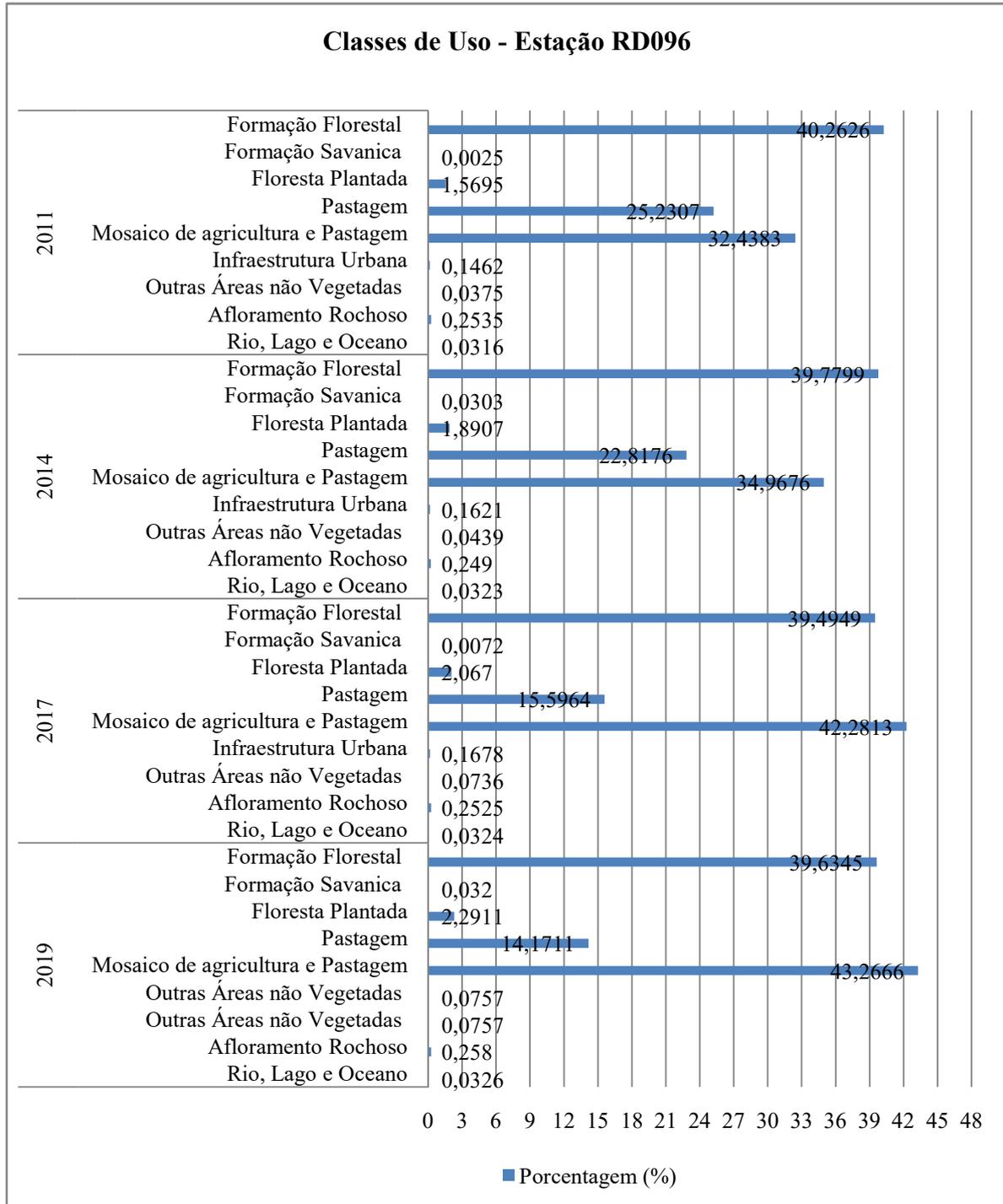
Município	Lavoura		Pastagem		Mata ou Floresta		Lavoura	
	Permanente	Temporárias	Naturais	Plantadas em boas condições	Naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	Florestas plantadas	Permanente com Área colhida nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais	Temporária com Área colhida nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais
Simonesia	14.327 ha	212 ha	3.378 ha	7.038 ha	7.275 ha	443 ha	Cafê – 11.415 ha	Milho – 577 ha
**Sem Informação no site IBGE								

Fonte: Autora, 2022.

Ao analisar as mudanças no uso e cobertura do solo observa-se uma diminuição discreta das áreas de formação florestal e um significativo aumento nas áreas de agricultura e pastagem progredindo nos anos analisados, sendo 32,43% no ano de 2011 e em 2019 representou 43,26% da área. Constata-se que a classe de uso pastagem sofreu declínio no período amostral saindo de 25,23% em 2011 para 14,17% em 2019, conforme ilustra a Figura 22.

Estudo realizado por Pacheco (2021), na análise ao uso e ocupação do solo no município de Araucaí - MG no período de 2000 e 2019 constatou uma redução de 1,49% de vegetação densa, ou seja, aquela vegetação, mas preservada sem indícios de desmatamento. Essa redução pode ser justificada devido à expansão das atividades agrícolas e pecuária, que provoca o desmatamento de parte da vegetação nativa para o cultivo de culturas ou expansão das áreas de pastagem.

Figura 22- Classes de Usos do Solo da estação RD096



Fonte: Autora, 2022.

Destaca-se no uso e ocupação do solo na bacia a evolução das de classe mosaico, de agricultura e pastagem no período amostral, para o destaque da mesma, a classe pastagem teve uma regressão.

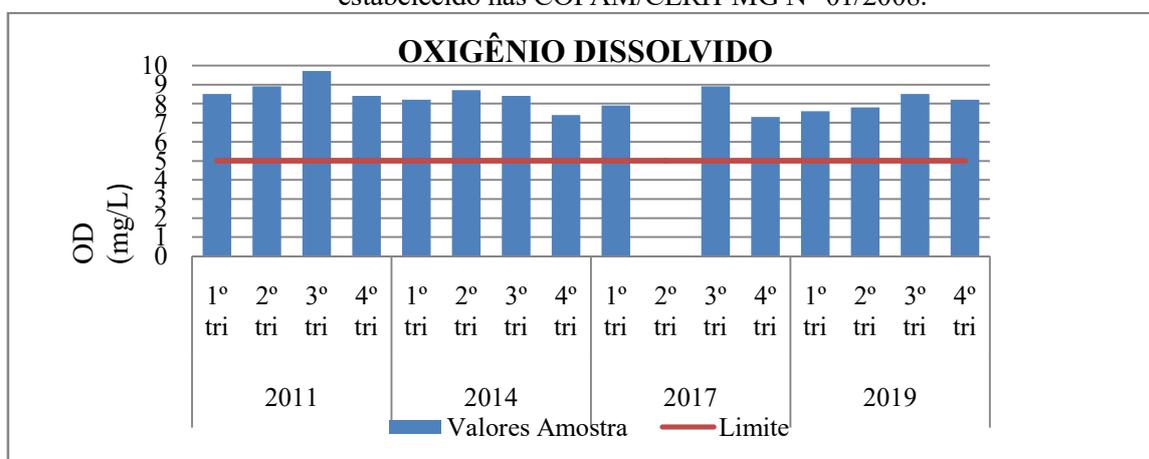
Em estudo realizado por Aguilar e Fiorese (2019), onde se analisava o uso e ocupação do solo de duas sub-bacia sem Domingos Martins constatou-se que em ambas as bacias hidrográficas, há maior predominância de mata nativa, atingindo índices superiores a 40%. Em comparação a estudos

realizados em outras bacias tipo, ribeirão Estrela do Norte com 13,5% e rio Formiga com números inferiores a 33,1% de vegetação nativa pode considerar os valores encontrados como bons.

Resultado semelhante foi encontrado por Moreira (2017), que ao avaliar a bacia hidrográfica localizada na região sudoeste do estado do Espírito Santo, verificou-se que a classe pastagem corresponde a 40,83% da área de estudo no ano de 2007 e 2008 e 39,96% no cenário 2012 e 2015.

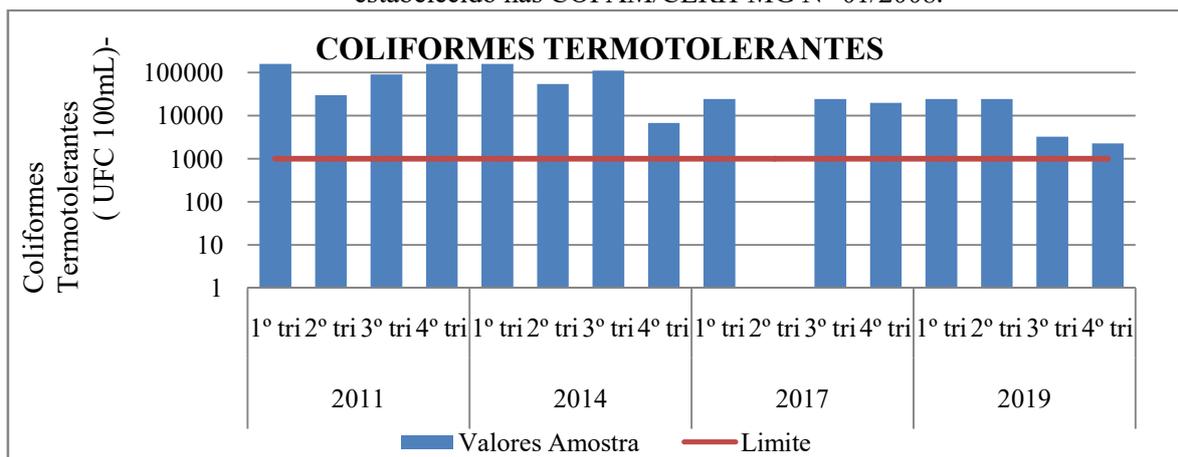
As Figuras 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 apresentam os gráficos dos resultados das análises dos parâmetros que constituem o IQA do período estudado, separados por trimestre de cada ano analisado.

Figura 23- Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvido na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



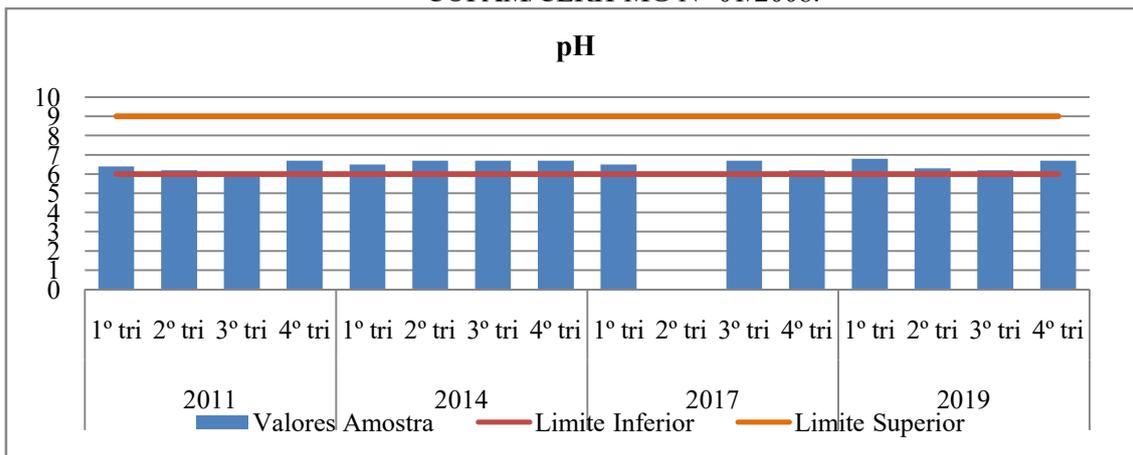
Fonte: Autora, 2022.

Figura 24- Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



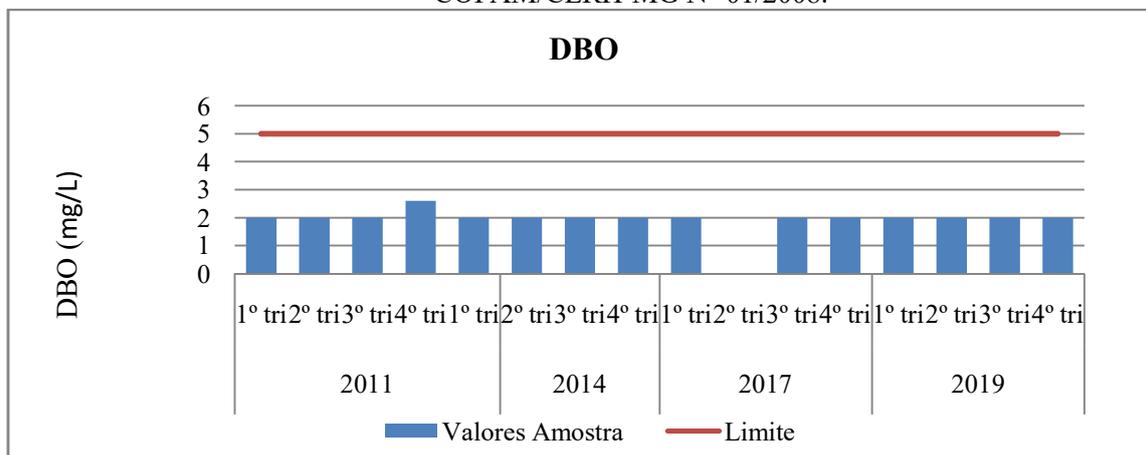
Fonte: Autora, 2022.

Figura 25- Valores do parâmetro Ph na estação RD096 comparado ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



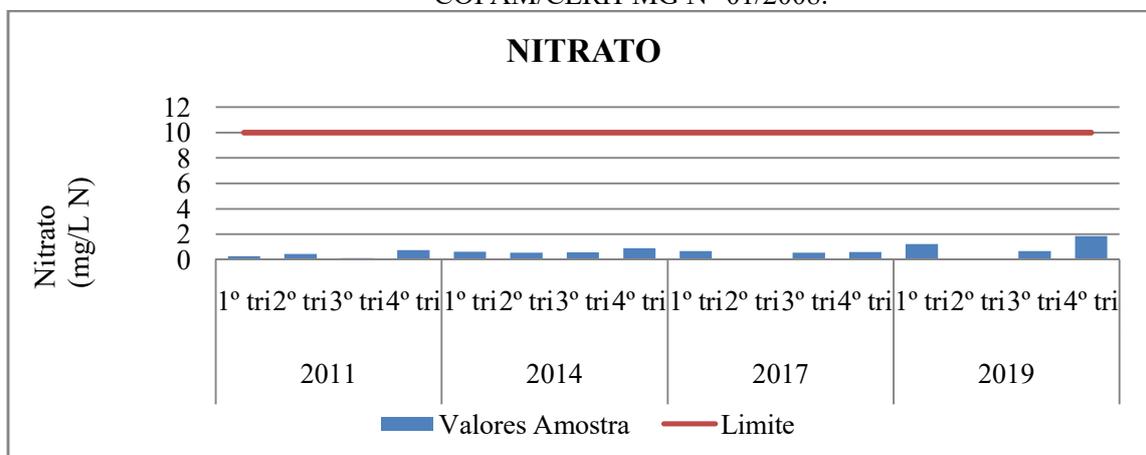
Fonte: Autora, 2022.

Figura 26- Valores do parâmetro DBO na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



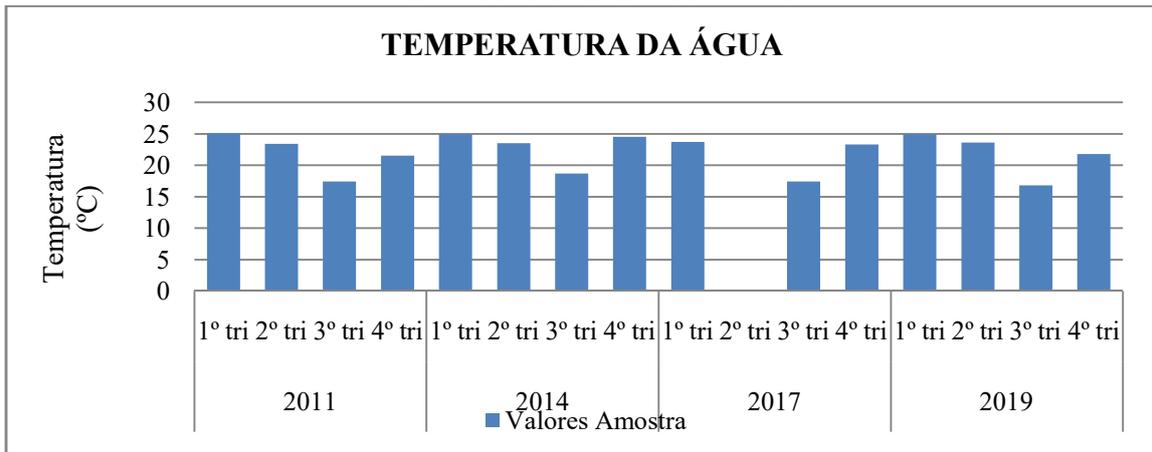
Fonte: Autora, 2022.

Figura 27- Valores do parâmetro Nitrato na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



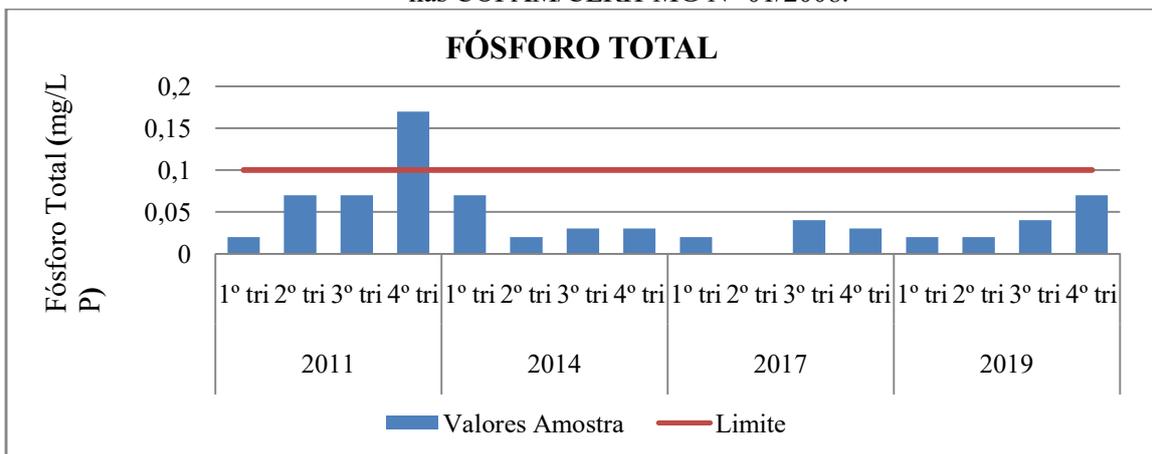
Fonte: Autora, 2022.

Figura 28- Valores do parâmetro Temperatura na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



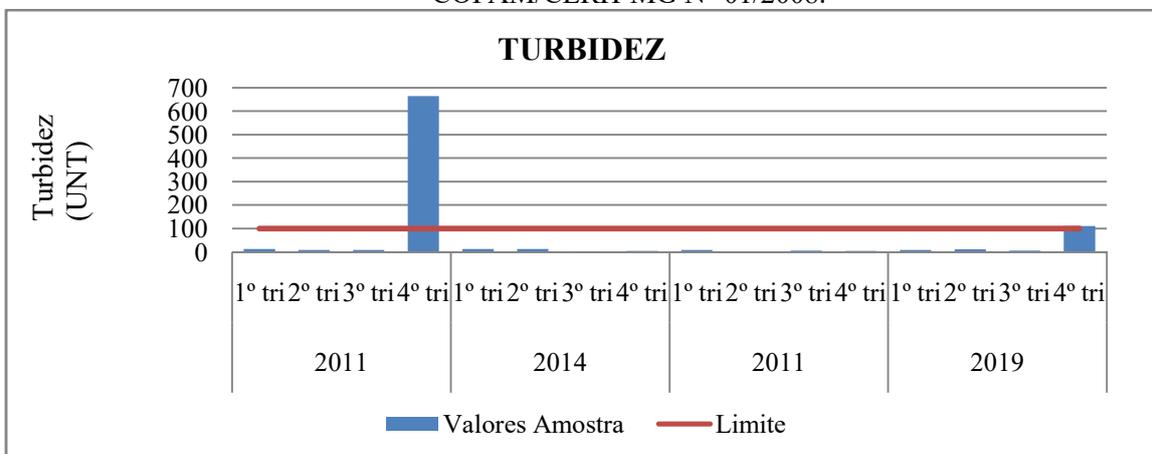
Fonte: Autora, 2022.

Figura 29- Valores do parâmetro Fósforo Total na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



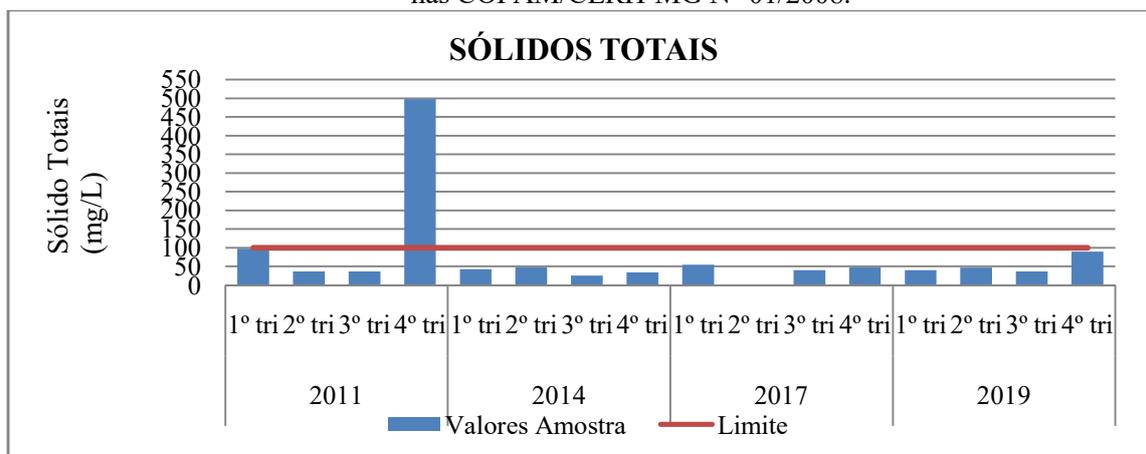
Fonte: Autora, 2022.

Figura 30- Valores do parâmetro Turbidez na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 31- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD096 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Em análise aos parâmetros da estação RD096 verifica-se que os parâmetros coliformes termotolerantes, fósforo total, turbidez e sólidos totais apresentaram valores acima dos limites da legislação analisada. Coliformes termotolerantes mantiveram seu limite fora dos padrões em todos os anos, sendo quem se destacaram o 1° 3° 4° trimestre de 2011 e 2014 nos 1° e 3° trimestre.

Menezes *et al.*,(2016), em pesquisa à bacia hidrográfica do Rio Ribeirão Vermelho, Lavras, Minas Gerais encontrou contaminação por coliformes termotolerantes em todas as seções de monitoramento, mesmo aquelas preservadas. Para as seções de monitoramento localizadas em áreas urbanas o lançamento de esgoto doméstico foi o principal fator para o aumento do parâmetro. Na Bacia Hidrográfica do Rio Embu-Guaçu um estudo realizado por Dalmas *et al.*, (2015), constatou que o parâmetro coliformes termotolerantes é destacadamente o maior impacto na qualidade das águas da bacia.

Em estudo realizado por Lima (2009) na bacia do rio Piracicaba, onde analisou 18 pontos amostrais sendo coletado 36 amostras de água uma para período do inverno e outra para o verão, em 03 amostras de coleta de água o parâmetro turbidez apresentou valores superiores para rios de classe 1 e 01 amostra ultrapassou o limite para classe 2.

Dados do SNIS, na Tabela 5, apontam sobre uma ineficiência na parte de tratamento de esgoto no município de Simonésia. Os dados indicam que não há tratamento de esgoto no município, no entanto o índice de coleta de esgoto é de 100%.

Tabela 5- Dados de esgotamento sanitário para o município de Simonésia, a montante da estação RD096.

Município	Ano	IN015_AE - Índice de coleta de esgoto (percentual)	IN016_AE - Índice de tratamento de esgoto (percentual)	IN024_AE - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (percentual)
Simonésia	2011	**	**	**
	2014	100	0	99,39
	2017	100	0	99,23
	2019	100	0	99,23
**Sem Informação no site SNIS				

Fonte: Autora, 2022 adaptado do SNIS

Analisando as características ambientais da bacia de estudo verifica-se grande influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água, o município de Simonésia com a inexistência de tratamento de esgoto e uma coleta de 100%,justifica-se ao parâmetro coliformes termotolerantes valores acima do permitido pela legislação, visto que esse parâmetro está diretamente ligado ao lançamento de esgoto doméstico nos recursos hídricos.

Conforme verificado nos dados de uso do solo a principal característica da bacia foi o declínio da classe pastagem para aumento da classe mosaico de agricultura e pastagem. Com relação à qualidade da água,os parâmetros fósforo total, turbidez e sólidos totais apresentaram valores fora do padrão. Esse aumento pode estar relacionado erosão do solo e o carreamento de partículas soltas na superfície para os cursos d'água em área de pastagem, além de excrementos de animais ou uso de fertilizantes.

### 5.1.3 –Estação RD064

A bacia de contribuição da estação de monitoramento RD064 tem área de aproximadamente 1521,02 km<sup>2</sup>, onde as bacias de contribuição das estações RD095 e RD096 integram a mesma. Os municípios com sede somente dentro da bacia são Manhumirim, Manhauçu, Reduto, Alto Jequitibá, Luisburgo, sendo o Município de Manhauçu com sede mais próxima a estação de monitoramento, aproximadamente 30 km, sendo este o maior município da bacia do rio Manhauçu.

Dados do IBGE do censo agropecuário de 2017 demonstram que os municípios pertencentes a essa bacia têm como a predominância a lavoura permanente de café e a temporária de milho. Pode-se perceber através da Tabela 6 abaixo, que em todos os municípios a lavoura permanente de café ocupa acima dos 85% da área total de lavoura permanente. Em relação ao valor das áreas de pastagens naturais e matas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal, estas apresentam valores inferiores com relação às lavouras de café.

Tabela 6- Dados Censo Agropecuário 2017 – Municípios a montante da estação RD064.

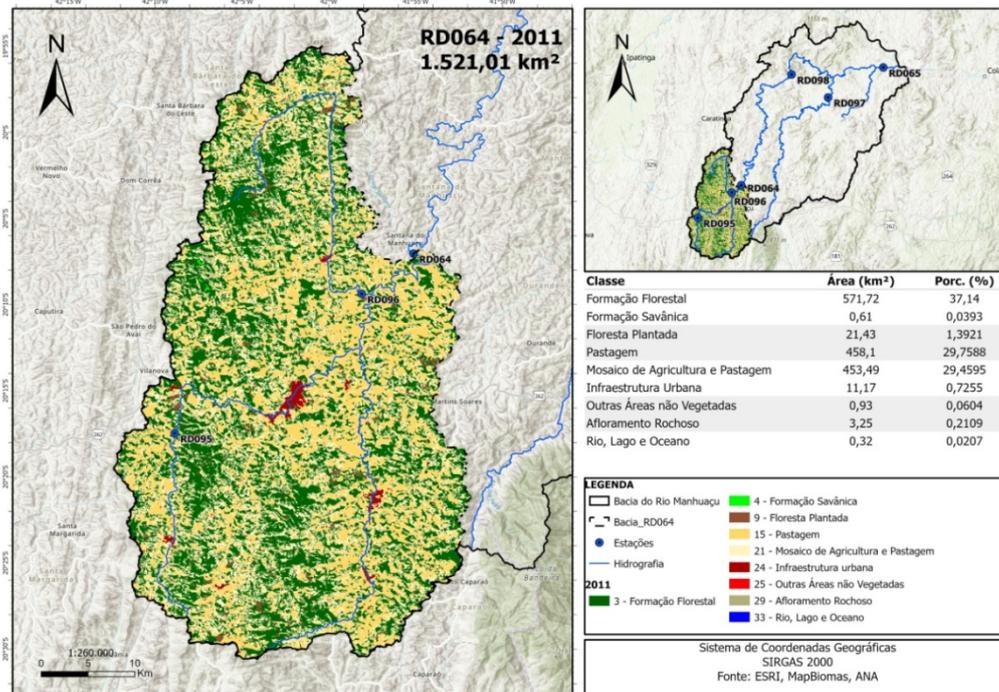
Município	Lavoura		Pastagem		Mata ou Floresta		Lavoura	
	Permanente	Temporárias	Naturais	Plantadas em boas condições	Naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	Florestas plantadas	Permanente com Área colhida nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais	Temporária com Área colhida nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais
Manhumirim	6156 ha	33ha	2.393ha	111 ha	3.532 ha	358ha	Café -5698 ha	Milho -145 há
Manhuaçu	21.619 ha	486ha	5.136 ha	1.174 ha	7.006ha	456ha	Café -18.512 ha	Milho -797há
Reduto	4188 ha	26ha	2.108 ha	224 ha	1.563 ha	**	Café -3880ha	**
Alto Jequitibá	5.686ha	27ha	1.983 ha	293 ha	2.515ha	189ha	Café – 4907 ha	Milho -162 (ha)
Luisburgo	6.710ha	51ha	1.145 ha	661 ha	2.109há	311ha	Café -5.849ha	Milho – 867 (ha)

\*\*Sem Informação no site IBGE

Fonte: Autora, 2022

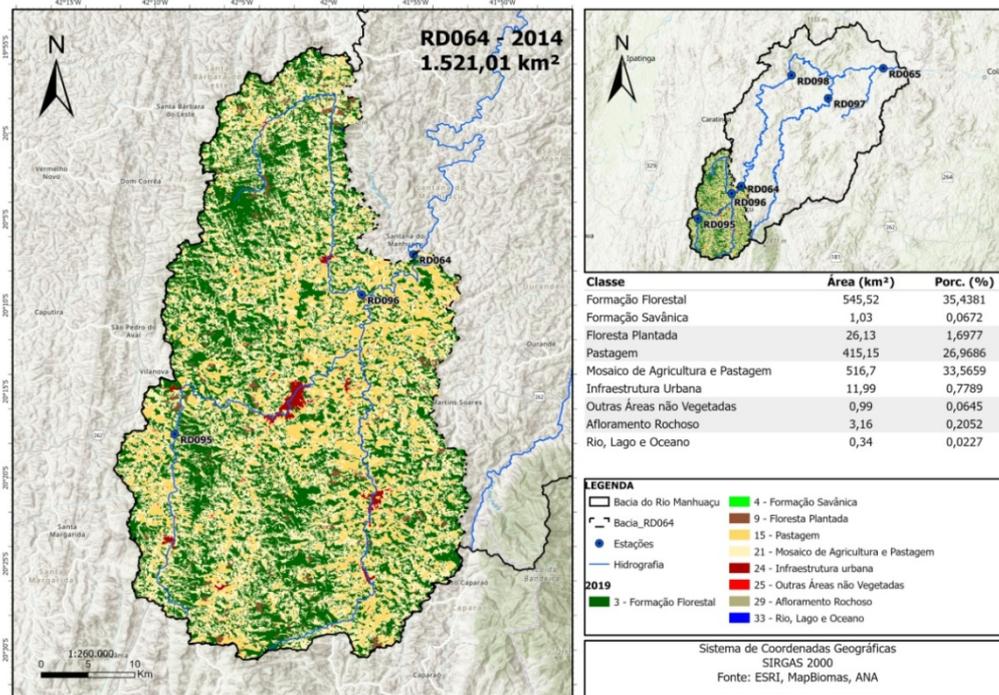
Em consulta ao IDE SISEMA não foram localizados unidade de conservação, áreas de proteção especial e corredores ecológicos nas áreas pertencentes somente a RD064. As Figuras 32, 33, 34 e 35 ilustram a evolução do uso e ocupação do solo na bacia do rio Manhuaçu nos anos 2011, 2014, 2017 e 2019 respectivamente.

Figura 32- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD064 ano 2011.



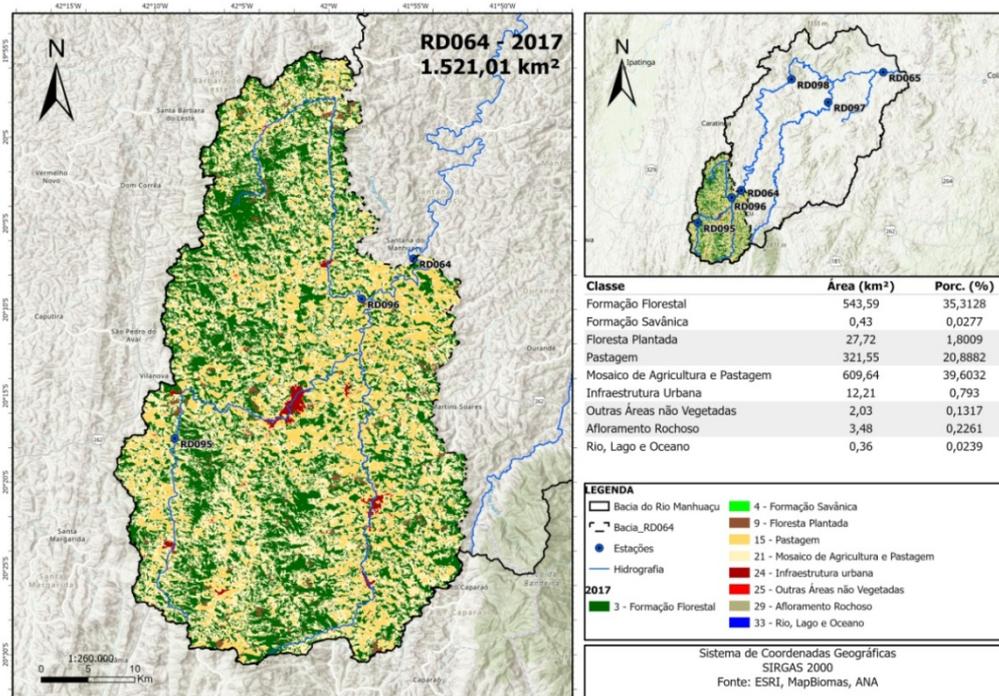
Fonte: Autora, 2022.

Figura 33- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD064 ano 2014.



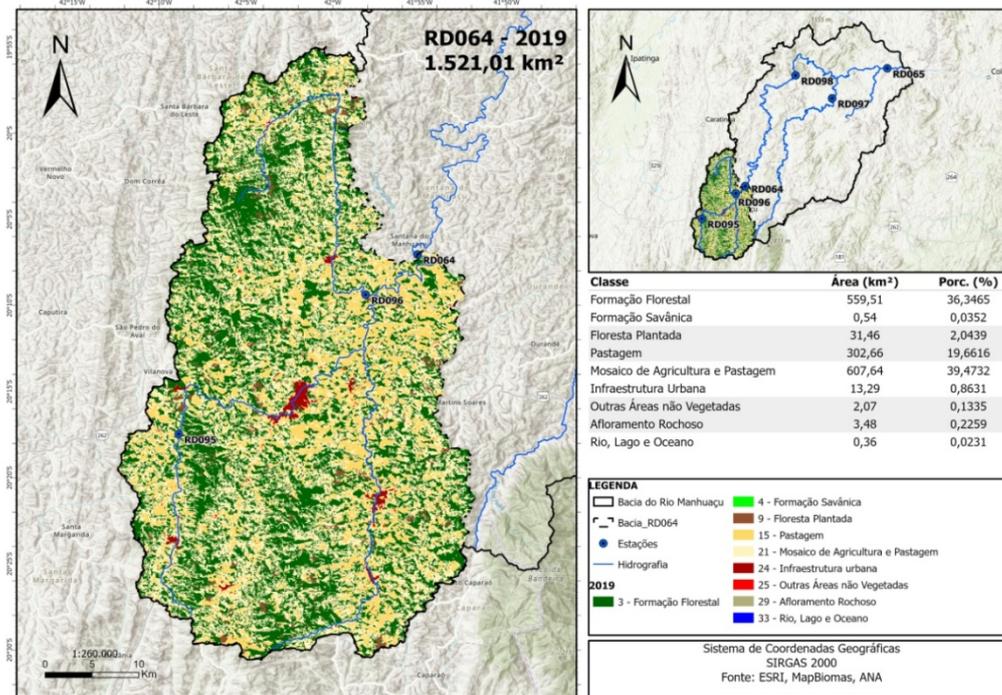
Fonte: Autora, 2022.

