

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**Angélica Scheffer da Motta Abrantes**

**A QUALIDADE DA ÁGUA E DOS SEDIMENTOS FLUVIAIS COMO INDICADORA  
DAS ALTERAÇÕES OCORRIDAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Presidente Prudente/SP  
Dezembro/2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**Angélica Scheffer da Motta Abrantes**

**A QUALIDADE DA ÁGUA E DOS SEDIMENTOS FLUVIAIS COMO INDICADORA  
DAS ALTERAÇÕES OCORRIDAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Tese de doutorado em Geografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Presidente Prudente para obtenção do Título de Doutora em Geografia.

**Linha de pesquisa:** Análise e gestão ambiental.

**Projeto:** Estudo e Manejo dos Recursos Naturais em Bacias Hidrográficas

**Orientador:** Prof. Dr. Edson Luís Piroli.

Presidente Prudente/SP  
Dezembro/2022

A161q      Abrantes, Angelica Scheffer da Motta  
A qualidade da água e dos sedimentos fluviais como indicadora das  
alterações ocorridas em bacias hidrográficas / Angelica Scheffer da  
Motta Abrantes. -- Presidente Prudente, 2022  
190 p. : il., tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),  
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente  
Orientador: Edson Luís Piroli

1. Geografia. 2. Bacias hidrográficas. 3. Sedimentos fluviais. 4.  
Bioindicadores. 5. Uso e cobertura da terra. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de  
Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE ANGELICA SCHEFFER DA MOTTA ABRANTES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA.**

Aos 16 dias do mês de setembro do ano de 2022, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de ANGELICA SCHEFFER DA MOTTA ABRANTES, intitulada **A QUALIDADE DA ÁGUA E DOS SEDIMENTOS FLUVIAIS COMO INDICADORA DAS ALTERAÇÕES OCORRIDAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. EDSON LUÍS PIROLI (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Coordenadoria Executiva / Unesp/FCTE - Câmpus de Ourinhos, Profa. Dra. MARIA CRISTINA PERUSI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Geografia / Unesp / Campus de Ourinhos, Profa. Dra. CAROLINA BORGHI MENDES (Participação Virtual) do(a) Departamento de Ciências Biológicas / Universidade Estadual do Norte do Paraná, Prof. Dr. JULIO CESAR DEMARCHI (Participação Virtual) do(a) Seção Técnica de Apoio Acadêmico / Unesp / Campus de Ourinhos, Prof. Dr. LUCAS VITURI SANTAROSA (Participação Virtual) do(a) Universidad Tecnologia del Uruguay / Durazno - Uruguai. Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADA.

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. EDSON LUÍS PIROLI

## DEDICATÓRIA

*À minha irmã Leila e ao meu companheiro Raphael.*

## **AGRADECIMENTOS**

A presente tese aqui apresentada é um trabalho e, com todo o peso e grandiosidade que este termo traz, foi feita através de muitas mãos, mentes e diálogos. Portanto, tentarei sintetizar em algumas linhas o meu agradecimento por este trabalho coletivo.

Inicio agradecendo às professoras e aos professores que fizeram e ainda fazem parte da minha vida. Hoje, não só os admiro à distância como convivo lado a lado e, assim, sinto na pele as lutas, as dores e as alegrias desta classe. Muito obrigada a todas e a todos educadores que, mesmo diante de toda adversidade, seguem acreditando que a educação é o caminho para a transformação social.

Em nome da UNESP, agradeço à todas as pessoas que lutam e defendem a ciência e, neste caso, por aquela produzida nas universidades públicas do nosso país, mesmo perante todo ataque sofrido por algumas camadas da sociedade.

Em nome da Aline e do Jakson, agradeço aos servidores da UNESP, principalmente, da Seção Técnica de Pós-Graduação da FCT e do Laboratório Ana Primavesi, por sempre serem solícitos, prestativos e dispostos a ajudar a resolver todos os entraves possíveis e, algumas vezes, até impossíveis na caminhada durante a pós-graduação.

À professora Neide Barrocá Faccio que não só me colocou em contato com uma paixão, ainda da infância, a arqueologia, como me apresentou a uma nova paixão: a arte! Muito obrigada pelas excelentes aulas, aprendizados, trabalhos de campo e pela aula prática de representação da paisagem em tela.

Aos professores e às professoras membros da banca: Carolina, Maria Cristina, Júlio, Lucas e Edson pelas excelentes contribuições e apontamentos no fechamento deste trabalho.

Ao professor João Osvaldo Rodrigues Nunes que aceitou me acompanhar desde o Trabalho de Conclusão de Curso, passando pela Dissertação e, agora, com a Tese. Obrigada por todos os ensinamentos geomorfológicos e pelas contribuições inestimáveis no desenvolvimento desta pesquisa, que começou a ser traçada lá em 2010.

Ao professor e orientador Edson Luís Piroli por ter aceitado o desafio de desenvolver esta pesquisa comigo lá em 2014, quando ainda era um projeto de pesquisa para o mestrado. Sou grata por sempre estar disponível, por ser compreensivo com os obstáculos que apareceram no

caminho, por ter acreditado, contribuído e incentivado o desenvolvimento de uma pesquisa transversal como esta.

À professora Maria Cristina Perusi que é a minha inspiração de mulher, pesquisadora e professora. Muito obrigada por ter me escolhido para ser sua aprendiz quando ainda nem sabia ao certo o que era a Geografia. Hoje, como professora, tento levar a Cris comigo em cada aula que ministro. Obrigada por abrir as portas e me guiar no caminho da pesquisa. Sou e serei eternamente grata por nossos caminhos terem se cruzado nesta vastidão do tempo e do espaço.

Em nome da Alana, agradeço a todas as alunas e os alunos com o qual tive o prazer de dividir espaços de debate e diálogo. Vocês me dão esperança e força para seguir nessa jornada tão desafiadora que é estar professora.

Aos amigos Samir Eid Pessanha e Julio Demarchi mesmo distantes fisicamente estiveram sempre presentes para comemorar as conquistas e alegrias da vida, como para dar suporte e ser aconchego nos momentos turbulentos dessa jornada. Obrigada pela amizade e parceria, vocês são uns dos presentes que a UNESP Ourinhos me deu!

Aos amigos que a carreira docente me presenteou: Letícia, Najla, Michele, Fernanda, Caroline, Karina, Marcella, Roseli, Meiri, Carolina, Rachel, Ana Paula, Paulinha, Gilberto, Priscila, Raiane, Valéria, Michelle, Gardênia, Ticiane, Silvia, Gisele, Celso, Silvana, Neto, Thiago e Renato. Elas e eles que eram e são responsáveis de tirar um sorriso, de fazer uma reivindicação ou um debate mesmo após exaustivas horas de trabalho.

À minha outra família bauruense, não a de sangue – que agradecerei na sequência, mas aquela estreitada pelos laços da vida. Obrigada, Juliana, Ricardo, Felipe, Laís, Daniel e Maria por serem amparo nos momentos difíceis; os primeiros contatos para realizar comemorações fora de época, viagens e até pra um pedido de socorro. Vocês deixam a vida bauruense mais colorida!

Agora sim, à minha família de sangue. Em nome dos meus tios Marcos, Ana, Wanda e Lourdes e dos meus avós Glória, Eloir, Manoel e Mário agradeço a toda a minha família pelo apoio e incentivo a continuação aos estudos. Aos meus pais, Alexandre e Lúcia, minha inspiração e motivação, que nunca mediram esforços para estar presentes em todos os momentos da minha vida – pessoal e acadêmica. A minha irmã Leila que além de ser um ser de luz na minha vida, me presenteou com uma nova irmã, minha cunhada Mariana. Vocês são sinônimos de amor incondicional.

Ao meu companheiro Raphael que além de me ajudar a coletar amostras em ambientes nada convidativos, realizar e registrar as análises laboratoriais, agradeço por sempre acreditar e me incentivar, até mesmo quando eu duvidava. Você e a Arya formam o lar que nem nos melhores sonhos imaginaria em ter.

*“Conhecer os desejos da Terra é agir no presente e salvar o futuro”.*

Estudantes do sexto ano autores do livro: “Solos, para que te quero? Ser o solo que sou”.

## RESUMO

A ocupação das bacias hidrográficas, no território brasileiro, é caracterizada pela apropriação dos recursos naturais para produção do espaço urbano e rural, assim, registram-se abruptas mudanças no uso e cobertura da terra, as quais podem refletir diretamente na qualidade e na quantidade da água e dos sedimentos fluviais nos fundos de vale. Por meio dos conhecimentos geográficos é possível contribuir com a elaboração de estudos com ênfase nos princípios do planejamento ambiental, que apontem alternativas para soluções aos impactos. Outrossim, ao fazer uso de parâmetros da qualidade microbiológica da água e dos sedimentos como ferramentas para compreender a forma de apropriação da natureza, torna-se possível estabelecer relações mitigadoras e menos predatórias. De tal modo, este trabalho analisou duas bacias hidrográficas com características muito diferentes, o trecho urbano da bacia do rio Bauru, em Bauru/SP, e a bacia do rio Anhumas, localizado em Ribeirão Claro/PR, que é classificada como rural. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da água e dos sedimentos fluviais utilizados e enquadrá-los como indicadores de mudanças ambientais. Para tanto, foram realizados mapeamentos de uso e cobertura da terra, dos últimos 35 anos, para averiguar as mudanças e estabelecer relações com as possíveis qualidades da água e dos sedimentos analisados. Além disso, foram realizadas análises granulométricas dos sedimentos coletados na calha principal de ambos os cursos hídricos, pois fazem parte de bacias hidrográficas com características naturais e ocupações diferentes. Foram realizadas também análises microbiológicas e micológicas para averiguar a contaminação por dejetos animais e efluentes domésticos. Ao término, constatou-se, nos pontos amostrados, que a bacia do rio Anhumas, classificada como rural e, a do rio Bauru, como urbana, apresentaram contaminação máxima por coliformes totais e termotolerantes (acima de 1.600 NMP/100ml), além da presença do fungo decompositor *Aspergillus níger*, assim como focos erosivos e assoreamento. Ademais, verificou-se o descumprimento da legislação vigente, quanto a presença de vegetação nativa nas áreas de preservação permanente, fato que intensifica os problemas ambientais citados. Diante do quadro identificado, foram elaboradas contribuições às propostas de manejo para as bacias estudadas, com a intenção de adequá-las quanto às normativas, melhorar a qualidade microbiológica da água e dos sedimentos e, conseqüentemente, das pessoas que dependem delas. Por fim, a qualidade microbiológica da água e dos sedimentos fluviais se mostraram como indicadores qualificados para compreender as mudanças ambientais, embora as normativas sobre esses indicadores visem ambientes costeiros, devido a sua balneabilidade. Assim, torna-se necessário reavaliar os padrões de análise dos sedimentos fluviais, pois são amplamente utilizados na construção civil.

**Palavras-chave:** bacia hidrográfica; qualidade da água; bioindicadores; uso e cobertura da terra.

## ABSTRACT

The occupation of hydrographic basins, in Brazilian territory, is characterized by the appropriation of natural resources for the production of urban and rural space, thus, abrupt changes in land use and cover are recorded, which can directly reflect on the quality and quantity of water. Water and river sediments in the valley floor. Through geographic knowledge it is possible to contribute to the elaboration of studies with emphasis on the principles of environmental planning, which point out alternatives for solutions to the impacts. Furthermore, by making use of parameters of the microbiological quality of water and sediments as tools to understand the form of appropriation of nature and seek to establish mitigating and less predatory relationships. In this way, this work analyzed two watersheds with very different characteristics, the urban stretch of the Bauru river basin, in Bauru/SP, and the Anhumas river basin, located in Ribeirão Claro/PR, which is classified as rural. Thus, the present work aims to evaluate the quality of water and river sediments used in civil construction and frame them as indicators of environmental changes. To this end, land use and land cover mappings were carried out over the last 35 years to investigate changes and establish relationships with the possible qualities of the water and sediments analyzed. In addition, granulometric analyzes of the sediments collected in the main channel of both water courses were carried out, as they are part of hydrographic basins with different natural characteristics and occupations. Microbiological and mycological analyzes were also carried out to investigate contamination by domestic effluents. At the end, it was found that the Anhumas river basin, classified as rural and the Bauru river basin, as urban, showed maximum contamination by total and thermotolerant coliforms (above 1,600 NMP/100ml), as well as erosive foci and silting. Furthermore, there was a failure to comply with current legislation, regarding the presence of native vegetation in permanent preservation areas, a fact that intensifies the aforementioned environmental problems. In view of the identified situation, contributions were made to the management proposals for the studied basins, with the intention of adapting them in terms of regulations, improving the microbiological quality of water and sediments and, consequently, of the people who depend on them. Finally, the microbiological quality of water and river sediments proved to be qualified indicators to understand environmental changes, although the regulations on these indicators aim at coastal environments, due to their bathing properties, as is the case of Rio de Janeiro (2010), from Canada (1999) and Portugal (ABAE, 2008; 2010). Thus, it is necessary to reassess the standards of analysis of river sediments, as they are widely used in civil construction. It is important to highlight that for future research it is proposed to also sample the tributaries, to spatialize the data and monitor the contamination, as well as using other parameters for the physical and chemical analysis of water and sediments.

**Keywords:** hydrographic basin; river sediments; bioindicators; land use and land cover.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Quatro tipos fundamentais de canais fluviais. ....	38
Figura 2. Fatores que influenciam na erosão urbana. ....	43
Figura 3. <i>A. niger</i> em isolamento no meio de cultura Sabouraud. ....	47
Figura 4. Produção de agregados (areia e brita), no Brasil, em 2014. ....	51
Figura 5. Mapa da bacia hidrográfica do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR. ....	63
Figura 6. Gráfico da precipitação mensal, em Ribeirão Claro/PR, no ano de 2020. ....	64
Figura 7. Gráfico dos dias de chuva, em Ribeirão Claro/PR, no ano de 2020. ....	65
Figura 8. Estimativa da erosividade média mensal das chuvas, em Ribeirão Claro/PR, no ano de 2020. ....	65
Figura 9. Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens cultivadas em suas diferentes etapas no tempo. ....	67
Figura 10. Margem esquerda do rio Anhumas, destaque para a erosão da margem e para o aporte de sedimentos no leito do rio (jul./2020). ....	68
Figura 11. Trecho do rio Anhumas, destaque a ausência de mata ciliar, às pastagens e aos focos erosivos (jul./2018). ....	68
Figura 12. Localização da área de estudo. ....	70
Figura 13. Bacias hidrográficas (Bauru/SP). ....	71
Figura 14. Coluna estratigráfica do município de Bauru/SP. ....	72
Figura 15. Gráfico da temperatura média mensal, no ano de 2020, em Bauru/SP. ....	73
Figura 16. Gráfico da precipitação total mensal, no ano de 2020, em Bauru/SP. ....	74
Figura 17. Depósitos tecnogênicos a 100 metros da nascente do rio Bauru. ....	75
Figura 18. Análise da APP da nascente do rio Bauru. Destaque para a presença de espécies exóticas e resíduos sólidos urbanos. ....	75
Figura 19. Descarte de resíduos sólidos urbanos e processos erosivos, a 30 metros da margem esquerda do alto curso do rio Bauru. ....	76
Figura 20. Tronco de árvore recém incendiado, na APP da nascente do rio Bauru. ....	76
Figura 21. Galeria no alto curso do rio Bauru. ....	78
Figura 22. Trecho canalizado e retificado do rio Bauru, na Avenida Nuno de Assis. Destaque para o acúmulo de sedimentos no seu leito. ....	78
Figura 23. Alto curso do rio Bauru. Destaque para os resíduos sólidos urbanos e pela ausência de mata ciliar. ....	78
Figura 24. Presença de via de transporte e residências na APP (Alto curso do rio Bauru, margem esquerda). ....	78
Figura 25. Tubos de ensaio com o meio de cultura preparados para a incubação das amostras. ....	80
Figura 26. Esquema teórico de construção de uma nomenclatura de cobertura terrestre. ....	83
Figura 27. Legenda do mapeamento: classes da cobertura e uso da terra. ....	85
Figura 28. Coleta de amostras a 200 metros da nascente. ....	87
Figura 29. Secção do rio onde foi realizada a coleta. ....	87
Figura 30. Área de coleta - ponto 2 (Rio Bauru). ....	88