Figura 34- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD064 ano 2017.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 35- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD064 ano 2019.



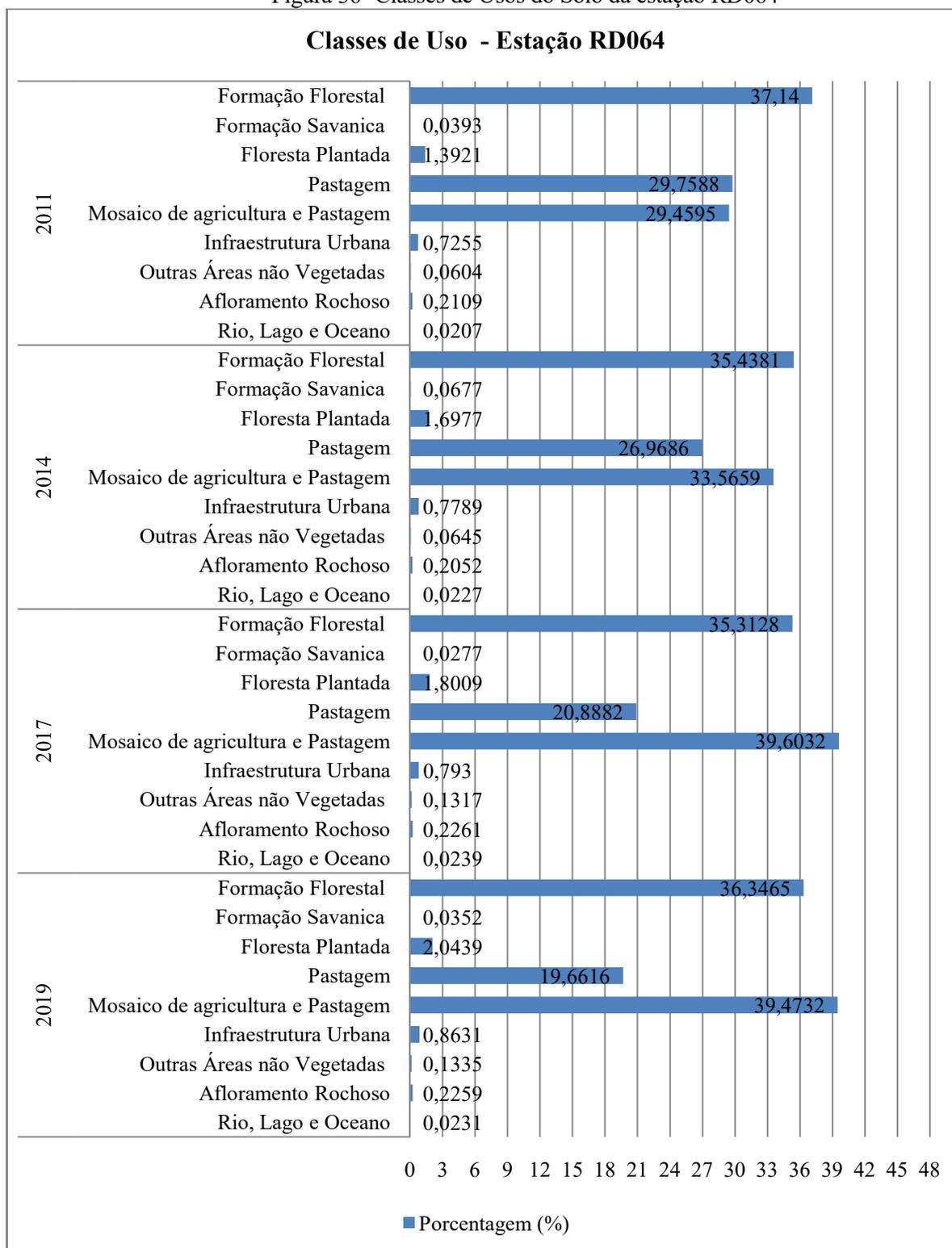
Fonte: Autora, 2022.

De acordo com os mapas apresentados verifica-se uma alteração expressiva da classe de uso “mosaico agricultura e pastagem”, sendo que em 2011 a mesma possuía área de 453,49 km<sup>2</sup> representando 29,46%. No ano de 2014 ocupava uma área de 516,7 km<sup>2</sup> sendo 33,56 % da área. Em 2017, representou 609,64 km<sup>2</sup>, sendo 39,60 % da área, já em 2019 esta categoria possuía área de 607,64 km<sup>2</sup> representando 39,47 % da área, houve um acréscimo de 10,14% no período amostral e em contrapartida houve redução da classe pastagem. A formação florestal se manteve estável durante os anos estudados oscilando apenas 0,8% durante os anos de estudo.

Chiarello *et al.* (2017), em estudo sobre o uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Lajeado Tacongava, localizada na região serrana do Rio Grande do Sul, compararam as áreas agrícolas e área nativa, sendo constatado uma área de mata nativa menor que a área usada para atividade agrícola e que a cultura de maior predominância na área de estudo é o milho. Verificou-se também que na porção mais adjacente da bacia hidrográfica a mata ciliar está mais preservada. Em um estudo realizado na região do MATOPIBA por Santiago *et al.* (2021), com a observação de dados de uso e ocupação do solo do MAPBIOMAS entre os anos de 2001 e 2019, constatou-se mudança do uso e ocupação do solo para fins agrícolas, ao longo dos 19 anos, com diminuição na área da classe floresta natural de aproximadamente 4,92%, devido ao aumento de áreas com produções agrícolas, sendo destaque as áreas com plantio de soja.

A figura 35 ilustra as principais classes de uso do solo na estação de monitoramento RD064 nos anos de estudo.

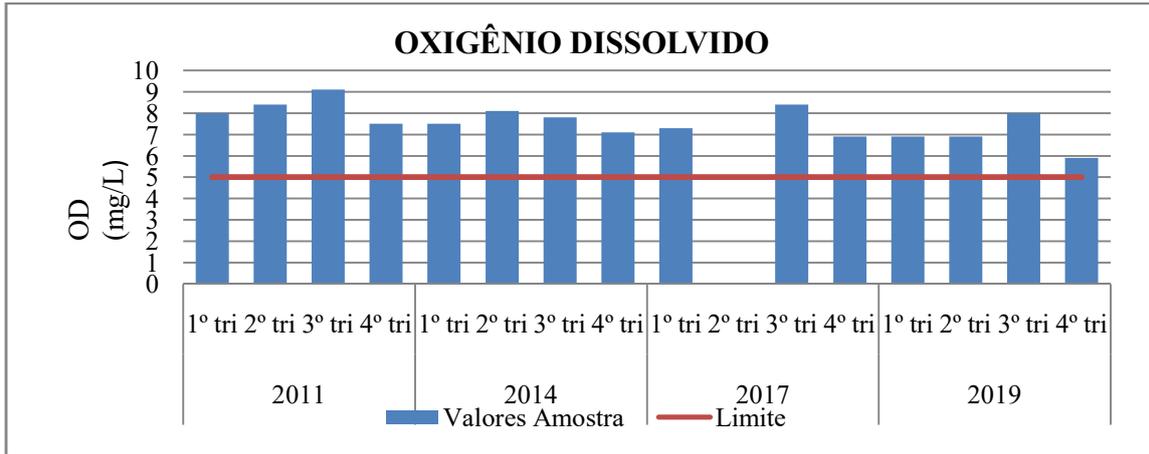
Figura 36- Classes de Usos do Solo da estação RD064



Fonte: Autora, 2022.

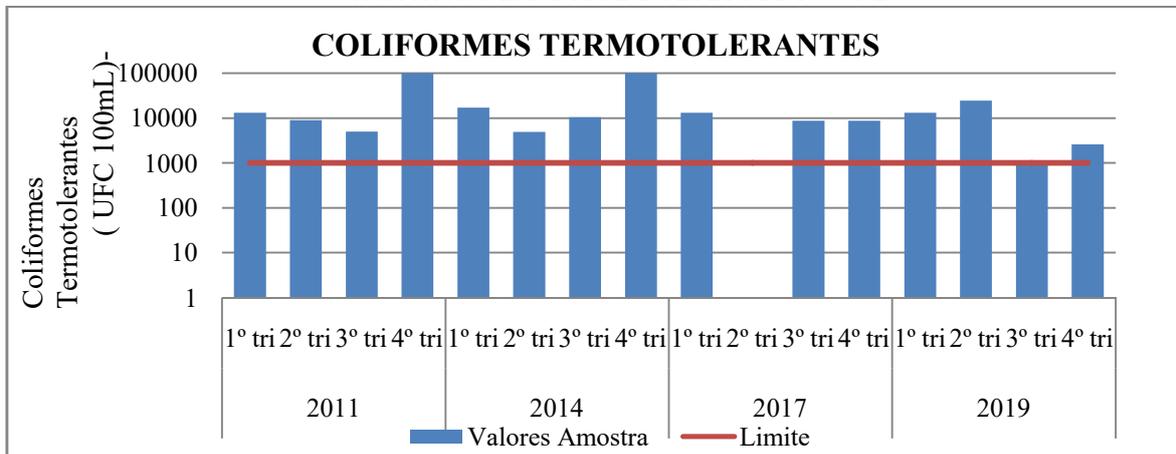
As figuras 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44 e 45 apresentam os gráficos da estação RD064 que relacionam os resultados da análise dos parâmetros que compõe o IQA com os valores encontrados em cada trimestre do período de estudo.

Figura 37- Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvido na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



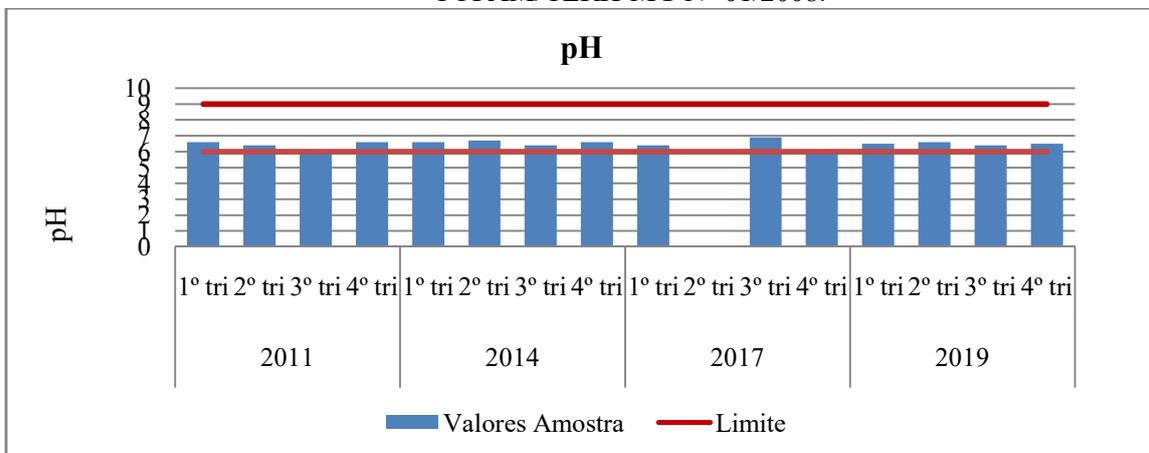
Fonte: Autora, 2022.

Figura 38- Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



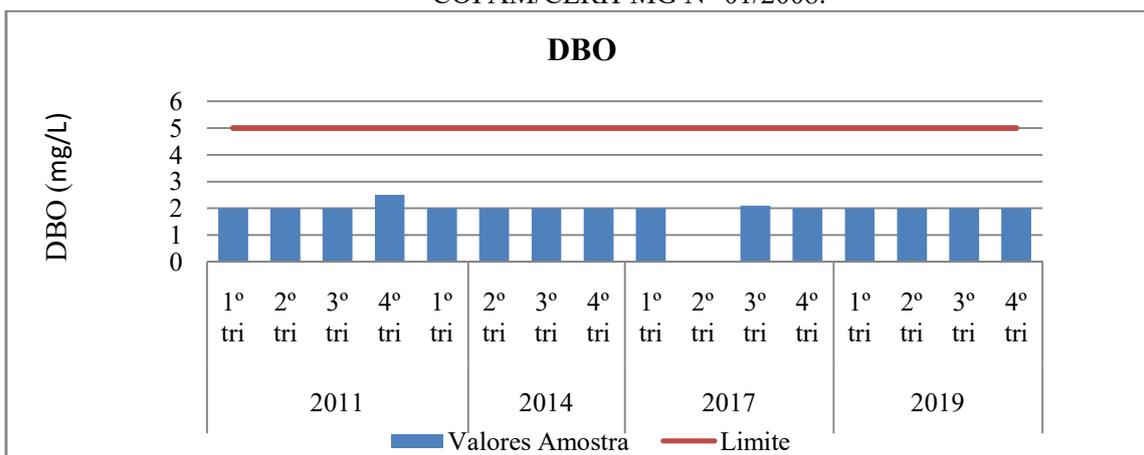
Fonte: Autora, 2022.

Figura 39- Valores do parâmetro Ph na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



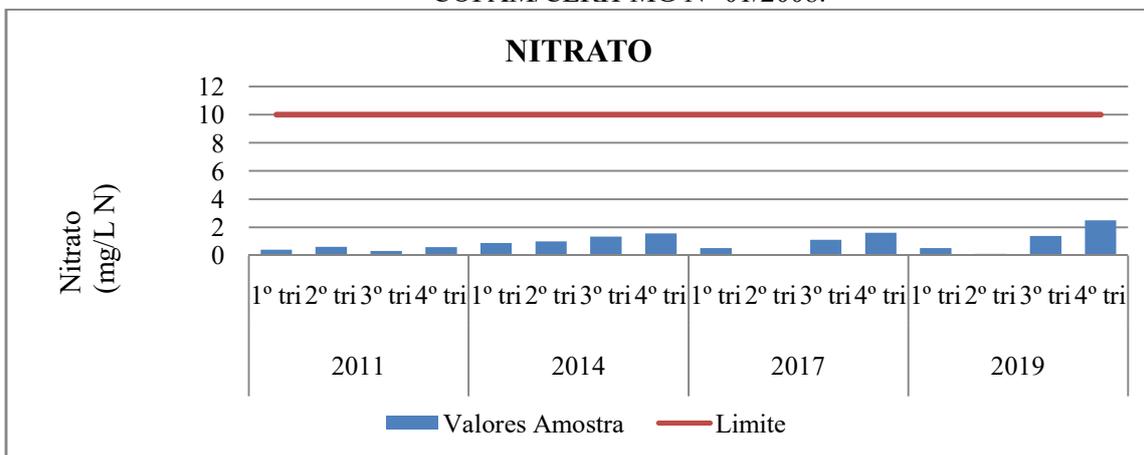
Fonte: Autora, 2022.

Figura 40-Valores do parâmetro DBO na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



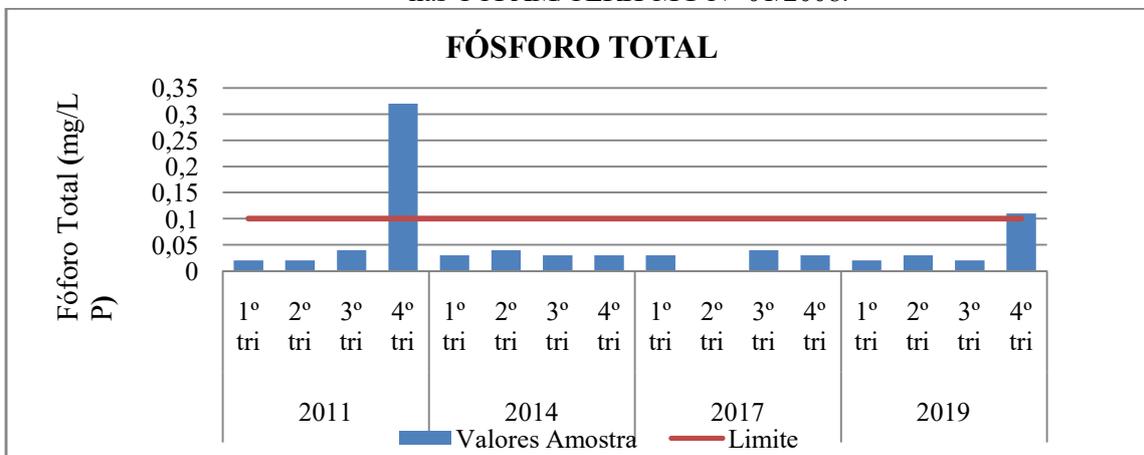
Fonte: Autora, 2022.

Figura 41- Valores do parâmetro Nitrato na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



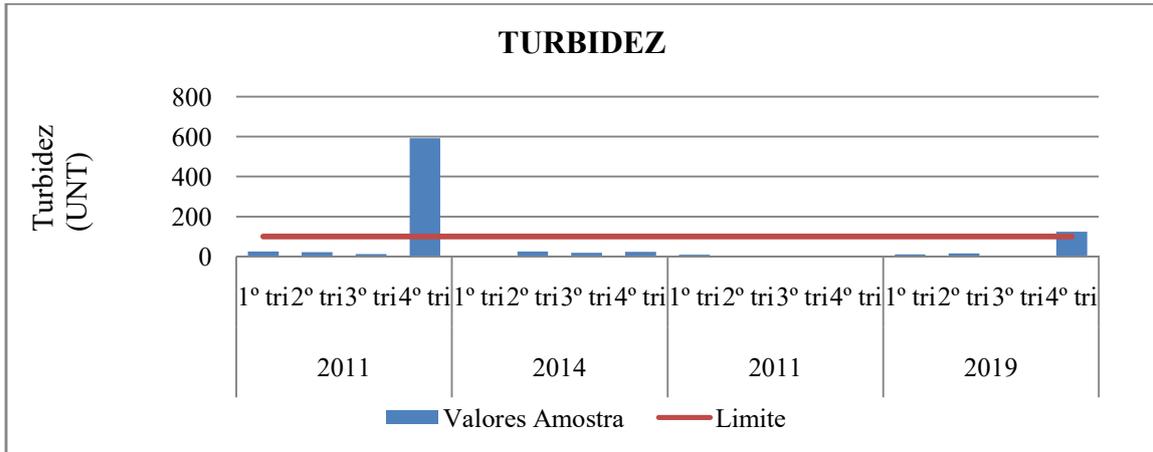
Fonte: Autora, 2022.

Figura 42- Valores do parâmetro Fósforo Total na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



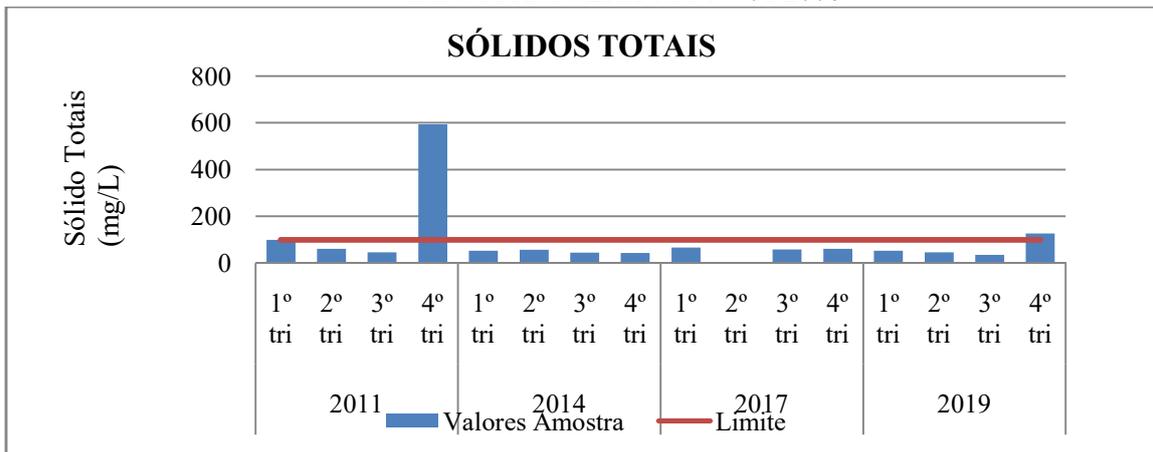
Fonte: Autora, 2022.

Figura 43-Valores do parâmetro Turbidez na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



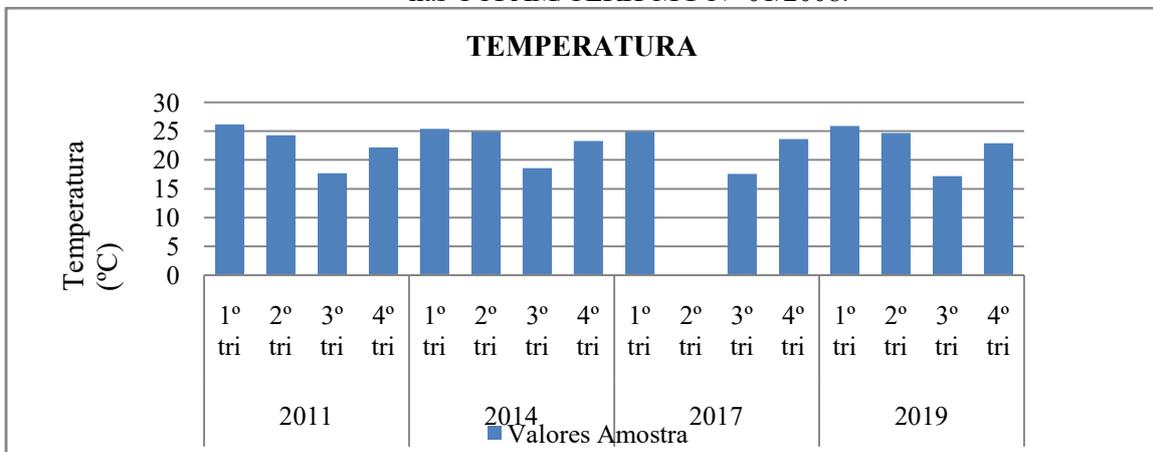
Fonte: Autora, 2022.

Figura 44- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 45- Valores do parâmetro Temperatura na estação RD064 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Verifica-se que estação de monitoramento RD064 apresentou valores de coliformes termotolerantes, fósforo total, turbidez e sólidos totais em dissonância com a DN 01/2008. O parâmetro coliforme termotolerantes teve um destaque em todo o período analisado, sendo o período do 4º trimestre de 2011 e 4º trimestre de 2014 com maior valor, fósforo total, turbidez e sólidos totais tiveram valor divergente da legislação no 4º trimestre de 2011 e 4º trimestre de 2019.

Lucio *et al.* (2012), constatou em sua pesquisa no Rio Cachoeira no estado da Bahia que as concentrações de fósforo total estavam superiores ao permitido na legislação em 02 pontos de monitoramento. Esse fator está ligado as atividades antropogênicas e a diversidade de cultura ao longo da bacia (cultivo de cacau e pastagem) são os principais fatores que influenciam na distribuição dos nutrientes (N e P).

Wroblewski *et al.* (2020), em um estudo em uma bacia hidrográfica na região Sul do Brasil verificou o teor de fósforo total considerando os locais de coleta, as formas de uso da terra e época de coleta. Observou como resultados que em locais onde o rio passava pela área urbana os valores foram mais elevados, de 15,4 vezes maior que no campo e 7 vezes maior do que na floresta. Com relação a época da coleta houve uma desconformidade em uma amostra coletada com forte incidência de chuva não observando em outros períodos variação significativa das concentrações, como o que ocorreu na área urbana.

A Tabela 7 apresenta os dados do SNIS dos municípios que compõem somente a bacia da estação de estudo. Entre os municípios apresentados, somente Manhauçu possui índice de tratamento de esgoto, no entanto houve um declínio nesse índice durante o período estudado. Os demais municípios que responderam o SNIS possuíam o valor de 0% no índice de tratamento de esgoto.

Tabela 7- Dados de esgotamento sanitário dos municípios a montante da estação RD064.

Município	Ano	IN015_AE - Índice de coleta de esgoto (percentual)	IN016_AE – Índice de tratamento de esgoto (percentual)	IN024_AE - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (percentual)
Alto Jequitibá	2011	23,13	0	95,34
	2014	**	**	**
	2017	100	0	100
	2019	100	0	100
Luisburgo	2011	**	**	**

	2014	97,28	0	100
	2017	100	0	100
	2019	94,12	0	100
Manhuaçu	2011	80	0,95	100
	2014	100	0,19	100
	2017	85,67	0,15	100
	2019	90,21	0,12	100
Manhumirim	2011	80,72	0	100
	2014	67,2	0	95,67
	2017	98,01	0	96,84
	2019	99,97	0	96,58
Reduto	2011	**	**	**
	2014	80	0	98,14
	2017	**	**	**
	2019	**	**	**
**Sem Informação no SNIS				

Fonte: Autora, 2022 adaptado do SNIS.

Diante do exposto acima verifica-se que os parâmetros de qualidade da água que se destacaram na área de estudo estão relacionados à inexistência de tratamento de esgoto nos municípios com sede dentro desta bacia, em razão do lançamento de esgotos in natura no rio. Pode se afirmar que a antropização eleva os parâmetros coliformes termotolerantes e fósforo total e estão diretamente ligados aos fatores listados acima. Para os parâmetros turbidez e sólidos totais pode-se relacionar com o aumento significativo da classe mosaico de agricultura e pastagem, sendo a cultura com predominância o café.

#### 5.1.4- Estação RD097

A estação RD097 está localizada no município de Pocrane. Sua bacia de contribuição tem área de aproximadamente 3155,18 km<sup>2</sup>. Os municípios que possuem sede dentro da mesma são: Martins Soares, Durandé, São Jose do Mantimento, Chalé, Lajinha, Conceição de Ipanema, Ipanema, Taparuba. Esta estação não sofre influência das estações RD095, RD096 e RD064.

O principal recurso hídrico da bacia é o Rio Jose Pedro, um rio Federal, pois nasce no Estado do Espírito Santo. Cabe destacar que nessa bacia os mapas do IGAM não citam os municípios de Ibatiba e Iúna como pertencentes a essa bacia, por pertencerem a outro estado, mas que foram considerados neste trabalho. Em estudo realizado por Barbosa (2019), ele cita os dois municípios do Espírito Santo como pertencentes à bacia do Rio Manhuaçu. A fundação Renova em editais para contratação de serviços técnicos, científicos e operacionais referentes à restauração florestal na

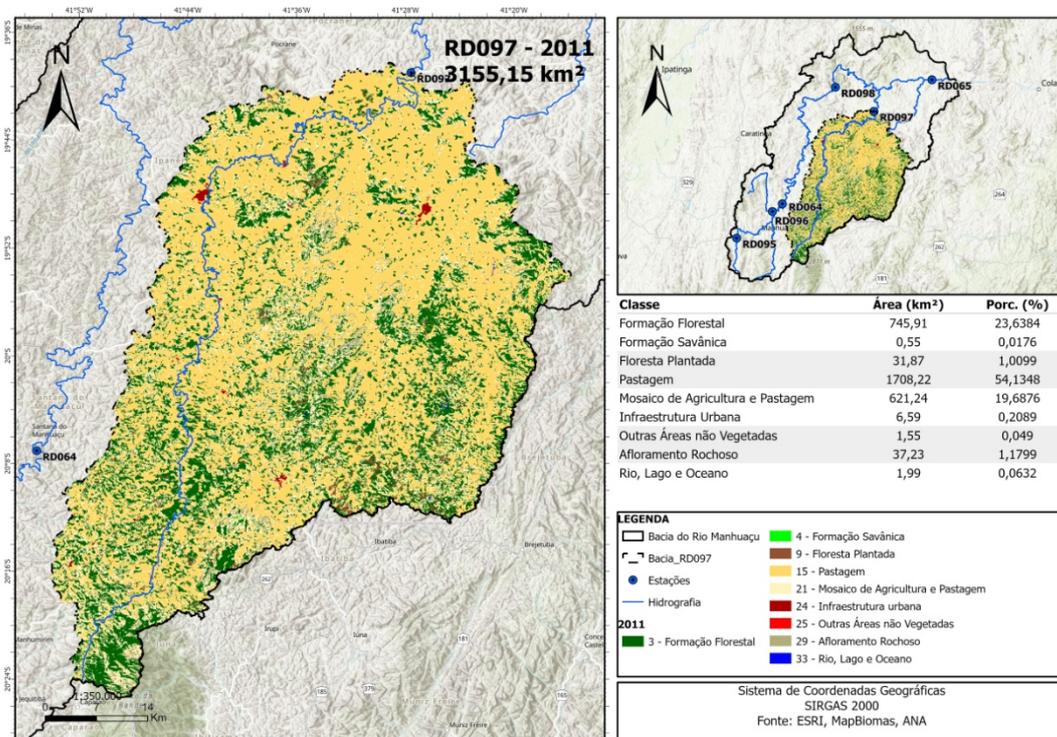


Martins Soares	5.085 ha	73 ha	967 ha	315 ha	1032 ha	**	**	Milho -49 ha
Durandé	5.314 ha	139 ha	3.179 ha	1.806 ha	3.036 ha	295 ha	Café - 4.577 ha	Milho - 31 ha
São Jose do Mantimento	809 ha	222 ha	59 ha	1.939 ha	845 ha	19 ha	Café - 687 ha	Milho -53 ha
Chalé	3.944 ha	713 ha	3.515 ha	6.799 ha	1.840 ha	76 ha	Café -3.159 ha	Milho -221 ha
Lajinha	12.185 ha	269 ha	9.592 ha	2.243 ha	6.233 ha	1.250 ha	Café – 9.352 ha	Milho – 433 ha
Conceição de Ipanema	1.394 ha	708 ha	889 ha	13.555 ha	3.939 ha	506 ha	Café -907 ha	Milho – 193 ha
Ipanema	1.464 ha	1.559 ha	8.504 ha	17.597 ha	8.119 ha	485 ha	Café -200 ha	Milho -120 ha
Taparuba	301 ha	433 ha	1.050 ha	8.985 ha	2.740 ha	468 ha	Café -69 ha	Milho – 29 ha
Mutum	10.560 ha	2.893 ha	5.354 ha	53.816 ha	12.783 ha	4.168	Café- 7.786 ha	Milho -728 ha
**Sem Informação no site IBGE								

Fonte: Autora, 2022

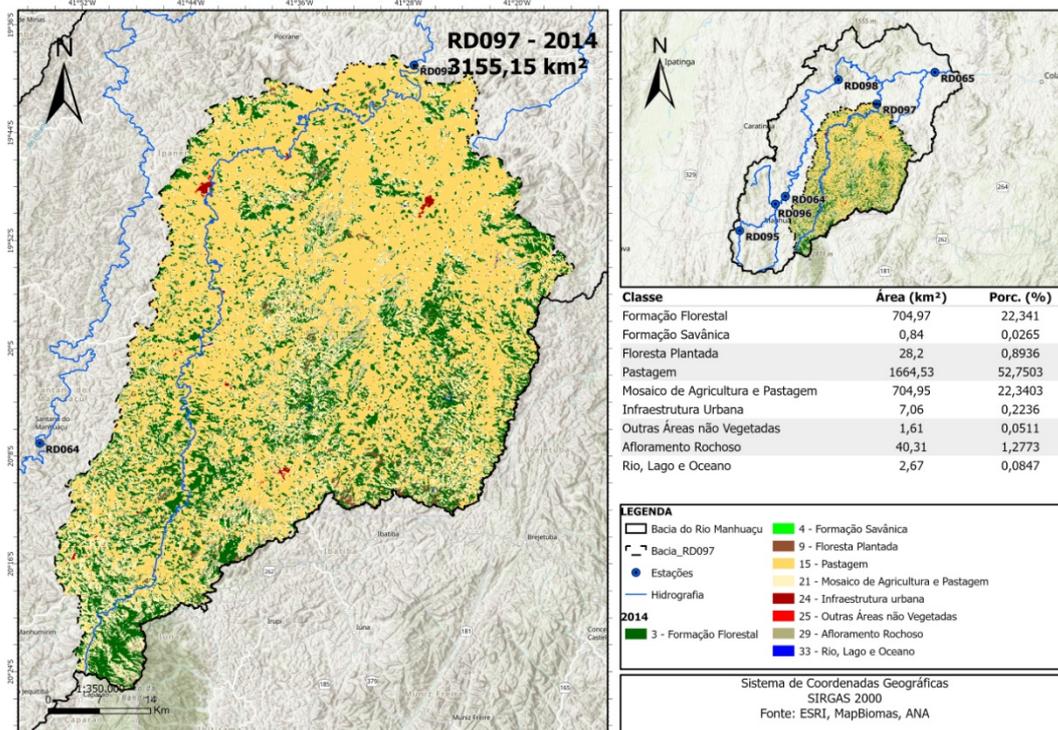
Em consulta aos dados do IDE – SISEMA verifica-se a existência de uma unidade de conservação federal denominada Parque Nacional do Caparaó, de proteção integral, localizada na parte alta da bacia. Também existem 03 unidades de conservação municipais dentro da bacia. Em Martins Soares há uma unidade de conservação Municipal denominada APA Municipal de Martins Soares com 5.864 hectares. Em Taparuba a APA Municipal Corredeiras com área de 12.268 hectares e em Ipanema a APA Estação Ecológica Municipal Ipanema com área de 89,3 hectares. As Figuras 47,48, 49 e 50 ilustram a evolução do uso e ocupação do solo nos anos de 2011, 2014, 2017 e 2019 na área de estudo.

Figura 47- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD097 ano 2011.



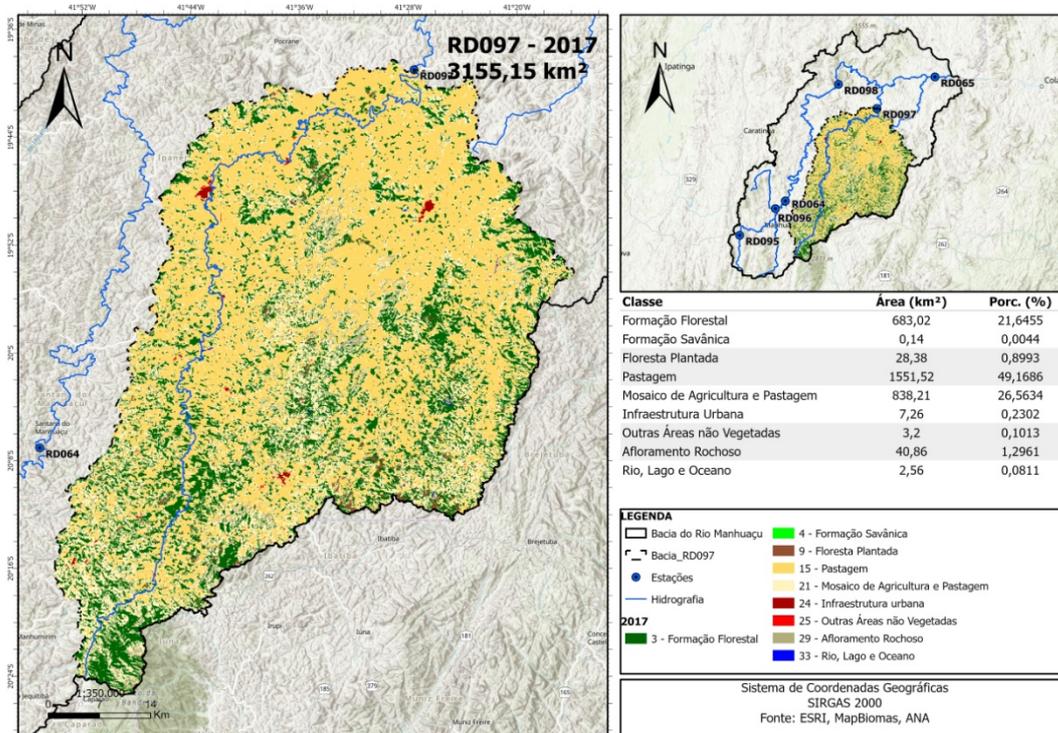
Fonte: Autora, 2022.

Figura 48- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD097 ano 2014.



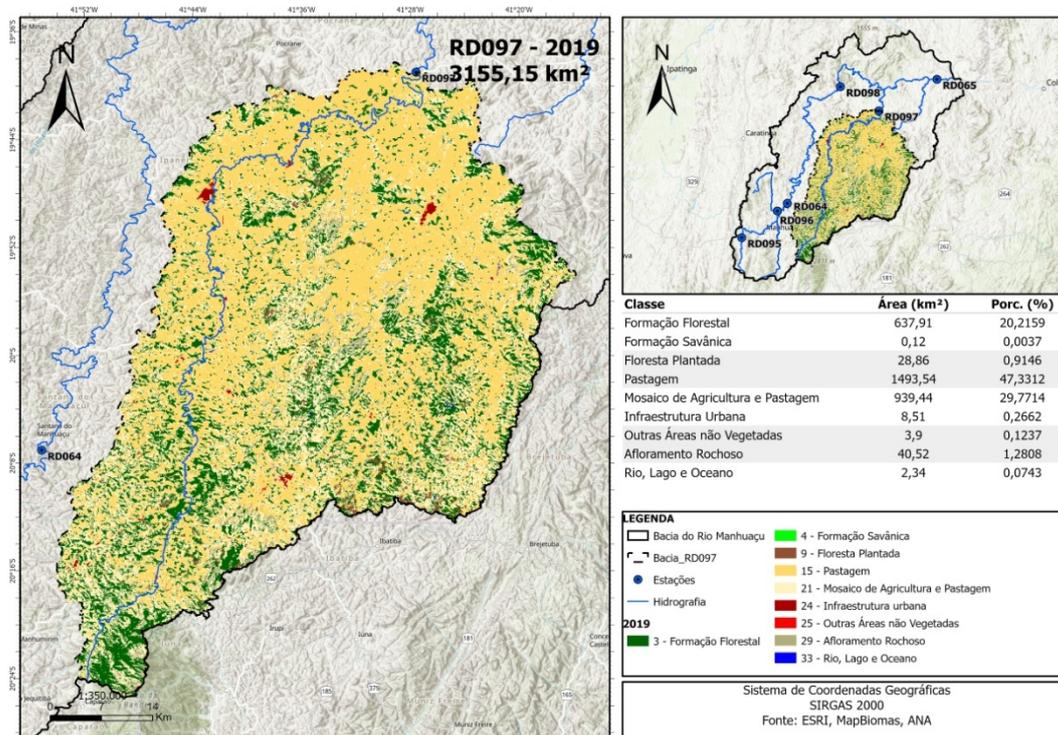
Fonte: Autora, 2022.

Figura 49- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD097 ano 2017.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 50- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD097 ano 2019.



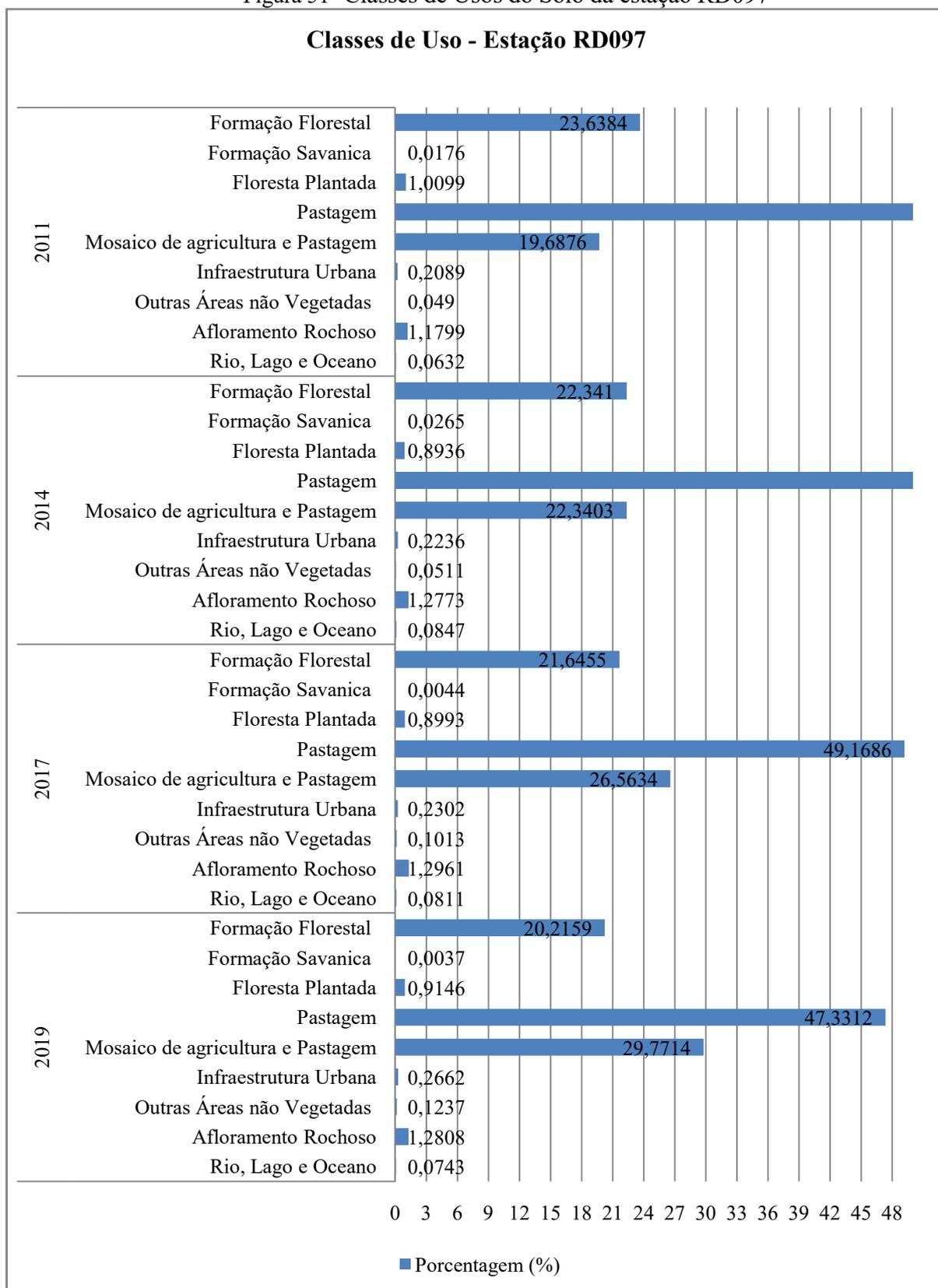
Fonte: Autora, 2022.

Em análise verifica-se uma perda nas áreas de formação florestal, sendo representada em 2011 por 745,91 km<sup>2</sup>, um percentual de 23,63 %. Porém em 2019 ela possuía área de 637,91 km<sup>2</sup> representando 20,21 %. Em contrapartida a classe agricultura e pastagem oscilou para uma maior cobertura sendo que em 2011 a área era de 621,24 km<sup>2</sup> representando 19,68% e em 2019 apresentou valores de 939,44 km<sup>2</sup>, com percentual de 29,77%. A formação florestal apresenta-se bem heterogênea dentro da bacia, sendo a parte mais alta com uma maior concentração e a mais baixa com uma menor concentração, prevalecendo nestas áreas agricultura e pastagem. Observa-se que rede hidrográfica passa dentro de uma infraestrutura urbana como os municípios de Taparuba, Ipanema e Conceição de Ipanema. As áreas de preservação permanente ao longo do rio Jose Pedro caracterizam-se por predominar a classe pastagem.

Silva *et al.* (2019), em seu estudo na bacia a hidrográfica do Rio Paranaíba avaliando os usos do solo de 1985, 2003 e 2013, constatou que pastagens ocupavam cerca de 48,33% vegetação natural ocupava 26,47%, e agricultura de 22,25% do território da bacia em 2003, para o ano de 2013 as áreas de pastagens representava 41,17%, vegetação natural 28,81%, e agricultura 26,01%.

Verifica-se que na Figura 51 as classes de uso do solo da bacia do estudo.

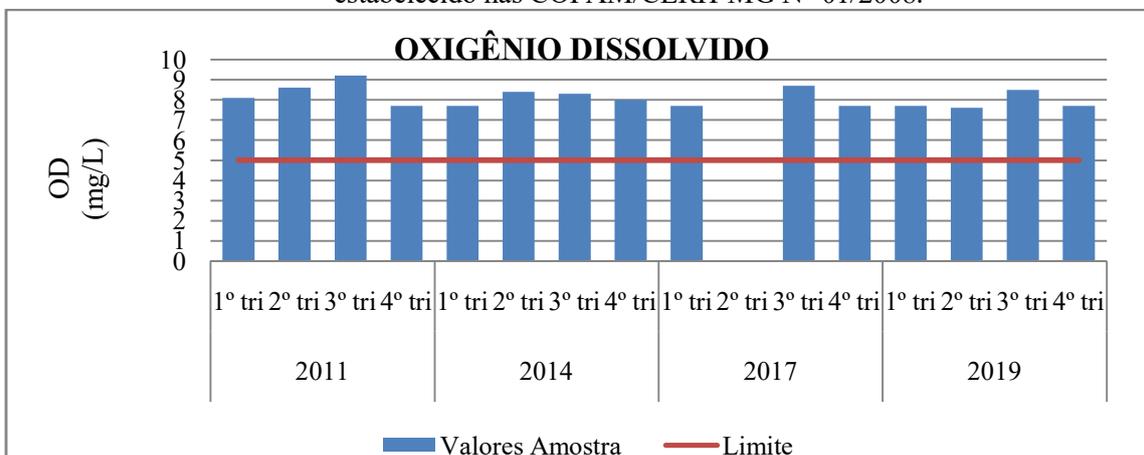
Figura 51- Classes de Usos do Solo da estação RD097



Fonte: Autora, 2022.

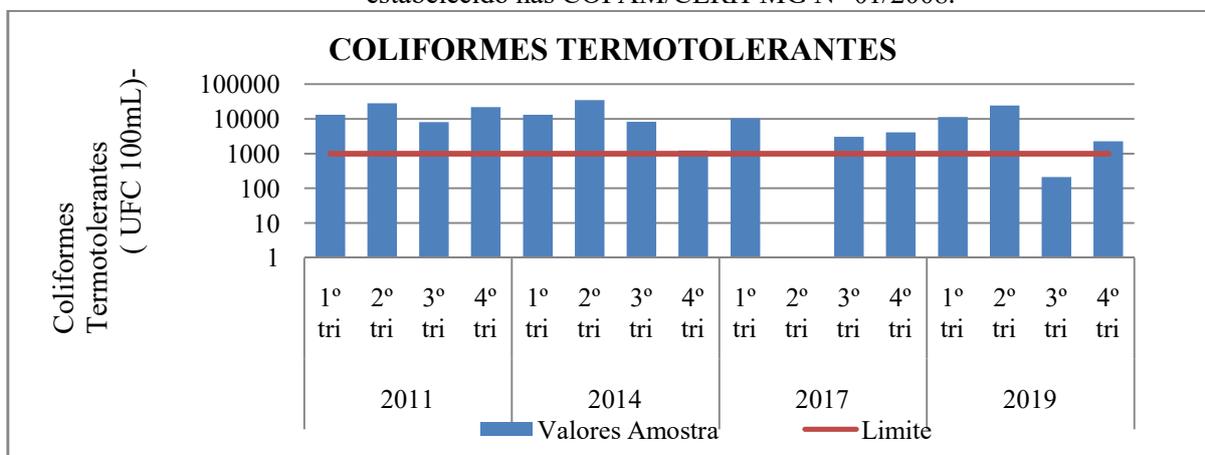
As figuras 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59 e 60 apresentam os gráficos que relacionam os resultados da análise dos parâmetros que compõe o IQA com da estação RD097 com os valores encontrados em cada trimestre do período de estudo.

Figura 52- Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvido na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



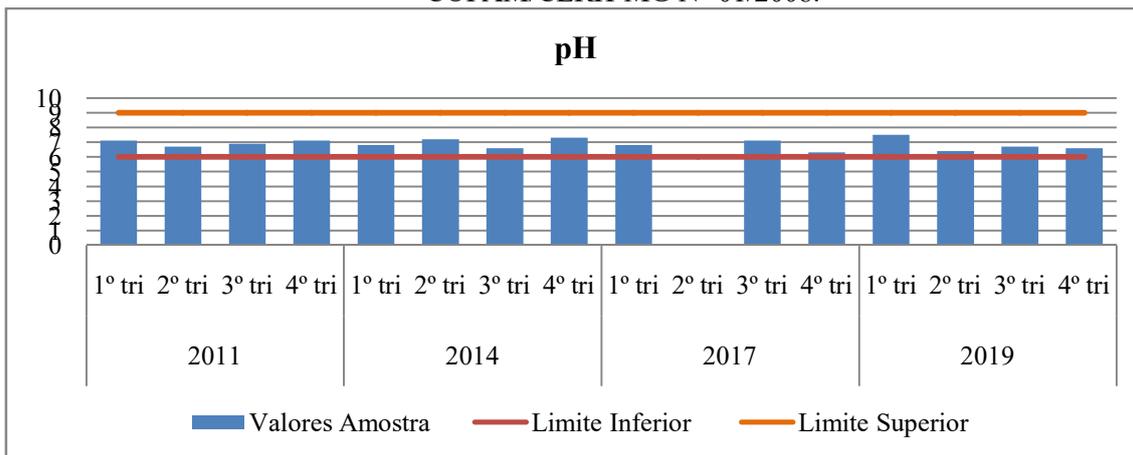
Fonte: Autora, 2022.

Figura 53- Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



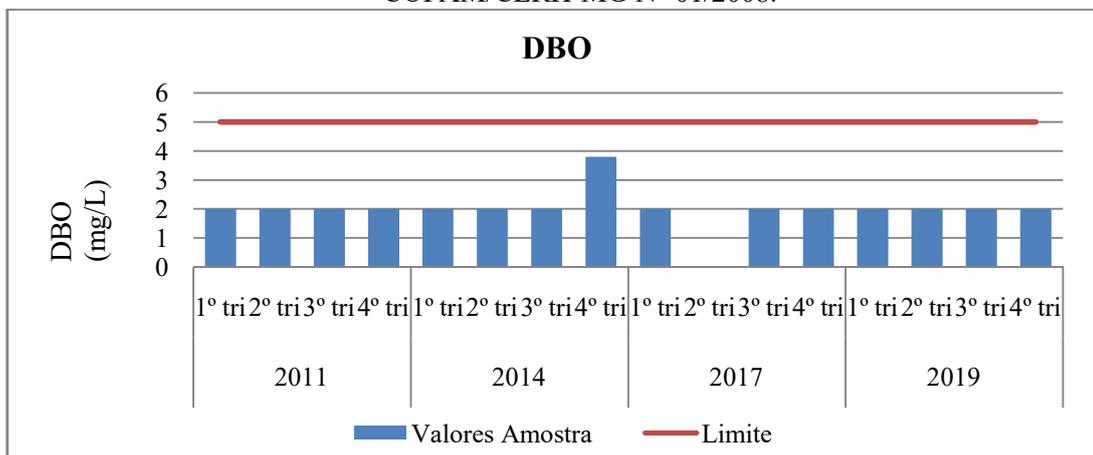
Fonte: Autora, 2022.

Figura 54-Valores do parâmetro pH na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



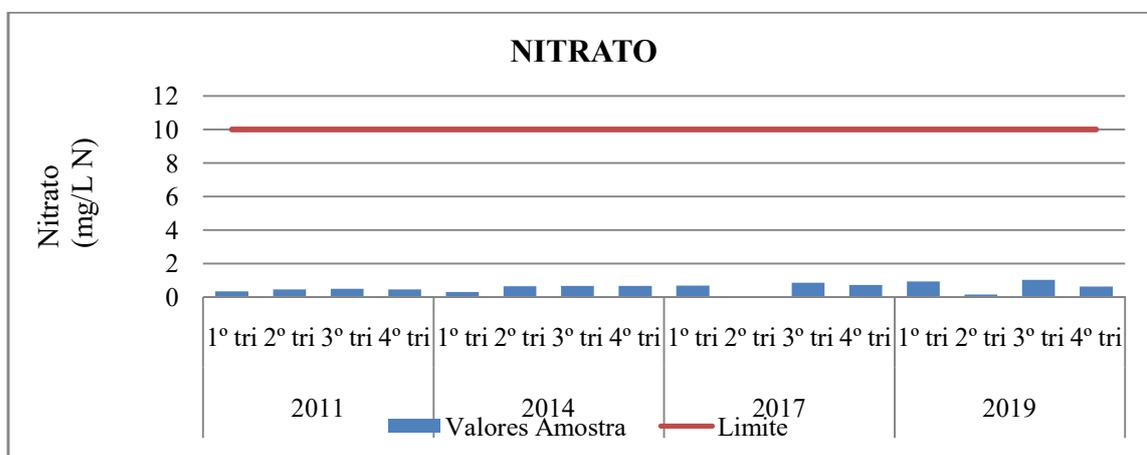
Fonte: Autora, 2022.

Figura 55- Valores do parâmetro DBO na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



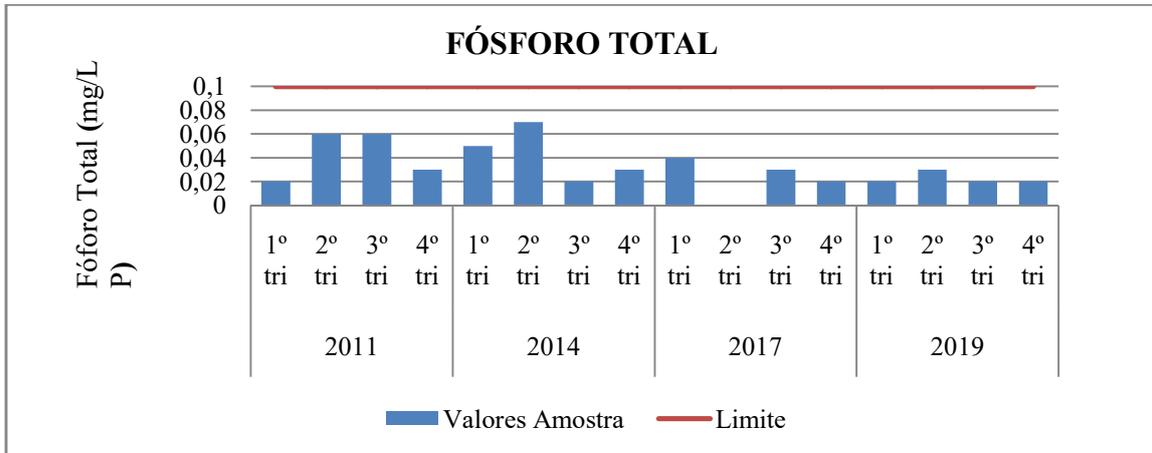
Fonte: Autora, 2022.

Figura 56- Valores do parâmetro Nitrato na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



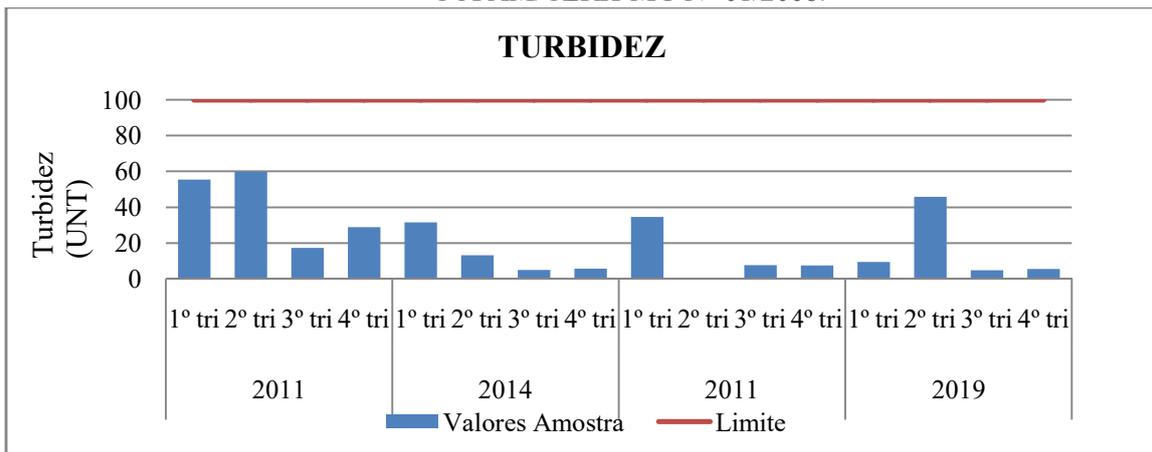
Fonte: Autora, 2022.

Figura 57- Valores do parâmetro Fósforo Total estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



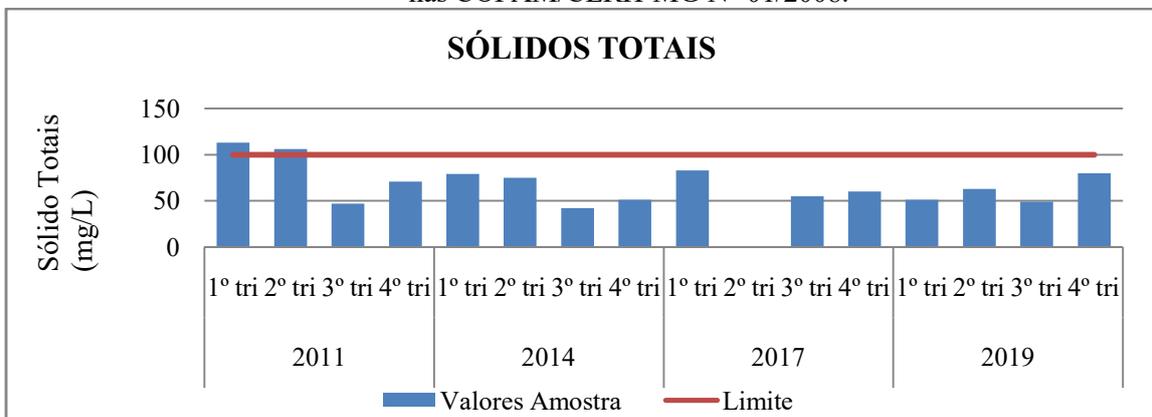
Fonte: Autora, 2022.

Figura 58- Valores do parâmetro Turbidez na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



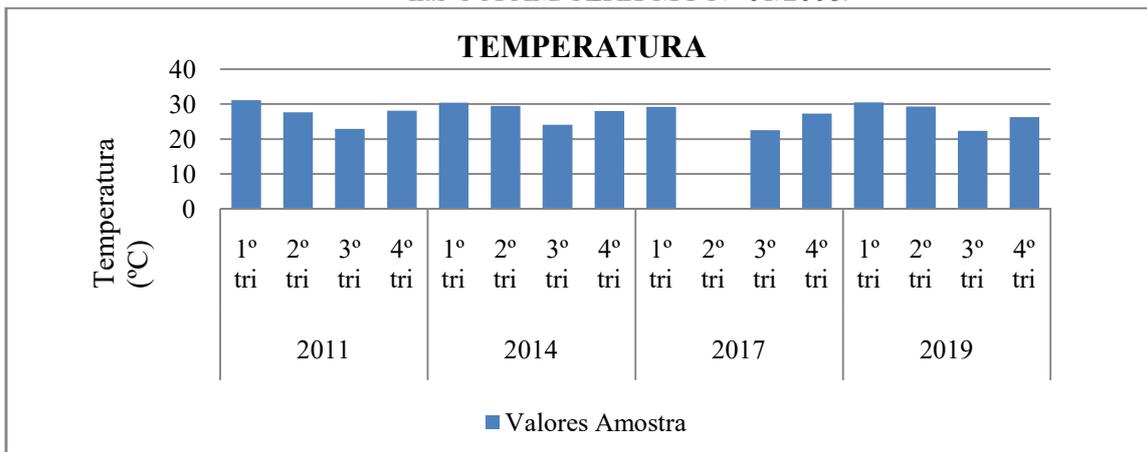
Fonte: Autora, 2022.

Figura 59- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 60- Valores do parâmetro Temperatura na estação RD097 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Os parâmetros que se destacaram na estação RD097 foram coliformes termotolerantes e sólidos totais, sendo que eles excederam o limite máximo permitido pela legislação. Coliformes termotolerantes mantiveram seu limite máximo permitido em todos os anos, sendo destaque para os anos 2011 nos 2º e 4º trimestre, 2º trimestre de 2014 e 2º trimestre de 2019. Sólidos totais mantiveram valores acima do limite no ano de 2011 no período do 1º e 2º trimestre.

Analisando os parâmetros de qualidade da água, os que se encontram em desacordo têm origem nas áreas de agricultura e nas áreas urbanas ou rurais. Esses resultados concordam com os obtidos por Vanzela *et al.* (2010) no Córrego Três Barras em Marinópolis, que constataram as concentrações de coliformes e sólidos totais fora do permitido pela legislação principalmente nos locais próximos aos pontos de coleta de áreas habitadas.

O mesmo fato foi observado por Toledo & Niconella (2002), que constataram a influência das áreas de urbanas e agricultura na contribuição com sedimentos. As diversificações do uso do solo na bacia provocam alterações nas variáveis de turbidez, sendo que no trecho a montante com predominância do uso agrícola essa variável foi mais expressiva.

A Tabela 9 ilustra os índices de esgotamento sanitário dos municípios que compõem a bacia, verificando-se a ausência de tratamento de esgoto em todos os municípios que responderam o sistema de informação e em 2019 o índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água não estavam em seu índice de 100%.

Tabela 9-Dados de esgotamento sanitário dos municípios a Montante da estação RD097.

Município	Ano	IN015_AE - Índice de coleta de esgoto (percentual)	IN016_AE - Índice de tratamento de esgoto (percentual)	IN024_AE - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (percentual)
Chalé	2011	79,84	0	98,17
Chalé	2014	13,37	0	100
Chalé	2017	74,53	0	99,93
Chalé	2019	100	0	81,55
Conceição de Ipanema	2011	85,42	0	100
Conceição de Ipanema	2014	90	0	100
Conceição de Ipanema	2017	92,02	0	100
Conceição de Ipanema	2019	93,12	0	99,81
Durandé	2011	198,25	0	100
Durandé	2014	100	0	100
Durandé	2017	100	0	99,81
Durandé	2019	100	0	100
Ipanema	2011	96,26	0	87,11
Ipanema	2014	100	0	89,83
Ipanema	2017	98,99	0	95
Ipanema	2019	94,28	0	95
Lajinha	2011	79,11	0	63
Lajinha	2014	80	0	67,7
Lajinha	2017	**	**	**
Lajinha	2019	80	0	76,42
Martins Soares	2011	**	**	**
Martins Soares	2014	**	**	**
Martins Soares	2017	**	**	**
Martins Soares	2019	**	**	**
Mutum	2011	**	**	**
Mutum	2014	**	**	**
Mutum	2017	51,81	0	51,38
Mutum	2019	53,36	0	53,98
Pocrane	2011	**	**	**
Pocrane	2014	49,97	0	99,85
Pocrane	2017	49,44	0	50,6
Pocrane	2019	80,08	0	81,6
São José do Mantimento	2011	**	**	**
São José do Mantimento	2014	**	**	**
São José do Mantimento	2017	**	**	**
São José do Mantimento	2019	**	**	**

Taparuba	2011	28,67	0	100
Taparuba	2014	50	0	98,19
Taparuba	2017	**	**	**
Taparuba	2019	56,92	0	100
** Sem Informação no SNIS				

Fonte: Autora, 2022 adaptado do SNIS.

Pelos resultados obtidos acima, pode-se afirmar que as alterações dos parâmetros coliformes termotolerantes e sólidos totais se devem à falta de tratamento de esgoto nos municípios com sede na bacia. Também a criação de suínos, aves e bovinos leiteiros podem provocar oscilações desse parâmetro.

### 5.1.5- Estação RD098

A estação RD098 está localizada no município de Inhapim/Pocrane sua bacia tem área de aproximadamente 3.012 km<sup>2</sup> e tem contribuição das bacias RD095, RD096 e RD064. O município que possui somente sede dentro da bacia é Santana do Manhuaçu, sendo caracterizada pela existência de diversos aglomerados rurais. A distância da sede de Santana do Manhuaçu até a estação de monitoramento é de aproximadamente 80 quilômetros.

Dados do censo agropecuário de 2017 do IBGE para o município de Santana do Manhuaçu relatam a existência de lavouras de café e milho. Uma característica do município são as áreas destinadas para lavoura de café, que são superiores às áreas de mata e floresta na classe naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal, conforme ilustra a Tabela 10.

Tabela 10- Dados Censo Agropecuário 2017 municípios da estação RD097

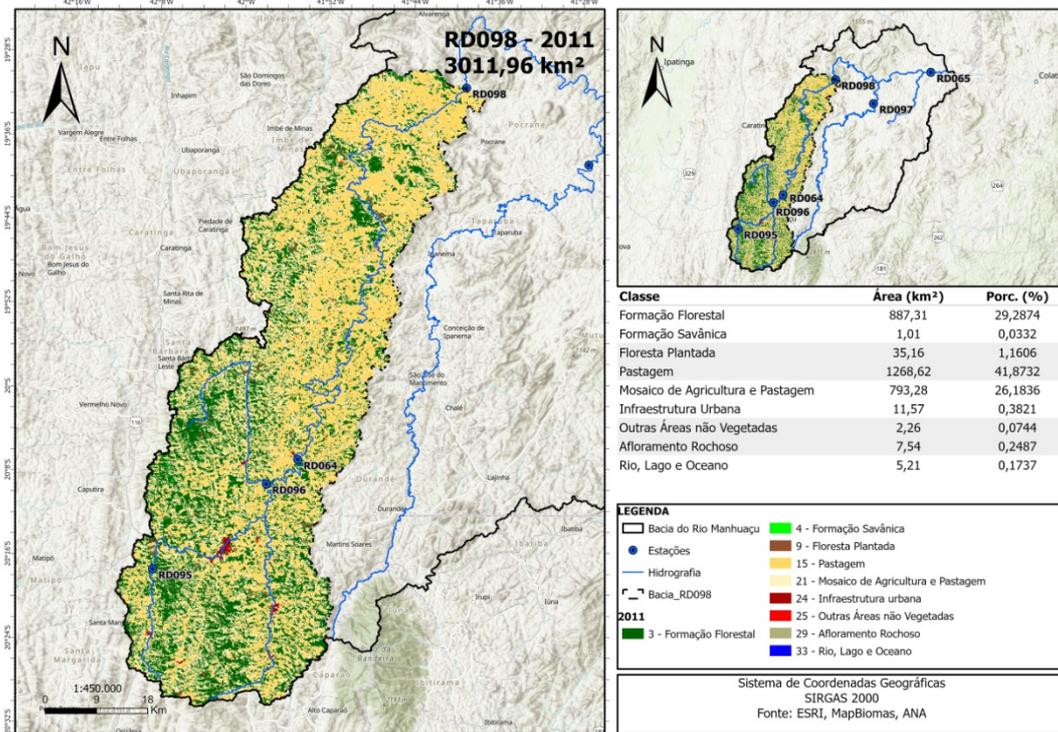
Município	Lavoura		Pastagem		Mata ou Floresta		Lavoura	
	Permanente	Temporárias	Naturais	Plantadas em boas condições	Naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	Florestas plantadas	Permanente com Área colhida nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais	Temporária com Área colhida nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais
Santana do Manhuaçu	8.685 ha	508 ha	10.951 ha	668 ha	3.464 ha	267 ha	Café -7.038 ha	Milho -283 ha

Fonte: Autora, 2022

Em consulta ao IDE SISEMA, verifica-se a existência dentro da bacia a Reserva Particular de Patrimônio Natural - RPPN denominada RPPN Feliciano Miguel Abdala, e o corredor ecológico Sossego-Caratinga.

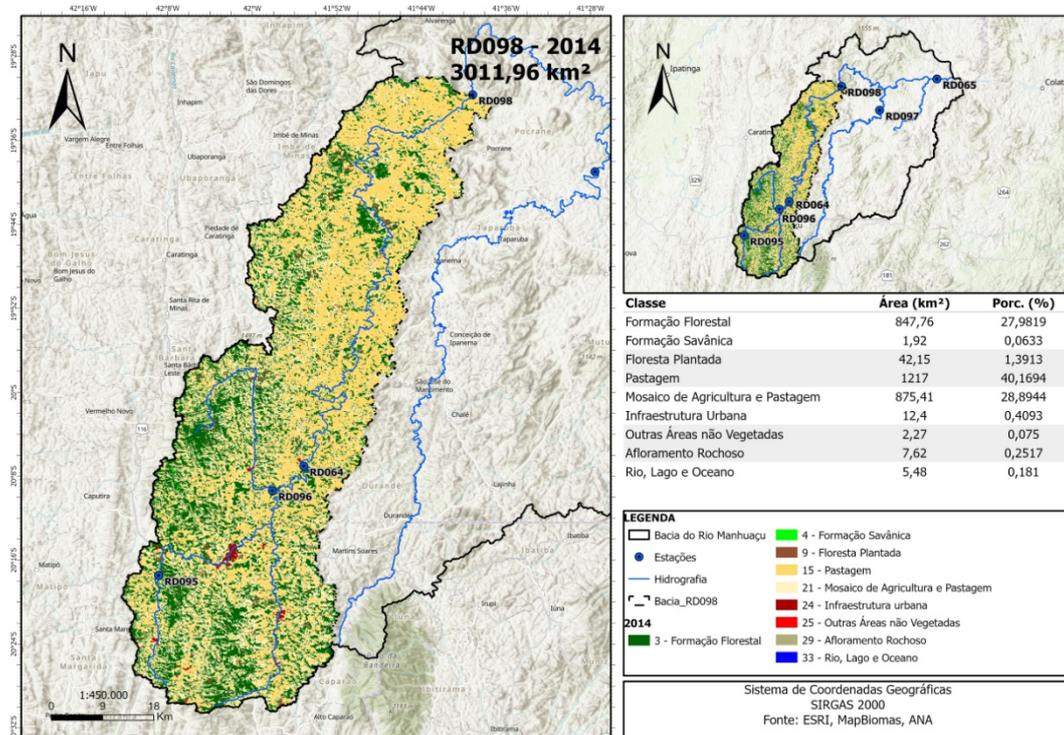
As figuras 61, 62,63 e 64 ilustram a evolução do uso e ocupação do solo nos anos de 2011, 2014, 2017 e 2019.

Figura 61- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD098 ano 2011.



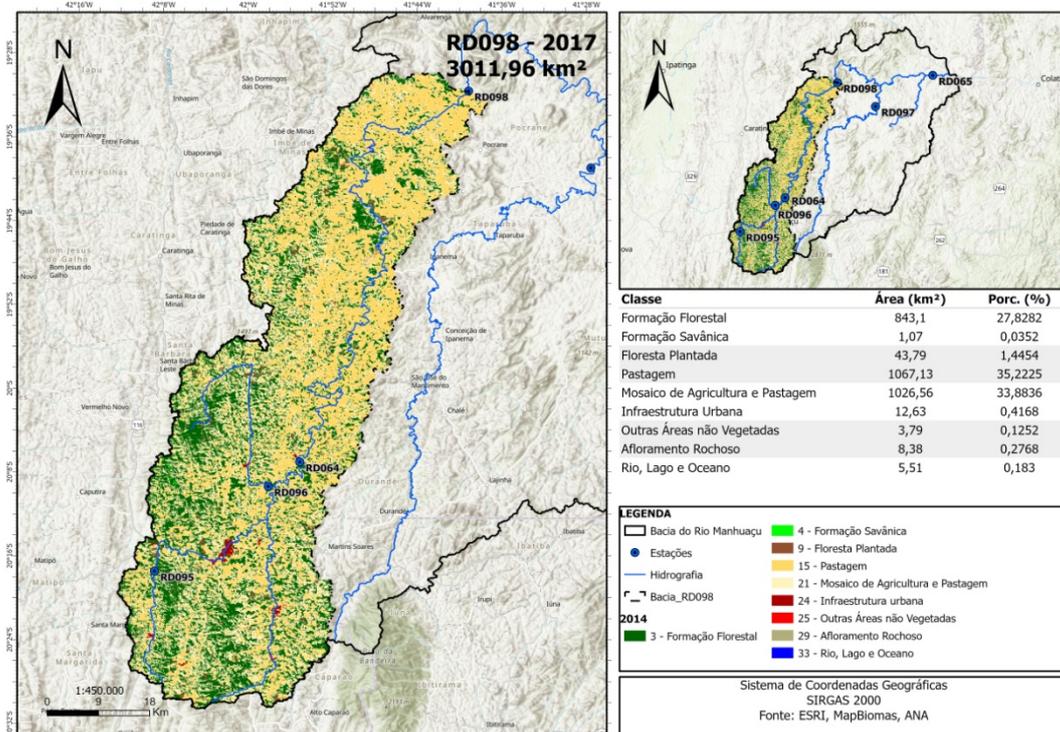
Fonte: Autora, 2022.