Figura 31. Armazenamento da amostra e adjacências da área amostrada.....	88
Figura 32. Coleta de amostra no médio curso do rio Bauru.....	89
Figura 33. Coleta de amostra no rio Bauru canalizado.....	89
Figura 34. Coleta de amostra após a área de extração do porto de areia.....	90
Figura 35. Amostra coletada no ponto 4.....	90
Figura 36. Percurso para a nascente do rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR).....	91
Figura 37. Percurso para o alto curso do rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR).....	91
Figura 38. Área a montante do local de coleta, rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR).....	92
Figura 39. Área a jusante do local de coleta, rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR).....	92
Figura 40. Amostra coletada próxima a foz do rio Anhumas.....	93
Figura 41. Procedimento de amostragem, sobre a ponte sobre o rio Anhumas.....	93
Figura 42. Amostras vedadas e acondicionadas em caixa de isopor.....	94
Figura 43. Fases do teste presuntivo.....	97
Figura 44. Pipetagem e incubação das amostras.....	98
Figura 45. Incubação das amostras. Destaque para a chama (local estéril).....	98
Figura 46. Incubação dos tubos de ensaio com as amostras, na estufa bacteriológica.....	98
Figura 47. Teste confirmativo (VB): produção de gás no tubo de Duran – positivo para coliformes totais.....	99
Figura 48. Fases do teste confirmativo.....	100
Figura 49. Leitura dos testes confirmativos para coliformes termotolerantes (EC).....	100
Figura 50. Fases do teste confirmativo.....	101
Figura 51. Inoculação de amostras nas placas de Petri com o meio de cultura Agar Sabouraud.....	102
Figura 52. Inoculação de amostras nas placas de Petri com o meio de cultura Agar Sabouraud.....	102
<b>Figura 53. Cobertura e uso da terra, em Ribeirão Claro/PR (1985 a 2015).....</b>	<b>103</b>
Figura 54. Gráfico da evolução dos usos da terra da bacia do rio Anhumas (1985-2020).....	105
Figura 55. Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR (1985).....	106
Figura 56. Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR (1995).....	108
Figura 57. Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR (2005).....	109
Figura 58. Mapa do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR (2020).....	111
Figura 59. Mapa declividade da bacia hidrográfica do rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR).....	112
Figura 60. Mapa das APP dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR).....	114
Figura 61. Médio curso do rio Anhumas em agosto de 2018. Destaque para a ausência de mata ciliar e pelo predomínio de pastagens sem demarcação da APP.....	115
Figura 62. Médio curso do rio Anhumas em agosto de 2021. Destaque para a ausência de mata ciliar, predomínio de pastagem na APP; assoreamento do curso hídrico.....	115
Figura 63. Montante do ponto de coleta (médio curso do rio Anhumas), durante o inverno/2021.....	116

Figura 64. Montante do ponto de coleta (médio curso do rio Anhumas), durante o verão/2022. .....	116
Figura 65. Fezes de gado presente APP do rio Anhumas.....	119
Figura 66. Análise micológica - análise das espécies fúngicas (rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR).....	121
Figura 67. Figura 61. Análise micológica - análise das espécies fúngicas (rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR) .....	121
Figura 68. Gráfico dos intervalos granulométricos das amostras coletadas no rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR (verão). .....	122
Figura 69. Rio Anhumas: montante do ponto 1. ....	123
Figura 70. Rio Anhumas: local de coleta do ponto 1. ....	123
Figura 71. Rio Anhumas: Jusante do ponto 1.....	123
Figura 72. Rio Anhumas: Adjacências do ponto 2.....	123
Figura 73. Rio Anhumas: local de coleta do ponto 2. ....	123
Figura 74. Trecho do rio Bauru canalizado, Av. Nuno de Assis, Bauru/SP.....	131
Figura 75. Parque Água do Sobrado (Adjacências da nascente do córrego Água do Sobrado - tributário do rio Bauru). .....	133
Figura 76. Parque Água do Sobrado (APP da nascente do córrego Água do Sobrado - tributário do rio Bauru). .....	133
Figura 77. Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Bauru, Bauru/SP (1985). ....	134
Figura 78. Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Bauru, Bauru/SP (1995). ....	136
Figura 79. Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Bauru, Bauru/SP (2005). ....	138
Figura 80. Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Bauru, Bauru/SP (2015). ....	140
Figura 81. Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Bauru, Bauru/SP (2020). ....	142
Figura 82. Gráfico da evolução dos usos da terra da Sub-bacia do rio Bauru (1985-2020)...	143
Figura 83. Mapa das APP dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Bauru (Bauru/SP). .....	145
Figura 84. Mapa declividade da bacia hidrográfica do rio Bauru (Bauru/SP). ....	147
Figura 85. Draga de porto de areia na margem direita do rio Bauru, Distrito Industrial (Bauru/SP). .....	151
Figura 86. Depósito do porto de areia, margem direita do rio Bauru, Distrito Industrial (Bauru/SP). .....	151
Figura 87. Análise micológica - análise da amostra "P1" (rio Bauru, Bauru/SP).....	152
Figura 88. Análise micológica - análise da amostra "P2" (rio Bauru, Bauru/SP).....	152
Figura 89. Análise micológica - análise da amostra "P3" (rio Bauru, Bauru/SP).....	152
Figura 90. Análise micológica - análise da amostra "P4" (rio Bauru, Bauru/SP).....	152
Figura 91. Gráfico dos intervalos granulométricos das amostras coletadas no rio Bauru, Bauru/SP (verão). ....	154
Figura 92. Montante do ponto de coleta 1 no rio Bauru. ....	155

Figura 93. Ponto de coleta 1 no rio Bauru.....	155
Figura 94. Jusante do ponto de coleta 1 no rio Bauru. ....	155
<b>Figura 95.</b> Local onde foi coletada a amostra (destaque ao acúmulo de sedimentos).....	156
Figura 96. Ponto de coleta 2, no rio Bauru. ....	156
Figura 97. Ponto de coleta 3, no rio Bauru. Destaque para o local amostrado.....	156
Figura 98. Montante do ponto de coleta 4, no rio Bauru.....	157
Figura 99. Ponto de coleta 4, no rio Bauru.....	157
Figura 100. Jusante do ponto de coleta 4, no rio Bauru. ....	157
Figura 101. Av. Nações Unidas (Próximo ao Parque Vitória Régia) após episódio de chuva. .....	159
Figura 102. Av. Nações Unidas (Próximo ao Teatro Municipal) após episódio de chuva. ...	159
Figura 103. Av. Nações Unidas (Viaduto da Fepasa – próximo a Rodoviária) após episódio de chuva.....	159
Figura 104. Trecho da canalização do rio Bauru (próximo a rodoviária), após episódios de chuva.....	159
Figura 105. Alagamento da Av. Nuno de Assis, após episódio de chuva. ....	159
Figura 106. Mapa de localização das áreas incluídas no perímetro urbano, em 20/07/2018.	161
Figura 107. Barragens propostas pelo Plano Diretor de Águas para contenção da água da chuva, na área urbana de Bauru.....	164
Figura 108. Planta dos interceptores já implantados e a implantar no Sistema de Esgotamento Sanitário da Sede do Município, disponível no Plano de Saneamento Básico.....	168

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escala granulométrica de Udden-Wentworth.....	37
Tabela 2. Consumo de agregados, no Brasil (2014).....	50
Tabela 3. Proposta de padrões para avaliação da qualidade microbiológica das areias.....	57
Tabela 4. Parâmetros de qualidade da areia das praias, segundo parâmetros microbiológicos. .....	61
Tabela 5. Informações e indicadores dos serviços de esgoto do município de Bauru (2011)..	76
Tabela 6. NMP com limite de confiança de 95% para combinações de resultados positivos quando cinco tubos são usados para cada diluição (10 ml, 1 ml, 0,1 ml). ....	96
Tabela 7. Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 1985 (Bacia do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR). ....	105
Tabela 8. Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 1995 (Bacia do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR). ....	107
Tabela 9. Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2005 (Bacia do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR). ....	107
Tabela 10. Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2020 (Bacia do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR). ....	110
Tabela 11. Cobertura e uso da terra das APP da Bacia do rio Anhumas.....	113
Tabela 12. Rio Anhumas: resultado do teste presuntivo (inverno). ....	117
Tabela 13. Rio Anhumas: resultado do teste presuntivo (verão).....	117
Tabela 14. Rio Anhumas: resultado do teste confirmativo (VB) (inverno). ....	118
Tabela 15. Rio Anhumas: resultado do teste confirmativo (VB) (verão).....	118
Tabela 16. Rio Anhumas: resultado do teste confirmativo (EC) (inverno).....	118
Tabela 17. Rio Anhumas: resultado do teste confirmativo (EC) (verão). ....	118
Tabela 18. Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 1985 (Sub-bacia do rio Bauru/SP).....	135
Tabela 19. Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 1995 (Sub-bacia do rio Bauru/SP).....	137
Tabela 20. Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2005 (Sub-bacia do rio Bauru/SP).....	137
Tabela 21. Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2015 (Sub-bacia do rio Bauru/SP).....	139
Tabela 22. Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2020 (Sub-bacia do rio Bauru/SP).....	141
Tabela 23. Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2020, nas APP dos corpos d'água (Sub-bacia do rio Bauru/SP). ....	144
Tabela 24. Rio Bauru: resultado do teste presuntivo (verão). ....	148
Tabela 25. Rio Bauru: resultado do teste presuntivo (inverno). ....	149
Tabela 26. Rio Bauru: resultado do teste confirmativo (VB) (verão). ....	149
Tabela 27. Rio Bauru: resultado do teste confirmativo (VB) (inverno).....	149
Tabela 28. Rio Bauru: resultado do teste confirmativo (EC) (verão).....	150
Tabela 29. Rio Bauru: resultado do teste confirmativo (EC) (inverno). ....	150

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Descrição dos usos das bacias hidrográficas. ....	27
Quadro 2. Parâmetros morfométricos para caracterização física de bacias hidrográficas. ....	29
Quadro 3. Tipos de uso indicados para os diversos intervalos de classe de declividade. ....	30
Quadro 4. Áreas consideradas de preservação permanente, rurais e urbanas, pelo Código Florestal. ....	34
Quadro 5. Usos da terra e conflitos de interesse. ....	35
Quadro 6. Fatores interferentes da produção de sedimentos em bacias hidrográficas. ....	41
Quadro 7. Características, composição e origem dos sedimentos urbanos e rurais. ....	42
Quadro 8. Enquadramentos das águas de acordo com a Resolução do Conama 357/2005. ....	53
Quadro 9. Parâmetros micológicos e microbiológicos a analisar (ABAE, 2008). ....	57
Quadro 10. Normativas sobre critérios para o uso de agregados da ABNT. ....	58
Quadro 11. Resoluções do CONAMA e parâmetros contemplados. ....	59
Quadro 12. Categorias de balneabilidade, de acordo com a Resolução 274/2000 (BRASIL, 2000). ....	60
Quadro 13. Fatores responsáveis pela deterioração do concreto. ....	48
Quadro 14. Causas da deterioração do concreto. ....	48
Quadro 15. Tipos de degradação da pastagem. ....	67
Quadro 16. Corpos d'água que compõem o rio Bauru. ....	71
Quadro 17. Descrição da formação geológica da área de estudo. ....	72
Quadro 18. Situação e caracterização das ETEs (Bauru/SP). ....	77
Quadro 19. Informações da coleta da amostra no ponto 1 (Rio Bauru, Bauru/SP). ....	87
Quadro 20. Informações da coleta da amostra no ponto 2 (Rio Bauru, Bauru/SP). ....	88
Quadro 21. Informações da coleta da amostra no ponto 3 (Rio Bauru, Bauru/SP). ....	89
Quadro 22. Informações da coleta da amostra no ponto 4 (Rio Bauru, Bauru/SP). ....	90
Quadro 23. Informações da coleta da amostra nos pontos 1 e 2 (Rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR). ....	91
Quadro 24. Informações da coleta da amostra no ponto 3 (Rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR). ....	92
Quadro 25. Informações da coleta da amostra no ponto 4 (Rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR). ....	93
Quadro 26. Definições da nomenclatura utilizada na classificação. ....	84
Quadro 27. Definições da nomenclatura utilizada na classificação (continuação). ....	85
Quadro 28. Sistemas e procedimentos para recuperação de APPs degradadas. ....	128
Quadro 29. Artigos da Resolução CODEMA 002/02 de interesse neste trabalho. ....	162

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	25
<b>3. BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADES DE ESTUDO E PLANEJAMENTO.....</b>	<b>26</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO .....	28
3.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS RURAIS E URBANAS E AS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS E DOS SEDIMENTOS FLUVIAIS .....	31
3.3 FUNÇÃO DAS MATAS CILIARES NA MANUTENÇÃO DO FLUXO DE SEDIMENTOS.....	33
<b>4. PROCESSOS EM VERTENTE: PRODUÇÃO, TRANSPORTE E QUALIDADE DOS SEDIMENTOS FLUVIAIS .....</b>	<b>36</b>
<b>5. BIODETERIORAÇÃO: DEFINIÇÃO, CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>
<b>6. PADRÕES DE QUALIDADE DOS SEDIMENTOS FLUVIAIS.....</b>	<b>50</b>
<b>7. MATERIAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>63</b>
7.1 MATERIAIS .....	63
7.1.1 <i>Caracterização da área de estudo .....</i>	<i>63</i>
7.1.1.1 Bacia hidrográfica do rio Anhumas .....	63
7.1.1.2 Bacia hidrográfica do rio Bauru.....	69
7.1.2 <i>Análises laboratoriais .....</i>	<i>80</i>
7.1.3 <i>Elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra .....</i>	<i>80</i>
7.1.4 <i>Elaboração das contribuições para as propostas de manejo das bacias estudadas</i>	<i>81</i>
7.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	82
7.2.1 <i>Elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra .....</i>	<i>82</i>
7.2.2 <i>Coleta de amostras.....</i>	<i>86</i>
7.2.3 <i>Análises laboratoriais .....</i>	<i>94</i>
7.2.3.1 <i>Análises microbiológicas .....</i>	<i>94</i>
7.2.3.2 <i>Análises micológicas .....</i>	<i>101</i>
7.2.3.3 <i>Análise granulométrica .....</i>	<i>102</i>
<b>8. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>103</b>
8.1 BACIA DO RIO ANHUMAS: RESULTADOS DO MAPEAMENTO E DAS ANÁLISES LABORATORIAIS .....	103
8.1.1 <i>Mapeamento rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR) .....</i>	<i>103</i>
8.1.2 <i>Resultado das análises microbiológicas: Rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR.....</i>	<i>116</i>
8.1.3 <i>Resultado das análises micológicas: rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR.....</i>	<i>121</i>

8.1.4	<i>Resultado das análises granulométricas: rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR.....</i>	122
8.1.5	<i>Contribuições para elaboração de uma proposta de manejo para a Bacia do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR.....</i>	124
8.2	<b>BACIA DO RIO BAURU: RESULTADOS DO MAPEAMENTO E DAS ANÁLISES</b>	
	<b>LABORATORIAIS .....</b>	<b>130</b>
8.2.1	<i>Mapeamento bacia do rio Bauru, Bauru/SP.....</i>	130
8.2.2	<i>Resultado das análises microbiológicas: Rio Bauru, Bauru/SP.....</i>	148
8.2.3	<i>Resultado das análises micológicas: rio Bauru, Bauru/SP .....</i>	152
8.2.4	<i>Resultado das análises granulométricas: rio Bauru, Bauru/SP .....</i>	153
8.2.5	<i>Contribuições para elaboração de uma proposta de manejo para a Bacia do rio Bauru, Bauru/SP .....</i>	157
<b>9.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>170</b>
<b>10.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>173</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A areia, juntamente com os demais sedimentos fluviais, são resultado do trabalho lento da natureza através da ação dos agentes externos, como os processos de intemperismo e erosão. Com o advento da urbanização e, principalmente, com as construções de alvenaria, tal recurso se tornou fundamental, já que por ser abundante, de fácil acesso e obtenção passou a ser amplamente utilizado.