Figura 62- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD098 ano 2011.



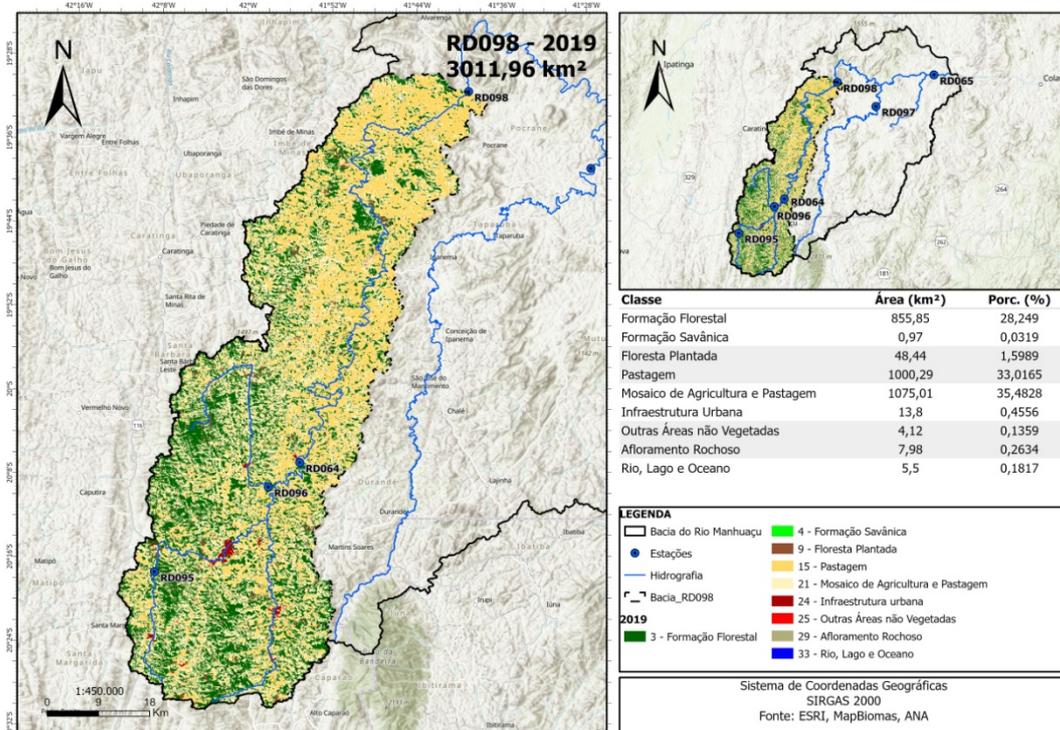
Fonte: Autora, 2022.

Figura 63- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD098 ano 2017.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 64- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD098 ano 2019.



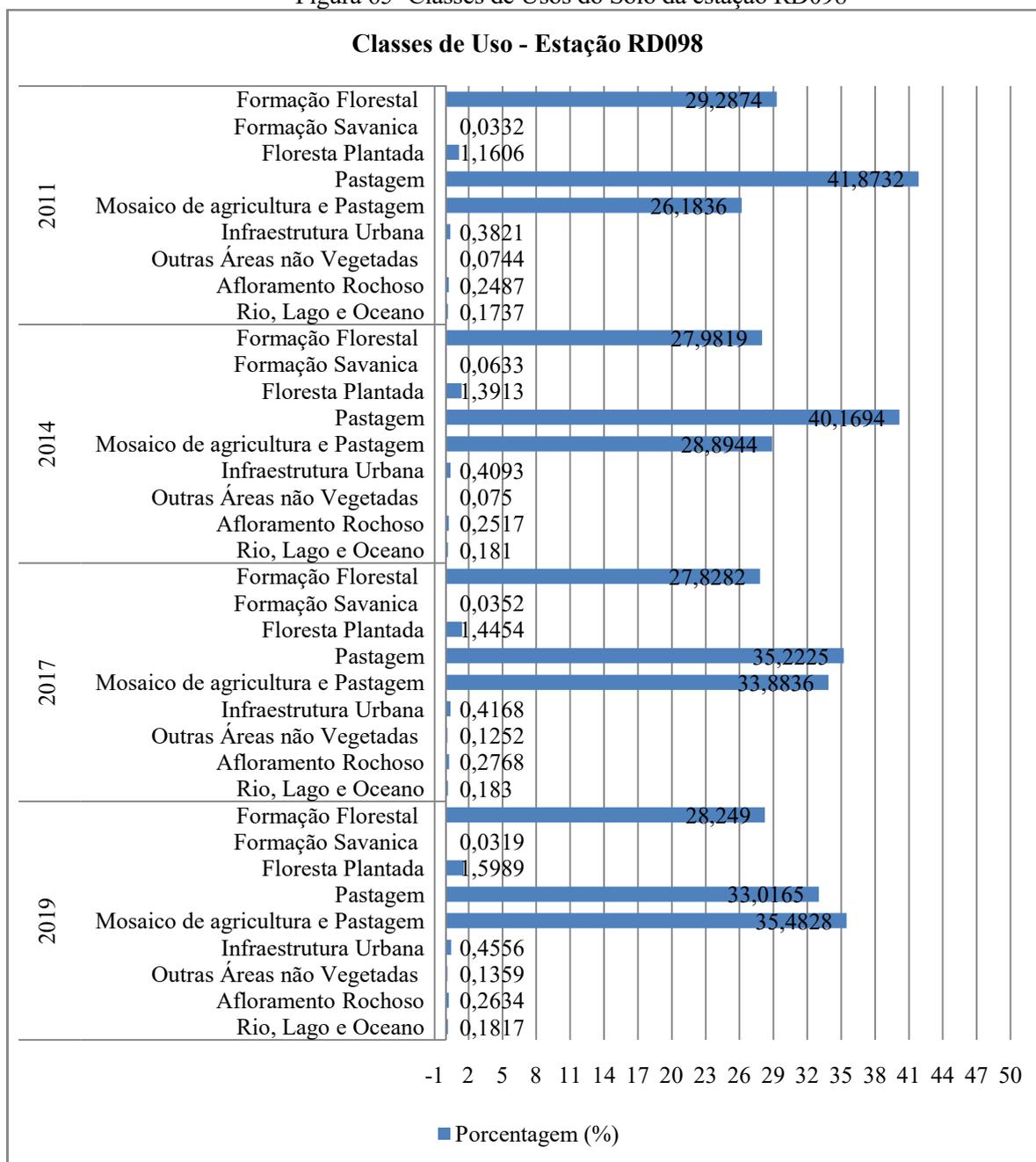
Fonte: Autora, 2022.

Destaca-se na área de estudo as áreas mais elevadas com uma maior formação florestal e parte baixa com uma formação de agricultura e pastagem. Em análise ao uso e ocupação do solo da bacia

de contribuição da estação RD098 observa-se que mesma sofreu grandes mudanças nos anos estudados. As áreas de formação florestal sofreram modificações sendo que 2011 representava 887,31 km<sup>2</sup> sendo 29,28%, e em 2019 representou 855,85 km<sup>2</sup> com percentual de 28,24%. As áreas de agricultura foi destaque no local sendo que em 2011 apresentava uma área de 793,28 km<sup>2</sup> com percentual de 26,18% em 2019 apresentou valores de 1075,01 km<sup>2</sup> com percentual de 35,48%.

É possível perceber diante destas análises que a bacia em análise durante os anos teve o uso do solo bastante modificado, o que a caracteriza como uma área consideravelmente antropizada, apresentando um intenso uso do solo pelas práticas agropecuárias. A Figura 65 exemplifica essa modificação.

Figura 65- Classes de Usos do Solo da estação RD098

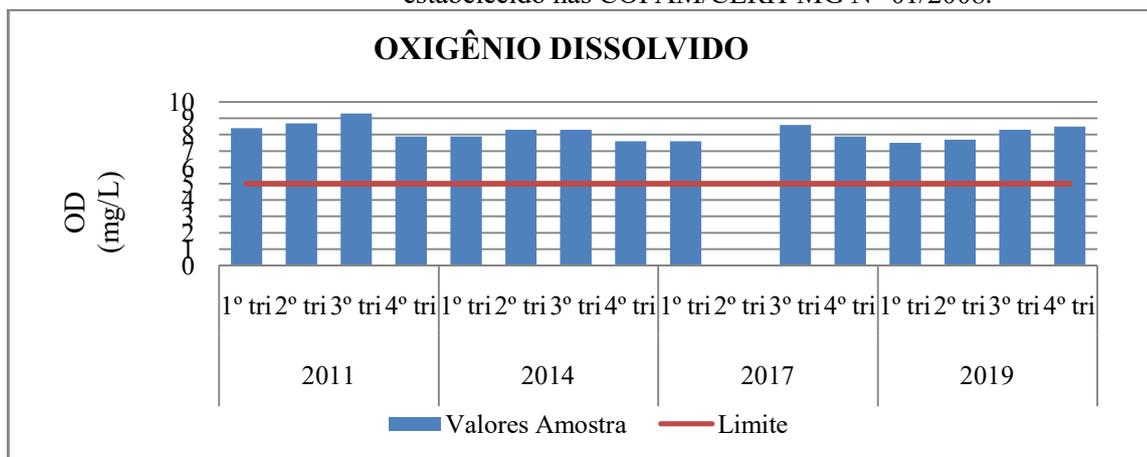


Fonte: Autora, 2022

Verificou-se o mesmo comportamento acima citado em estudos realizados por Nascimento & Fernandes (2017), em análise ao uso e ocupação do solo nos anos de 2008, 2010 e 2012 verificou a prevalência da classe pastagem com 58,88% em 2008, 56,57% em 2010 e 48,51% em 2012, onde do comportamento das classes de pastagem e evidencia a formação de um ciclo de uso e ocupação do solo.

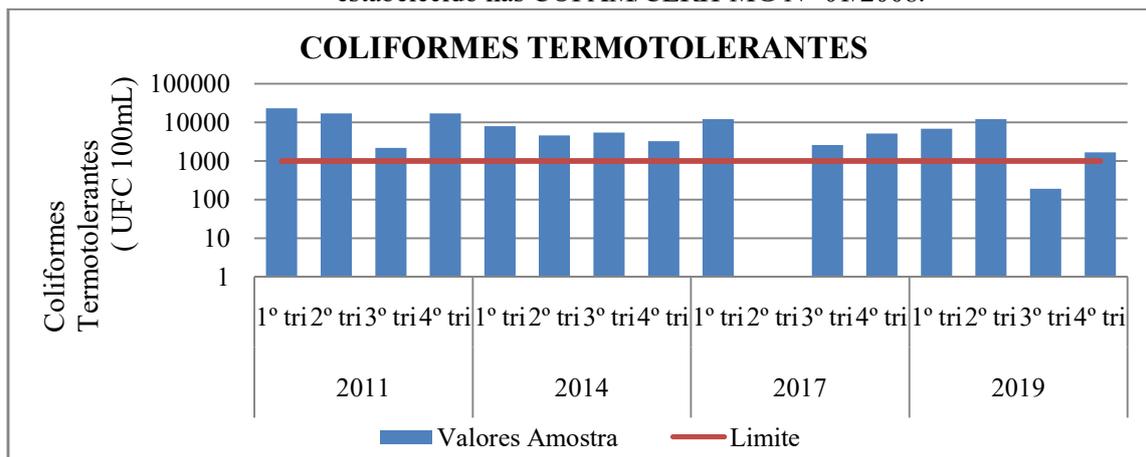
As figuras 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72,73 e74 apresentam os gráficos que relacionam os resultados da análise dos parâmetros que compõe o IQA com da estação RD097 com os valores encontrados em cada trimestre do período de estudo.

Figura 66- Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvido na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



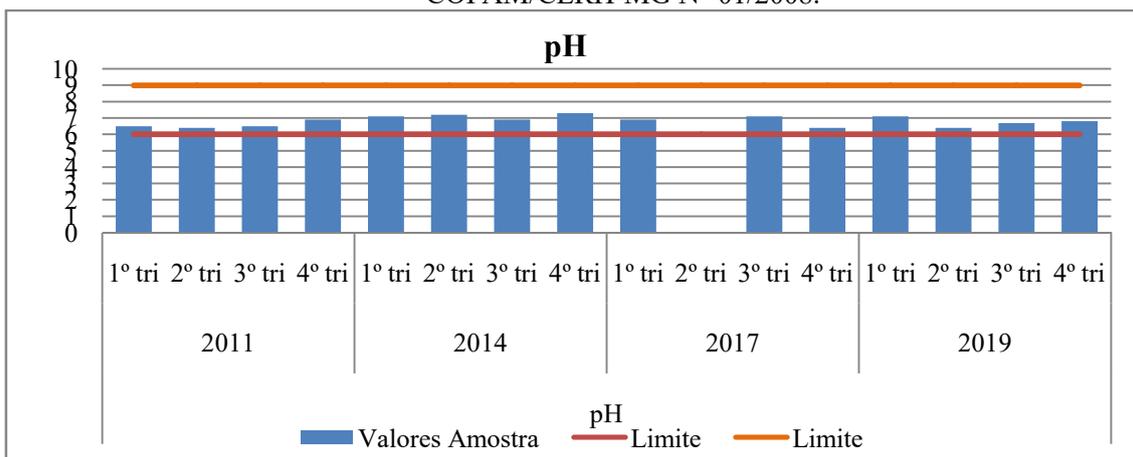
Fonte: Autora, 2022.

Figura 67- Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



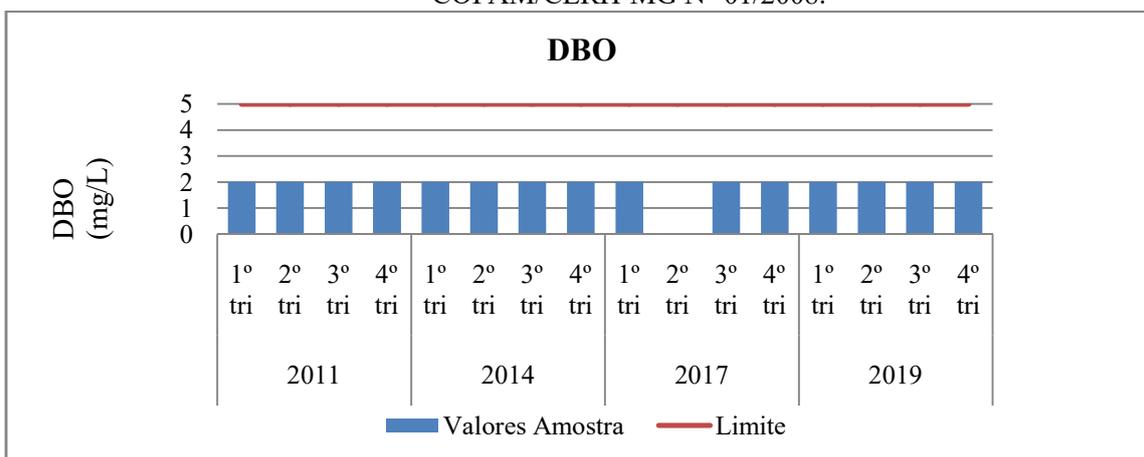
Fonte: Autora, 2022

Figura 68-Valores do parâmetro pH na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



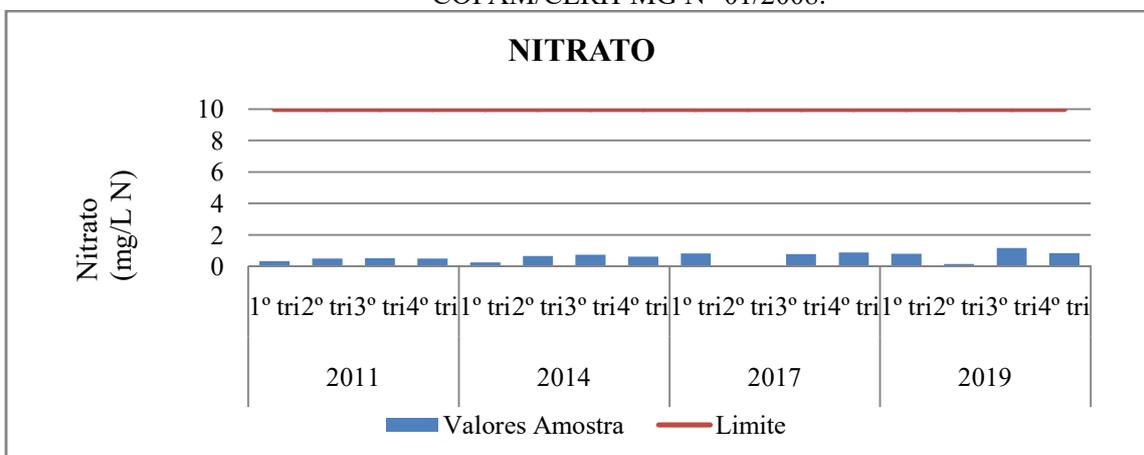
Fonte: Autora, 2022.

Figura 69- Valores do parâmetro DBO na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



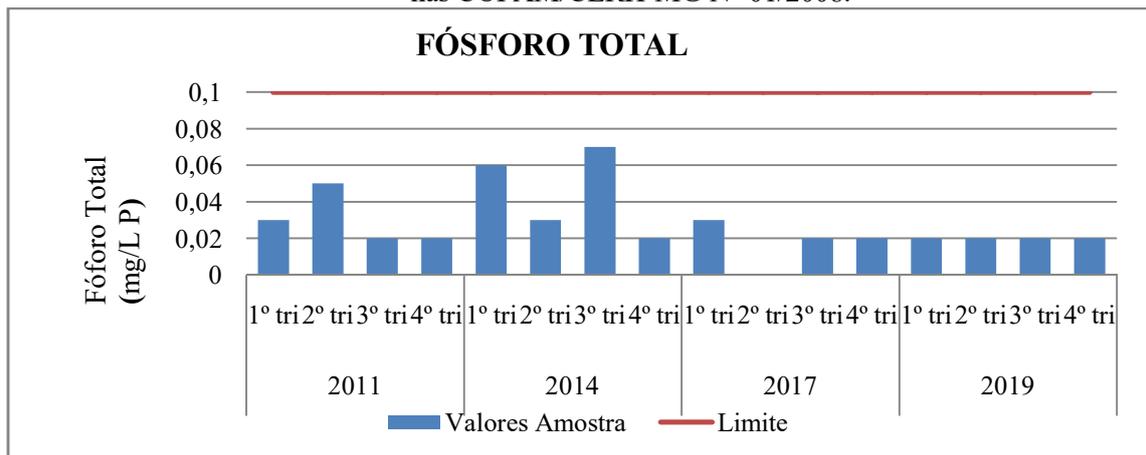
Fonte: Autora, 2022.

Figura 70- Valores do parâmetro Nitrito na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



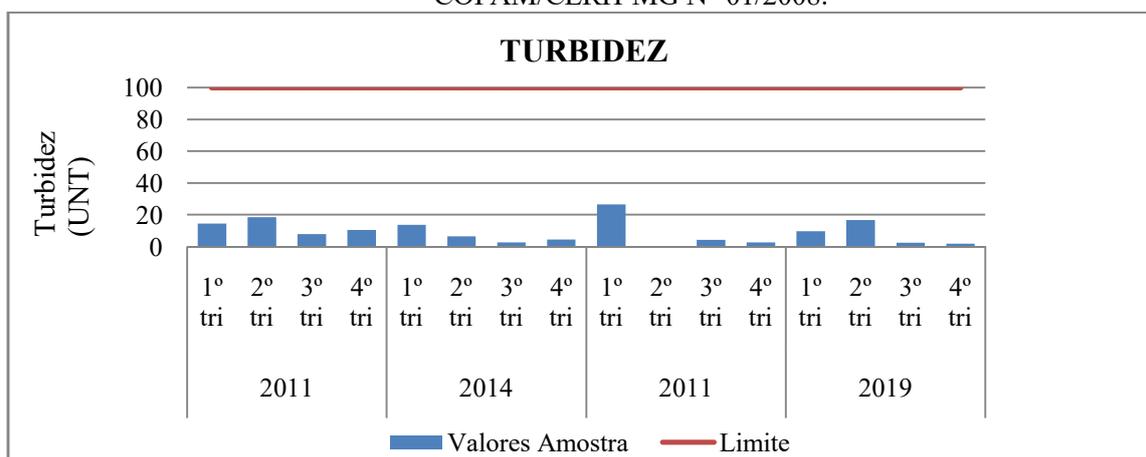
Fonte: Autora, 2022.

Figura 71- Valores do parâmetro Fósforo Total na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



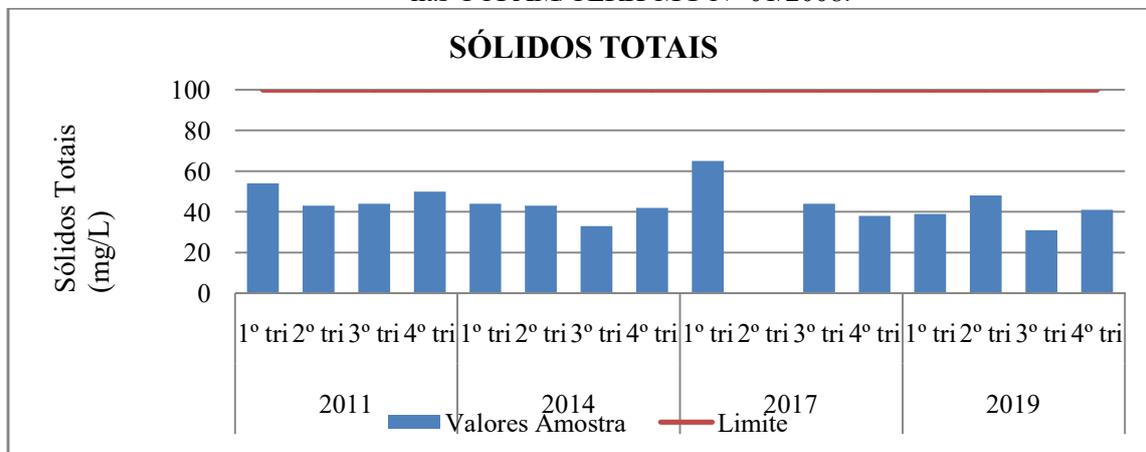
Fonte: Autora, 2022.

Figura 72 - Valores do parâmetro Turbidez na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



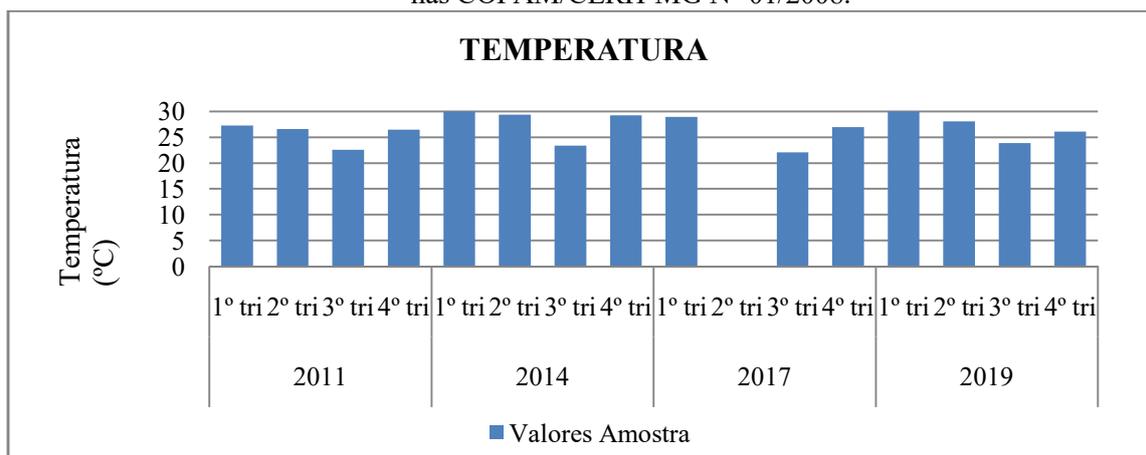
Fonte: Autora, 2022.

Figura 73- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 74- Valores do parâmetro Temperatura na estação RD098 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Para a estação de monitoramento RD098 destaca-se como parâmetro que teve seu limite fora dos padrões estabelecidos pela legislação o parâmetro Coliformes termotolerantes em todo os anos avaliados, sendo destaque com valores mais elevados o período do 1º, 2º 4º trimestre de 2011, 1º trimestre de 2014, 1º trimestre de 2017 e 2º trimestre de 2019. Fósforo Total não teve seu limite fora dos padrões, porém teve oscilações no 2º trimestre de 2011, e em 2014 no 1º e 3º trimestre.

Souza *et al.* (2017) em estudos realizados na sub-bacia hidrográfica do rio próximo estado de Sergipe, observaram resultado semelhante, constatando que todos os pontos de coleta apresentam maiores níveis de contaminação por coliformes. Verificou-se a presença de coliformes totais e termotolerantes em todos os ambientes de amostragem, sendo observado que o nível de contaminação aumenta a partir da nascente indo em direção foz.

Em consulta aos Dados do SNIS verifica-se a inexistência de dados sobre índices operacionais de esgotamento sanitário conforme ilustra a tabela 11 abaixo.

Tabela 11- Dados de esgotamento sanitário nos municípios a montante da estação RD098.

Município	Ano	IN015_AE - Índice de coleta de esgoto (percentual)	IN016_AE - Índice de tratamento de esgoto (percentual)	IN024_AE - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (percentual)
Santana do Manhuaçu	2011	**	**	**
	2014	**	**	**
	2017	**	**	**
	2019	**	**	**

\*\* Sem Informação no SNIS

Fonte: Autora, 2022 adaptado do SNIS.

Levando em consideração a alteração do parâmetro coliformes termotolerantes na estação RD097 indica que este está recebendo esgotos sem tratamento ou interferência de atividades de bovinocultura ou suinocultura.

#### 5.1.6-Estação RD065

A estação RD065 está localizada no município de Aimorés. Possui área de 8678,47 km<sup>2</sup>, a mesma abrange as demais estações estudadas e engloba os demais municípios da bacia sendo que somente os municípios Santa Rita do Itueto, Alvarenga e Pocrane possuem somente a sede dentro da mesma, sendo a bacia caracterizada pela existência de diversos distritos e aglomerados rurais. O município com sede mais próxima a estação de monitoramento é Alvarenga com aproximadamente 85 quilômetros de distancia.

Segundo o Censo Agropecuário do IBGE no ano de 2017 os municípios de Santa Rita do Itueto, Alvarenga e Pocrane como principal lavoura permanente o café. Já como lavoura temporária no município de Alvarenga predomina o feijão e nos demais o milho, conforme ilustra a tabela 12.

Tabela 12- Dados Censo Agropecuário 2017 Municípios da estação RD064.

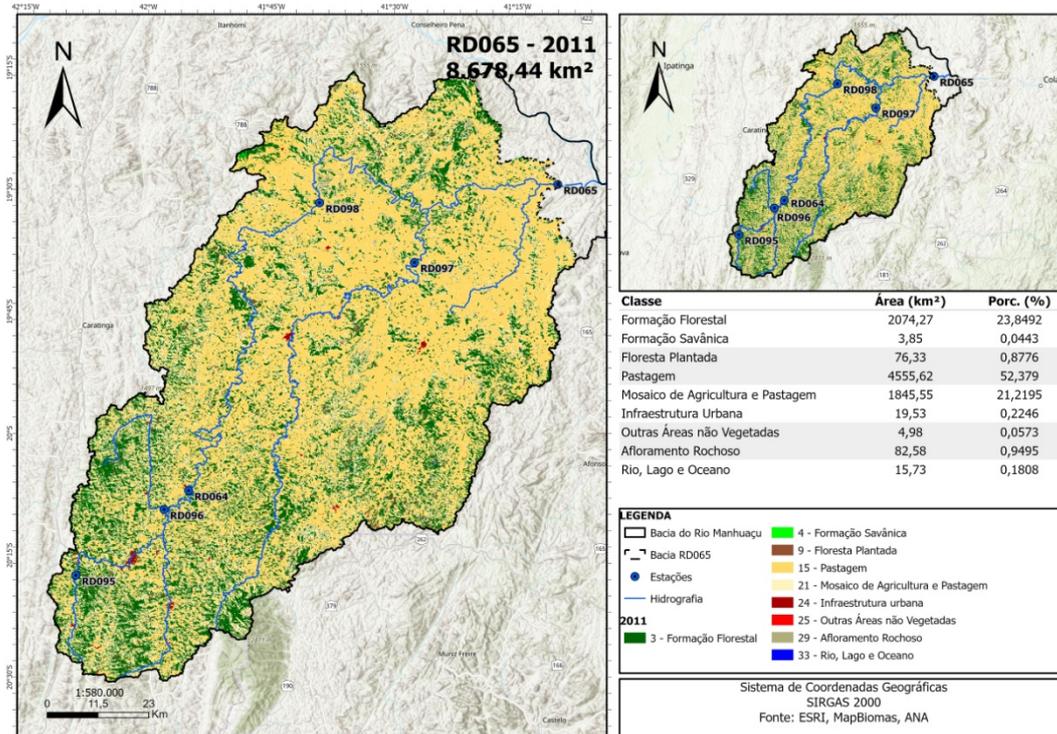
Município	Lavoura		Pastagem		Mata ou Floresta		Lavoura	
	Permanente	Temporárias	Naturais	Plantadas em boas condições	Naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	Florestas plantadas	Permanente com Área colhida nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais	Temporária com Área colhida nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais
Santa Rita do Itueto	5.835 ha	35 ha	9.297 ha	6.680 ha	10.073ha	269 ha	Café - 4.302 ha	Milho – 18 ha
Alvarenga	1.193 ha	203 ha	3.444 ha	10.151 ha	942 ha	**	Café- 911 ha	Feijão -49 ha
Pocrane	738 ha	563 ha	10.070 ha	32.787	9.637 ha	537 ha	Café -370 ha	Milho -113 ha

\*\*Sem Informação no site IBGE

Fonte: Autora, 2022.

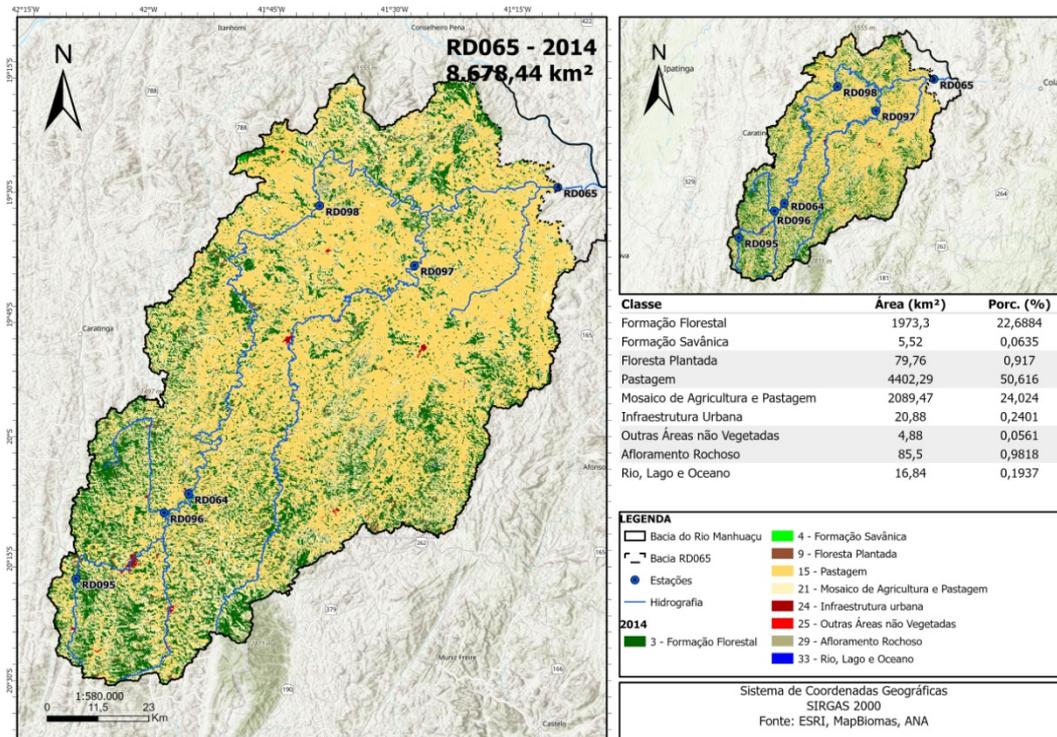
De acordo com IDE SISEMA consta que em parte do território da bacia encontra-se o parque estadual de Sete Salões, uma unidade de conservação estadual com área de 3.439 hectares. As figuras 75 a 78 ilustram o uso e ocupação do solo na bacia.

Figura 75- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD065 ano 2011.



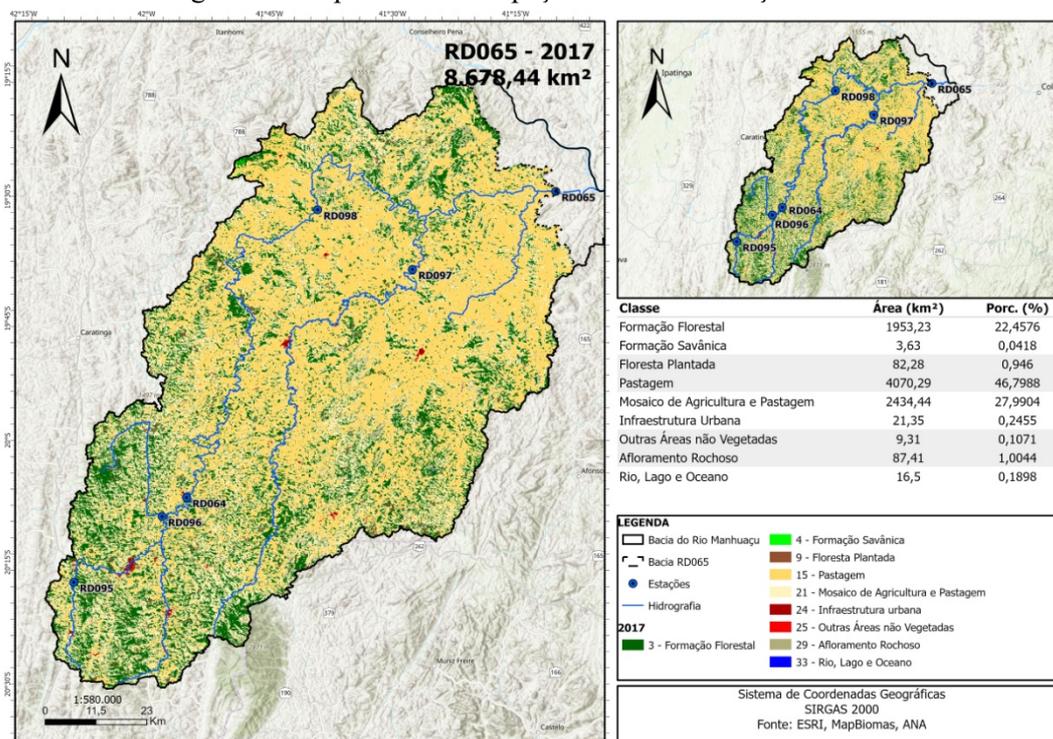
Fonte: Autora, 2022.

Figura 76- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD065 ano 2014.



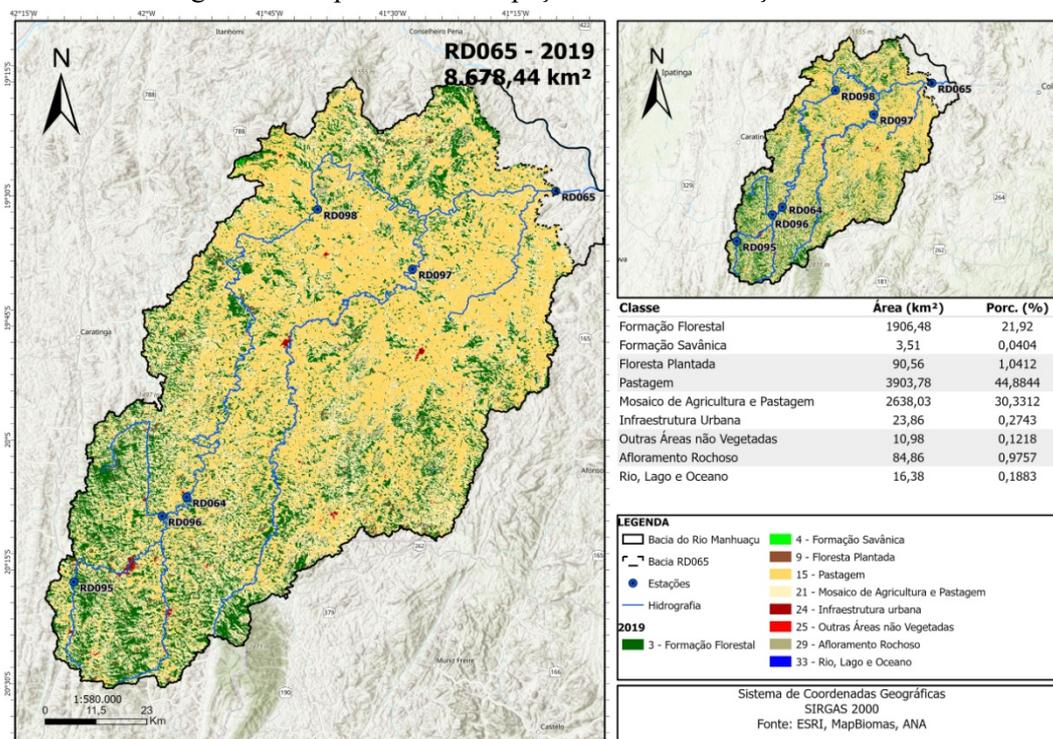
Fonte: Autora, 2022.

Figura 77- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD065 ano 2017.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 78- Mapa de uso e ocupação do solo da estação RD065 ano 2019.



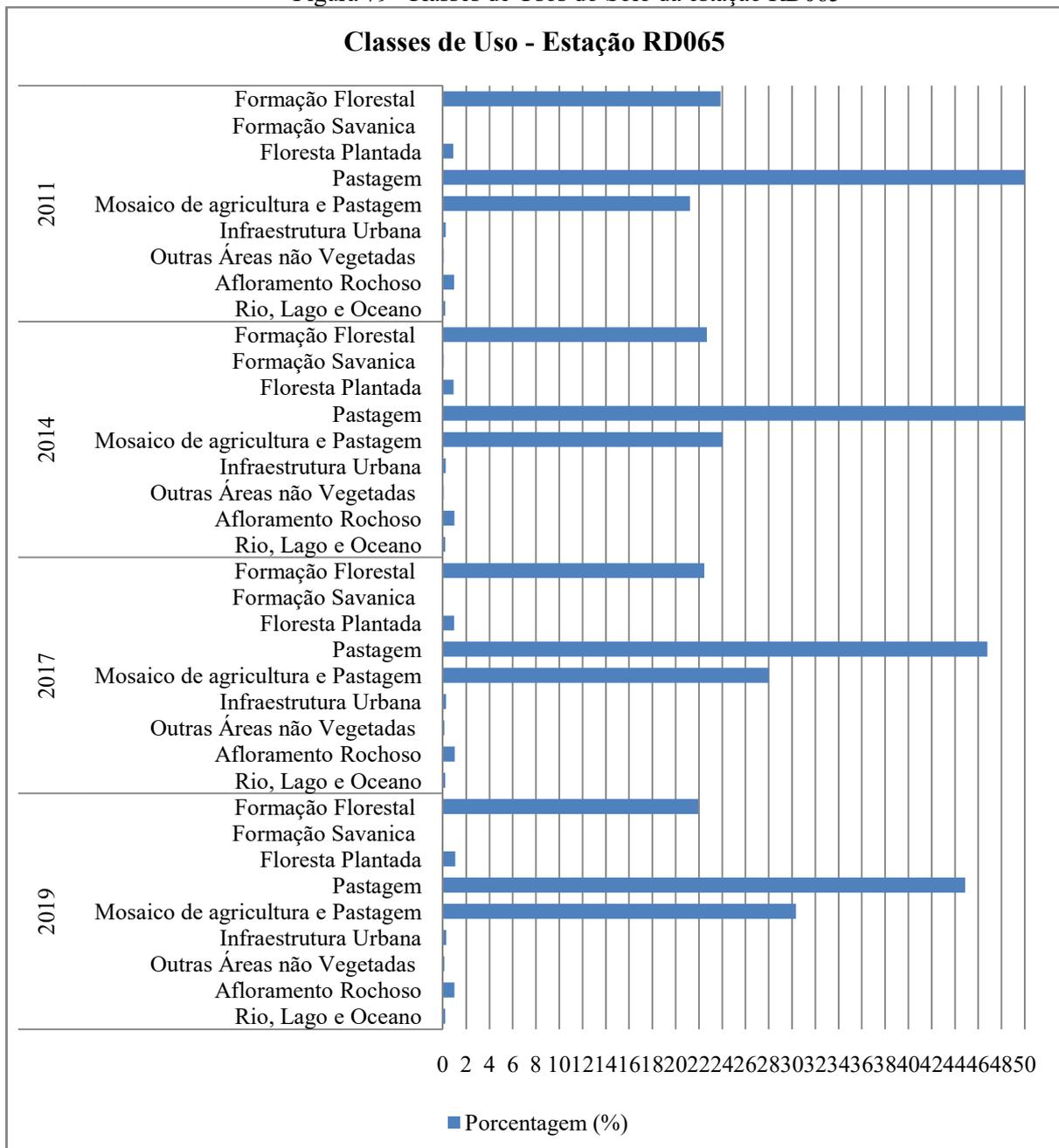
Fonte: Autora, 2022.

Verifica-se na parte mais alta da bacia uma prevalência de formação florestal e a parte baixa é caracterizada por grandes áreas de agricultura e pastagem. Destacam-se as áreas de agricultura e pastagem com evolução nos anos estudados sendo quem em 2011 registrou-se uma área de 1845,55

km<sup>2</sup> com percentual de 21,21%, em 2019 áreas de 2434,44 km<sup>2</sup> com percentual de 27,99%. Quanto a Floresta plantada teve um progresso, em 2011 a sua representatividade na bacia era de 76,33 km<sup>2</sup> com 0,87%, em 2014 sua área era 79,76 km<sup>2</sup> com 0,91%, 2017 com área de 82,28 km<sup>2</sup> com 0,94% e 2019 sua representação foi de 90,56km<sup>2</sup> com 1,04%. A presença de lavouras de café e produção de gado é tradicional das regiões de cabeceira da bacia do rio Manhuaçu, sendo essencial a adoção de práticas adequadas de manejo para promoção da infiltração de água no solo. A adoção de medidas de conservação de solo e água promove a infiltração, o aumento nível de lençóis freáticos e regulação dos cursos d'água (BARBOSA, 2019).

A figura 79 ilustra o arranjo das classes de uso do solo na estação RD065.

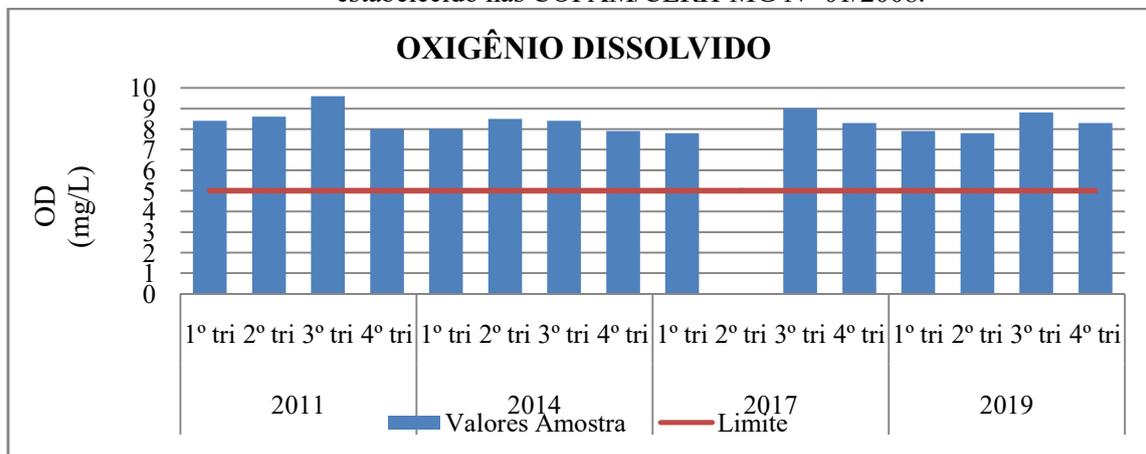
Figura 79- Classes de Usos do Solo da estação RD065



Fonte: Autora, 2022.

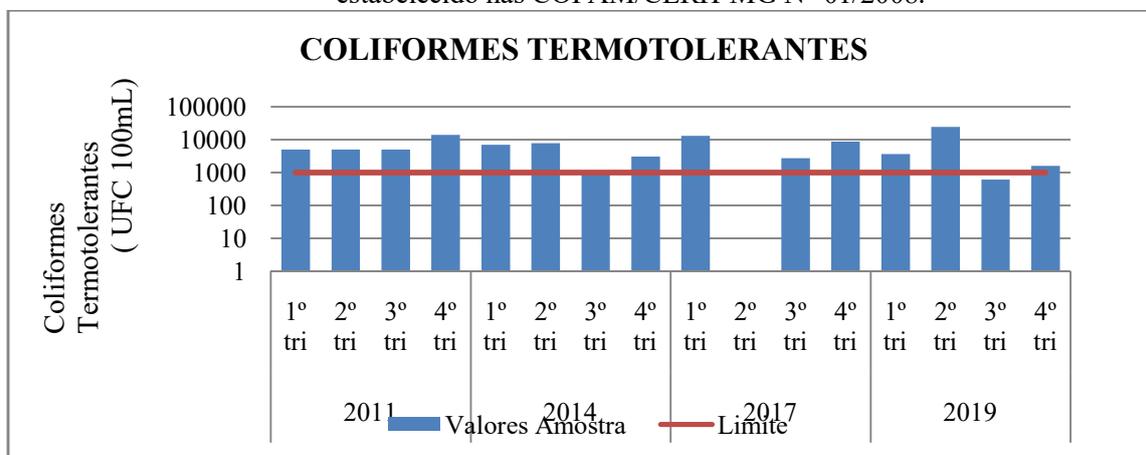
As figuras 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87 e 88 apresentam os gráficos que relacionam os resultados da análise dos parâmetros que compõe o IQA com a estação RD065 com os valores encontrados em cada trimestre do período de estudo.

Figura 80- Valores do parâmetro Oxigênio Dissolvido na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



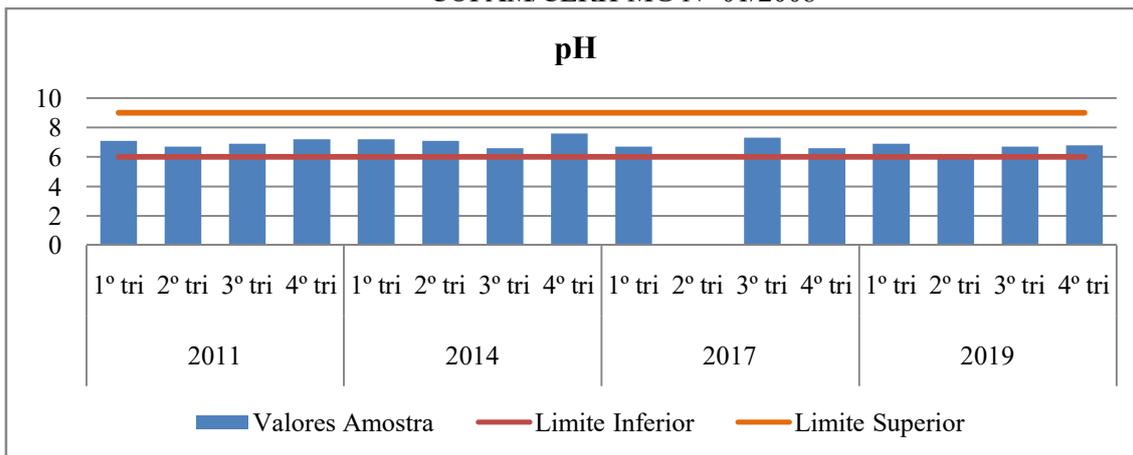
Fonte: Autora, 2022.

Figura 81-Valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



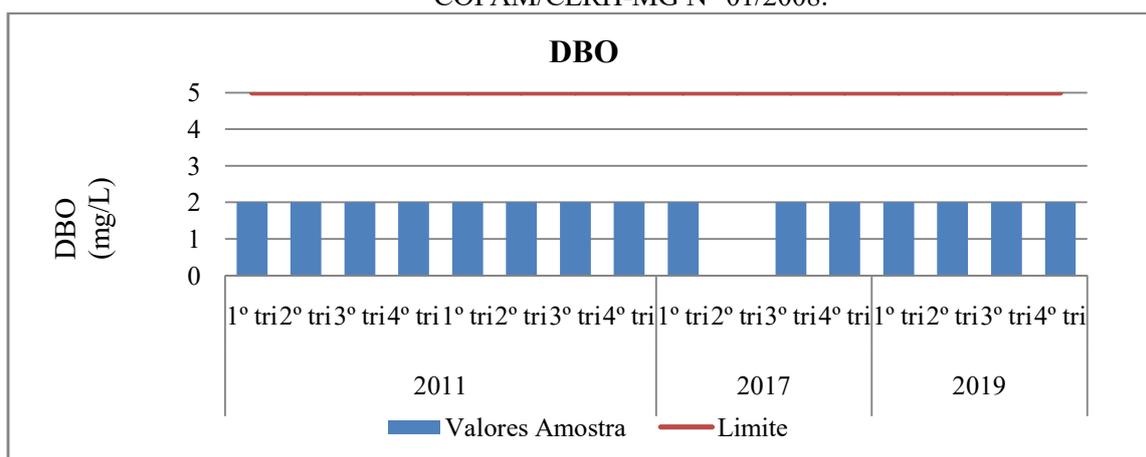
Fonte: Autora, 2022.

Figura 82- Valores do parâmetro Ph na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008



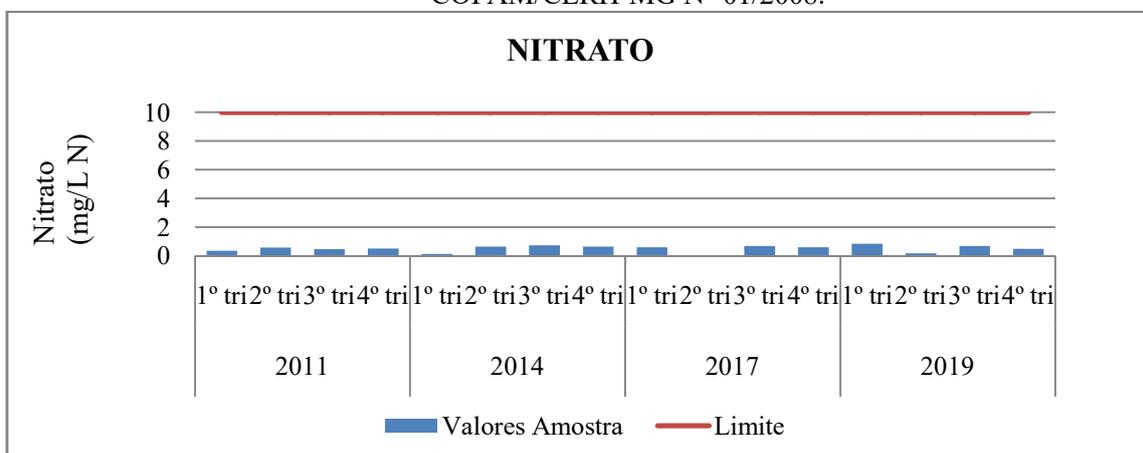
Fonte: Autora, 2022

Figura 83- Valores do parâmetro DBO na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



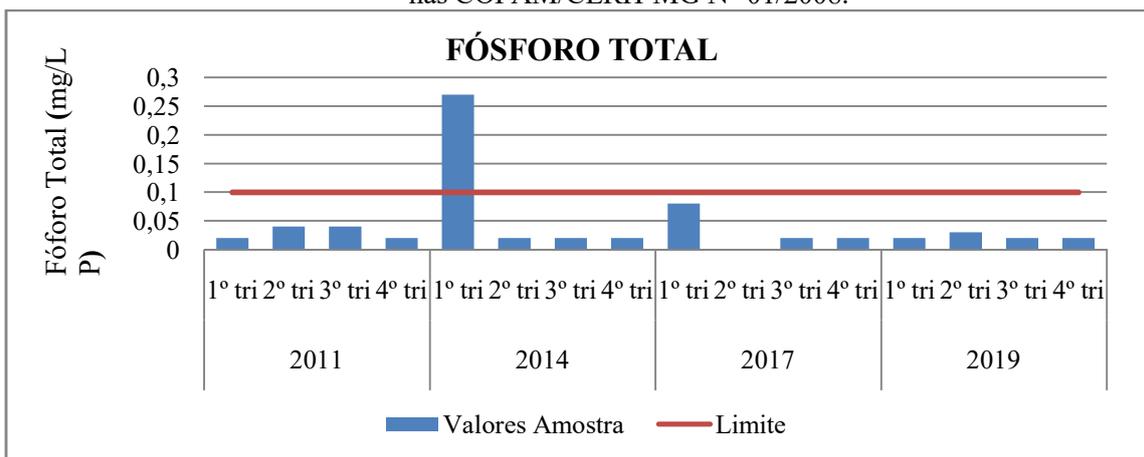
Fonte: Autora, 2022

Figura 84- Valores do parâmetro Nitrato na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



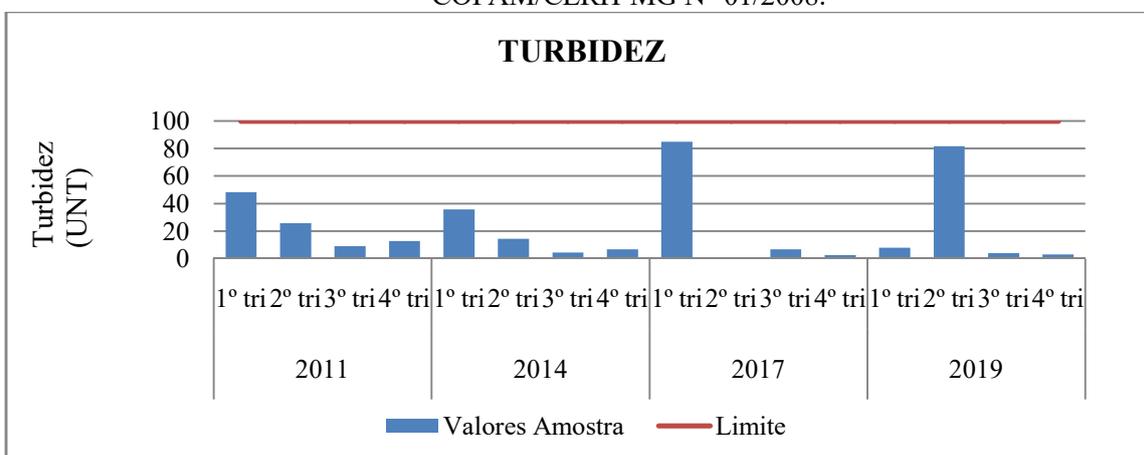
Fonte: Autora, 2022.

Figura 85- Valores do parâmetro Fósforo Total na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



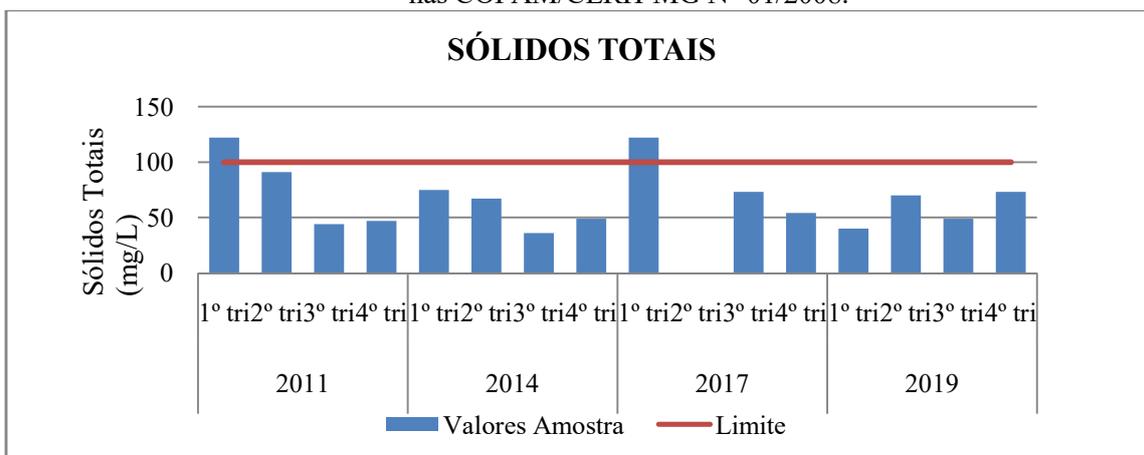
Fonte: Autora, 2022.

Figura 86- Valores do parâmetro Turbidez na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



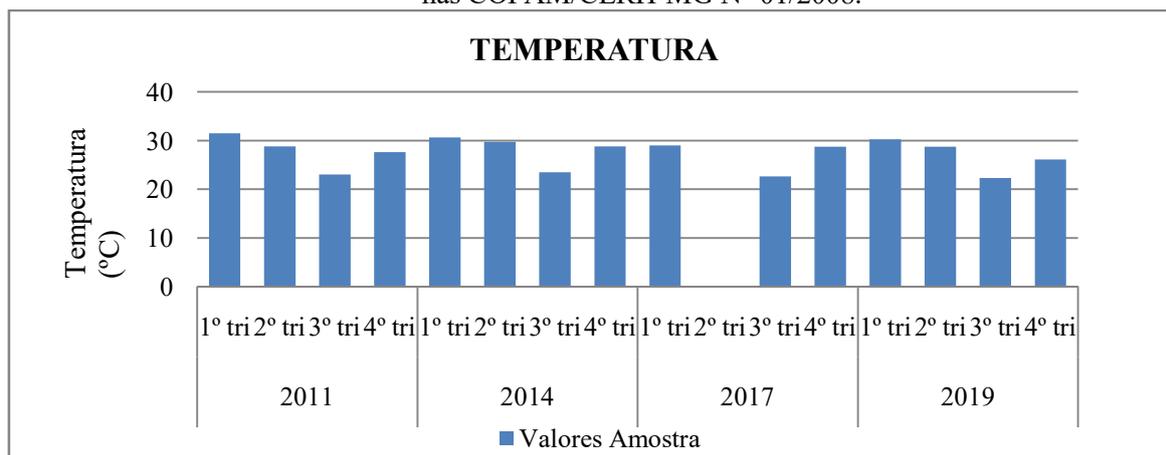
Fonte: Autora, 2022

Figura 87- Valores do parâmetro Sólidos Totais na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 88-Valores do parâmetro Temperatura na estação RD065 comparando ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008.



Fonte: Autora, 2022.

Os parâmetros da estação da RD065 que apresentaram valores superiores ao limite da legislação foram: Coliformes termotolerantes, fósforo total e sólidos totais. O parâmetro coliformes termotolerantes apresentou valores superiores ao proposto na legislação para águas classe 2 em todos os anos analisados, sendo destaque com maior valor o 4º trimestre de 2011, 1º trimestre de 2017 e 2º trimestre de 2019. O parâmetro fósforo total ultrapassou seu limite no 1º trimestre de 2014.

Barbosa (2019), em sua pesquisa sobre a qualidade da água na parte alta da bacia do Rio Manhuaçu, especificamente a montante da sede do município de Manhuaçu, verificou que a presença de coliformes foi menor ao comparado com a captação do SAAE que esta localizada a jusante do local de amostragem da pesquisa, onde recebe lançamento de esgoto doméstico. A concentração de fósforo total foi de 0,1 mg l<sup>-1</sup> para todos os locais de coleta e a maior concentração de sólidos totais na água, foi de 65,5 mg l<sup>-1</sup> entre os locais amostrados.

Com relação aos dados a respeito do saneamento básico, segundo dados do SNIS os municípios que compõe somente essa bacia apresentam os índices de esgotamento sanitário indicados no quadro abaixo. Com destaque aos municípios de Alvarenga, Pocrane Santa Rita do Itueto que apresentavam índice de tratamento de esgoto de 0%, conforme Tabela 13.

Tabela 13- Dados de esgotamento sanitário dos municípios a montante da estação RD065.

Município	Ano	IN015_AE - Índice de coleta de esgoto (percentual)	IN016_AE - Índice de tratamento de esgoto(percentual)	IN024_AE - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (percentual)
Alvarenga	2011	***	***	***
	2014	76,53	0	83,1
	2017	100	0	100
	2019	100	0	100
Pocrane	2011	***	***	***

	2014	49,97	0	99,85
	2017	49,44	0	50,6
	2019	80,08	0	81,6
Santa Rita do Ituetto	2011	***	***	***
	2014	***	***	***
	2017	61,22	0	100
	2019	***	***	***
*** Sem Informação no SNIS				

Fonte: Autora, 2022 adaptado do SNIS.

A partir dos dados acima citados percebe-se uma grande influência da inexistência do esgotamento sanitário na bacia, com a oscilação dos parâmetros coliformes termotolerantes, fósforo total e sólidos totais. A mudança de classe de pastagem para mosaico de agricultura e pastagem foi essencial para apresentação desses dados.

## 5.2- Aplicação de Índices para Qualidade da Água – IQA

De acordo com os dados da estação RD095, apresentados na Tabela 14, nota-se que o comportamento do IQA durante o período estudado variou de médio a bom, sendo que 33,4 % apresentaram valores de classes médio e 66,6% bom.

Tabela 14-IQA da estação RD095.

Período	Chuva							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	1	4	1	4	1	4	1	4
RD095	Bom		Ruim		Bom		Bom	
Período	Seca							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	2	3	2	3	2	3	2	3
RD095	Bom		Bom		Ruim		Bom	

Fonte: Autora, 2022.

No entanto os valores do IQA da estação RD096 apresentaram uma variação de ruim, médio e bom. Das amostras abaixo 6,7 % apresentaram classe ruim, 13,3% classe bom e 80 % classe média. No 4º trimestre de 2011 o valor do IQA apresentou a classificação ruim, estando esse resultado ligado à existência dos parâmetros fora do limite da legislação, destacando coliformes termotolerantes, fósforo total, turbidez e sólidos totais. O parâmetro coliformes termotolerantes representa 17% no valor do cálculo do IQA, seguidos de 10% de fósforo total, 8% de turbidez e sólidos totais.

No 4º trimestre de 2014 e 3º trimestre de 2019 o valor do IQA foi classificado como bom, em análise aos parâmetros observa-se que os valores dos parâmetros que o compõe se mantiveram

dentro do limite, exceto coliformes termotolerantes que não se manteve, no entanto, a sua oscilação foi pouca em comparação aos demais anos. Os dados estão ilustrados na Tabela 15.

Tabela 15-IQA da estação RD096.

Período	Chuva							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	1	4	1	4	1	4	1	4
RD096	Amarelo	Vermelho	Amarelo	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Período	Seca							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	2	3	2	3	2	3	2	3
RD096	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde

Fonte: Autora, 2022.

Os valores de IQA referentes à estação RD064 apresentam na Tabela 16 abaixo, nota-se uma variação de ruim, médio e bom no período estudado. Foram 6,7 % classificadas como ruim, 40% médio e 53,3 % bom. No 4º trimestre de 2011 apresentou a classificação ruim e, analisando os parâmetros que compõem o índice, verifica-se que os parâmetros coliformes termotolerantes, fósforo total, turbidez e sólidos totais apresentaram valores fora do limite permitido na legislação para recursos hídricos com classe 2.

Tabela 16-IQA da estação RD064.

Período	Chuva							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	1	4	1	4	1	4	1	4
RD064	Amarelo	Vermelho	Verde	Amarelo	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Período	Seca							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	2	3	2	3	2	3	2	3
RD064	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde	Amarelo	Verde	Amarelo	Verde

Fonte: Autora, 2022.

A estação RD097 apresentou valores de IQA com variação de médio e bom, foram 20% classificadas como classe médio e 80% como classe bom (Tabela 17). Os parâmetros que excederam o limite no ano de 2011 no período de 1º e 2º trimestre foram coliformes termotolerantes e sólidos totais e 1º trimestre de 2014 coliformes termotolerantes, conforme ilustra a Tabela 17.

Tabela 17- IQA da estação RD097.

Período	Chuva							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	1	4	1	4	1	4	1	4
RD097								
Período	Seca							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	2	3	2	3	2	3	2	3
RD097								

Fonte: Autora, 2022.

Com relação à estação RD098, esta apresentou valores de IQA com variação de médio e bom, foram 6,6% classificadas como classe médio e 93,3% como classe bom, apresentado na Tabela 18. Os parâmetros que excederam o limite no ano de 2011 no período de 2º trimestre foram coliformes termotolerantes.

A estação em estudo foi a que apresentou melhor qualidade de água na área de estudo, analisando suas características observa-se que a distância da sede de Santana do Manhuaçu até a estação de monitoramento é de aproximadamente 80 quilômetros.

Tabela 18- IQA da estação RD098.

Período	Chuva							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	1	4	1	4	1	4	1	4
RD098								
Período	Seca							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	2	3	2	3	2	3	2	3
RD098								

Fonte: Autora, 2022.

Quanto à estação RD065, esta apresentou valores de IQA com variação de médio e bom, foram 26,7% classificadas como classe médio e 73,3% como classe bom, conforme Tabela 19. No período em quem apresentou a classe médio coliformes termotolerantes apresentou fora dos limites, sólidos totais excedeu valor em 1º trimestre de 2014 e 1º trimestre de 2017, fósforo total excedeu valor no período do 1º trimestre de 2014.

Tabela 19-IQA da estação RD065.

Período	Chuva							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	1	4	1	4	1	4	1	4
RD065								
Período	Seca							
	2011		2014		2017		2019	
Estação	2	3	2	3	2	3	2	3
RD065								

Fonte: Autora, 2022.

A bacia apresentou os seguintes resultados para o IQA, no período de chuva 25 amostras foram classificadas como bom, 21 médio e 2 ruim, no período da seca contatou 26 amostras com classe bom, 17 médio.

Em estudo realizado por Santos *et al.*(2018), foram obtidos valores de IQA que classificaram a bacia como aceitável, boa e ótima. Sendo que, 2,5% obtiveram o índice aceitável, 92,5% foram classificadas como boas e 5,0% classificadas como ótimas, os fatores que influenciaram negativamente para esses resultados foram os parâmetros coliformes termotolerantes e pH.

Em análise no Alto Curso do Rio Manhuaçu explicou uma mudança significativa no padrão de uso do solo na área de estudo no período de dez anos, sendo destaque as atividades agrícolas, com crescimento acentuado e, no entanto categoria Capoeira e Campo alcançaram um decréscimo, tal mudança pode contribuir para o aumento da carga de nutrientes encaminhados ao curso d'água (NEIVA, 2021).

Barbosa (2019) analisou o IQA em seis pontos de monitoramento a montante da sede do município de Manhuaçu, onde em 03 pontos teve a classe ruim e 03 como classe regular. O SAAE de Manhuaçu analisou a qualidade de água em 03 pontos de interesse do serviço, e constatou níveis abaixo dos determinados pela resolução CONAMA 357/2005.

## **6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em análise ao uso e ocupação do solo verifica-se que em todas as estações estudadas as classes que se destacaram foram formação florestal, pastagem e mosaico de agricultura e pastagem, ocorreu redução de área da classe formação florestal e pastagem e o aumento da classe mosaico de agricultura e pastagem. A estação que apresentou maior alteração de valores de classes foi à estação RD096 com redução de 11,6% da classe pastagem e crescimento da classe mosaico de agricultura e pastagem em 10,83% a classe formação florestal teve uma redução de 0,63%.O levantamento do uso e ocupação do solo da bacia mostrou uma alteração da classe pastagem para o mosaico de agricultura e pastagem, evidenciando uma atividade que pode provocar processos erosivos causando poluição das águas. Verificou a deficiência de áreas de APP com formação florestal, sabe-se que a mesma é de suma importância para a preservação do solo e conseqüentemente da água de uma bacia hidrográfica.

Os parâmetros que apresentaram limites divergentes do aceitável pela DN COPAM/CERH n° 01/2008 foram: sólidos totais, coliformes termotolerantes, turbidez, fósforo. Em todas as estações o parâmetro coliformes termotolerantes excedeu o limite permitido pela legislação, no entanto a estação RD096 apresentou valores superiores ao comparado as demais estações, essa

estação possui como característica a existência de uma infraestrutura urbana próxima ao ponto de monitoramento, onde não há tratamento de esgoto. A estação que apresentou menores valores de Coliformes termotolerantes foi à estação RD065 estação caracterizada por possui infraestrutura urbana a 85 quilômetros de distancia em relação ao ponto de monitoramento.

A deficiência na coleta e tratamento de esgotos nas cidades localizadas dentro da bacia hidrográfica tem resultado em uma parcela significativa de carga poluidora chegando aos corpos d'água, esse déficit contribuiu muito para valores elevados do IQA, pois o parâmetro de coliformes é o segundo parâmetro de maior peso no cálculo do Índice e apresentou limites fora do padrão para águas classes 2 em todas as estações do estudo.

Diante do estudo verifica-se a necessidade de ações voltadas ao tratamento de esgoto dentro da bacia, e implementação de ações voltadas à restauração e conservação das áreas de preservação permanente, visando reduzir os impactos do uso do solo na bacia. Por fim, ressalta-se a importância de estudos na referida bacia hidrográfica com o objetivo de acompanhar a variação nas características das águas ao longo do tempo e de detectar suas alterações, devido à influência exercida pelo uso e ocupação do solo.

## 7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Caderno de Recursos Hídricos, Brasília, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água**. Cadernos de capacitação em recursos hídricos. v.5, Brasília, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?** Cadernos de capacitação em Recursos Hídricos. v.5, Brasília, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas**.

ALMEIDA, A. M.; PAULA, E. V. Áreas de preservação permanente de topos: das alterações na legislação brasileira às suas diferentes interpretações. **Confins**, n.37, 2018.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. B. Seleção Dos Indicadores Da Qualidade Das Águas Superficiais Pelo Emprego Da Análise Multivariada. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v.27, nº 3, p.683-690, 2007.

BASTOS, S. Q.; JUNIOR, A. A. B.; GOMES, B. S. M.; DINIZ, J. A. S. Evidências entre a Qualidade das Bacias Hidrográficas e as Características dos Municípios de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba-SP, vol. 56, nº 01, p. 143-162, 2018.

BARBOSA, R. A. **Estudos hidrológicos da bacia hidrográfica do Rio Manhuaçu, MG**. 2019. 120 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019.

BERNARDES, A.M. **Uso e ocupação do solo e qualidade da água na bacia do córrego do Engenho, Viçosa, Minas Gerais**. Dissertação mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa. 2009.

BRASIL. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União. Brasília. 2005.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1997.

BRASIL. **Lei Estadual nº 20.922**, de 16 de outubro de 2013. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2013.

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Diário Oficial da União, Brasília. 1934.

BRASIL. **Lei Nº 11.445**, De 5 de janeiro De 2007. Diário Oficial da União, Brasília, 2007.

BRASIL. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. SNIS - Série Histórica. Brasília: SNIS, 2011.

BRASIL. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. SNIS - Série Histórica. Brasília: SNIS, 2014.

BRASIL. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. SNIS - Série Histórica. Brasília: SNIS, 2017.

BRASIL. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. SNIS - Série Histórica. Brasília: SNIS, 2019.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO DOCE.

CALMON, A. P. S.; SOUZA, J. C.; REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Uso combinado de curvas de permanência de qualidade e modelagem da autodepuração como ferramenta para suporte ao processo de enquadramento de cursos d'água superficiais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre-RS, vol. 21, n.1, p. 118 – 133, 2016.

CAMPOS, S.; CARDOSO, L. G. CAMPOS, M.; NARDINI, R. C.; RODRIGUES, B. T.; RODRIGUES, M. T.; TAGLIARINI, N. F. S.; POLIZELI, D. Traficante Geoprocessamento aplicado no diagnóstico dos conflitos de uso e ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente no Ribeirão das Agulhas. **InterEspaço**,. Grajaú/MA, v. 2, n. 6 p. 163-175.2016.