Contudo, o processo de urbanização vivenciado a partir da Primeira Revolução Industrial e, portanto, na ótica do modo de produção capitalista, apropria-se da natureza (e os recursos advindos dela) considerando-a, erroneamente, uma fonte inesgotável de recursos, para sanar as necessidades criadas espaço-temporalmente.

Desta forma, as ações humanas transformaram e continuam transformando o ambiente de maneira predatória. Tais alterações podem acarretar em problemas ambientais, tais como: processos em vertente, enchentes, inundações, contaminação da água superficial e/ou subterrânea, esgotamento dos solos, entre outros.

Nesse sentido, que o trabalho realizado pela sociedade é o meio para a apropriação e consequente transformação da natureza, o que resulta na produção do espaço. Neste sentido, a sociedade ao produzir o espaço, também é produzida de forma dialética. Evidencia-se, portanto, que a sociedade é desigual e, ao produzir o espaço, tais relações são ali reproduzidas e materializadas de acordo com os interesses das classes dominantes (CORRÊA, 1989).

Diante deste cenário, a produção do espaço será abordada nesta pesquisa, como resultado da relação sociedade-natureza, pois se entende que esse espaço é construído por intermédio das demandas da sociedade, as quais são materializadas no uso da terra. O aludido uso é associado às atividades conduzidas pelos seres humanos relacionadas a um recorte espacial e a classes sociais específicas.

Desta forma, o processo de produção do espaço é conflituoso, já que ele materializa a luta de classes e, portanto, atende aos interesses do capital. Assim sendo, os conflitos são concretizados no meio rural, por exemplo, através do agronegócio, ou seja, com a mecanização agrícola, o avanço do desmatamento em áreas protegidas e, principalmente, com a negligência ao cumprimento da Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012). Já em áreas urbanas, os conflitos giram em torno das áreas de expansão urbana, uma vez que são permitidas a implantação de loteamentos e infraestrutura às margens dos corpos hídricos, além da canalização e retificação dos córregos.

Logo, as alterações ocorrem quando o espaço é ocupado sem a consideração das

características do ambiente, como por exemplo, os processos em vertente, erosão e movimentos de massa, que estão diretamente ligados ao não cumprimento das legislações ambientais, no qual o avanço do desmatamento em áreas de preservação comprometem tanto o ecossistema local, como também os seres humanos que dependem dos recursos dali obtidos. Tais processos são responsáveis por carrear sedimentos, inclusive matéria orgânica, para os fundos de vale, fato que pode vir a comprometer a quantidade e a qualidade dos cursos hídricos e dos demais elementos naturais relacionados a ele.

Neste contexto, destaca-se a necessidade do monitoramento não só dos recursos hídricos, mas de toda a bacia em que estão inseridos, principalmente, devido ao fato de que as mudanças no ambiente ao longo de um período histórico têm potencial para refletir na qualidade e, também na quantidade dos recursos naturais disponíveis, como por exemplo, na disponibilidade de água, na produtividade dos solos e na biodiversidade animal e vegetal.

Por conseguinte, a degradação ambiental deve ser compreendida como produto da sociedade e de seus avanços sobre a natureza. De acordo com Rodrigues (1988, p.08), a questão ambiental “diz respeito não apenas a problemas relacionados com a natureza, mas as problemáticas da ação social”. Em consonância com a referida autora, Nunes et al. (2006, p. 127) afirmam que “[...] relevo, clima, solo, vegetação, etc., são transformados e modificados pelo jogo de interesses públicos e privados que constroem, destroem e reconstroem novos espaços sociais”.

Assim, os problemas ambientais gerados a partir das mudanças abruptas de uso e cobertura da terra de uma determinada área dizem respeito às formas como a sociedade se apropria da natureza, como por exemplo, a substituição da cobertura vegetal original por cultivos agrícolas, pastagens e/ou áreas urbanizadas. Entretanto, Santana e Nunes (2021) apontam que é possível reverter esta lógica de degradação ambiental imbricada na sociedade capitalista, para tanto, os referidos autores indicam que são necessárias a adoção das seguintes ações:

[...] práticas agropecuárias pautadas pela integração lavoura, pecuária e floresta; sistemas de captação das águas pluviais e energia solar em residências; hortas comunitárias urbanas, principalmente nas periferias; consumo de madeira certificada; além da recomposição da mata ciliar em espaços públicos e particulares; redução do desperdício de alimentos, dentre tantas outras práticas que, ainda que muitas vezes cooptadas pelos grandes agentes do capitalismo global, poderiam criar novos parâmetros de relação da humanidade com a natureza e, assim, diminuir a grave degradação ambiental verificada na contemporaneidade (SANTANA; NUNES, 2021, p. 42).

Ressalta-se também que tais alterações ocorrem em bacias hidrográficas, e tratando-se

de pesquisas que envolvem os recursos naturais os referidos recortes espaciais tornam-se a unidade ideal de trabalho pois, de acordo com Piroli (2013, p. 21), a bacia hidrográfica:

[...] é definida pela própria natureza a partir dos processos físicos e químicos quemoldam o relevo e condicionam as relações entre os componentes bióticos e abióticos existentes na área. O elo entre estes componentes é a água que ao precipitar sobre este espaço é direcionada para regiões determinadas pelo seu ciclo, formando os córregos e rios que escoam superficialmente ou infiltram nos depósitos subterrâneos, alimentando os aquíferos ou as nascentes que manterão os cursos de água nos períodos entre as precipitações.

De acordo com Tucci (1997) bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, ou seja, a bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório. E como estabelece a Lei 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997), a bacia hidrográfica é a unidade básica para gestão dos recursos hídricos.

Nesse contexto, destaca-se a necessidade de elaboração de estudos, planejamento e propostas de manejo, visando a implantação e a gestão das atividades humanas tendo como base a bacia hidrográfica, pois estes espaços, além de atender à legislação ambiental atual, permitem a atuação de maneira racional, considerando suas características biofísicas e os ecossistemas como um todo. Este espaço permite que caso ocorram degradações ambientais, estas sejam mitigadas, quando há o interesse e esforços do setor público.

A partir destas constatações, a hipótese desta pesquisa é a de que a areia como sedimento de origem fluvial pode ser usada para aferir as condições ambientais das bacias, indicando a situação em que se encontram os componentes da natureza da área (como os corpos hídricos e a vegetação ripária), as modificações ocorridas e suas possíveis consequências no ambiente.

Vale destacar que, de maneira geral, a areia para construção civil pode ser definida como uma substância mineral inconsolidada, constituída por grãos predominantemente quartzosos, angulosos ou arredondados, no qual podem estar presentes outros minerais, tais como, o feldspato, micas e óxidos de ferro, e esta pode ser empregada como agregado para concreto, argamassas, blocos de cimento e também pavimentação de estradas (IPT, 2003).

Ademais, como o destino da areia fluvial, em grande parte, é a construção civil foi analisado em pesquisas anteriores a sua relação com biodeteriorações. Assim, além de ser resultado do comprometimento do ambiente, essas biodeteriorações resultam em prejuízos financeiros aos proprietários e moradores onde são identificadas, tendo em vista as obras de recuperação da área afetada, comprometendo a economia/orçamento familiar, além de causar a

desvalorização do imóvel, como também a presença de fungos da família *Aspergillus*, o qual pode estar relacionado com doenças pulmonares, como a aspergilose<sup>1</sup> (ABRANTES, 2014; 2017).

Nota-se assim que não há uma preocupação com parâmetros quanto a qualidade microbiológica, que podem desencadear, quando possuem as condições necessárias de umidade e temperatura, a biodeterioração e problemas de saúde, como a aspergilose pulmonar. Não há na literatura nacional e internacional parâmetros de qualidade dos sedimentos que atendam a todos os possíveis contaminantes (com propriedades biogeoquímicas diversas) presentes em sistemas aquáticos, principalmente em ambientes fluviais.

Os documentos que norteiam tais critérios, como as normas da ABNT (1997; 2001, 2009a; 2009b; 2010; 2011) no Brasil, o protocolo “Diretrizes Canadenses de Qualidade de Sedimentos para a proteção da vida aquática” (CANADÁ, 1999) não especificam o comprometimento microbiológico dos sedimentos, por focar principalmente em parâmetros físicos e químicos. Além de não demonstrarem caminhos que visem a prevenção e mitigação das áreas onde os sedimentos estão alocados. Entretanto, a ABAE (2008; 2010), em Portugal, possui especificações quanto a areia da praia, visando a balneabilidade delas.

Todavia, para verificar a hipótese, elencou-se para esta pesquisa o estudo de duas sub-bacias hidrográficas nas quais a água e sedimentos foram submetidos a análise microbiológica e micológica. E com os seus respectivos resultados foram o subsídio para elaboração de contribuições de planos de manejo, visando melhorar a qualidade dos elementos analisados, e principalmente, de toda a bacia.

Assim, as sub-bacias hidrográficas elencadas foram a do rio Bauru (localizada entre os municípios de Bauru e Pederneiras/SP) e a do rio Anhumas, encontrada no município de Ribeirão Claro/PR, onde resultados de estudo anterior (ABRANTES, 2017) indicaram haver contaminação.

A escolha por tais recortes espaciais para pesquisa ocorreu devido a cinco fatores principais: primeiro, a areia destinada a construção civil oriunda do rio Anhumas foi analisada durante a pesquisa de mestrado (ABRANTES, 2017) e foi verificada a contaminação, tanto por coliformes totais e termotolerantes, quanto a presença de fungos decompositores de matéria orgânica; segundo, a bacia do rio Anhumas encontra-se muito alterada, com diversos problemas

---

<sup>1</sup> De acordo com o Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), a aspergilose é uma doença infecciosa oportunista que surge quando o fungo filamentoso do gênero *Aspergillus* entra no organismo humano por meio da inalação de esporos por indivíduos com imunidade reduzida. Esse fungo é encontrado em matéria orgânica em decomposição dispersa no ambiente.

ambientais, como por exemplo, ausência de mata ciliar, presença de focos erosivos e assoreamento do rio principal; terceiro, o trecho urbano da bacia do rio Bauru recebe a maior parte do lançamento de efluentes domésticos e industriais do município de Bauru, além de possuir trechos com canalização aberta e fechada, localizam-se portos de extração da areia para comercialização; quarto, as bacias possuem diferentes embasamentos geológicos e usos; e, por fim, a bacia do rio Anhumas é essencialmente rural, ao passo que a bacia do rio Bauru é mista (urbana e rural), portanto, possuem comportamentos hidrogeomorfológicos diferentes.

Assim, através do conhecimento da Geografia é possível identificar as possíveis causas de contaminação dos corpos hídricos e, por conseguinte, dos sedimentos fluviais através de uma leitura integrada do ambiente, ou seja, visando um planejamento ambiental focado nas relação sociedade-natureza. E, conseqüentemente, buscar estabelecer relações menos predatórias.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a qualidade microbiológica da água e dos sedimentos fluviais e enquadrá-los como indicadores de mudanças ambientais.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar e identificar os usos e a cobertura da terra nas bacias hidrográficas do rio Anhumas e do rio Bauru;
- Realizar o levantamento dos problemas ambientais nas mencionadas bacias;
- Analisar a qualidade microbiológica e micológica das amostras de sedimentos oriundos dos cursos hídricos e da água confrontando-os com a legislação vigente;
- Elaborar propostas de manejo, a partir dos resultados encontrados, para as bacias hidrográficas em estudo.

### 3. BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADES DE ESTUDO E PLANEJAMENTO

O processo de urbanização brasileiro, de acordo com Jorge (2011), foi/é caracterizado pela apropriação do mercado imobiliário das melhores áreas das cidades e pela ausência, quase completa, de áreas urbanizadas destinadas à moradia da maior parte da sociedade. Fato que levou a população de baixa renda a ocupar as periferias que, na maioria das vezes, são sinônimos de áreas de risco, tais como, margens de rios, mangues e encostas íngrimes.

A precariedade da ocupação em áreas urbanas, como por exemplo, aterros instáveis, taludes de corte em encostas íngrimes, palafitas, ausência de redes de abastecimento de água e coleta de esgoto, aumenta a vulnerabilidade das áreas já naturalmente frágeis (JORGE, 2011). Já em áreas rurais são notados com frequência, de acordo com Demarchi e Piroli (2020), a desagregação, o transporte e a deposição de sedimentos, que caracterizam o processo erosivo, sendo resultantes da interação entre as características da chuva, a erodibilidade do solo, a configuração do relevo, o uso e cobertura da terra, o manejo agrícola, as práticas de conservação e a estrutura da paisagem.

Desta forma, as alterações ocorridas no ambiente da bacia hidrográfica tendem a ser identificadas nos fundos de vale que são resultados, por exemplo, dos processos em vertente e de despejo *in natura* de efluentes domésticos e industriais, porquanto, além de modificar o ciclo hidrológico e a fauna aquática, comprometem a qualidade dos demais recursos naturais.

Como destacou Demarchi (2019) em sua tese, que teve como objetivo analisar a influência das transformações ocorridas no uso da terra, na bacia do ribeirão São Domingos (Santa Cruz do Rio Pardo/SP), desde a década de 1960 a elaboração cenário futuros de uso na configuração dos processo de erosão, aporte de sedimentos e escoamento superficial, como subsídio ao ordenamento territorial e urbano. Deste modo, dentre os vários componentes da natureza que podem ser utilizados como indicadores ambientais para avaliar as condições da água e de como a bacia está sendo usada, a areia acumulada no leito de rios é um dos que carregam estas informações em sua composição.

A Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997) definiu bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). Em 2006, o PNRH adotou como base a “Divisão Hidrográfica Nacional”, definição de 12 regiões hidrográficas para o território brasileiro e as “Áreas especiais de planejamento”, como o Aquífero Guarani e o Pantanal (BRASIL, 2006).

Com estas duas normativas, há reafirmação de como é indispensável pensar a gestão das bacias hidrográficas de forma integrada, já que as alterações ocorridas nos compartimentos de relevo, topo e vertente, são denunciadas e agravadas no fundo de vale. Ademais, segundo Zoccal (2007), é estimado que 80% da área agrícola, no estado de São Paulo, foi acometida por processos erosivos, que resulta na perda de 200 milhões de toneladas de solo por ano e no acúmulo, na forma de sedimentos, de 70% deste montante nos cursos hídricos.

Piroli (2013) assevera que a bacia hidrográfica é a unidade ideal para o trabalho com recursos naturais, dado que é definida pela própria natureza, a partir dos processos físicos e químicos que moldam o relevo. Dessa forma, o autor supracitado considera a bacia como um sistema integrado, visto que nela há a interrelação entre os subsistemas: social, econômico e biofísico.