CHIARELLO, M.; GRAEFF, R. N.; MINETTO, L.; CEMIN, G.; SCHNEIDERB, V. E.; MOURA. Determinação de agrotóxicos na água e sedimentos por hplc-hrms e sua relação com o uso e ocupação do solo. **Química Nova**. Vol. 40, No. 2, 158-165, 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Doces no Estado de São Paulo. **Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. São Paulo: CETESB, 2017.

DALMAS, F.B; VARGAS, R, R; SAAD, A. R; MARCIO, R.M; ANDRADE, J.A;ARRUDA,R.O.M. Reflexos do uso e ocupação do solo na qualidade da água do rio Embu-Guaçu, região metropolitana de São Paulo. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 34, n. 1, p.130-144, 2015.

FEIL, A, A.; STRASBURG, V.J.; SPILKI, F.R. Variáveis intervenientes na existência de comitês de bacias hidrográficas no Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté-SP, v.12 , n. 2, p.340-350, 2017.

FERNANDES, M.M.; CEDDIA, M.B.; FERNANDES, M.R.M.; GUIMARÃES, G.S.C. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Palmital, Macaé – RJ. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Espírito Santo do Pinhal-SP, v. 8, n. 2, p. 105-116, 2011.

FIA, R.; TADEU, H. C.; MENEZES, J. P. C.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. F. C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre-RS v. 20, n. 1. p. 267-275, 2015.

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM. **Minas trata esgoto: plano de ações estratégicas para redução do lançamento de carga poluidora nas bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais** / Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo Horizonte: FEAM, 2019.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAUDE –FUNASA. **Manual de Saneamento**. Brasília-DF. 5º revisão. 2019.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS -IGAM. **Projeto Águas de Minas**. Belo Horizonte. 2021.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS -IGAM. **Planos diretores de recursos hídricos de bacias hidrográficas**. IGAM. Belo Horizonte – MG, 2021.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Boletim Anual da Qualidade das Águas na bacia hidrográfica do Alto rio Jequitinhonha**. Gerência de Monitoramento de Qualidade das Águas. Belo Horizonte-MG. 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais Em 2019 : Resumo Executivo Anual**. Belo Horizonte-MG. 2021. Disponível em > <http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/16-duvidas/2680--resumo-executivo-2020>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Editora Parêntese. São José dos Campos/SP, 2009.

LIMA, J. G. **Elementos químicos nas águas e sedimentos do Rio Piracicaba, afluente do Rio Doce – MG**. 2009. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

LUCIO, M.Z.T.P.Q.; SANTOS, S.S.; SILVA, D.M.L. Hydrochemistry of Cachoeira River (Bahia State, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 2, p. 181-192. 2012.

MALHEIROS, T. F.; PROTA, M.G.; RINCÓN, M.A.P. Participação comunitária e implementação dos instrumentos de gestão da água em bacias hidrográficas. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté-SP, v. 8, n.1, p. 98-118, 2013.

MENEZES, J.P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS M. S.; BELLO, I. P.; FIA, RONALDO.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v.21, n.3, 2016.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.4, p.33-38, 2002.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008**. Diário Executivo de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

MINAS GERAIS. **Lei nº 12.584, de 17 de julho de 1997**. Diário Executivo de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1997.

MINAS GERAIS. **Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999**. Diário Executivo de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1999.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **GEO Brasil: Recursos Hídricos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2007.

MOREIRA, T. R; SANTOS, A.R; DALFI, R.L; CAMPOS, R.F; AMARAL, G.M; SANTOS, D.A; EUGENIO, F.C. Confronto do Uso e Ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui, ES. **Revista Floresta e Ambiente**, 141-152., 2015.

MOREIRA, G. L. **Evolução comparativa do uso e ocupação da terra em bacia hidrográfica**. 2017.79f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Florestais) - Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro –ES, 2017.

MOTTA, R. S. **Desafios Ambientais da Economia Brasileira**. Rio de Janeiro, ago. 1997.

NASCIMENTO, T. V;FERNANDES, L. L. Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo em uma Pequena Bacia Hidrográfica da Amazônia. **Ciência E Natura**, 39(1), 170–178,2016.

NEIVA, S.S. **Quantificação da carga de poluição difusa e pontual como ferramenta para planejamento no alto curso da bacia hidrográfica do rio Manhuaçu**. Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos–ProfÁgua. Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira–MG. 2021.

PACHECO, D. G. Análise das mudanças do uso e ocupação do solo no município de Araçuaí, Minas Gerais por meio de técnicas de sensoriamento remoto nos anos de 2000 e 2019.**Revista Cerrados**. Montes Claros –MG, v. 19, n. 02, p. 303-322. 2021.

PAVANIN, E. V.; CHUERUBIM, M. L.; LÁZARO, B. O.;NISHIYAMA, L. Geoprocessamento aplicado ao diagnóstico de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego Guaribas em Uberlândia – MG. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil IMED**, v. 3, n. 2 p.24-38, 2016.

PEREIRA S.R. Poluição Hídrica: causas e conseqüências. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2004.

PERES, R.B.; SILVA, R.S.; Interfaces da gestão ambiental urbana e gestão regional: análise da relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacia Hidrográfica. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. ( online) .v. 5, nº 2, p.13-25, 2013.

PIZELLA, D. G. A relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacias Hidrográficas na gestão hídrica. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté-SP, v. 10, n.3, p. 635-645, 2015.

RESENDE, Á. V. **Agricultura e qualidade da água: Contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa Cerrados. 29p. 2002.

SANTOS, L. S.; FREITAS, V. M. Poluição do solo e da Água. *In:IV Colóquio Estadual de pesquisa multidisciplinar II Congresso Nacional de pesquisa multidisciplinar*, 2019. Goiás. **Anais [...]**. Goiás: Centro Universitário de Mineiros, 2019.

SANTOS, I. N.; BATISTA, I. H.; ALBUQUERQUE, C. C. **Abastecimento público de água: um estudo na região metropolitana de Manaus-AM**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis – SC, 2017.

SANTOS, R. C.L; LIMA,A.S; CAVACALTLE,B; MELO,C.M; MARQUES,M.N. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Engenharia Sanitária e Ambiental [online]**. v. 23, n. 1, pp. 33-46,2018.

SANTIAGO, D.B; BARBOSA,H.M,FILHO,W.LLF.C.Alterações na eficiência do uso da água relacionadas com fatores climáticos e uso e ocupação do solo, na região do MATOPIBA.**Research, SocietyandDevelopment**. V. 10, n. 9, 2021.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 452 p. 2005.

SILVA, G.F.P. **Contribuições para diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Manhuaçu**. 2017. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

SILVA, G, C; FERREIRA, O. Uso e Ocupação do Solo e Cenário Tendencial de Vazões na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba - Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.12, n.01 139-159,2019.

SOUZA, Q.S; MACHADO, C. M. S; MOURA, L. O. G LIMA, F. S. Análise de coliformes totais e termotolerantes fecais em diferentes pontos da sub-bacia do rio Poxim-Sergipe, Brasil. **Agroforestalis News**, v.2, n.2, 2017.

TOLEDO, L. G. DE; NICONELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacias sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.181-186, 2002.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, A.J.; SILVA, A.L. PESSOA, E.J.; RESENDE, E.F. **Diagnóstico ambiental e análise morfométrica da microbacia do córrego Lanhoso em Uberaba – MG**. *Caminhos de Geografia*, v.9, n.25, p.1-11, 2008.

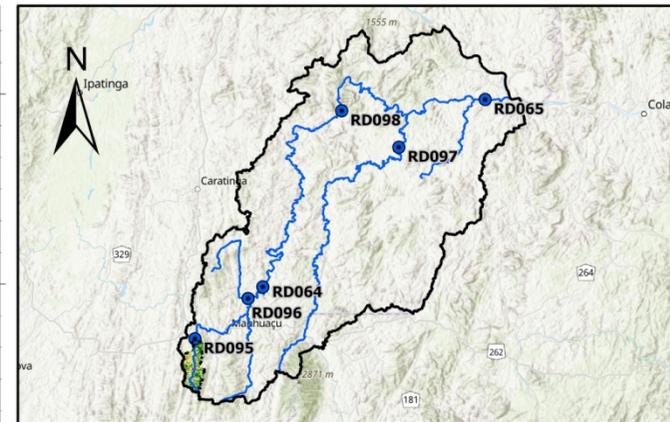
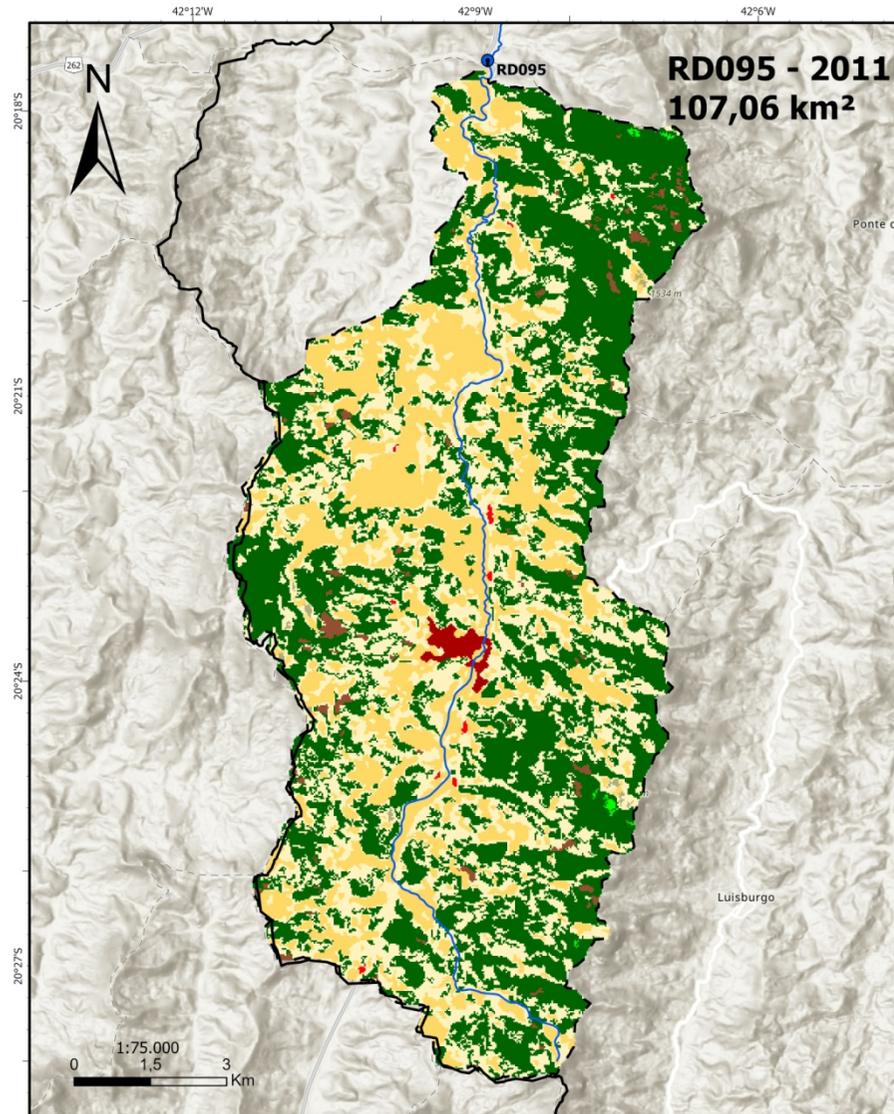
TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4. 1997.

VANZELA, L, S; HERNANDEZ, F. B. T; FRANCO, R.A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online]**.v. 14, n. 1, pp. 55-64. 2010.

WALTER, P. L. **Hidrologia Florestal Aplicada Ao Manejo De Bacias Hidrográficas**. Piracicaba-SP, 2ª Edição, 2008.

WROBLESKI, F.A; BERTOL, I; WOLSCHICK, N.H; BAGIO, B; SANTOS, V.P; BERNARDI, L; BIASIOLO, L.A. Impacto da antropização na qualidade da água e no solo de áreas ciliares avaliado em uma bacia hidrográfica na região Sul do Brasil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. 20. 074-085. 2021.

APÊNDICE A – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD095 ano de 2011



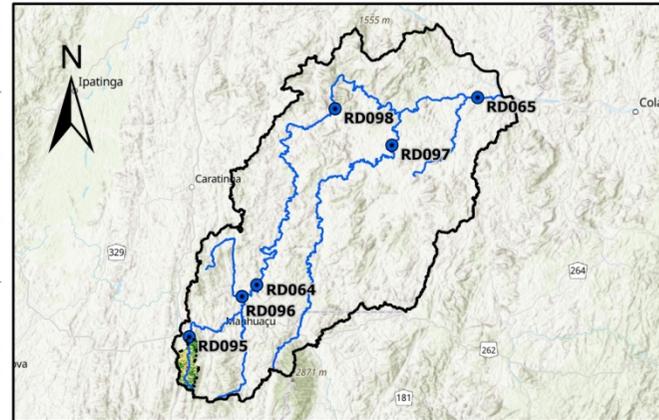
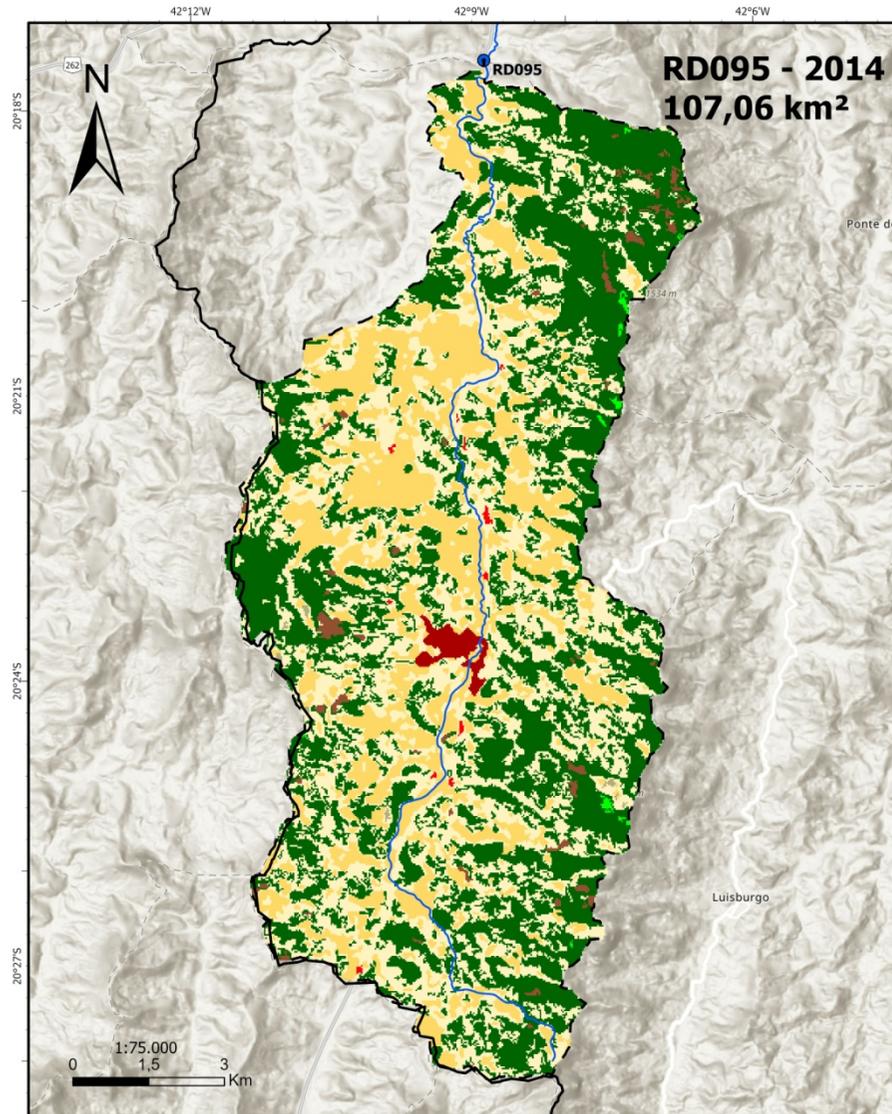
Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	46,68	43,5885
Formação Savânica	0,1	0,0901
Floresta Plantada	1,16	1,0819
Pastagem	23,63	22,0703
Mosaico de Agricultura e Pastagem	34,51	32,2227
Infraestrutura Urbana	0,69	0,6426
Outras Áreas não Vegetadas	0,12	0,116
Afloramento Rochoso	0,18	0,1658
Rio, Lago e Oceano	0	0

**LEGENDA**

	Bacia do Rio Manhuaçu		4 - Formação Savânica
	Bacia RD095		9 - Floresta Plantada
	Estações		15 - Pastagem
	Hidrografia		21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
	2011		24 - Infraestrutura urbana
	3 - Formação Florestal		25 - Outras Áreas não Vegetadas
			29 - Afloramento Rochoso
			33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

APÊNDICE B – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD095 ano de 2014



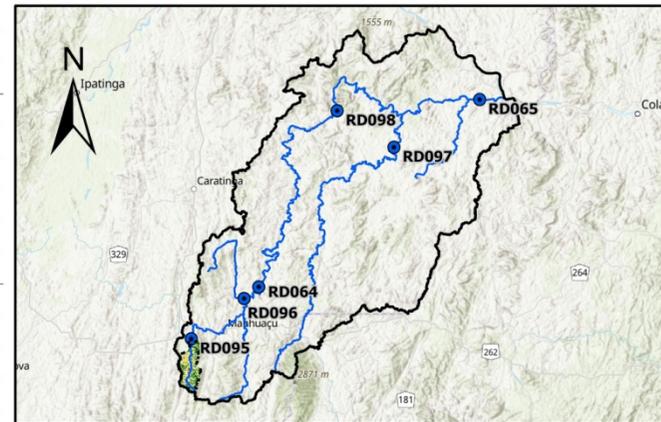
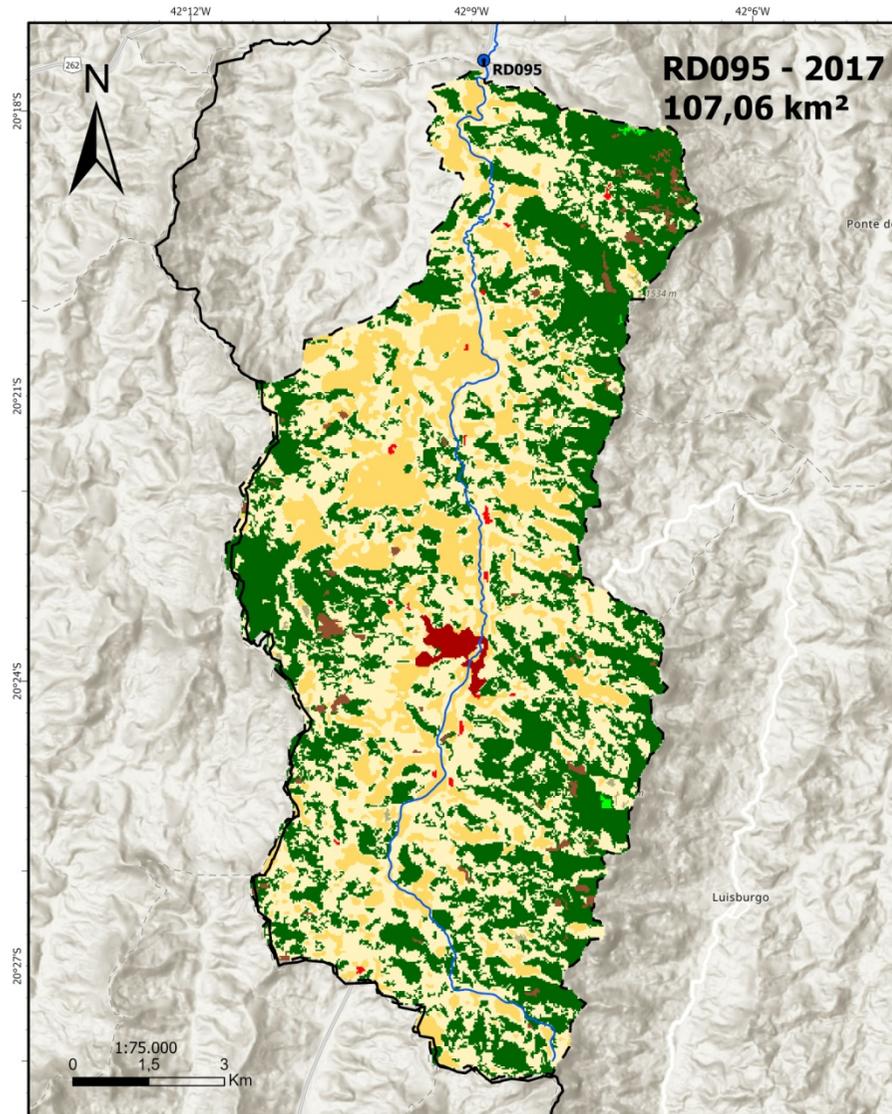
Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	44,15	41,2256
Formação Savânica	0,17	0,1624
Floresta Plantada	1,17	1,0885
Pastagem	22,81	21,301
Mosaico de Agricultura e Pastagem	37,71	35,2316
Infraestrutura Urbana	0,78	0,7247
Outras Áreas não Vegetadas	0,14	0,1287
Afloramento Rochoso	0,13	0,1185
Rio, Lago e Oceano	0	0

**LEGENDA**

Bacia do Rio Manhuaçu	4 - Formação Savânica
Bacia RD095	9 - Floresta Plantada
Estações	15 - Pastagem
Hidrografia	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
<b>2014</b>	24 - Infraestrutura urbana
3 - Formação Florestal	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso
	33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

APÊNDICE C – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD095 ano de 2017



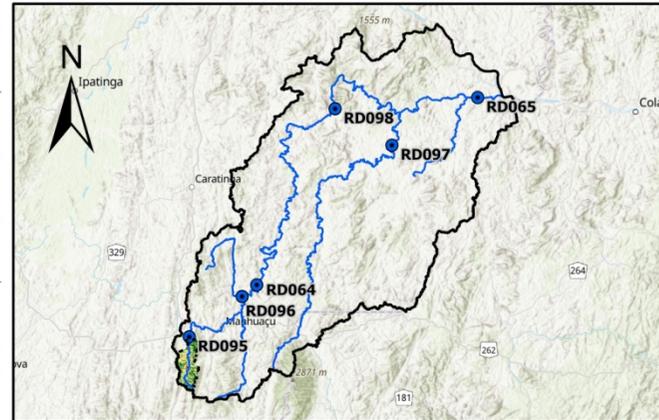
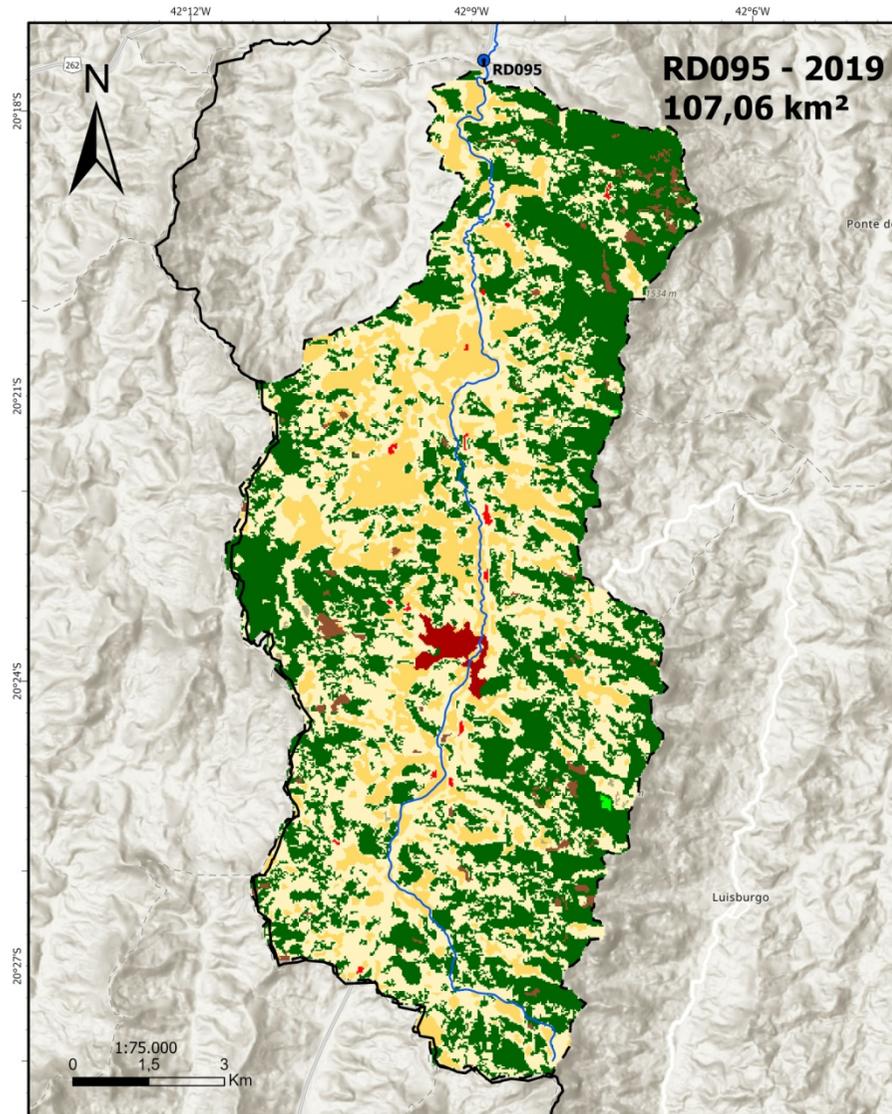
Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	40,97	38,2575
Formação Savânica	0,07	0,069
Floresta Plantada	1,25	1,1689
Pastagem	18,08	16,8847
Mosaico de Agricultura e Pastagem	45,52	42,5083
Infraestrutura Urbana	0,79	0,7397
Outras Áreas não Vegetadas	0,2	0,1838
Afloramento Rochoso	0,18	0,1748
Rio, Lago e Oceano	0	0

**LEGENDA**

Bacia do Rio Manhuaçu	4 - Formação Savânica
Bacia RD095	9 - Floresta Plantada
Estações	15 - Pastagem
Hidrografia	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
<b>2017</b>	24 - Infraestrutura urbana
3 - Formação Florestal	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso
	33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

APÊNDICE D – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD095 ano de 2019

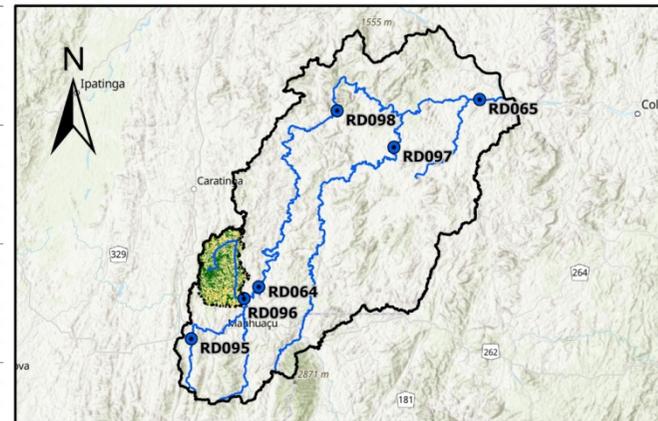
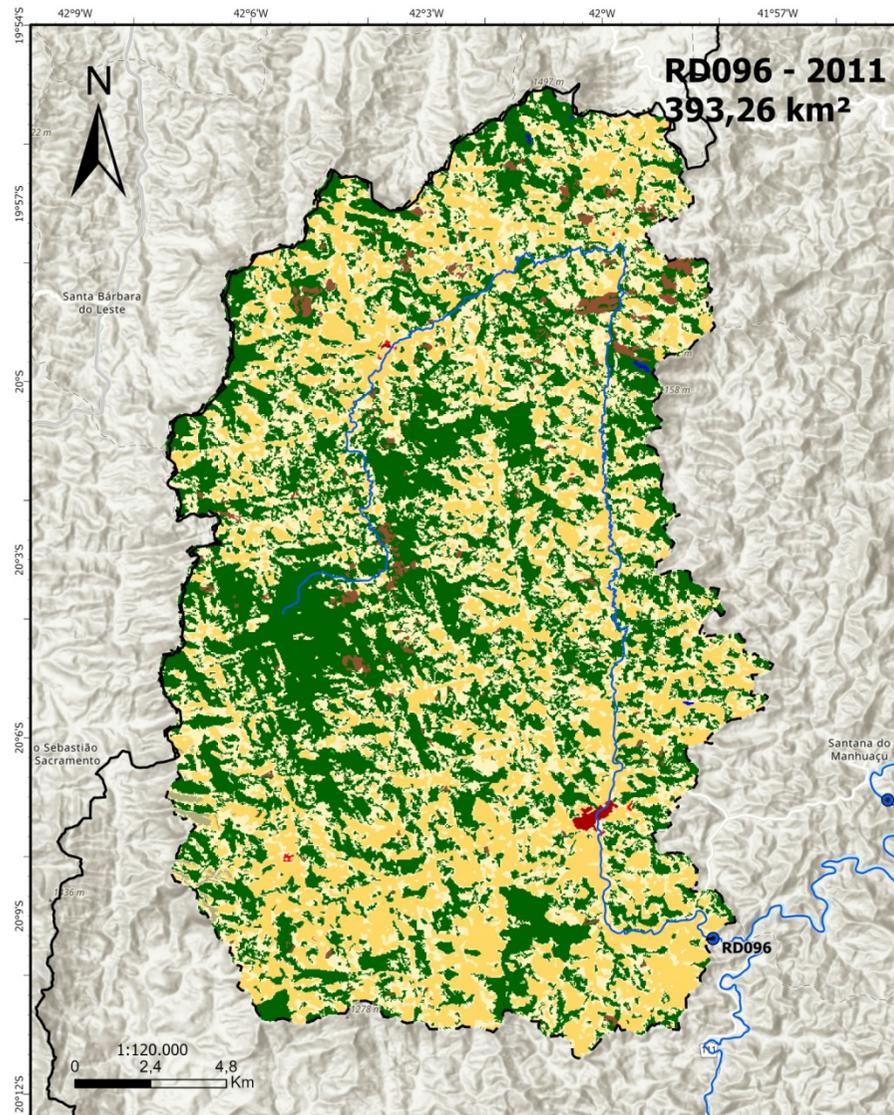


Classe	Área	Porc. (%)
Formação Florestal	44,22	41,2981
Formação Savânica	0,04	0,0406
Floresta Plantada	1,41	1,3138
Pastagem	16,52	15,4252
Mosaico de Agricultura e Pastagem	43,68	40,7912
Infraestrutura Urbana	0,88	0,8182
Outras Áreas não Vegetadas	0,2	0,1856
Afloramento Rochoso	0,11	0,12
Rio, Lago e Oceano	0	0

LEGENDA	
Bacia do Rio Manhuaçu	4 - Formação Savânica
Bacia RD095	9 - Floresta Plantada
Estações	15 - Pastagem
Hidrografia	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
<b>2019</b>	24 - Infraestrutura urbana
3 - Formação Florestal	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso

Sistema de Coordenadas Geográficas  
 SIRGAS 2000  
 Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

## APÊNDICE E – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD096 ano de 2011

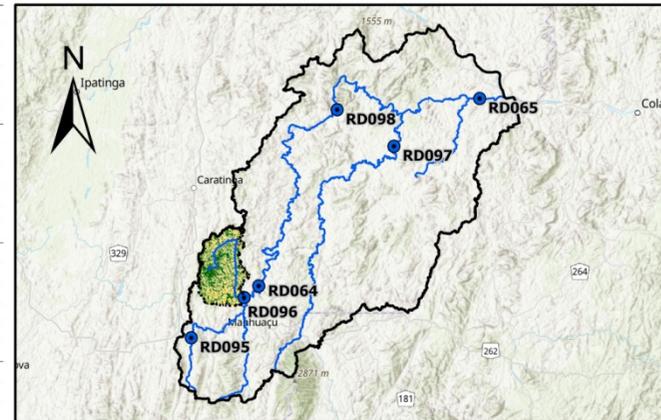
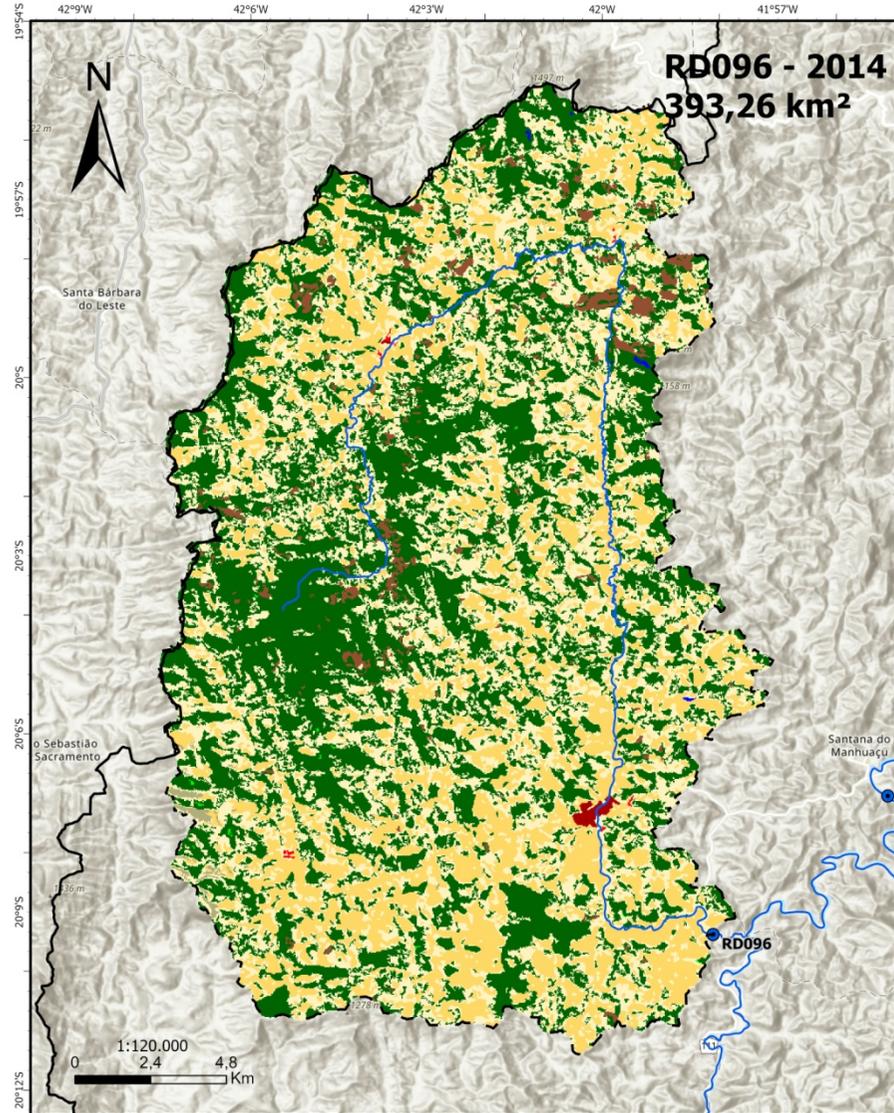


Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	158,37	40,2626
Formação Savânica	0,01	0,0025
Floresta Plantada	6,17	1,5695
Pastagem	99,24	25,2307
Mosaico de Agricultura e Pastagem	127,59	32,4383
Infraestrutura Urbana	0,58	0,1462
Outras Áreas não Vegetadas	0,15	0,0375
Afloramento Rochoso	1	0,2535
Rio, Lago e Oceano	0,12	0,0316

LEGENDA	
	Bacia do Rio Manhuaçu
	Bacia RD096
	Estações
	Hidrografia
	2011
	3 - Formação Florestal
	4 - Formação Savânica
	9 - Floresta Plantada
	15 - Pastagem
	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
	24 - Infraestrutura urbana
	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso
	33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