As bacias hidrográficas apresentam comportamentos e características diferentes de acordo com os usos aplicados a ela: natural, rural ou urbana (QUADRO 1). Segundo Furtado e Koning (2008), a infiltração das águas pluviais é inversamente proporcional a densidade da cobertura vegetal no terreno, isto é, quanto maior a densidade da cobertura vegetal menor será o risco de escoamento superficial.

**Quadro 1.** Descrição dos usos das bacias hidrográficas.

<b>Uso das bacias hidrográficas</b>	<b>Descrição</b>
Bacias naturais	Parte considerável da entrada de água em uma bacia, através da precipitação, é retida na interceptação (estratos da vegetação) e infiltração (solo menos compactado e com maior cobertura vegetal).
Bacias rurais	Retratam extensas áreas agropecuárias e, conseqüentemente, podem apresentar alterações na qualidade e no regime das águas devido às modificações sofridas no uso e cobertura da terra.
Bacias urbanas	Sofrem alterações simultâneas quanto a quantidade e a qualidade da água disponível, já que o processo de urbanização faz uso, na maioria das vezes, da impermeabilização do solo, despejo de efluentes industriais e domésticos, intensificação da poluição atmosférica.

Organização: autores (2021).

Fonte: Tundizini (2006); Furtado e Koning (2008).

Ao analisar a bacia hidrográfica do ponto de vista do planejamento e gestão ambiental, Silva e Rodriguez (2011, p. 30-31) a consideram como “a unidade apropriada para o estudo quantitativo e qualitativo do recurso hídrico e dos fluxos de sedimentos e de nutrientes; assume-se, portanto, como a unidade preferencial para o planejamento e gestão ambiental”.

Ante o exposto, sobressai a relevância da elaboração de estudos, planejamento e propostas de manejo, visando a implantação e a gestão das atividades humanas tendo como base a bacia hidrográfica, pois estes espaços, além de atender à legislação ambiental atual, permitem a atuação de maneira racional, considerando suas características biofísicas e os ecossistemas como um todo.

Tal espaço geográfico permite a mitigação das diversas manifestações da degradação ambiental. Assim, a caracterização das variáveis físicas, de ocupação e uso da terra, além da elaboração de propostas de manejo das bacias, compõe a fase inicial para o desenvolvimento das demais etapas de gerenciamento dos recursos hídricos.

### **3.1 Caracterização fisiográfica de bacias hidrográficas como subsídio ao planejamento**

De acordo com Nascimento et al. (2012), a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica consiste na descrição sucinta dos fatores topográficos, geológicos, geomorfológicos e de uso do solo que influenciam na geração de escoamentos e na determinação de coeficientes definidores da forma, drenagem, declividade da bacia, entre outros.

Em consonância com os autores supracitados, Zanata et al. (2011) afirmam que analisar as características morfométricas de microbacias é fundamental para a identificação de quadros de degradação ambiental e, conseqüentemente, para o planejamento do manejo destas áreas. Dessa forma, existem alguns parâmetros utilizados para a caracterização física de bacias (QUADRO 2).

**Quadro 2.** Parâmetros morfométricos para caracterização física de bacias hidrográficas.

<b>Parâmetros morfométricos</b>	<b>Definição</b>
Área de drenagem	Fundamental para definir o potencial de geração de escoamento da bacia, uma vez que seu valor multiplicado pela lamina de chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia.
Forma da bacia	Tem efeito sobre o comportamento hidrológico da bacia, como por exemplo, o tempo de concentração (Tc).
Tempo de concentração	Tempo, a partir do início, da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua com a vazão na seção do controle.
Densidade de drenagem (Dd)	Expressa a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e sua área total. É um indicador do relevo superficial e das características geológicas da bacia, pois permite avaliar a eficácia de drenagem de uma bacia. Quanto maior a Dd, maior a capacidade da bacia fazer escoamento rápido no exultório, bem como deflúvios de estiagem baixos. Existem três tipos de Dd: esparsa, média e densa.
Hierarquia fluvial	Horton (1945): <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Canais de primeira ordem são os menores identificáveis caracterizados por drenagens intermitentes.</li> <li>2. Canais de segunda ordem são formados pela confluência de dois canais de primeira ordem, esta lógica é aplicada para as demais, onde a confluência de dois canais de ordem <math>i</math> resulta em um canal de ordem <math>i+1</math> a jusante.</li> <li>3. Onde um canal de ordem menor encontrar um de ordem maior, o canal a jusante mantém a maior das duas ordens.</li> <li>4. A ordem da bacia hidrográfica é designada como a ordem do rio que passa pelo exutório.</li> </ol> <p>Para Strahler (1952), a identificação se inicia com os rios de 1ª ordem, que são aqueles que não recebem nenhum afluente. A partir da confluência de dois rios de 1ª ordem, forma-se um segmento de 2ª ordem. A confluência de dois rios de 2ª ordem define um rio de 3ª ordem e assim por diante. Quando dois rios de ordens diferentes juntam-se, prevalece a maior ordem.</p>
Declividade	Parâmetro físico usado nos estudos dos picos de enchentes e da infiltração de água do solo. Com este índice é possível determinar o escoamento de água das chuvas e verificar a suscetibilidade à erosão.

Organização: Abrantes (2021).

Fonte: Tucci (2004).

Diante do exposto, compreender os diferentes aspectos físicos das bacias hidrográficas permite iniciar a análise dos quadros de degradação ambiental presentes nela, uma vez que tais cenários surgem a partir de desequilíbrios na paisagem, ou seja, de acordo com Guerra e Cunha

(2000) a sua origem está na visão setorizada dos elementos que compõem a paisagem. Desta forma, a bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade integradora dos setores naturais e humanos e, portanto, deve ser administrada com esta função, tendo como objetivo minimizar os impactos ambientais.

A partir da análise integrada das bacias hidrográficas é possível concluir que:

As bacias hidrográficas contíguas, de qualquer hierarquia, estão interligadas pelos divisores topográficos, formando uma rede onde cada uma delas drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum ou ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório ou oceano. (GUERRA; CUNHA, 2000, p. 353).

Quando ocorrem mudanças significativas no perímetro da bacia, como por exemplo: aumento da área impermeabilizada e substituição da cobertura vegetal original por usos agropastoris, notam-se alterações, efeitos e/ou impactos à jusante e no fluxo energético de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvidas). Entretanto, a depender da escala e da intensidade da mudança no uso da terra da bacia, os tipos de leitos e de canais também podem ser alterados (GUERRA, 1995).

Assim, identificar e analisar as características morfométricas das bacias hidrográficas compõem instrumentos importantes do planejamento destas áreas. Bigarella et al. (1979) estabeleceram os tipos de uso indicados para intervalos de classe de declive (QUADRO 3).

**Quadro 3.** Tipos de uso indicados para os diversos intervalos de classe de declividade.

<b>Intervalos de classe de declive (%)</b>	<b>Tipos de cobertura da terra indicados</b>
< 1	- Agricultura sem restrições.
1 a 6	- Agricultura intensiva; - Medidas de conservação ligeiras.
6 a 12	- Agricultura com práticas moderadas conservacionistas.
12 a 20	- Agricultura com rotação; - Limite de uso do trator; - Conservação intensiva.
20 a 45	- Culturas permanentes com restrição.
> 45	- Área de preservação permanente obrigatória por lei.

Fonte: Bigarella et. Al (1979); Guerra e Cunha (2000).  
Organização: Abrantes (2021).

Sendo assim, de acordo com Araújo Neto (1995), os planos de gerenciamento de bacias devem contemplar a utilização múltipla dos recursos da água levando em conta a qualidade do ambiente e da vida da população. Para tanto, compreender a bacia como forma de planejamento

e gestão é sinalizar que devem ocorrer de forma integrada, descentralizada, participativa e independente (GUERRA; CUNHA, 2000).

### **3.2 Bacias hidrográficas rurais e urbanas e as implicações na qualidade dos recursos hídricos e dos sedimentos fluviais**

Os recursos hídricos vêm sofrendo alterações nas suas características naturais para atender as demandas humanas, desde tempos primórdios, os quais eram utilizados para dessedentação, preparo de alimentos, higiene, construção, navegação, irrigação, entre outros. Botelho (2011), aponta que em períodos mais recentes da história humana, as intervenções nos cursos hídricos passam a ser mais intensas. Principalmente, no período após a Primeira Revolução Industrial (século XVIII), com os registros do aumento da população urbana e o uso dos recursos hídricos na produção industrial de mercadorias, além de novas necessidades que passam a ser criadas, pautadas na sociedade capitalista, como a geração de energia elétrica, controle de enchentes e aterros para o aumento das áreas para ocupação.

As bacias hidrográficas apresentam comportamentos e características diferentes de acordo com os usos aplicados a ela: natural, rural ou urbana. Quando comparadas, é notável que as consequências da retirada da cobertura vegetal estão diretamente relacionadas com o aumento do escoamento superficial, dos picos de cheia e da intensificação dos processos em vertente, em detrimento da infiltração da água no solo. Nesta mesma perspectiva, Porto et al. (2001) afirmam que, em casos extremos, o pico de cheia numa bacia hidrográfica urbana pode chegar a seis vezes mais do que o pico dessa mesma bacia em condições naturais.

Poleto e Merten (2006) apontam que as bacias rurais registram um aumento na produção de sedimentos quando apresentam baixa cobertura vegetal, ou seja, quanto maior a cobertura vegetal, menor será a produção de sedimentos. Demarchi e Piroli (2020) convergem a este ponto, quando comprovam, a partir da simulação de cenários futuros, que áreas rurais que estão adequadas quanto ao uso e manejo do solo à legislação florestal brasileira, apresentaram – em eventos de chuva de diferentes erosividades – menor taxa de erosão, maior deposição de sedimentos nas vertentes e fundos de vale e menor aporte de sedimentos no exultório. Os referidos autores relacionam tais resultados ao aumento de práticas conservacionistas e das áreas arborizadas nos fundos de vale, nas áreas de preservação permanente e reservas legais, dentre outros.

Em contrapartida, as bacias urbanas, devido à alteração da estrutura da camada superficial do solo de caráter definitivo, possuem uma tendência de decréscimo da produção de sedimentos quando a bacia está completamente ocupada e o solo impermeabilizado (TUCCI, 2003). Entretanto, a disponibilidade de sedimentos será maior quando ocorrer grande interferência humana, como por exemplo: obras em vias de transporte e alterações na cobertura vegetal para fins construtivos (SARI et al., 2013).

Ademais, os sedimentos fluviais e os problemas ambientais deles sucedidos representam, atualmente, um grande desafio para o gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que é fundamental conhecer e compreender a dinâmica hidrossedimentológica das bacias hidrográficas, para garantir a conservação e utilização adequada de seus recursos (SARI et al., 2013; CARVALHO, 2008).

Hoffmann e Oliveira (2018) relacionaram os usos e cobertura da terra com a produção e transporte de sedimentos em suspensão, na porção superior da bacia do rio Capivari (Lapa/PR), que possui usos rurais e urbanos. Além disso, utilizaram como parâmetros a concentração de sedimentos em suspensão e os níveis de turbidez das amostras coletadas. Assim, concluíram que apesar da porção urbana da área de estudo apresentar potencial de produção de sedimentos, a porção rural desta apresentou os maiores resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez.

Vale destacar também que, de acordo com Carvalho et al. (2006), a urbanização como toda obra que interpõe estruturas pouco permeáveis entre o solo e a chuva, faz com que a infiltração diminua e o escoamento superficial seja incrementado, impondo mudança drástica no regime de escoamento local. Na mesma perspectiva, Guerra (2011, p. 35) aponta que “as ruas são as principais adutoras das águas captadas pelos telhados, somadas às do escoamento local, que se desprovidas de drenagem de águas pluviais, podem dar início a processos erosivos de grande escala”.

Acrescenta-se ainda a diminuição brusca das taxas de infiltração, no qual o impacto será tanto em superfície como em subsuperfície, já que é intensificado o processo de escoamento superficial, que pode ser seguido de processos em vertente, como também da recarga das águas subterrâneas, cuja a percolação da água é praticamente eliminada (SILVA, 2011; BOTELHO, 2011).

Botelho (2011, p.73), atenta ao fato de que:

Somam-se às águas pluviais as águas servida, de uso doméstico, comercial e industrial, que muitas vezes são conduzidas juntamente com as águas pluviais, não havendo sistemas de recolhimento e escoamento individualizados. As águas servidas são também, algumas vezes, lançadas diretamente nos corpos d'água (...), antes, aliás, de qualquer tratamento para desinfecção ou descontaminação. Estas são práticas altamente nocivas não só porque reduzem o tempo do 'ciclo hidrológico urbano', mas também porque são responsáveis pela degradação da qualidade das águas no ambiente urbano .

Desta forma, as modificações causadas na paisagem para a produção do espaço urbano afetam diretamente a dinâmica hidrológica, uma vez que alteram os caminhos por onde a água, naturalmente, circulava. Quando tal processo ocorre de forma desordenada, além do ciclo hidrológico ser afetado, a degradação do solo é significativa (SILVA, 2011). E, destarte, processos em vertente passam a ser uma constante, respondendo por parte dos danos ambientais em áreas urbanas.

Além disso, é comum se deparar com problemas erosivos, em áreas urbanas, quando há o crescimento acelerado da população acompanhado de um planejamento urbano inadequado, ou seja, os projetos e as práticas de parcelamento do solo são, em grande maioria, inadequados e/ou ineficientes (CARVALHO et al., 2006). Soma-se a este quadro, a ineficiência de algumas obras de infraestrutura e de combate à erosão, resultando em suas destruições em curto espaço de tempo (GUERRA, 2011).

### **3.3 Função das matas ciliares na manutenção do fluxo de sedimentos**

Consoante com Tricart (1977), a eliminação das matas ciliares interrompe a vinculação interativa entre o crescimento do suporte ecológico e o desenvolvimento de uma cobertura vegetal acoplada com os recursos hídricos. Neste sentido, se a planície fluvial for acometida, todo o modelo fisiográfico será modificado. Destarte, urge a necessidade, de um gerenciamento ecológico permanente e rigoroso das florestas beiradeiras, o qual deve ser baseado na legislação, conforme salientou Ab'Sáber (2011). Para o seu cumprimento, exige-se o monitoramento e a cooperação permanente do Estado e da sociedade.

A preocupação com a observância da legislação sobre as Áreas de Preservação Permanente (APP), principalmente das matas ciliares, vai ao encontro com o que Kobiyama (2003) explana sobre as influências de tais ecossistemas, pois estes influem na geomorfologia fluvial por afetar a resistência ao fluxo; na resistência mecânica do solo em barranco; no

armazenamento de sedimento; na estabilidade do leito e morfologia do canal; e, por fim, é importante para a função do ecossistema aquático.

Ainda versando sobre a crucialidade da zona ripária, Lima e Zakia (2012) salientam as funções hidrológicas da cobertura vegetal destas regiões, sendo elas: geração do escoamento direto em microbacias; quantidade de água que contribui para o aumento do armazenamento hídrico; qualidade da água, pois retêm os sedimentos e os nutrientes no solo; ciclagem dos nutrientes; e, finalmente, realizam uma interação direta com o ecossistema aquático, posto que é a transição entre os meios aquático e terrestre.

Diante de tamanha importância, a Lei n. 12.651/2012, comumente conhecida por Código Florestal Brasileiro, considera APP toda “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

Portanto, esta porção do espaço deve ser coberta pela vegetação nativa a fim de que mantenha a estabilidade ecológica. Deste modo, como mencionado anteriormente, será considerada somente as APP das faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, desde a borda da calha do leito regular, com as larguras mínimas descritas no Quadro 4.

**Quadro 4.** Áreas consideradas de preservação permanente, rurais e urbanas, pelo Código Florestal.

<b>Área de preservação permanente</b>	<b>Largura dos cursos d’água</b>
30 metros	Menos de 10 metros de largura
50 metros	De 10 a 50 metros de largura
100 metros	De 50 a 200 metros de largura
200 metros	De 200 a 600 metros de largura
500 metros	Superior a 600 metros

Organização: autores (2021).

Fonte: Brasil (2012).

Embora seja evidente a função da preservação das matas ciliares nas APP, os autores Lima e Zakia (2011) explanam sobre os conflitos de interesse dos diferentes setores de uso da terra (QUADRO 5). Em decorrência da relevância ecológica e hidrológica das matas ciliares, é fundamental a manutenção da sua integridade, haja vista que com esta prática se garantirá a estabilidade do solo, a qualidade dos recursos hídricos, de todos os ecossistemas e das atividades econômicas que dependem deles.

**Quadro 5.** Usos da terra e conflitos de interesse

<b>Usos da terra</b>	<b>Matas ciliares e conflito de interesse</b>
Pecuária	Sítios bastante produtivos, onde crescem árvores de alto valor comercial
Áreas declivosas	Únicas alternativas para o traçado de estradas
Abastecimento de água ou geração de energia	Excelentes locais de armazenamento de água visando garantia de suprimento contínuo.

Fonte: Lima e Zakia (2011).  
Organização: autores (2021).

Por outro lado, Castro et al. (2009) destacam que o mapeamento dos conflitos de uso da terra em APP pode ter a serventia de fiscalização junto aos órgãos públicos, uma vez que possibilita o planejamento do uso do solo em sub-bacias, em conformidade com a legislação ambiental vigente. Entretanto, tais cenários não são tão comuns, tendo em vista as enchentes em áreas urbanas e a contaminação de sedimentos pelo despejo de afluentes e pelos processos em vertente.

Ademais, Bittencourt; Castiglione e Strauch (2018) afirmam que devido ao crescimento dos núcleos urbanos brasileiros com planejamento inadequado por parte dos poderes públicos, as cidades passaram a conviver com diversos problemas ambientais, em virtude do uso irregular destes espaços, como por exemplo, erosões, córregos assoreados e enchentes.

#### **4. PROCESSOS EM VERTENTE: PRODUÇÃO, TRANSPORTE E QUALIDADE DOS SEDIMENTOS FLUVIAIS**

No Brasil, o processo histórico de ocupação do território consistiu, e ainda perdura, na substituição da cobertura florestal nativa e/ou fragmentos florestais por atividades agroexportadoras, frequentemente baseada na exploração excessiva dos recursos naturais. Essas práticas, ao desconsiderar o potencial de uso da terra, aceleram os processos em vertente e são responsáveis por diversos problemas ambientais, destacando-se a degradação dos solos na forma de erosão com conseqüente assoreamento e contaminação dos sistemas aquáticos.

De acordo com Mafra (1999), a erosão hídrica consiste numa série de transferências de energia e matéria gerada por um desequilíbrio do sistema água/solo/cobertura vegetal, as quais resultam na perda progressiva do solo. Assim, este processo, predominante no clima tropical, pressupõe a ruptura dos agregados, quando existentes, e arraste de forma seletiva de partículas minerais e/ou orgânicas, além de materiais com características muito heterogêneas, resultante da disposição, muitas vezes, inadequada de resíduos sólidos urbanos (RSU), defensivos agrícolas, chorume e necrochorume, metais pesados, efluentes industriais, excesso de vinhaça da fertirrigação em áreas de cultivo de cana de açúcar, entre outros agentes com potencial contaminante e/ou poluente.

A deposição dessa diversidade de materiais eminentemente tecnogênicos nos fundos de vale, tem potencial de alterar abruptamente os indicadores de qualidade da água e de matérias primas de interesse econômico oriundos desses ambientes, como argila e areia, amplamente utilizados na construção civil. Desta forma, imperioso se faz definir depósitos tecnogênicos que, segundo Silva et al. (2014, p. 02), “a composição dos materiais tecnogênicos está diretamente relacionada à ação antrópica desenvolvida num dado ambiente, contendo, assim, materiais autóctones, sedimentos remobilizados e artefatos manufaturados diversificados”.

Caso edificações sejam feitas com areia que possui grande carga orgânica oriunda dos processos descritos anteriormente, uma das conseqüências é a formação da biodeterioração (termo utilizado para considerar uma patologia resultante da ação de seres vivos na argamassa ou no reboco das paredes) que pode comprometer a saúde dos moradores e a economia doméstica devido a necessidade de reformas periódicas (FILA et al., 2010).

Os sedimentos fluviais, transportados pelo escoamento no interior da calha fluvial, constituem-se em uma importante fonte de transferência de contaminantes, nutrientes e outros materiais sólidos às jusantes fluviais, aos estuários e aos ambientes costeiros (HUDSON-EDWARDS, 2007; SARI et al., 2013).

De acordo com Suguio (1998), areia é considerada sedimento detrítico ou clástico, não consolidado, composto predominantemente por partículas minerais entre 0,062 e 2,00 mm de diâmetro (TABELA 1). Segundo o referido autor, o mineral mais frequente na maioria dos tipos de areia é o quartzo ( $\text{SiO}_2$ )<sup>2</sup>, porém há situações especiais, como em áreas desérticas, nas quais podem predominar fragmentos de calcita<sup>3</sup>, gipsita<sup>4</sup> e feldspatos<sup>5</sup>.

**Tabela 1.** Escala granulométrica de Udden-Wentworth.

Intervalo granulométrico (mm)	Classificação nominal (Tradução usual – português)	
> 256	Cascalho	Matacão
256-64		Bloco ou calhau
64-4,0		Seixo
4,0-2,0		Grânulo
2,0-1,0	Areia	Areia muito grossa
1,0-0,50		Areia grossa
0,50-0,250		Areia média
0,250-0,125		Areia fina
0,125-0,062		Areia muito fina
0,062-0,031	Silte	Silte grosso
0,031-0,016		Silte médio
0,016-0,008		Silte fino
0,008-0,004		Silte muito fino
<0,004	Argila	Argila

Fonte: Gianini e Melo (2009).

A areia oriunda de corpos hídricos, conforme o autor supracitado, é transportada e depositada por processos fluviais, em geral, encontrada nos depósitos de preenchimento de

<sup>2</sup> **Quartzo:** sílica quimicamente pura ( $\text{SiO}_2$ ), cristalizada no sistema romboédrico, apresentando prismas retos de base hexagonal, terminando em duas pirâmides. Na escala de dureza dos minerais é um dos mais duros: 7. É um mineral que tem distribuição geográfica muito grande, pois entra na composição de numerosas rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares. O único ácido capaz de dissolvê-lo é o ácido fluorídrico (GUERRA, 1993).

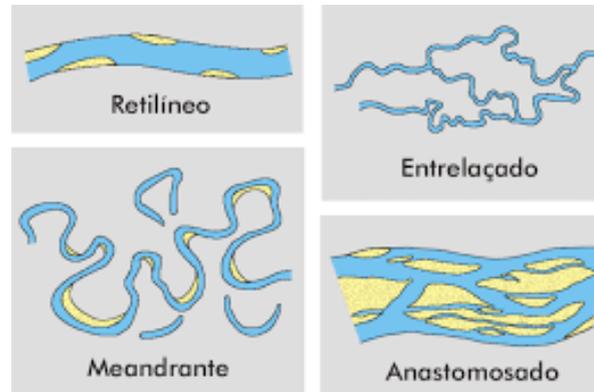
<sup>3</sup> **Calcita:** carbonato de cálcio cristalizado no sistema romboédrico. Depois do quartzo é o mineral mais comum na superfície do globo. Sua dureza é pequena, 3, e a densidade, 2,7. É atacada pelo ácido clorídrico mesmo diluído. (GUERRA, 1993).

<sup>4</sup> **Gipsita:** sulfato de cálcio hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), cristalizado no sistema monoclinico e dureza variando de 2 a 3. É o material que constitui o gesso e o gipso (rocha formada pela hidratação da gipsita e é encontrada geralmente em camadas, cuja textura granulada fina e coloração clara, pode confundir-la com um calcário) (GUERRA, 1993).

<sup>5</sup> **Feldspato:** família de minerais sílico-aluminosos com uma base de potássio, sódio e cálcio. A família dos feldspatos é muito importante, pois eles aparecem em quase todas as rochas eruptivas e metamórficas. Constituem os minerais mais comuns na superfície do globo, depois do quartzo. A sua alteração se faz, principalmente, por efeito da dissolução química, transformando-se em argilas de coloração variadas em função dos óxidos que contêm e do clima da região (GUERRA, 1993).

canal fluvial ou de barras de meandros nos rios meandrantos e como barra longitudinal de canal nos rios entrelaçados (FIGURA 1).

**Figura 1.** Quatro tipos fundamentais de canais fluviais.



Fonte: Riccomini et al. (2009).

Sendo assim, para compreender a origem da areia fluvial é fundamental mencionar alguns aspectos: o processo de intemperismo de rochas: metamórficas, sedimentares ou magmáticas; os processos em vertente, os quais tendem a carrear sedimentos com características muito heterogêneas para os leitos dos rios e, por fim, mas não menos importante, o trabalho de transporte de sedimentos pelos próprios cursos d'água.

Minella e Merten (2011) apontam a necessidade de analisar o espaço urbano e rural com ferramentas que sejam capazes de avaliar de forma quantitativa e integrada os fatores que interferem na degradação dos solos e dos recursos hídricos. Além disso, ressaltam que os processos erosivos identificados em lavouras, pastagens, estradas e áreas urbanas estão relacionados com os impactos nos rios, sob três aspectos: químico, físico e biológico.

A conectividade entre os problemas que observamos nas vertentes e os problemas que encontramos nos rios não é direta. Mecanismos complexos de conectividade entre vertentes e rios controlam o comportamento hidrossedimentológico das "bacias hidrográficas". O estudo da variabilidade da produção de sedimentos tem contribuído para a compreensão dos fatores controladores dos processos erosivos e do transporte de sedimentos e poluentes nas bacias hidrográficas. (MINELLA; MERTEN, 2011, p. 424).

Ainda em consonância com os autores citados anteriormente, é fundamental identificar e quantificar as fontes de sedimentos em uma bacia hidrográfica, uma vez que contribuem para a descrição dos processos de ligação entre fundo de vale e vertente e, conseqüentemente, para o planejamento do uso e manejo dos recursos naturais.

No que se refere à erosão fluvial, cujos mecanismos são de desagregação, transporte e deposição, urge acrescentar que esses processos não podem ser tratados separadamente, pois “são interdependentes dentro de relações constantemente mutáveis do fluxo e da carga existente. (...) Eles alternam-se com o decorrer do tempo de acordo com a velocidade do fluxo” (SUGUIO; BIGARELLA, 1979, p. 27).

Em concordância com o que foi apresentado, Suguio e Bigarella (1979, p. 29-30), explanam que:

A maior parte dos detritos originados pela intemperização das rochas é transportada para o mar em várias etapas pela ação dos rios. As correntes fluviais carregam a carga sedimentar de diferentes maneiras, conforme a granulação das partículas e as características inerentes as próprias correntes [...]. A relação da seção do canal com a velocidade de fluxo determinará o tamanho máximo do material que pode ser movido (competência do rio) e o volume de carga transportada (capacidade do rio).

Conforme os autores mencionados, carga é a quantidade de material transportado que pode ocorrer em suspensão, denominada de carga suspensa ou carga de sedimentos em suspensão ou carga de fundo. A carga suspensa é constituída por partículas pequenas, argila e silte, que devido ao tamanho, são conservadas em suspensão na água em fluxo turbulento. Já a carga de fundo ou carga de leito, que ocorre ao longo do leito do rio, é formada por partículas maiores, com granulação de areia, cascalho ou fragmentos de rocha que deslizam ou saltam no decorrer do leito.

As atividades relacionadas ao aproveitamento econômico desses sedimentos fluviais, principalmente no que tange à carga de fundo, “podem envolver remoção total de certas camadas sedimentares ou extração de fluidos contidos nos poros, deixando neste caso, as camadas sedimentares intactas” (SUGUIO; BIGARELLA, 1979, p. 156). Destaca-se que existem outras maneiras de obtenção de areia além das de origem fluvial, como por exemplo, as retiradas de barranco, cujos ambientes de formação podem ser diversos: eólicos, lacustres, marinhos, entre outros.

Souto e Crestana (2000) destacam que o planejamento de uso da terra em bacias hidrográficas deveria ter como base a identificação de áreas agrícolas suscetíveis aos processos erosivos e, conseqüentemente, a avaliação de sistemas integrados de manejo do solo e culturas em microbacias é campo ideal para essas investigações, uma vez que a qualidade final das águas dos rios é o reflexo das atividades humanas ali desenvolvidas.

Neste sentido, serão consideradas no presente trabalho as fontes de poluição não pontuais dos cursos d'água para as bacias rurais e, por conseguinte, dos sedimentos presentes

neles, já que são produzidas a partir dos processos em vertente. De acordo com Cardoso (2011), estas fontes estão associadas à atividades de uso do solo que atingem os cursos d'água, principalmente, pela ação das águas pluviais e da descarga destas águas poluídas. Deste modo, torna-se difícil identificar as alusivas fontes, pois geralmente ocorrem em uma área maior, ou em diversos pontos, que de forma recorrente chegam na drenagem pluvial.

Ante ao exposto, é essencial compreender o comportamento dos processos em vertente diante de cada uso da terra identificado no recorte da bacia hidrográfica, para então avaliar o comprometimento dos cursos hídricos e dos sedimentos ali presentes. Destarte, conforme Sari et al. (2013), os processos erosivos responsáveis pela produção de sedimentos, são acelerados, em larga escala, pelas atividades antrópicas, sobretudo, no que diz respeito a remoção da cobertura vegetal. Além disso, o uso da terra compõe um fator de grande influência quando efetuado de maneira inadequada (ALMEIDA FILHO, 2008).

Por sua vez, o transporte e a sedimentação desses materiais dependem da rocha de origem, da matéria orgânica, da cobertura vegetal, do escoamento e do regime de chuvas (ARAÚJO et al., 2020) (QUADRO 6). Santos e Silva (2016) também afirmam que a dinâmica sedimentológica decorre da alteração do uso e ocupação da terra, cabendo a utilização de recursos cartográficos para predizê-los e mesmo propor políticas de mitigação e recuperação dos quadros de degradação.

**Quadro 6.** Fatores interferentes da produção de sedimentos em bacias hidrográficas.

<b>Fatores</b>	<b>Formas de interferência na produção de sedimentos em bacias hidrográficas.</b>
Clima	O clima influencia a produção de sedimentos por meio das características da precipitação (volume, intensidade e frequência), isto é, as características da precipitação irão determinar, principalmente, a magnitude da produção de sedimentos.
Características fisiográficas	A fisiografia da bacia (declividade do terreno, atributos do solo, características da rede de drenagem, etc.) determina a capacidade de transferência dos sedimentos pelas vertentes e rios.
Uso e manejo da terra	O efeito do uso e manejo dos solos sobre a produção de sedimentos tem a propriedade de atenuar ou agravar os demais fatores, ou seja, a mudança da cobertura vegetal original para o uso agrícola, por exemplo, pode modificar a produção de sedimentos em várias ordens de magnitude, em comparação com uma área não perturbada

Fonte: Morgan (2005), Verstraeten et al. (2006), Minella; Merten (2011).  
Organização: Abrantes (2021).

Para Minella e Merten (2006), uma parcela significativa dos problemas relacionados à qualidade da água está vinculada aos sedimentos erodidos, oriundos de áreas com presença de poluentes. Assim, os usos da terra têm papel fundamental na regularização do ciclo hidrológico e, conseqüentemente, nos processos em vertente e na produção/transporte de sedimentos para os fundos de vale (MELLO, 2006).