## APÊNDICE F – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD096 ano de 2014



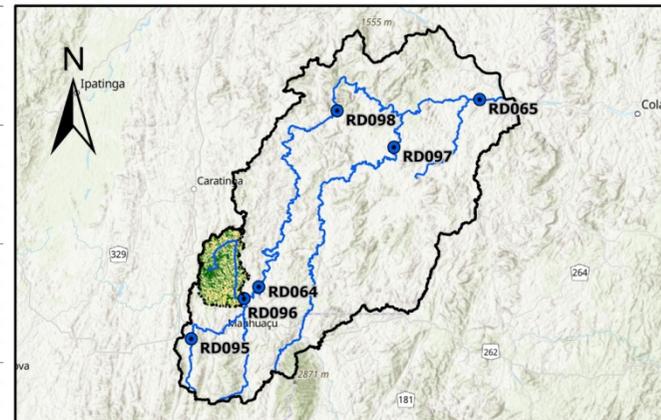
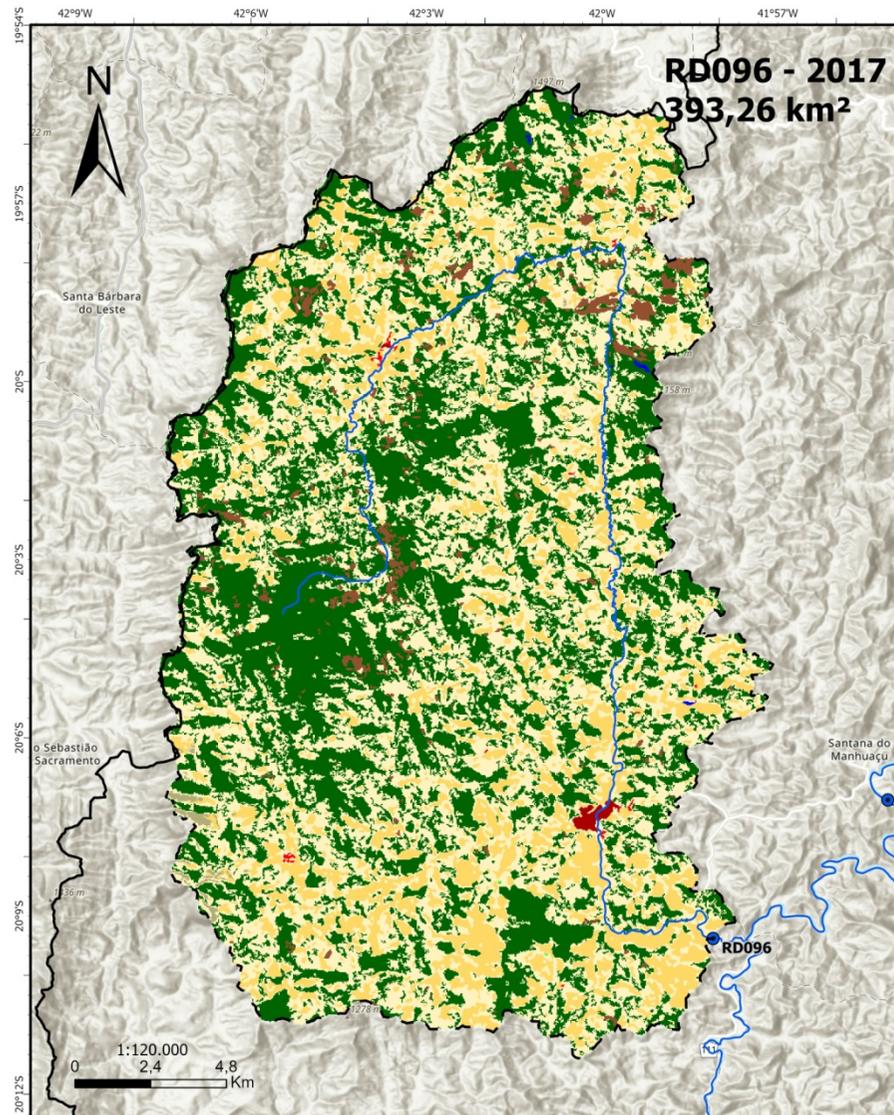
Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	156,47	39,7799
Formação Savânica	0,12	0,0303
Floresta Plantada	7,44	1,8907
Pastagem	89,75	22,8176
Mosaico de Agricultura e Pastagem	137,54	34,9676
Infraestrutura Urbana	0,64	0,1621
Outras Áreas não Vegetadas	0,17	0,0439
Afloramento Rochoso	0,98	0,249
Rio, Lago e Oceano	0,13	0,0323

**LEGENDA**

Bacia do Rio Manhuaçu	4 - Formação Savânica
Bacia RD096	9 - Floresta Plantada
Estações	15 - Pastagem
Hidrografia	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
<b>2014</b>	24 - Infraestrutura urbana
3 - Formação Florestal	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso
	33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

## APÊNDICE G – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD096 ano de 2017



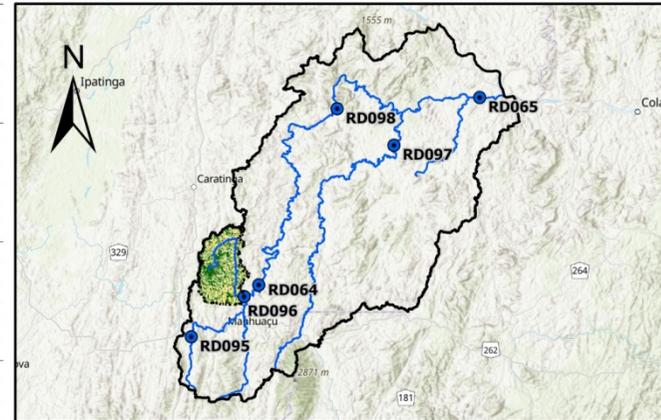
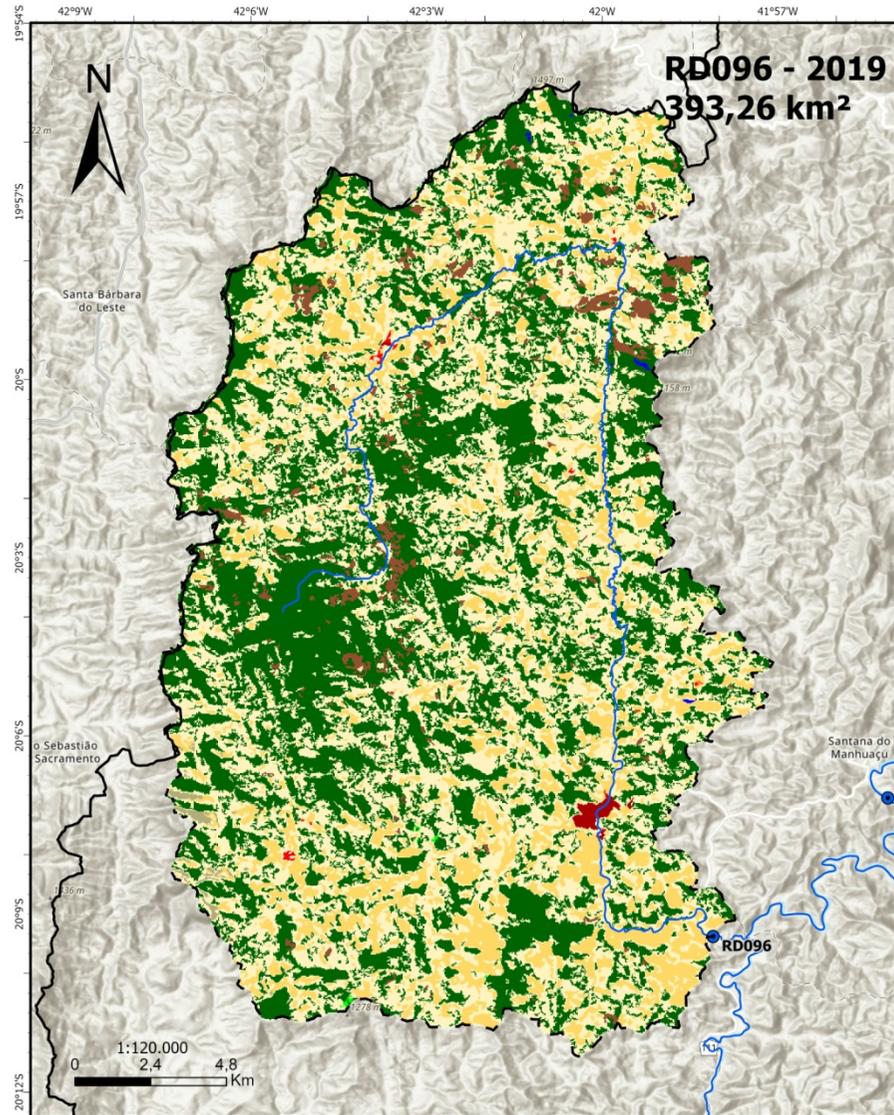
Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	155,35	39,4949
Formação Savânica	0,03	0,0072
Floresta Plantada	8,13	2,067
Pastagem	61,35	15,5964
Mosaico de Agricultura e Pastagem	166,31	42,2813
Infraestrutura Urbana	0,68	0,1678
Outras Áreas não Vegetadas	0,29	0,0736
Afloramento Rochoso	0,99	0,2525
Rio, Lago e Oceano	0,13	0,0324

**LEGENDA**

<b>2017</b>	

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

APÊNDICE H – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD096 ano de 2019



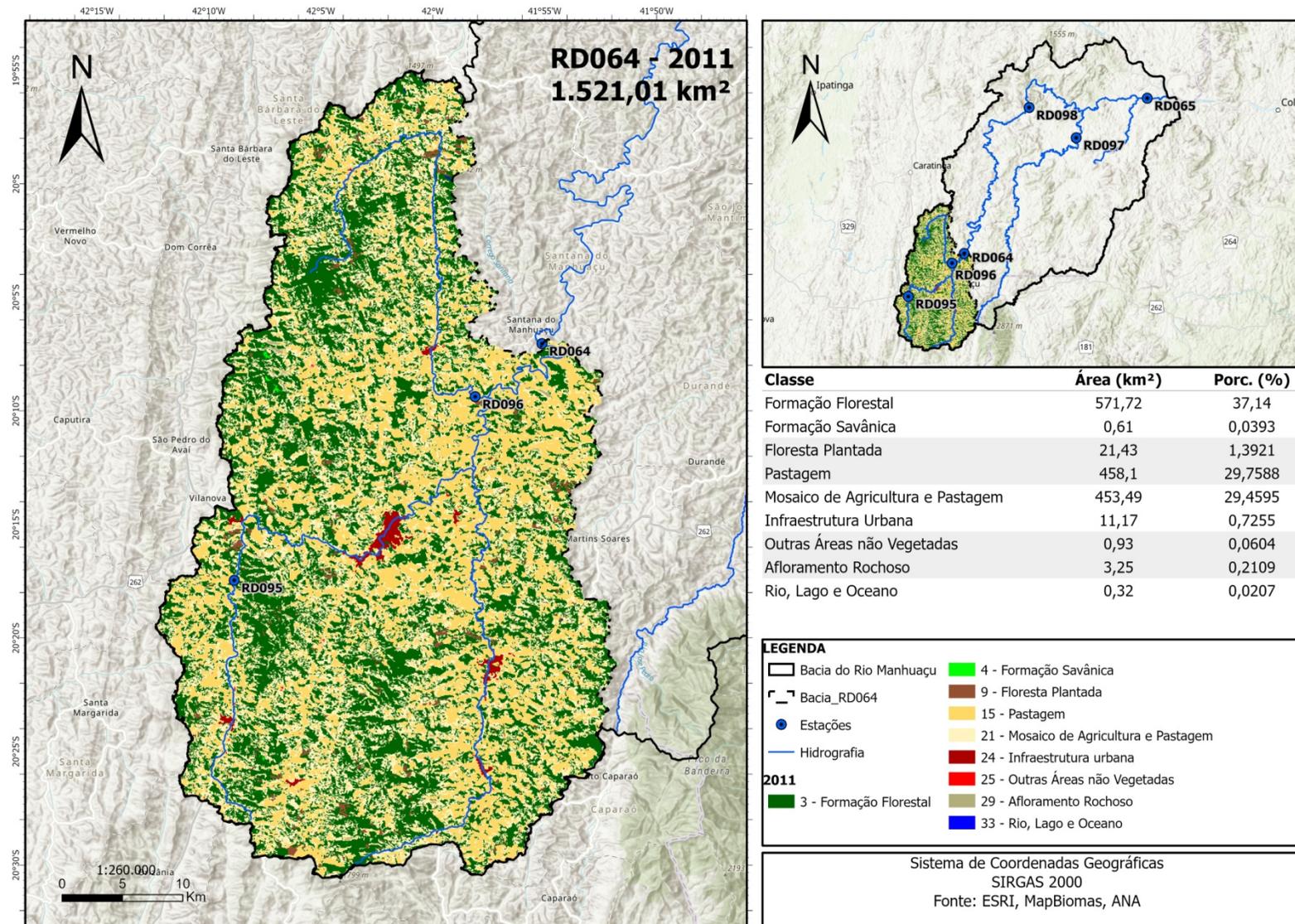
Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	155,9	39,6345
Formação Savânica	0,13	0,032
Floresta Plantada	9,01	2,2911
Pastagem	55,74	14,1711
Mosaico de Agricultura e Pastagem	170,18	43,2666
Infraestrutura Urbana	0,83	0,2116
Outras Áreas não Vegetadas	0,3	0,0757
Afloramento Rochoso	1,01	0,258
Rio, Lago e Oceano	0,13	0,0326

**LEGENDA**

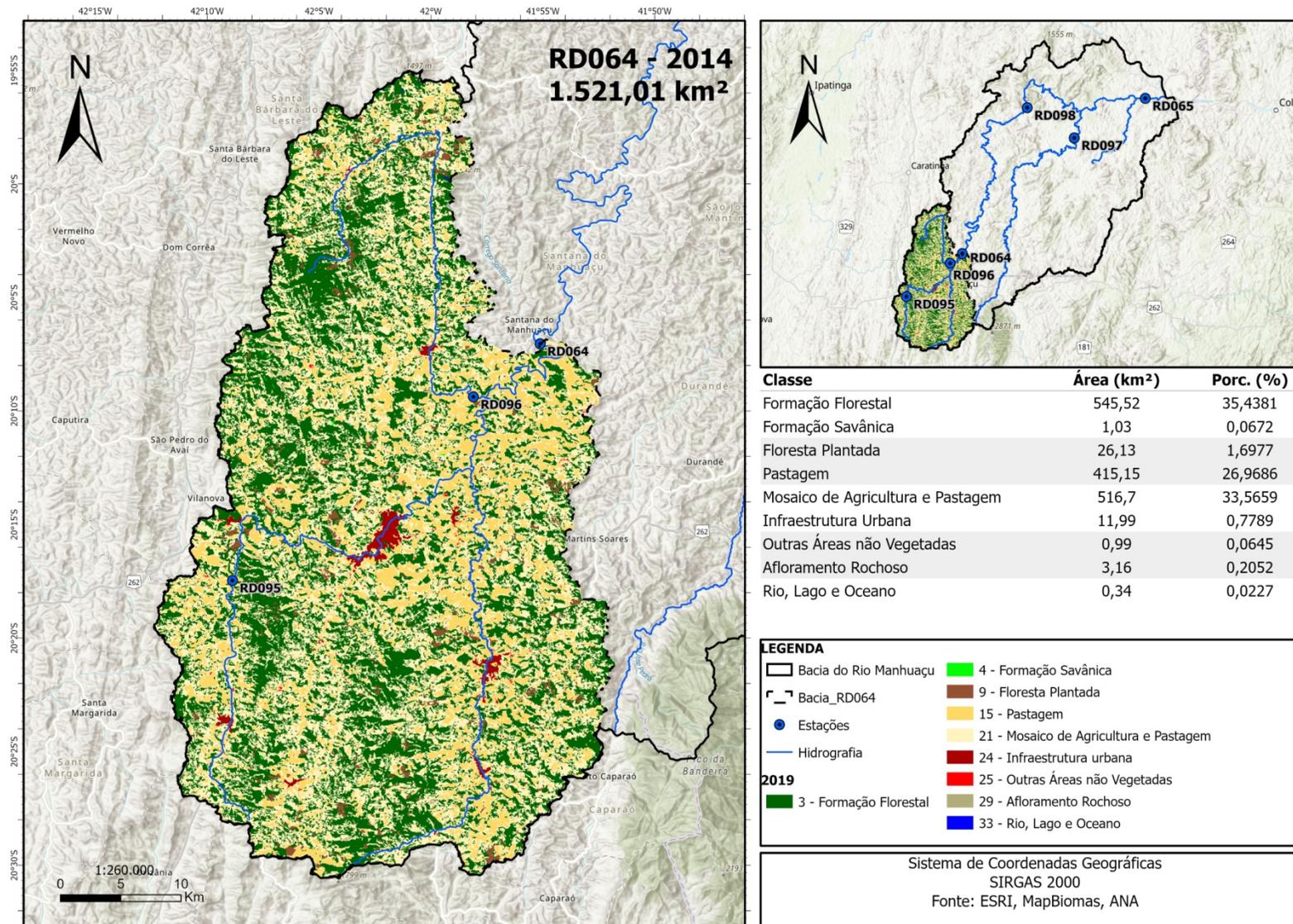
Bacia do Rio Manhuaçu	4 - Formação Savânica
Bacia RD096	9 - Floresta Plantada
Estações	15 - Pastagem
Hidrografia	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
<b>2019</b>	24 - Infraestrutura urbana
3 - Formação Florestal	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso
	33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

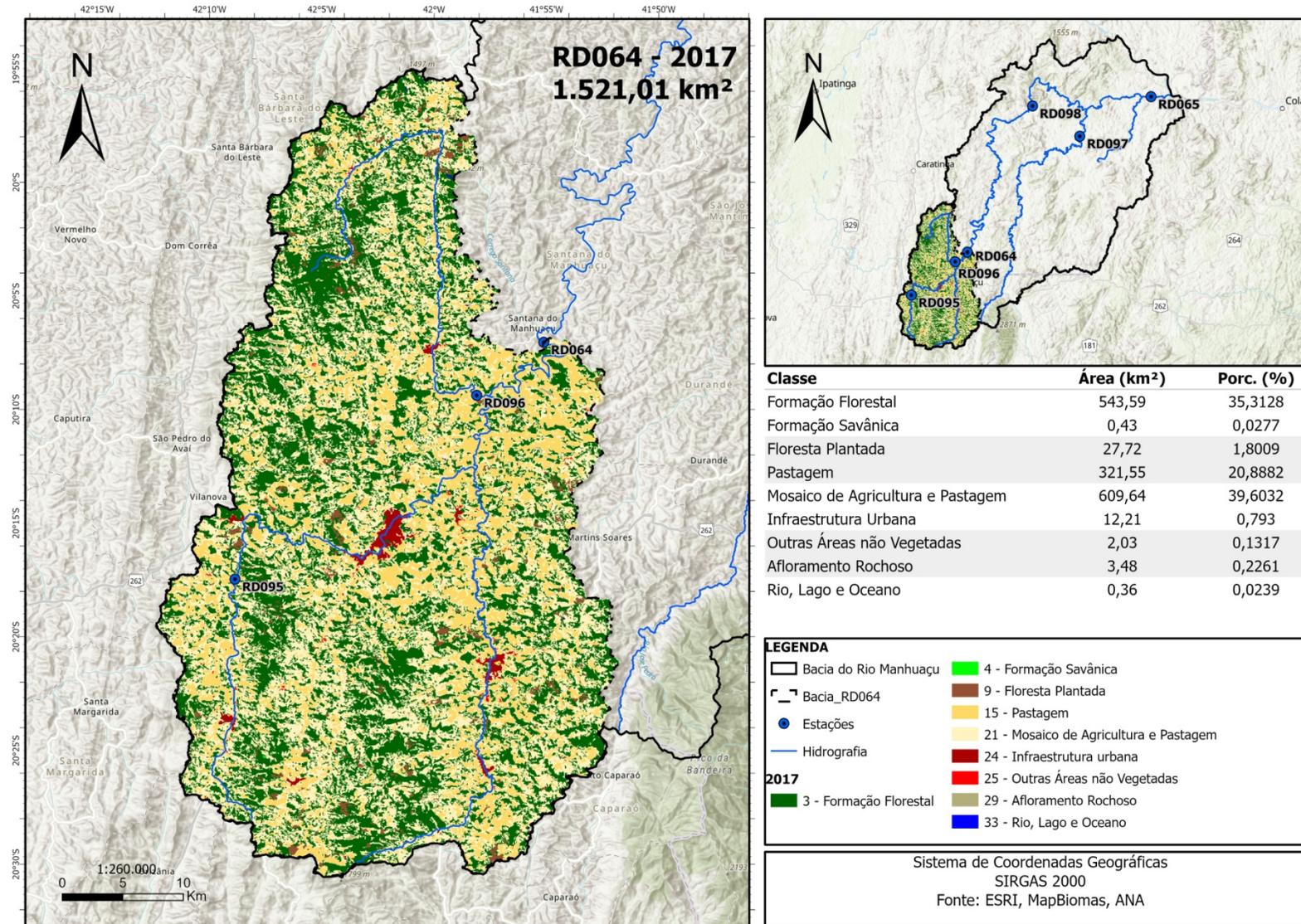
## APÊNDICE I – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD64 ano de 2011



## APÊNDICE J – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD64 ano de 2014

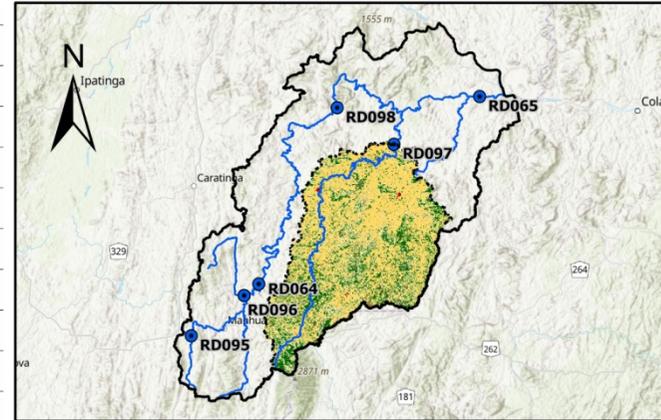
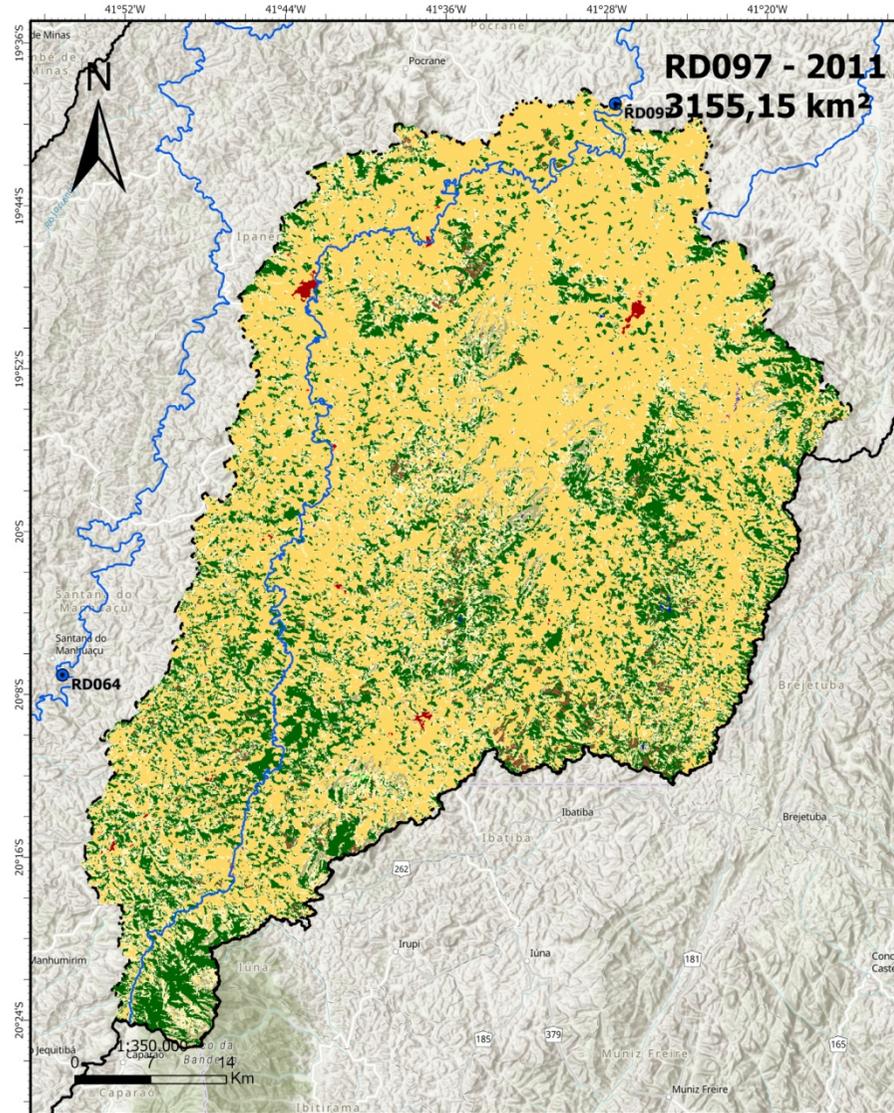


APÊNDICE K – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD64 ano de 2017





## APÊNDICE M – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD097 ano de 2011

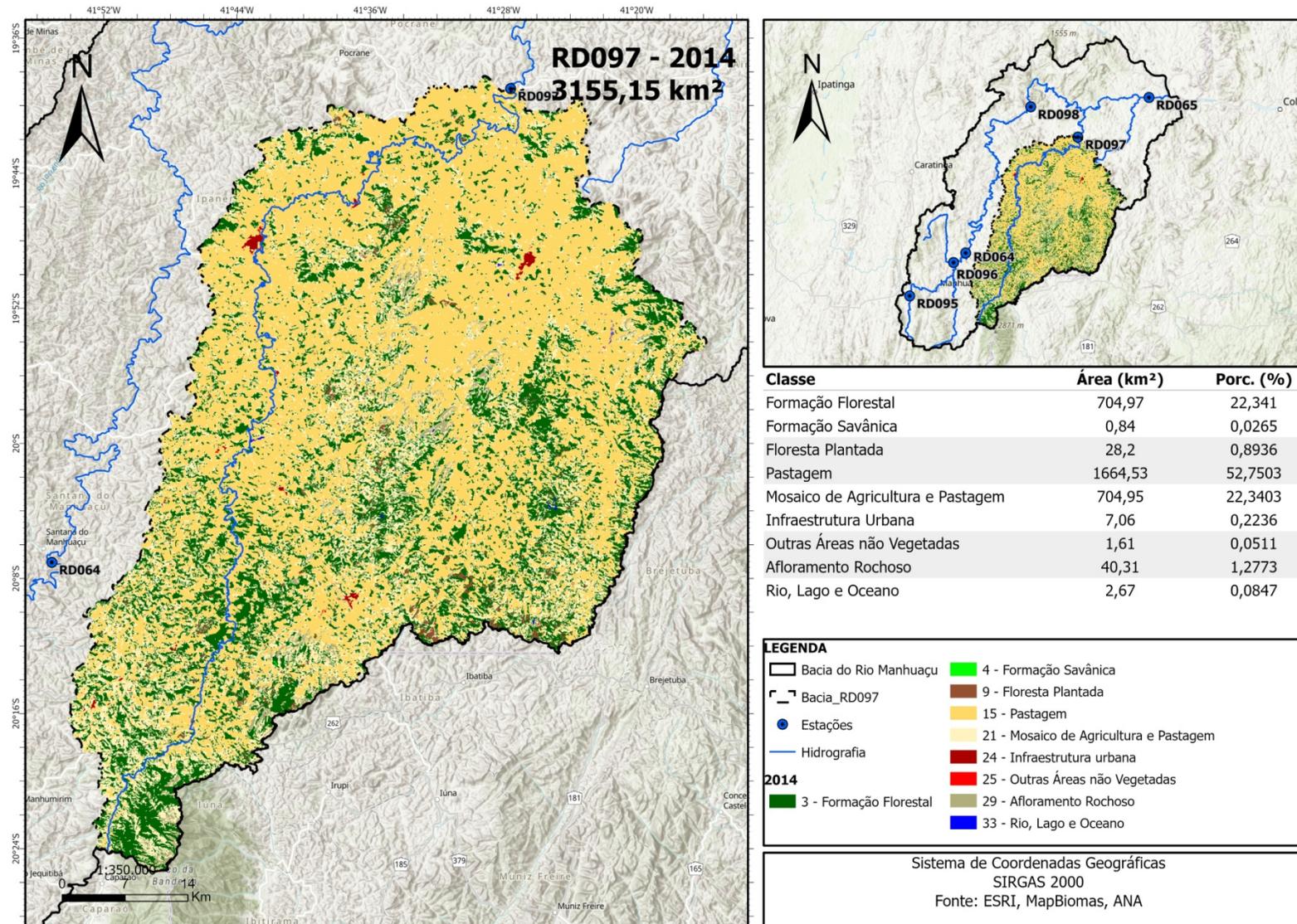


Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	745,91	23,6384
Formação Savânica	0,55	0,0176
Floresta Plantada	31,87	1,0099
Pastagem	1708,22	54,1348
Mosaico de Agricultura e Pastagem	621,24	19,6876
Infraestrutura Urbana	6,59	0,2089
Outras Áreas não Vegetadas	1,55	0,049
Afloramento Rochoso	37,23	1,1799
Rio, Lago e Oceano	1,99	0,0632

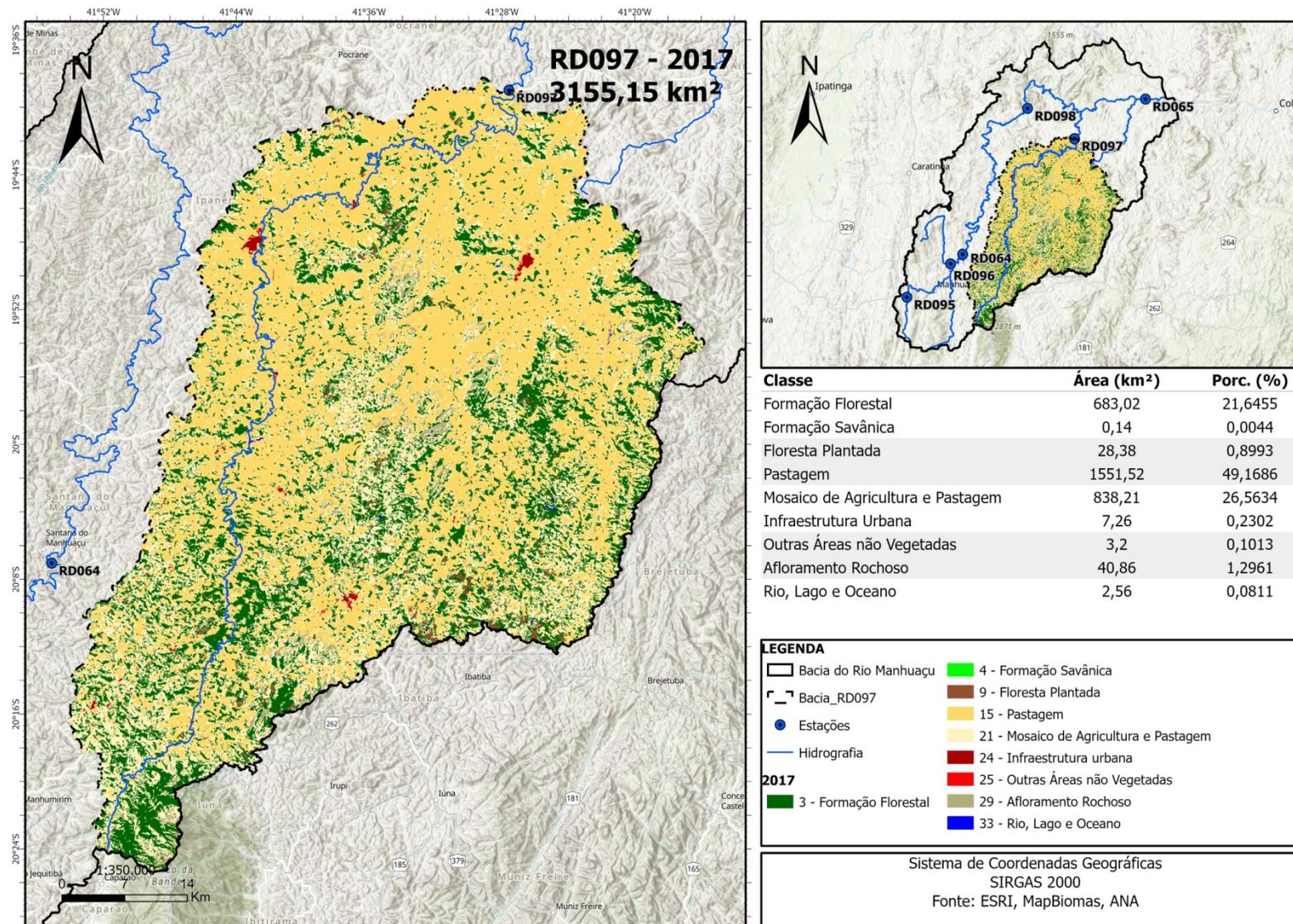
LEGENDA	
	Bacia do Rio Manhuaçu
	Bacia_RD097
	Estações
	Hidrografia
	2011
	3 - Formação Florestal
	4 - Formação Savânica
	9 - Floresta Plantada
	15 - Pastagem
	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
	24 - Infraestrutura urbana
	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso
	33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

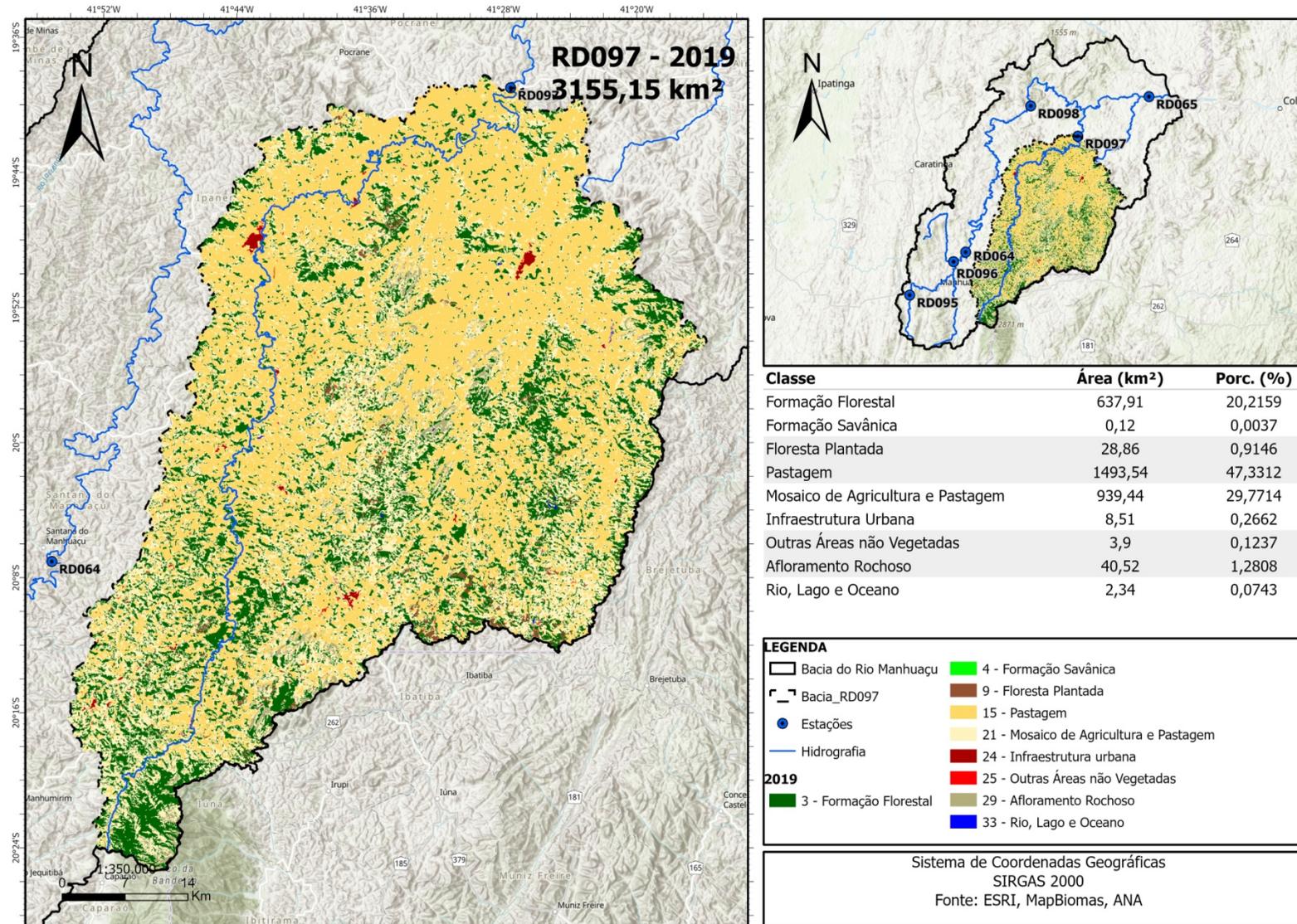
## APÊNDICE N – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD097 ano de 2014