Os sedimentos presentes em bacias urbanas e rurais possuem características, composições e origens diferentes, tendo em vista que os usos e a cobertura da terra predominante, no que diz respeito as taxas de infiltração e escoamento superficial da água, são diversos (QUADRO 7).

**Quadro 7.** Características, composição e origem dos sedimentos urbanos e rurais.

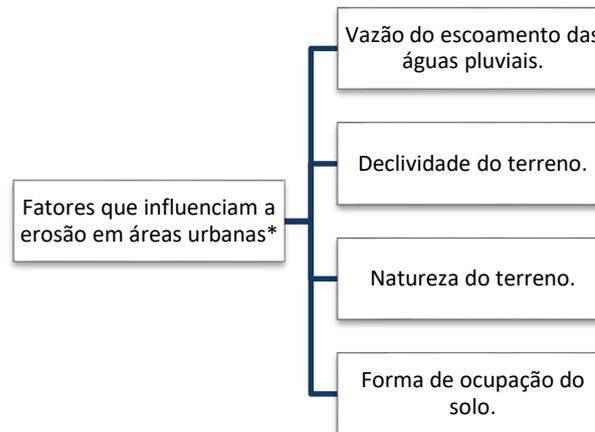
<b>Sedimentos</b>	<b>Características</b>	<b>Composição/ Origem</b>
Urbanos	Extensa faixa granulométrica.	Partículas de SiO <sub>2</sub> , argila, carbonatos em associação com partículas orgânicas e/ou óxidos de ferro e magnésio, além de partículas antropogênicas.
Rurais	Relacionadas ao uso do solo e às práticas de manejo desenvolvidas nas bacia hidrográficas (envolve também, classe de solo, cobertura vegetal e geomorfologia).	Erosão e degradação do solo; erosão no leito do rio; presença de matéria orgânica associada a restos vegetais e resíduos da pecuária.

Fonte: Taylor (2000), Poletto; Castilhos (2008), Samons; Brils (2004), Sari et. al (2013).  
Organização: Abrantes (2021).

Em áreas urbanas, a erosão está associada ao planejamento urbano inadequado, já que é consequência de ações que desconsideram as características ambientais, socioeconômicas e as tendências de desenvolvimento do local (SARI et al., 2013). Além disso, as áreas periféricas estão mais sujeitas e expostas a tais processos.

Poletto e Castilho (2008) listaram os agentes responsáveis pela produção de sedimentos e outros poluentes em áreas urbanas: existência de áreas com solo exposto; ausência de infraestrutura; falta de controle rígido da construção civil no controle da erosão hídrica; inexistência de obras para armazenamento dos sedimentos oriundos de pavimentos impermeáveis, como áreas asfaltadas e concretadas. Almeida Filho (2008) salienta que atuar sobre os fatores que influenciam os processos erosivos em áreas urbanas (FIGURA 2), reduziria ou até eliminaria a sua interferência.

**Figura 2.** Fatores que influenciam na erosão urbana.



\* relacionados ao escoamento superficial  
 Fonte: Almeida Filho (2008) e Sari et. al (2013).  
 Organização: Abrantes (2021).

Neste sentido, caso tais elementos sejam identificados em bacias urbanas e/ou rurais, em conjunto com os fatores que potencializam a erosão e nenhuma intervenção seja feita, de acordo com Bonan (2008) e Carvalho (2008), serão identificadas quatro consequências no solo: perda do solo, de matéria orgânica e nutrientes; aumento das cargas de sedimentos nos rios; assoreamento e agravamento de problemas ambientais; e, diminuição a qualidade das águas; e também nos recursos hídricos, como aumento da turbidez e, conseqüentemente, aumento do custo de tratamento e prejuízo à vida dos organismos aquáticos; e assoreamento dos fundos de vale (SARI et al., 2013).

Conforme o relatório “Aspectos sedimentológicos e gestão de sedimentos em grandes bacias hidrográficas” da Unesco (2011), o transporte de sedimentos, como um componente natural da geomorfologia do rio, comumente não é em si um problema, ou seja, o sedimento desempenha um papel importante na manutenção de ambientes fluviais: sistemas de canais, planícies aluviais, pântanos, estuários, além de atuar no equilíbrio entre erosão e a deposição que, geralmente, ocorre ao longo do curso de um rio, em sistemas naturais não perturbados.

Igualmente, a erosão do solo deve ser vista como um processo natural e em paisagens não perturbadas, as taxas de perda de solo (...) são geralmente equilibrados por taxas de formação de solo. No entanto, equilíbrios naturais são facilmente perturbados por eventos climáticos extremos e atividades humanas, como o desmatamento que causa aumento da entrada de escoamento e sedimento nos sistemas fluviais. Os desequilíbrios resultantes podem ter uma série de impactos prejudiciais a sociedade, às economias e ao ambiente. Negligenciar a gestão de sedimentos de forma sustentável, por meio de estratégias ou políticas de gestão de sedimentos, podem levar a custos operacionais mais elevados e impactos adversos significativos na sociedade e no meio ambiente. Portanto, é importante avaliar os impactos socioeconômicos e ambientais que necessitam de gestão de sedimentos. (UNESCO, 2011, p. 24, tradução livre).

Desta forma, os processos em vertente, potencializados pelos diferentes usos da terra, urbano ou rural, geram forte pressão sobre o sistema solo e água. Portanto, o manejo de uma bacia, se conduzida de forma inadequada, terá como resultado solos, água e uma sociedade degradada.

## 5. BIODETERIORAÇÃO: DEFINIÇÃO, CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

O uso de bioindicadores para aferição da qualidade da água, ambientes e alimentos é muito frequente na literatura nacional e internacional, dentre eles, destaca-se um dos mais utilizados: as bactérias do grupo coliforme - coliformes totais e termotolerantes (GABER, 2020). Logo, a presença dos referidos microorganismos na água indica contaminação fecal recente e pode sinalizar a existência de patógenos causadores de doenças, como bactérias, vírus e parasitas (GABER, 2020).

Imperioso se faz destacar que os coliformes totais e termotolerantes compõem um dos parâmetros para o enquadramento das águas, como também, são utilizados como bioindicadores da saúde ambiental de diferentes recortes espaciais, tais como: bacias hidrográficas e áreas costeiras. Segundo Abrantes e Piroli (2019), os referidos coliformes pertencem a um grupo de bactérias, cujo principal representante é a *Escherichia coli*. De acordo com Tortora et al. (2012, p. 314):

[...] a espécie bacteriana *Escherichia coli* é um dos habitantes mais comuns do trato intestinal e provavelmente o organismo mais conhecido na microbiologia (...). Sua presença na água e nos alimentos é um indicador de contaminação fecal. A *E. coli* não é normalmente patogênica. Entretanto, pode ser uma causa de infecções do trato urinário, e certas linhagens produzem enterotoxinas que causam diarreia do viajante e ocasionalmente causam várias doenças graves de origem alimentar.

Como analisado por Abrantes (2014; 2017), a razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água e de sedimentos fluviais deve-se a alguns fatores: a) presença nas fezes de animais de sangue quente; b) sua presença na água possui relação direta com o grau de contaminação fecal; c) são facilmente detectáveis e quantificáveis, em qualquer tipo de água, por técnicas simples e economicamente viáveis; d) são incapazes de se multiplicar em ambientes aquáticos; e) além de serem mais resistentes aos agentes desinfetantes em relação aos germes patogênicos.

Logo, Reche, Pittol e Fiuza (2010) utilizaram a diversidade de bactérias heterotróficas, coliformes totais e termotolerantes, em áreas orizícolas, como indicadores ambientais para monitoramento da água nos referidos ecossistemas.

Duarte et al. (2014) esboçam a preocupação quanto à qualidade da água para o consumo animal, para tanto, avaliaram a qualidade microbiológica da água oferecida aos animais do Instituto de Zootecnia (IZ) e algumas instalações de pesquisa e administração, em Nova

Odessa/SP. Os parâmetros utilizados foram: pH, coliformes totais, *Escherichia coli* e outras bactérias do grupo das heterotróficas.

Sousa (2006) utilizou a qualidade microbiológica como parâmetro para análise da qualidade de alimentos, principalmente, em relação à contaminação fecal. Assim, utilizou a *E. Coli* como bioindicador, já que segundo a referida autora, ela pode atuar como organismo comensal e patógeno. Todavia, pesquisas deste âmbito podem contribuir para a prevenção de doenças veiculadas por alimentos.

Volkweis et al. (2015) expressam preocupação semelhante a Sousa (2006) quanto à qualidade microbiológica da água que é utilizada na produção alimentícia. A água destinada para o referido uso, de acordo com a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), deve ter ausência de coliformes termotolerantes e totais, nas amostras submetidas à análise. Desta forma, os mencionados autores verificaram a qualidade da água, através de análises laboratoriais para a identificação de bactérias do grupo coliforme como indicadores de contaminação fecal da água utilizada na produção de alimentos. E concluíram que das dez amostras analisadas sete encontraram-se impróprias para utilização.

Doi (2018) avaliou a qualidade microbiológica da água e do sedimento, determinou a densidade de *E. coli*, *Enterococcus spp.* e da levedura do gênero *Candida*, na Baía do Araçá (São Sebastião/SP) e, por fim, analisou a densidade e a diversidade de fungos filamentosos isolados na água e no sedimento. As coletas de amostras foram realizadas no verão e no inverno e os resultados obtidos apontaram que as densidades microbianas foram maiores nos sedimentos em relação à amostra da água. Ao comparar os dados coletados com a Resolução CONAMA 274/2000, as amostras indicaram condições ambientais impróprias para uso recreativo. Além disso, a densidade dos fungos filamentosos identificados foi mais elevada do que de bactérias, sendo identificados ao total 15 gêneros, dentre eles o *Aspergillus*. Deste modo, as espécies *Aspergillus fumigatus* e *Penicillium citrinum* foram isoladas e identificadas por serem conhecidas pela sua patogenicidade e também por indicar um fator preocupante para a saúde dos frequentadores da praia.

O gênero *Aspergillus* possui três espécies: *A. fumigatus*, *A. flavus* e *A. Niger* (FIGURA 03) e fazem da família *Aspergillaceae* por serem bolores comumente encontrados sobre a matéria orgânica. Sendo assim, os fungos da família supracitada fazem parte do filo *Ascomycotina* (QUADRO 8) e caracterizados por serem “fungos de micélio bem desenvolvido, tipicamente septado, com células unicelulares, reproduzindo-se sexualmente por esporos endógenos (ascósporos), originados no interior das ascas e agamicamente por esporos exógenos (conídios)” (SILVEIRA, 1995, p. 37).

**Figura 3.** *A. niger* em isolamento no meio de cultura Sabouraud.



Foto: Abrantes (2014)

**Quadro 8.** Taxonomia do filo Ascomycotina.

<b>Classificação</b>	<i>Ascomycotina</i>	<b>Características</b>
<b>Classe</b>	<i>Plectomycetes</i>	
<b>Ordem</b>	<i>Eurotyales</i>	
<b>Família</b>	<i>Aspergillaceae</i>	
<b>Gênero</b>	<i>Aspergillus</i>	Conidióforos capitatos e conídios catenulados e fialosporos
	<i>Penicillium</i>	Conidióforos ramificados com métulas e esterigmas, conídios catenulados e hialósporos

Fonte: Silveira (1995); Abrantes (2017).

Além dos cenários mencionados, vários bioindicadores também são utilizados na construção civil para avaliar patologias na estrutura das edificações. As manifestações patológicas em edificações dizem respeito as falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais atividades referentes ao processo da construção civil (GÓIS, 2016; SOUZA; RIPER, 1998). Assim, suas causas são inúmeras, dentre elas, se destacam: retração hidráulica e térmica, exposição a ambientes agressivos, ataques biológicos, ação da água, abrasão, movimentação térmica, falhas de concretagem e falta de proteção superficial (MEDEIROS, 2008).

Neste sentido, Góis (20016, p. 39) afirma que a “durabilidade do concreto está ligada a processos de deterioração de natureza complexa, podendo estar ligada a fatores internos ou externos ao material, podendo, ainda, estas causas terem uma ação conjunta na deterioração do concreto” (QUADRO 9).

**Quadro 9.** Fatores responsáveis pela deterioração do concreto.

<b>Origem dos fatores</b>	<b>Descrição</b>
Fatores internos	Intrínsecos ao próprio material, isto é, sua composição mineralógica, porosidade, idade, dentre outros.
Fatores externos	Relacionado a presença de substâncias agressivas no meio, umidade, temperatura, gelo e degelo, condições favoráveis para o surgimento de microrganismos.

Fonte: Biczok (1972).  
Organização: Abrantes (2021).

Neville (2013) salienta que as causas da deterioração do concreto podem ser físicas ou mecânicas, contudo, Góis (2016), em sua dissertação de mestrado intitulada “Estudo da Corrosão do Concreto Microbiologicamente Induzida (CCMI) em estruturas de saneamento”, adiciona mais uma categoria: as causas biológicas, também conhecidas por biodeterioração. Entretanto, uma mesma estrutura pode apresentar mais de um tipo de deterioração – mecânica, física, química e biológica (QUADRO 10).

**Quadro 10.** Causas da deterioração do concreto.

<b>Causas da deterioração</b>	<b>Descrição</b>
Mecânica	Transformação deletéria do concreto devido a sobrecargas ou vibrações.
Física	Dizem respeito aos efeitos da umidade, temperatura, gelo e degelo. E, pode se acrescentar também, a cristalização de sais nos poros do concreto, uma vez que a água salina percola os poros e quando evapora os sais permanecem na estrutura.
Química	A depender das condições do ambiente (temperatura e umidade), o concreto pode sofrer ataques por ácidos (todo o sistema de poros é destruído, devido à reação dos ácidos com todos os componentes do cimento) ou por sulfatos (atacam apenas certos componentes).
Biológica	Redução da durabilidade de um material devido a ação direta ou indireta de microorganismos.

Fonte: Brandão (1998), Neville (2013) e Góis (2016).  
Organização: Abrantes (2021).

Destarte, na busca para compreender a interação de microorganismos com as estruturas, Wei et al. (2010) destacam o comprometimento do concreto em tubulações de esgoto através da corrosão por ácido sulfúrico biogênico produzido por bactérias da estirpe CBC3. Afirmam

ainda que bactérias e fungos microscópicos são os principais influenciadores na biodeterioração do concreto:

O agente mais corrosivo que leva à rápida deterioração de dutos de concreto em esgotos é o  $H_2S$ , que também ataca pisos de concreto em celeiros que abrigam animais e estações de tratamento de esgoto e águas residuais. As bactérias oxidantes de enxofre presentes oxidam o  $H_2S$  dissolvido na umidade em ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), comumente referido como ácido sulfúrico biogênico, que se acredita ser o responsável pela biodeterioração. (WEI et al., 2013, p. 1004, tradução livre)

Diante do exposto, é de interesse neste trabalho as interações primordialmente biológicas, uma vez as biodeteriorações são compreendidas como resultado ou denúncia de um processo de produção do espaço geográfico sem considerar as características naturais do ambiente, principalmente, no âmbito das bacias hidrográficas. Ou seja, tais deformações representam “a ponta de um iceberg”, assim, torna-se necessário compreender a sua causa, para desenvolver metodologias para sua mitigação, partindo pela análise dos padrões de qualidade dos sedimentos fluviais já existentes.

## 6. PADRÕES DE QUALIDADE DOS SEDIMENTOS FLUVIAIS

Os agregados para a construção (pedras britadas, cascalhos e areias) são importantes bens minerais no Brasil e no mundo, de acordo com Frazão (2009, p. 601):

(...) seu consumo está diretamente ligado à qualidade de vida da população, pois é utilizado como material insubstituível no setor habitacional, energético, de saneamento e transporte, como constituinte de concretos de cimentos (barragens de usinas hidrelétricas e de abastecimento de água, pontes e viadutos, pavimentos rodoviários especiais e edificações humanas) e de concretos betuminosos (obras de infraestrutura, como as rodovias, vias públicas, camas e pavimentos de diferentes tipos de uso nas cidades).

Conforme a referida autora, os agregados que têm a função de contribuir com grãos capazes de resistir a esforços nas construções, propiciar economia de ligantes e dar estabilidade aos concretos hidráulicos e betuminosos, estão entre os recursos naturais mais utilizados mundialmente. No Brasil, o consumo médio de agregados, em 2014, foi de 3,7 toneladas por habitante, entretanto, as regiões que possuem maiores índices são, respectivamente, Centro-Oeste, Sul e Sudeste, como se pode observar na Tabela 2.

**Tabela 2.** Consumo de agregados, no Brasil (2014)

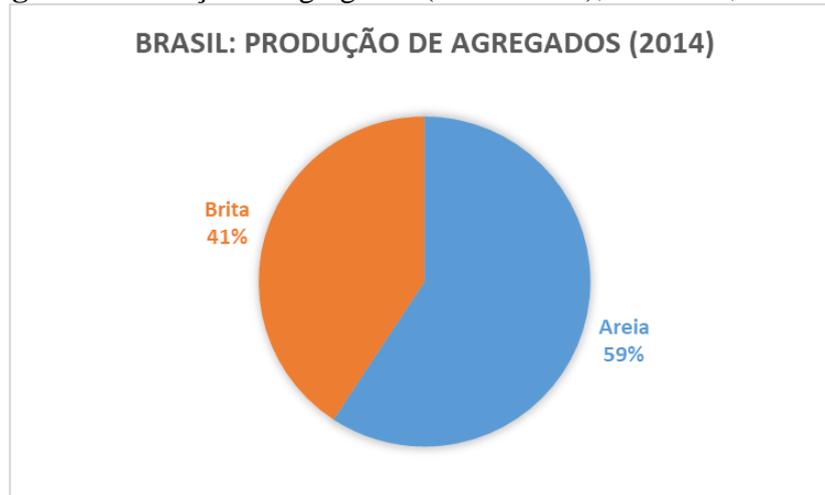
<b>Consumo de agregados (2014)</b>			
<b>Região</b>	<b>População (Milhões de hab.)</b>	<b>Consumo (Milhões de toneladas)</b>	<b>Consumo de agregados por habitante (t/hab./ano)</b>
Norte	17,1	52,7	3,08
Nordeste	56,3	154,3	2,74
Centro- Oeste	15,1	67,5	4,47
Sudeste	85,3	347	4,07
Sul	29,1	119,7	4,11

Organização: Abrantes (2022).

Fonte: Anepac (2015).

Em 2014, o Brasil produziu 439 milhões de toneladas de areia, produção que corresponde a 59% do volume total de agregados (FIGURA 4). Assim, o consumo *per capita* de areia foi de 2,2 t/hab./ano (ANEPAC, 2015).

**Figura 4.** Produção de agregados (areia e brita), no Brasil, em 2014.



Organização: Abrantes (2022).

Fonte: Anepac (2015).

Devido a sua ampla utilização na construção civil, faz-se necessário conhecer a origem dos sedimentos e estabelecer padrões e parâmetros de qualidade, já que serão convertidos em agregados da construção civil.

As características dos sedimentos transportados pelos corpos hídricos dependem de alguns fatores, segundo Brito et al. (2009): velocidade média da corrente (produto da declividade média), tipo de material fonte, clima e cobertura vegetal da bacia de drenagem (principalmente da mata ciliar). Importante destacar que tais fatores estão interligados, contudo eles variam espacial e temporalmente, dentro da bacia de drenagem.

Os autores supracitados salientam que o comportamento da sedimentologia fluvial em regiões com forte pressão antrópica é complexo, devido às atividades humanas que afetam os fatores naturais, uma vez que interferem nos processos de erosão e transporte de sedimentos, como por exemplo: desmatamento, atividades agropecuárias, utilização da água e alteração dos cursos dos rios.

Os sedimentos em áreas com intensa atividade humana, na maioria das vezes, contêm poluentes químicos que podem representar um risco para a saúde humana e para a saúde dos ecossistemas circundantes. Assim, “as águas superficiais contaminadas podem mudar os processos metabólicos das espécies aquáticas que ali vivem. Essas alterações podem levar à morte de peixes ou alterar o equilíbrio das populações presentes” (UNESCO, 2011, p. 27).

Destarte, Vieira (2018) utilizou macroinvertebrados como bioindicadores para analisar as possíveis relações entre variáveis físicas e químicas da água com o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego do Gramado, município de Presidente Prudente/SP. O estudo revelou que as condições ambientais da bacia, no que diz respeito à presença de vegetação

natural e/ou reflorestada, possuem influência na determinação da estrutura e composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Além disso, fatores espaciais (distribuição geográfica) podem exercer influência sobre a diversidade regional desses seres vivos.

Conforme salienta Cardoso (2011), os sedimentos de fundo desempenham um papel fundamental na dinâmica de poluição dos corpos d'água. Em sua pesquisa sobre os metais-traço, constatou que tais sedimentos refletem na qualidade da corrente do sistema aquático e também podem ser usados para detectar o histórico da presença de contaminantes que não permanecem solúveis após seu lançamento em águas superficiais. A autora supracitada em consonância com Bevilacqua (1996) destacam que os sedimentos de fundo agem como carreadores e fonte de poluição, ou seja, alguns elementos-traço são sorvidos a eles.

Neste sentido, os sedimentos carregam com eles as características do ambiente em que foram produzidos. Em áreas urbanas, cujas superfícies são majoritariamente impermeáveis, além de aumentar o risco de alagamentos, pode comprometer a qualidade dos cursos hídricos, haja vista que o escoamento superficial será composto por uma mistura de substâncias danosas (metais, pesticidas, óleos e hidrocarbonetos) que podem estar agregados ou não aos sedimentos.

Assim, a descarga de águas servidas, na maioria das vezes, não recebe nenhum tratamento antes de passar pelas galerias pluviais e, posteriormente, entrar nos corpos hídricos. Por conseguinte, terá como resultado a diminuição do oxigênio dissolvido disponível à biota e a bioacumulação de substâncias (CARDOSO, 2011). A respeito do lançamento de efluentes nos corpos hídricos e a sua qualidade, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) enquadrou as águas em 5 classes, vide Quadro 11.

**Quadro 11.** Enquadramentos das águas de acordo com a Resolução do Conama 357/2005.

Classe	Destino das águas	Coliformes termotolerantes
Especial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abastecimento para consumo humano, com desinfecção;</li> <li>- Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;</li> <li>- Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.</li> </ul>	-
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;</li> <li>- Proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>- Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho**;</li> <li>- Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</li> <li>- Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.</li> </ul>	Não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 ml*
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</li> <li>- Proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>- Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho**;</li> <li>- Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;</li> <li>- Aquicultura e à atividade de pesca.</li> </ul>	Não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 ml *.
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;</li> <li>- Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</li> <li>- Pesca amadora;</li> <li>- Recreação de contato secundário;</li> <li>- Dessedentação de animais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 ml*;</li> <li>- Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 ml*;</li> <li>- Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 ml *.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Navegação;</li> <li>- Harmonia paisagística.</li> </ul>	-

\* Em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

\*\* Conforme a Resolução Conama 274/2000.

Organização: Abrantes (2022).

Fonte: Brasil (2005).

Neste sentido, a análise dos sedimentos fluviais é um instrumento possível e assertivo para compreender o grau de degradação do curso hídrico e, sobretudo, da bacia hidrográfica onde está inserido. A seguir serão citadas pesquisas que fizeram uso de tal recurso para analisar diferentes níveis de contaminação da água e dos sedimentos.

Souza (2020) fez uso dos sedimentos de fundo do Alto Jequitinhonha para analisar a contaminação por metais pesados, em duas estações (seca e úmida), advinda de atividades mineradoras, em Diamantina/MG, comparando com a resolução do CONAMA 454/2012 (BRASIL, 2012) e dos parâmetros: índice de geo-acumulação e fator do enriquecimento percentual. Logo, através dos resultados encontrados, concluiu que a contaminação está relacionada ao processo e uso de equipamentos na atividade de extração mineral.

Seguindo a mesma linha de contaminação dos sedimentos por metais, Oliveira et al. (2018) avaliaram a qualidade dos sedimentos fluviais do entorno da área de mineração de urânio, em Caldas Novas/MG, quanto à contaminação por efluentes da barragem de rejeitos e ou da pilha de rejeitos (bota-fora). Por intermédio dos parâmetros da concentração de metais, metalóides e radionuclídeos, concluíram que é recomendável a elaboração de um plano de remediação ambiental para as áreas impactadas em função de interferências causadas pela mina.

Para analisar a contaminação por mercúrio, Rocha e Oliveira (2020) utilizaram os sedimentos fluviais coletados na bacia hidrográfica do ribeirão do Grama (Descoberto/MG), em duas estações: seca e chuvosa, a fim de comparar as concentrações de mercúrio encontradas com os níveis permitidos pela legislação brasileira.

Já, Almeida (2003), em sua tese intitulada “Bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade dos sedimentos referentes a compostos orgânicos persistentes”, fez levantamento das características, da origem e do destino dos poluentes orgânicos persistentes (POP) no ambiente aquático, definiu as classes de POP e reuniu critérios e teorias de qualidade dos sedimentos e, por fim, ressalta que:

Até o momento, não existe no Brasil, uma base de dados químicos e biológicos que caracterize bioquimicamente nem mesmo os sedimentos dos principais reservatórios nacionais. Os grupos de pesquisa da área da química costumam fazer diagnósticos baseados unicamente em resultados de concentração de compostos químicos, enquanto que os grupos de pesquisa da área biológica realizam, frequentemente, diagnósticos baseados, unicamente, em dados biológicos (ALMEIDA, 2003, p. 31).

Conforme a autora mencionada, torna-se necessário pensar no desenvolvimento de critérios relacionados a qualidade dos sedimentos. Neste sentido, os índices de qualidade de água são parâmetros numéricos referentes a concentração de contaminantes que visam proteger

os organismos aquáticos e a qualidade dos corpos hídricos. Desta forma, tais parâmetros analisados de forma isolada não são suficientes para a proteção da saúde ambiental e humana.

Para tanto, Adams et al. (1992) afirmam que a proteção da água e dos sedimentos é vista como uma extensão necessária para a proteção da qualidade aquática. Em razão de os sedimentos que desempenham um papel fundamental na biodisponibilidade de vários compostos químicos e, também, por fornecerem o substrato para que uma variedade de organismos vivam no seu interior ou na água intersticial (ALMEIDA, 2003).

A referida autora destaca que o uso de critérios de qualidade de sedimentos (CQS) para a avaliação do significado toxicológico dos compostos associados aos sedimentos é considerado fundamental para a proteção e o gerenciamento dos ecossistemas fluviais, lacustres, marinhos e estuarinos. E conclui que não existe na literatura internacional um modelo de CQS que apresente todas as respostas adequadas à toxicidade de um extenso número de contaminantes presentes em ecossistemas aquáticos que possuem propriedades biogeoquímicas diversas.

Paula Júnior (2020) propõe uma nova metodologia de análise de corpos d'água, baseada nos resultados da metodologia *metabarcoding* na determinação das comunidades microbianas com potencial para uso como bioindicadores de qualidade ambiental de amostras do sedimento do leito do Rio São Francisco, já que os resultados são apresentados por grupos microbianos. De acordo com o referido autor:

Essas análises revelam, satisfatoriamente, que o uso de padrões de variação na diversidade e estrutura das comunidades microbianas do sedimento do leito do rio pode ser útil para a bioindicação da qualidade do ambiente fluvial. Portanto, considera-se que esta metodologia constitui uma ferramenta útil para diagnóstico e monitoramento de áreas cujo uso humano da terra é total ou parcialmente restrito, como áreas de preservação de nascentes ou áreas tampão, garantindo a qualidade de ambientes de água doce frágeis e vulneráveis. (PAULA JÚNIOR, 2020, p. 12).

O Protocolo “Diretrizes Canadenses de Qualidade de Sedimentos para a proteção da vida aquática” (CANADÁ, 1999) aponta que os contaminantes químicos em sedimentos foram associados há uma ampla gama de impactos nas plantas e animais que vivem dentro e sobre os sedimentos do leito. Desta forma, de acordo com o mesmo documento, os sedimentos são considerados como fornecedores de habitat para muitos organismos bentônicos e epibentônicos, além de influenciar no destino ambiental de muitas substâncias químicas em ecossistemas aquáticos.

Assim, vários organismos aquáticos podem ser expostos a substâncias químicas através de interações imediatas com os sedimentos dos respectivos leitos. Portanto,

[...] referências de qualidade ambiental (como os critérios de qualidade dos sedimentos) são necessárias para apoiar estratégias de proteção e gestão de ecossistemas de água doce, estuarino e marinho. Sob os auspícios do Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente (CCME), critérios canadenses de qualidade dos sedimentos para a proteção da vida aquática estão sendo desenvolvidas através do Grupo de Trabalho CCME sobre as Diretrizes de Qualidade da Água. Esses critérios de qualidade de sedimentos podem ser usados para avaliar e ajudar a definir metas da qualidade dos sedimentos, o que sustentará a saúde do ecossistema aquático a longo prazo e desenvolverá objetivos específicos para o local. (CANADÁ, 1999, p. 01, tradução livre)

Ante o exposto, os critérios de qualidade canadense, pautados em análises biogeoquímicas e toxicológicas, estabelecem valores numéricos que foram formulados visando o entendimento dos efeitos biológicos e considerando os fatos que influenciam a biodisponibilidade de um composto associado ao sedimento. Assim, a partir do Protocolo mencionado (CANADA, 1999), foi criado um Banco de Dados de Efeitos Biológicos para Sedimentos (BEDS).

Além do Protocolo canadense (CANADÁ, 1999), desde 2001, com a campanha “Areia limpa, praia saudável”, a Associação Bandeira Azul da Europa (ABAE) vem buscando selecionar os indicadores de qualidade que melhor caracterizam a contaminação microbiológica das areias das praias, propor os respectivos valores de referência e os métodos de análise mais adequados para a determinação dos indicadores selecionados (ABAE, 2008). Assim, concluiu que:

1. Para a monitoramento da qualidade das areias das praias, é suficiente a análise da areia seca. A água fornece informação que pode dispensar a análise da areia molhada pois foi demonstrada uma correlação positiva entre estes dois parâmetros.
2. Os parâmetros químicos ensaiados evidenciam pouca sensibilidade na avaliação do teor de matérias oxidáveis presentes na amostra.
3. Os indicadores com melhor desempenho foram os coliformes totais, a *Escherichia coli* e os *Enterococos* intestinais, em Bacteriologia; e os fungos leveduriformes, fungos potencialmente patogênicos e alergênicos e dermatófitos, em Micologia.
4. Os métodos escolhidos foram: o método de sementeira por espalhamento para os parâmetros micológicos e o método cromogênico e/ou fluorogênico com determinação do número mais provável para as determinações bacteriológicas. (ABAE, 2008, p. 6-7).

Para tanto, os parâmetros estabelecidos levaram em consideração: fungos com forte associação aos seres humanos e animais homeotérmicos e potencialmente patogênicos, por contato, inalação e ingestão; e como parâmetros bacteriológicos indicadores da qualidade das

areias, foram escolhidos os usados na classificação da qualidade de águas balneares (Bactérias coliformes, *Escherichia coli*, *Enterococos* intestinais) (QUADRO 12).