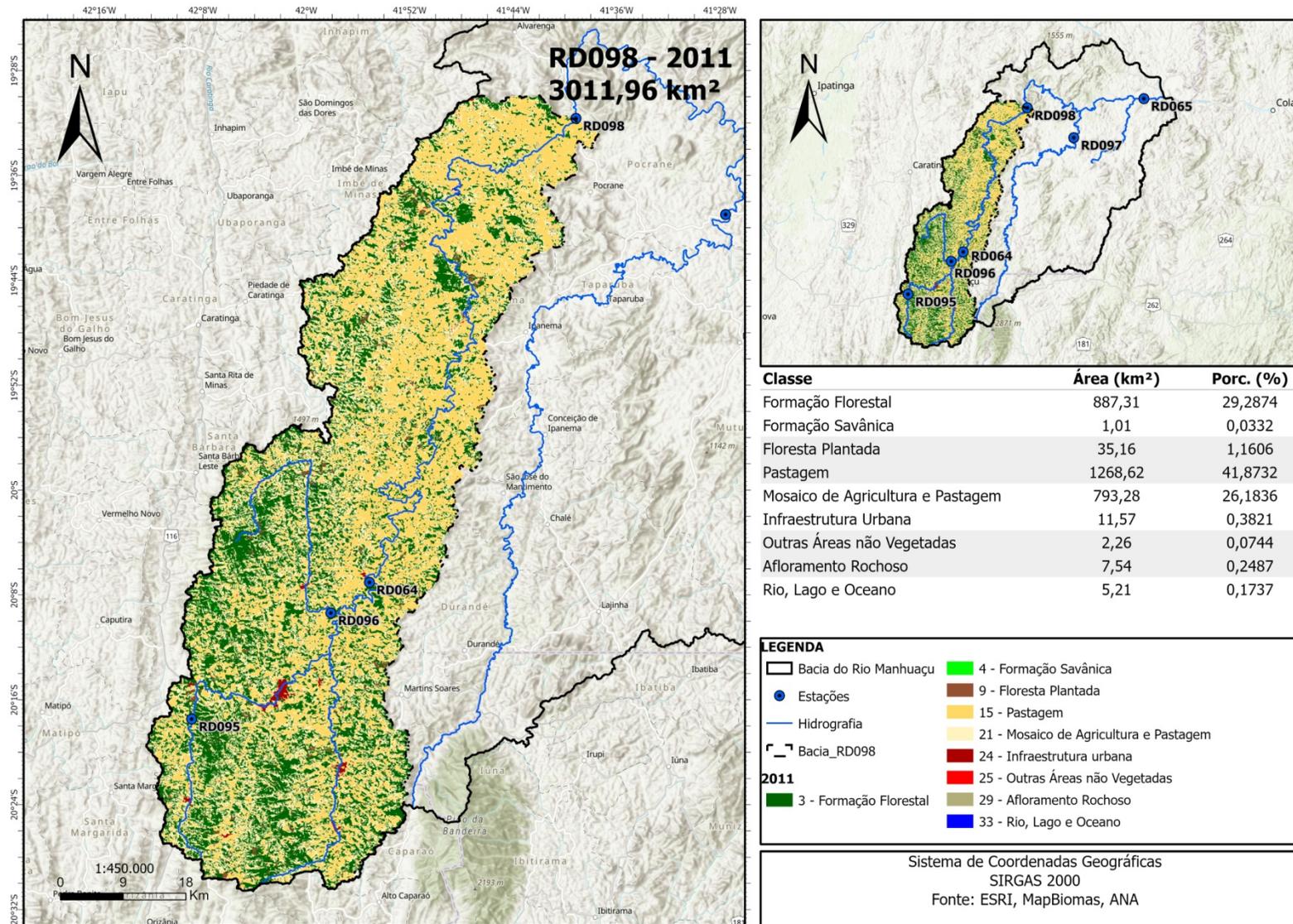
## APÊNDICE O – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD097 ano de 2017



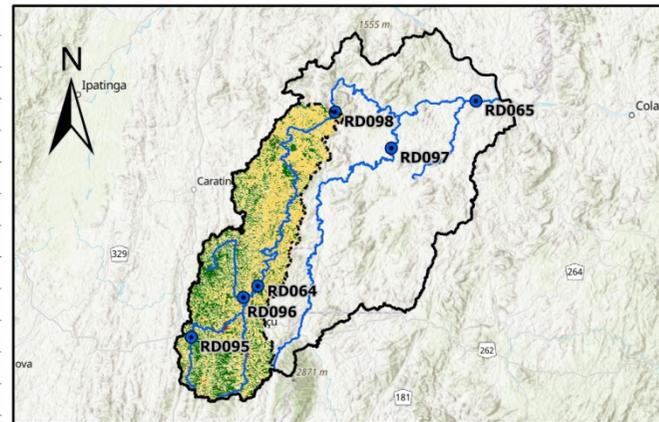
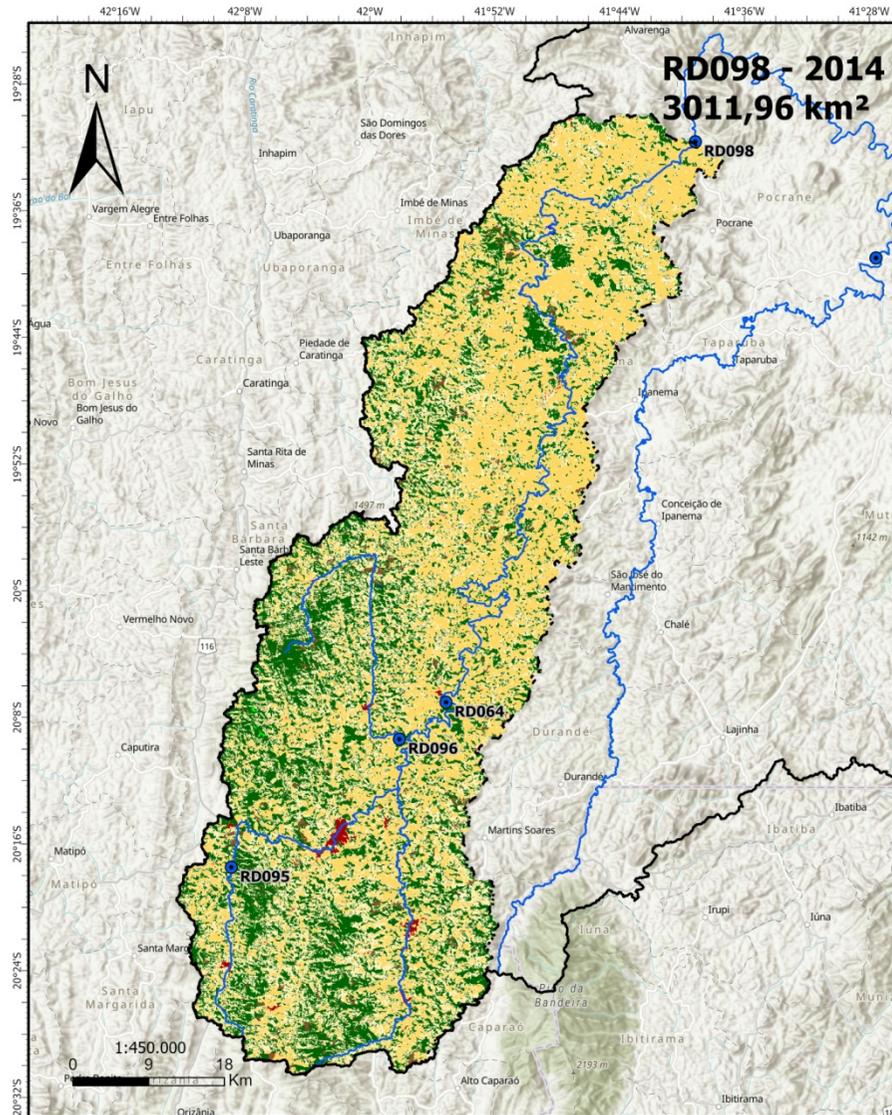
APÊNDICE P – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD097 ano de 2019



## APÊNDICE Q – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD098 ano de 2011



# APÊNDICE R – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD098 ano de 2014

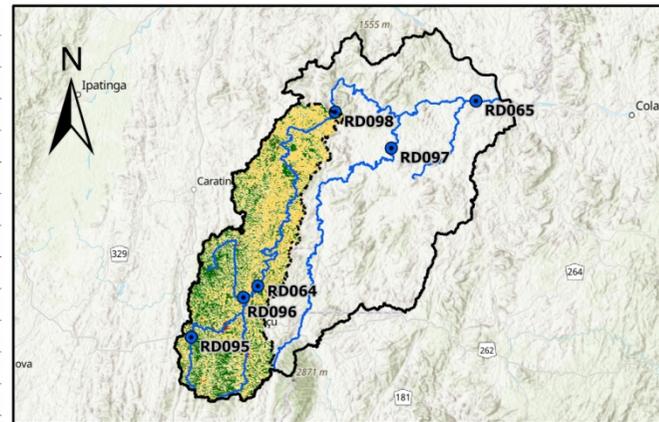
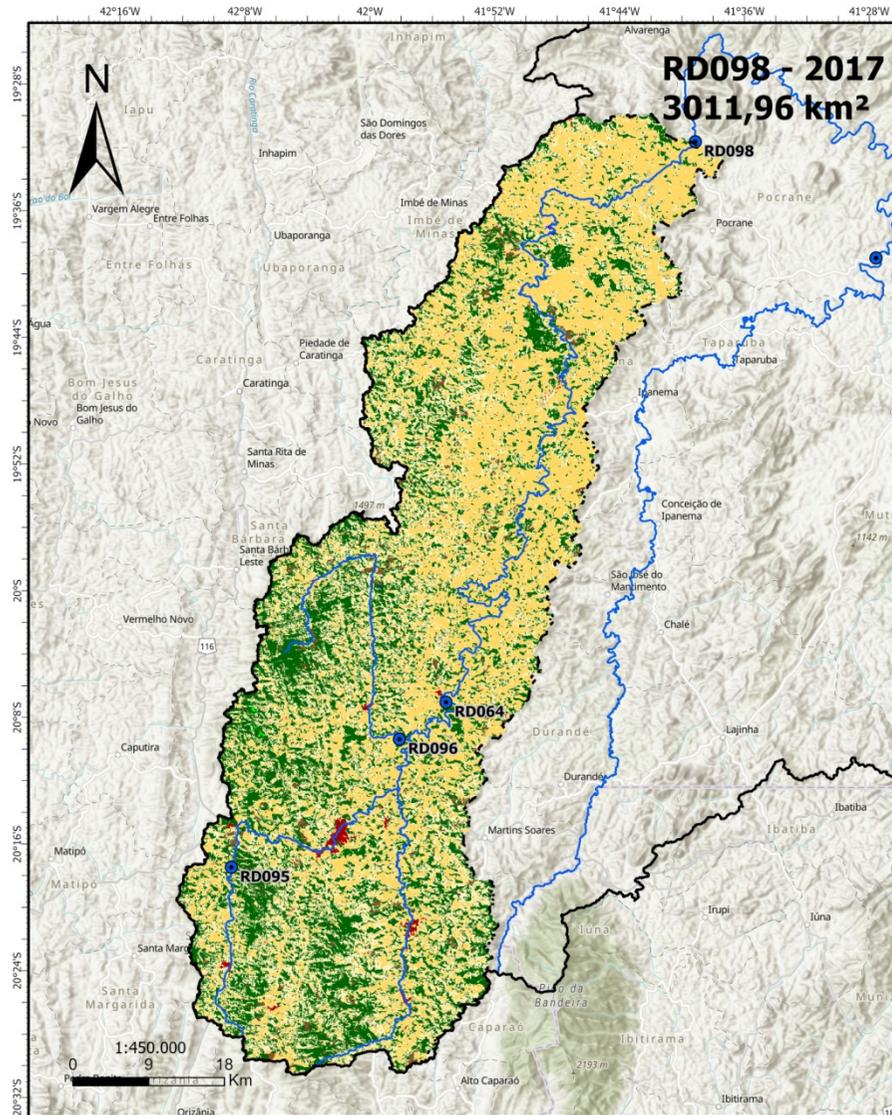


Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	847,76	27,9819
Formação Savânica	1,92	0,0633
Floresta Plantada	42,15	1,3913
Pastagem	1217	40,1694
Mosaico de Agricultura e Pastagem	875,41	28,8944
Infraestrutura Urbana	12,4	0,4093
Outras Áreas não Vegetadas	2,27	0,075
Afloramento Rochoso	7,62	0,2517
Rio, Lago e Oceano	5,48	0,181

LEGENDA	
Bacia do Rio Manhuaçu	4 - Formação Savânica
Estações	9 - Floresta Plantada
Hidrografia	15 - Pastagem
Bacia_RD098	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
<b>2014</b>	24 - Infraestrutura urbana
3 - Formação Florestal	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso
	33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

# APÊNDICE S – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD098 ano de 2017



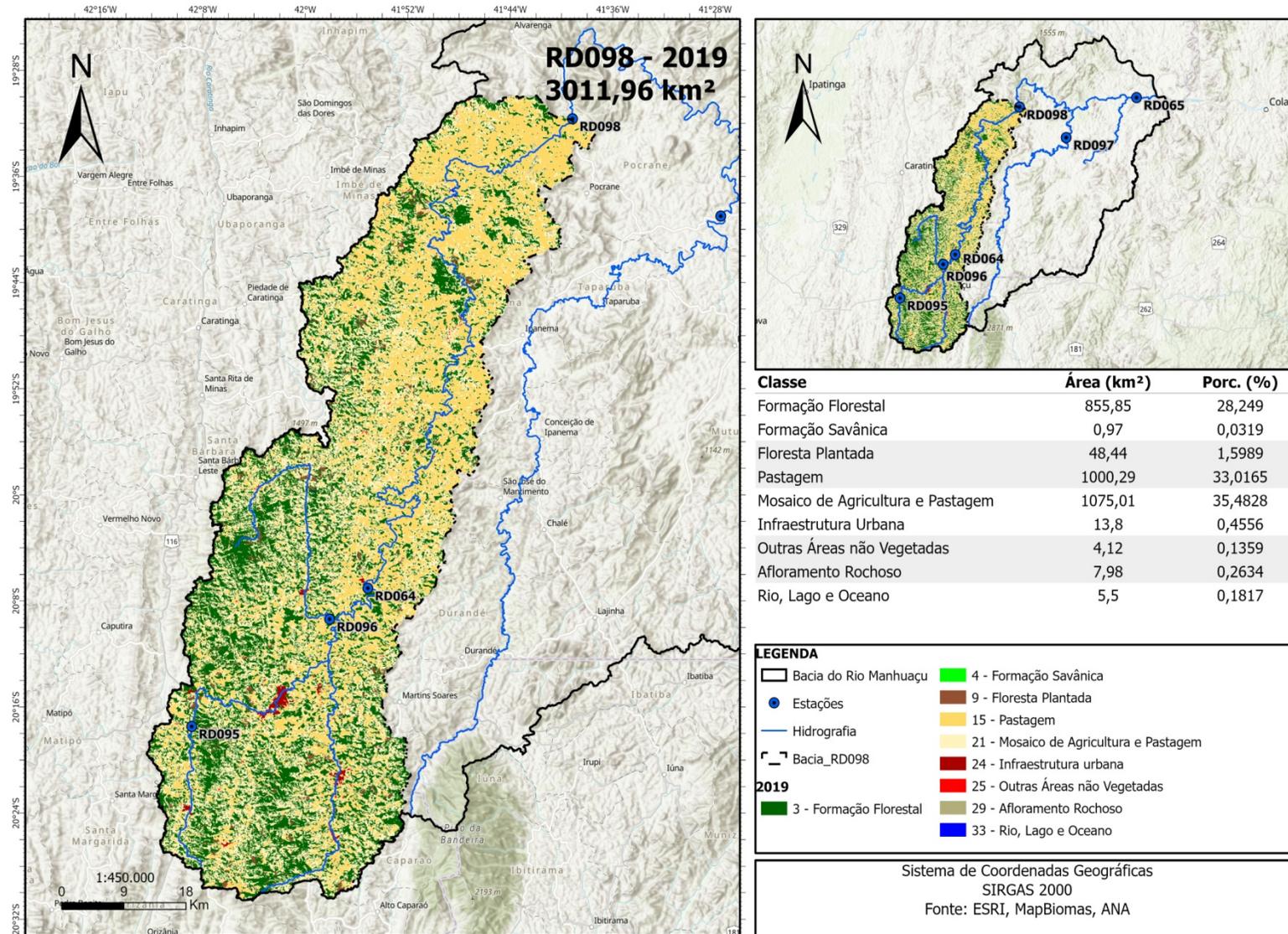
Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	843,1	27,8282
Formação Savânica	1,07	0,0352
Floresta Plantada	43,79	1,4454
Pastagem	1067,13	35,2225
Mosaico de Agricultura e Pastagem	1026,56	33,8836
Infraestrutura Urbana	12,63	0,4168
Outras Áreas não Vegetadas	3,79	0,1252
Afloramento Rochoso	8,38	0,2768
Rio, Lago e Oceano	5,51	0,183

**LEGENDA**

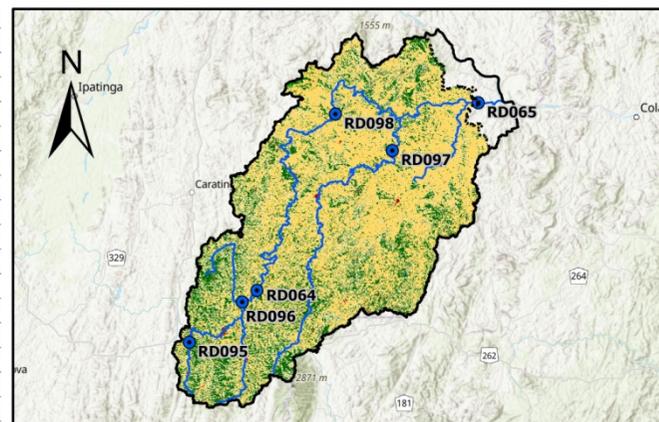
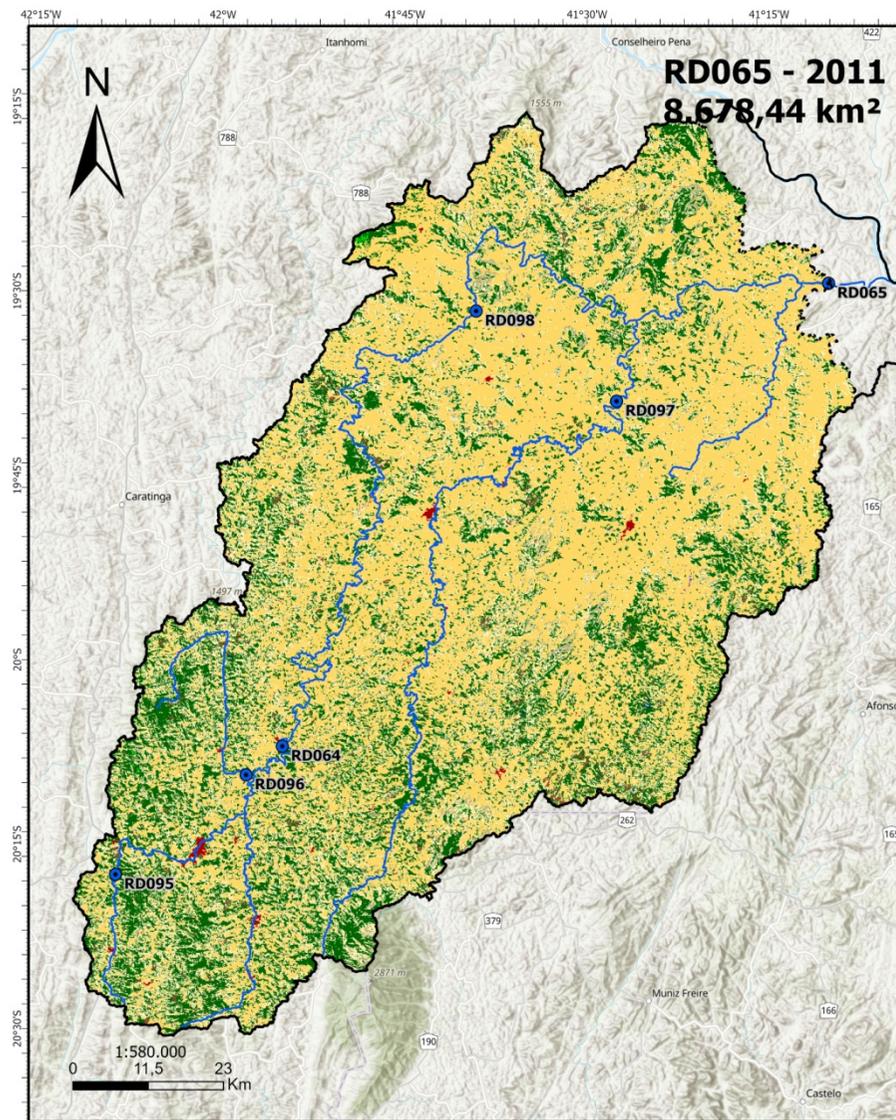
Bacia do Rio Manhuaçu	4 - Formação Savânica
Estações	9 - Floresta Plantada
Hidrografia	15 - Pastagem
Bacia_RD098	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
<b>2014</b>	24 - Infraestrutura urbana
3 - Formação Florestal	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso
	33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

# APÊNDICE T – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD098 ano de 2019



APÊNDICE U – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD065 ano de 2011



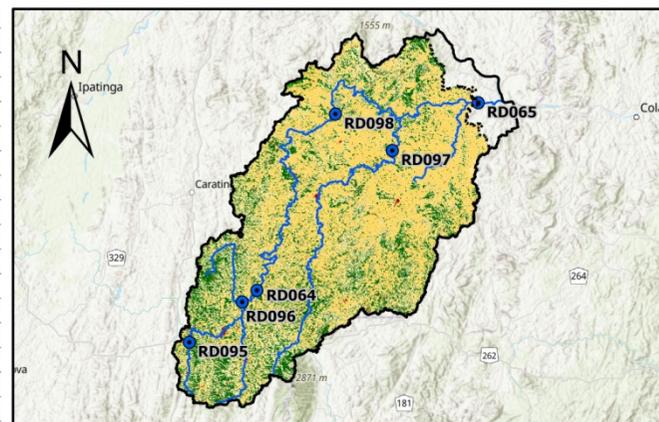
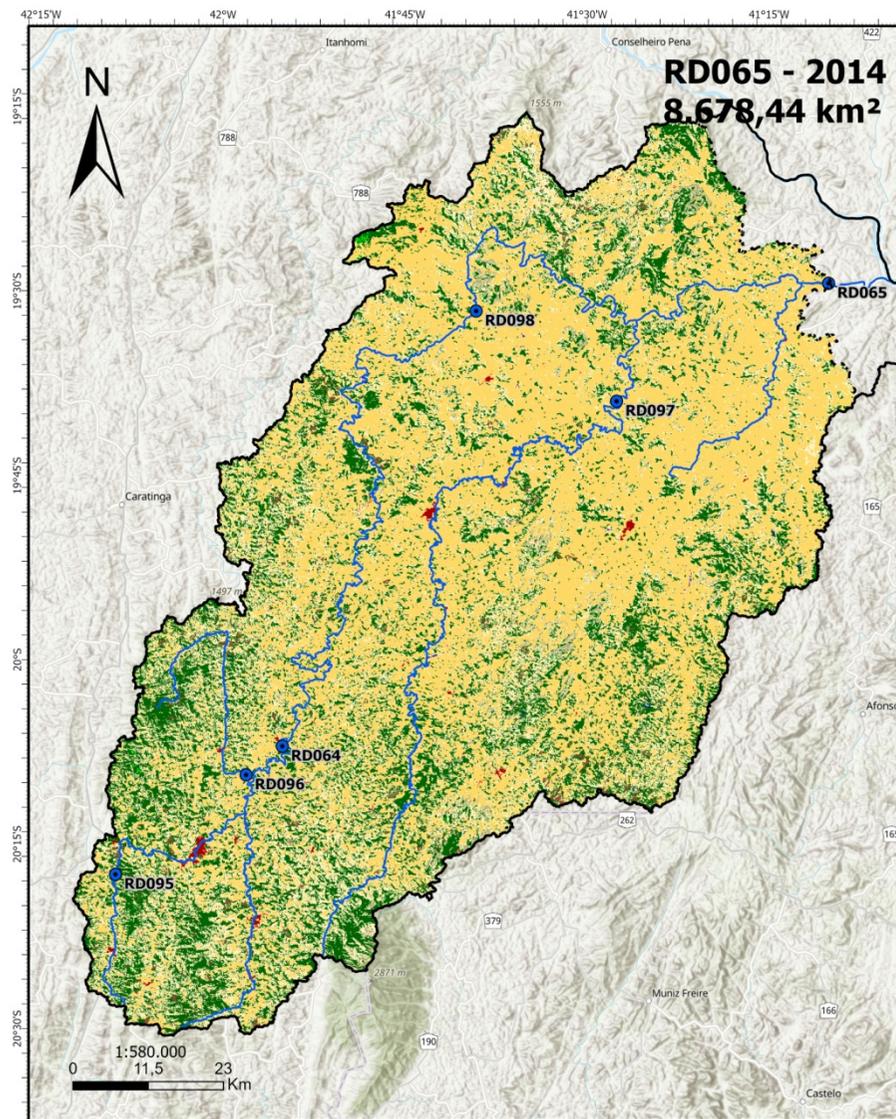
Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	2074,27	23,8492
Formação Savânica	3,85	0,0443
Floresta Plantada	76,33	0,8776
Pastagem	4555,62	52,379
Mosaico de Agricultura e Pastagem	1845,55	21,2195
Infraestrutura Urbana	19,53	0,2246
Outras Áreas não Vegetadas	4,98	0,0573
Afloramento Rochoso	82,58	0,9495
Rio, Lago e Oceano	15,73	0,1808

**LEGENDA**

	4 - Formação Savânica
	9 - Floresta Plantada
	15 - Pastagem
	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
<b>2011</b>	24 - Infraestrutura urbana
	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso
	33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
 SIRGAS 2000  
 Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

APÊNDICE V – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD065 ano de 2014



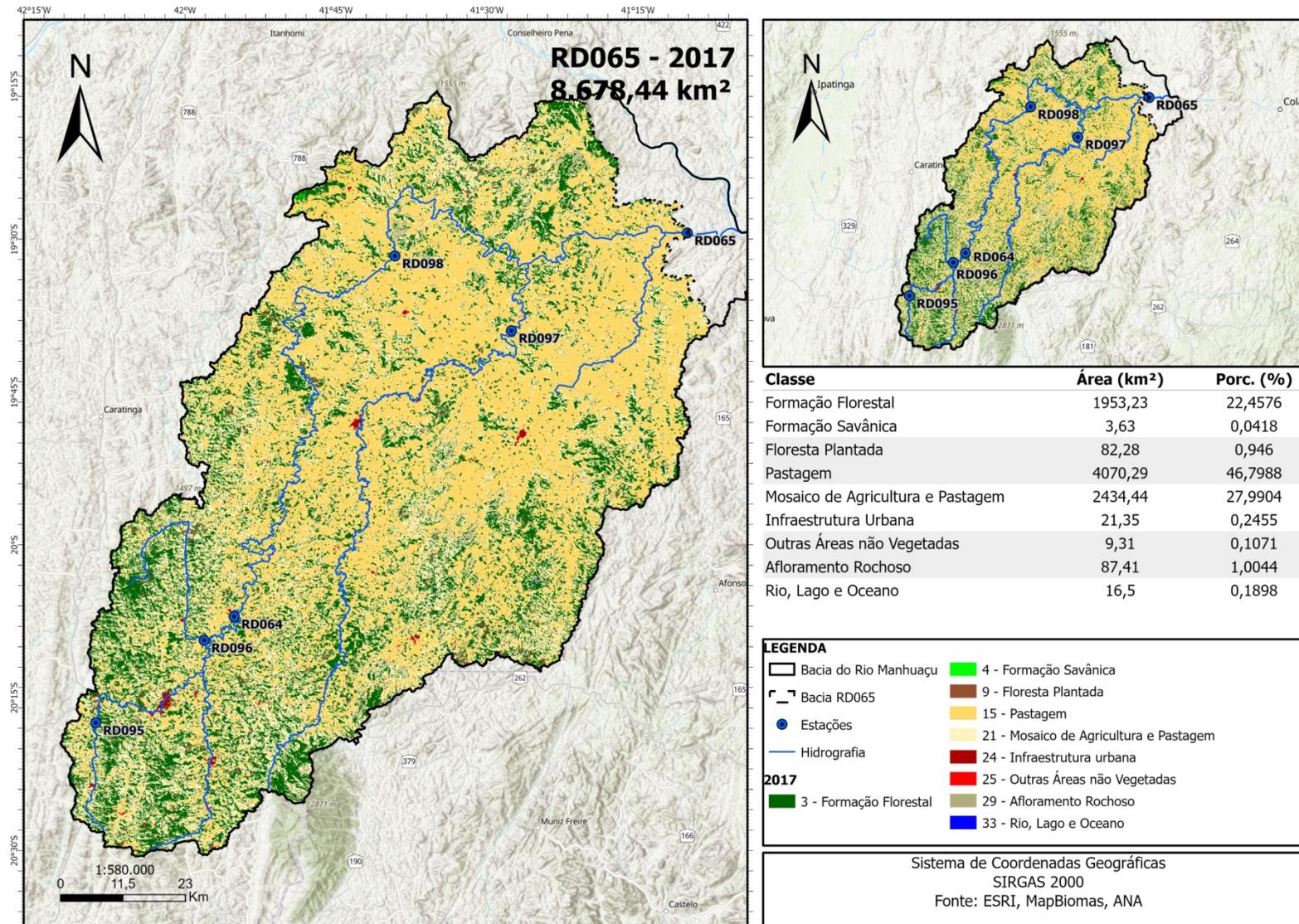
Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	1973,3	22,6884
Formação Savânica	5,52	0,0635
Floresta Plantada	79,76	0,917
Pastagem	4402,29	50,616
Mosaico de Agricultura e Pastagem	2089,47	24,024
Infraestrutura Urbana	20,88	0,2401
Outras Áreas não Vegetadas	4,88	0,0561
Afloramento Rochoso	85,5	0,9818
Rio, Lago e Oceano	16,84	0,1937

**LEGENDA**

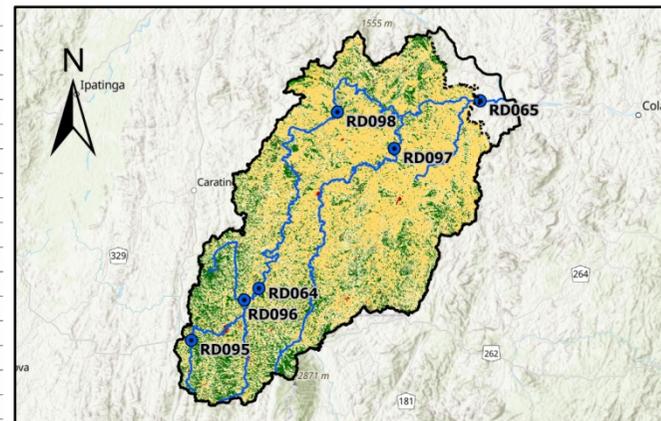
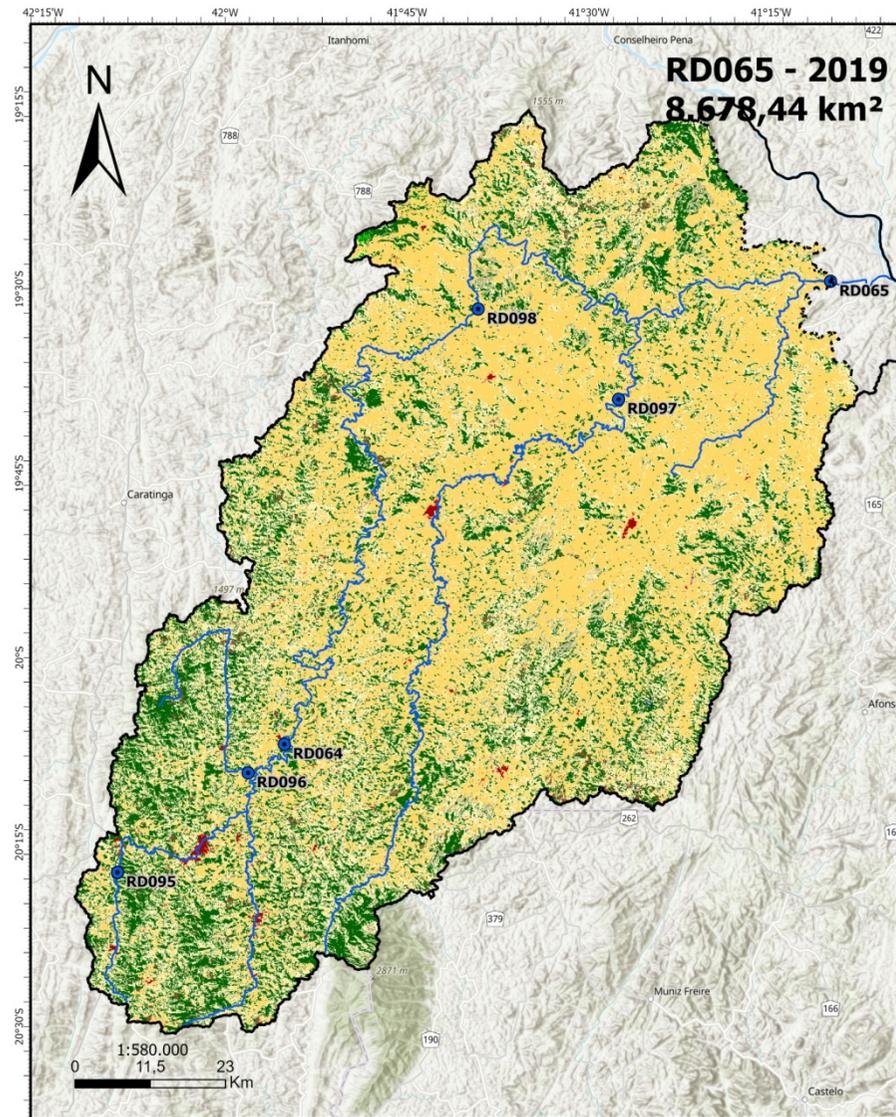
	4 - Formação Savânica
	9 - Floresta Plantada
	15 - Pastagem
	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
<b>2014</b>	24 - Infraestrutura urbana
	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso
	33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA

APÊNDICE X – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD065 ano de 2017



APÊNDICE Z – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Estação RD065 ano de 2019



Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)
Formação Florestal	1906,48	21,92
Formação Savânica	3,51	0,0404
Floresta Plantada	90,56	1,0412
Pastagem	3903,78	44,8844
Mosaico de Agricultura e Pastagem	2638,03	30,3312
Infraestrutura Urbana	23,86	0,2743
Outras Áreas não Vegetadas	10,98	0,1218
Afloramento Rochoso	84,86	0,9757
Rio, Lago e Oceano	16,38	0,1883

**LEGENDA**

	4 - Formação Savânica
	9 - Floresta Plantada
	15 - Pastagem
	21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
<b>2019</b>	24 - Infraestrutura urbana
	25 - Outras Áreas não Vegetadas
	29 - Afloramento Rochoso
	33 - Rio, Lago e Oceano

Sistema de Coordenadas Geográficas  
SIRGAS 2000  
Fonte: ESRI, MapBiomias, ANA