**Quadro 12.** Parâmetros micológicos e microbiológicos a analisar (ABAE, 2008).

Micologia			Bacteriologia
Fungos leveduriformes	Fungos filamentosos potencialmente patogênicos e/ou alergênicos	Dermatófitos	
<i>Candida albicans</i> <i>Candidas p</i> (Outra) <i>Cryptococcus neoformans</i> Outras leveduras	<i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus sp</i> (outros) <i>Chrysospororium sp</i> <i>Fusarium sp</i> <i>Sytralidium sp</i> <i>Scedosporium sp</i> <i>Scopulariopsis sp</i> Outros	<i>Trichophyton sp</i> <i>Microsporium sp</i> <i>Epidermophyton sp</i>	Bactérias coliformes <i>E. coli</i> <i>Enterococos</i> intestinais

Fonte: ABAE (2008).

Logo, a ABAE (2011) estabeleceu uma proposta de padrões para avaliação da qualidade microbiológica da areia, quanto as áreas balneárias (TABELA 3).

**Tabela 3.** Proposta de padrões para avaliação da qualidade microbiológica das areias.

País	Referência	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus sp.</i>	<i>Candida spp.</i>
Portugal (UFC 100g <sup>-1</sup> )*	Mendes et al. (1993)	1.000	-	10 <sup>3</sup>
Portugal (PFC g <sup>-1</sup> )**	ABAE (2011)	20	20	-

\*UFC: Unidades Formadoras de Colônias. \*\*PFC: Propósito de Formação de Colônias.

Organização: Doi (2018).

No Brasil, as normativas que orientam e regulamentam a qualidade da areia, inserida grupo dos agregados miúdos para a construção civil, são estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (QUADRO 13). Destaca-se que tais normas apenas descrevem condições ideais para o uso dos agregados, no qual não são evidenciadas soluções

ou ações mitigadores, caso a areia esteja contaminada por matéria orgânica, fato que está relacionado diretamente ao desenvolvimento de biodeteriorações.

**Quadro 13.** Normativas sobre critérios para o uso de agregados da ABNT.

<b>Normativas</b>	<b>Descrição</b>
ABNT NBR 7.221/1997	Agregados: ensaio de qualidade de agregado miúdo
ABNT NBR 7.218/2010	Agregados: Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.
ABNT NBR 9.917/2009a	Agregados para construção – determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis.
ABNT NBR NM 49/2001	Agregado miúdo: determinação de impurezas orgânicas

Organização: Abrantes (2021).

Ademais, Souza (2018) analisou a qualidade microbiológica da água e dos sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém/SP, identificou e isolou as bactérias do gênero *Staphylococcus spp* e, posteriormente, avaliou o perfil de resistência aos antibióticos mais utilizados em pacientes internados ou atendidos em ambulatórios. Esta resistência foi observada no ponto de coleta (somente na água) onde ocorre o lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto (ETE), e no sedimento, na área utilizada por banhistas.

Neste sentido, é possível notar que o CONAMA estabelece parâmetros para controle e monitoramento da balneabilidade e qualidade dos corpos d'água. Contudo, somente as Resoluções 274/2000 e 357/2005 (BRASIL, 2000; 2005) fazem uso de bioindicadores; já, as Resoluções 430/2011 e 454/2012 (BRASIL, 2011; 2012) que tratam dos efluentes e de materiais dragados, respectivamente, fazem referência apenas a parâmetros físico-químicos (QUADRO 14), todavia, nenhuma das normativas contemplam os sedimentos fluviais.

**Quadro 14.** Resoluções do CONAMA e parâmetros contemplados.

<b>Resoluções</b>	<b>Ementa</b>	<b>Parâmetros contemplados</b>
274/ 2000	Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.	Indicador microbiológico
357/ 2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.	Parâmetros físico, químicos e microbiológicos.
430/ 2011	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.	Parâmetros analisados: físico, químico e ecotoxológico.
454/ 2012	Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.	Parâmetros analisados: físico, químico e ecotoxológico.

Organização: Abrantes (2022).

Fonte: Brasil (2000; 2005; 2011; 2012).

Seguindo a mesma perspectiva, a Resolução do Conama 274/2000 (BRASIL, 2000), em seu artigo 2º afere que as águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria. Assim, as águas consideradas próprias estão descritas no Quadro 15, juntamente com os valores máximos de bactérias do grupo coliforme, que são de interesse deste trabalho.

**Quadro 15.** Categorias de balneabilidade, de acordo com a Resolução 274/2000 (BRASIL, 2000).

Categorias	Condição	Valores máximos* (UFC por 100ml)	
		Grupo Coliforme	<i>Enterococos</i> **
Excelente	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local.	250 coliformes termotolerantes) ou 200 <i>E. coli</i>	25
Muito Boa	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local.	500 coliformes termotolerantes ou 400 <i>E. coli</i>	50
Satisfatória	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local	1.000 coliformes termotolerantes ou 800 <i>E. coli</i>	100

\*As águas devem apresentar apenas uma das bactérias, ou seja, ou coliformes termotolerantes ou *E. coli* ou *Enterococos*. Quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas, de acordo com o critério mais restritivo

\*\*Os padrões referentes aos *Enterococos* aplicam-se, somente, às águas marinhas.

Organização: Abrantes (2022).

Fonte: Brasil (2000).

Ainda versando sobre a categorização das águas de acordo com a sua qualidade são consideradas impróprias, por trecho avaliado, quando for verificada uma ou mais das seguintes ocorrências:

- a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2.500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2.000 *Escherichia coli* ou 400 *Enterococos* por 100 mililitros;
- c) incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- e) pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- g) outros fatores que contraindiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário. (BRASIL, 2000, p. 372).

Desta forma, são inexpressivas as normativas que regulamentam sobre a qualidade microbiológica dos sedimentos fluviais, a qual tem seu comprometimento devido a forma predatória de apropriação do ambiente. Todavia, existem várias pesquisas que utilizam da qualidade da areia, quanto a presença de bactérias do grupo coliforme, para averiguar a

balneabilidade destes ambientes marinhos. Como é o caso da pesquisa de Soares et al. (2022), que objetivou analisar a qualidade microbiológica das areias de três praias urbanas do município de Ilhéus/BA, através da identificação de bactérias do grupo coliforme. Assim, concluíram que

É de suma importância a padronização e implantação das análises da qualidade sanitária destes espaços em nível nacional, bem como a criação de políticas públicas que visem prevenir a contaminação dos ecossistemas presentes e conscientizar as populações que fazem uso dessas áreas. (SOARES et al., 2022, p. 341).

Outro exemplo do uso da qualidade microbiológica da areia com bactérias do grupo coliforme, é o estudo realizado por Almeida et al. (2018) que determinou quantitativamente a ocorrência de coliformes como indicadores da contaminação fecal na areia das praias de Santos/SP. Além do mais, salientam ainda que “uma das dificuldades quanto à representação das análises em areia, seria a falta de padrões de qualidade que associem o grau de riscos quanto a saúde da população, assim tornando difícil o monitoramento das areias das praias” (ALMEIDA et al., 2018, p. 208).

Neste sentido, as escassas normativas sobre a qualidade microbiológica da areia é restrita às áreas balneárias, como salientado anteriormente. Na Resolução 468/2010, da Secretaria do Meio Ambiente do Município do Rio de Janeiro, em seu artigo 6º expressa que “a classificação das areias para recreações de contato primário será obtida a partir dos resultados das densidades de Coliformes Totais e *Escherichia coli*, considerando o mais restritivo (...)” (RIO DE JANEIRO, 2010, p. 02) (TABELA 4).

**Tabela 4.** Parâmetros de qualidade da areia das praias, segundo parâmetros microbiológicos.

Areias das praias		Coliformes totais (NMP/100g)	<i>E. coli</i> (NMP/100g)
Ótima	★★★★	Até 10.000	Até 40
Boa	★★★	> 10.000 a 20.000	> 40 a 400
Regular	★★	> 20.000 a 30.000	> 400 a 3.800
Não recomendada*	★	Acima de 30.000	Acima de 3.800

\*Não é recomendado o contato primário com areias que possuam classificação igual a ★.

Fonte: Rio de Janeiro (2010).

Por conseguinte, é fundamental a existência de normativas quanto à qualidade microbiológica dos sedimentos fluviais com ampla utilização na construção civil, já que as alterações abruptas no uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas intensificam os processos em vertente, quando somadas ao lançamento de efluentes industriais e domésticos nos cursos hídricos, resultam, portanto, no comprometimento da qualidade da água, dos sedimentos fluviais e de todos os seres que ali vivem ou dependem direta/indiretamente deles.

Perante este cenário, por meio dos conhecimentos geográficos é possível contribuir na elaboração de estudos com ênfase nos princípios do planejamento ambiental, que apontem alternativas para soluções aos impactos. Assim, ao fazer uso de parâmetros da qualidade microbiológica da água e dos sedimentos como ferramentas para compreender a forma de apropriação da natureza e buscar estabelecer relações mitigadoras e menos predatórias.

## 7. MATERIAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

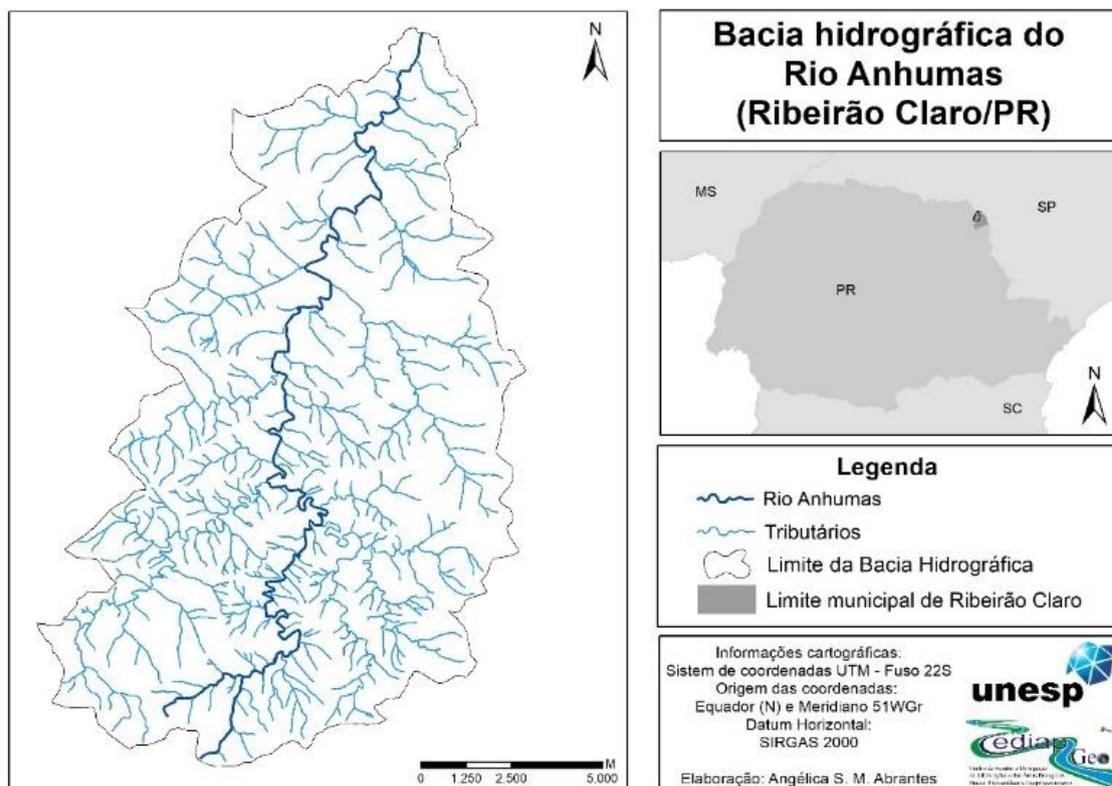
### 7.1 Materiais

#### 7.1.1 Caracterização da área de estudo

##### 7.1.1.1 Bacia hidrográfica do rio Anhumas

A bacia hidrográfica do rio Anhumas está situada na porção norte do estado do Paraná (FIGURA 5), na zona rural do município de Ribeirão Claro, sendo tributária da bacia hidrográfica do rio Paranapanema, que faz parte da Região Hidrográfica do Paraná. No sistema paranaense de gerenciamento de recursos hídricos, a bacia em questão faz parte da Unidade Geográfica dos Recursos Hidrográficos Norte Pioneiro, a qual engloba as sub-bacias do Paranapanema 1 e 2, Cinzas e Itararé. Em consonância com o Lei n. 12.651/2012 (BRASIL, 2012), as APPs dos corpos hídricos que compõem a bacia do rio Anhumas são de 30 metros, em razão que tais cursos não passam de dez metros de largura.

**Figura 5.** Mapa da bacia hidrográfica do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR.



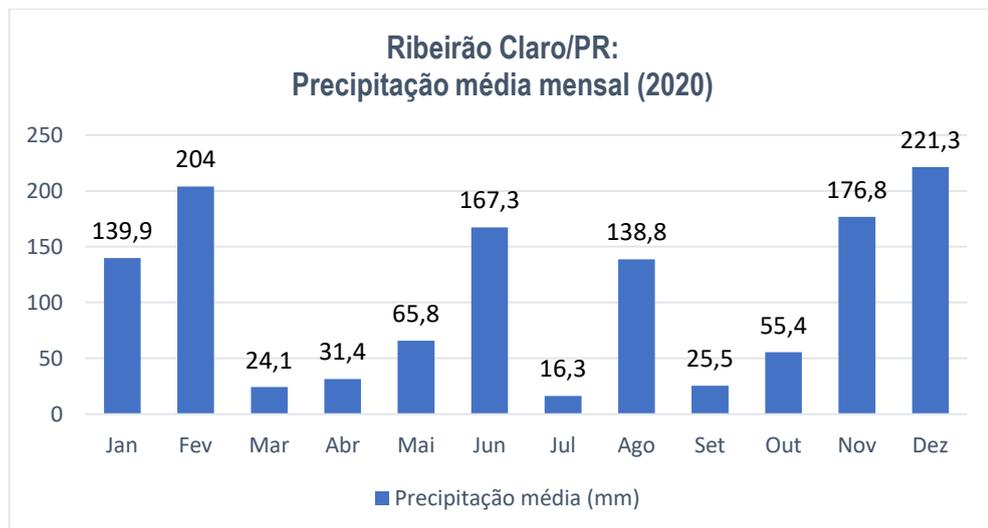
Elaboração: Abrantes (2021).

As formações geológicas encontradas no município onde se localiza a bacia estudada são: Serra Geral (basalto), Botucatu (arenito), Pirambóia (arenito), Rio do Rastro (siltito e arenito) e Teresina (siltito e arenito) (PARANÁ, 2006a). Com exceção do basalto da Formação Serra Geral, as demais tendem a formar solos de textura arenosa a média, mais vulneráveis aos processos erosivos (GUERRA; JORGE, 2021) e, conseqüentemente, maior aporte de sedimentos nos corpos hídricos, dependendo do uso e do manejo do solo.

Para o Atlas Geomorfológico do Paraná (PARANÁ, 2006b), a área de estudo está totalmente dentro da subunidade morfoescultural Planalto do Foz do Areia/Ribeirão Claro, situada no Terceiro Planalto Paranaense, que apresenta dissecação alta. Segundo o referido material, a classe de declividade predominante está entre 12 a 30% em uma área de 343,82 km<sup>2</sup>. Em relação a hipsometria, apresenta um gradiente de 780 metros com altitudes variando entre 400 e 1.180 metros. As formas predominantes são topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em degraus.

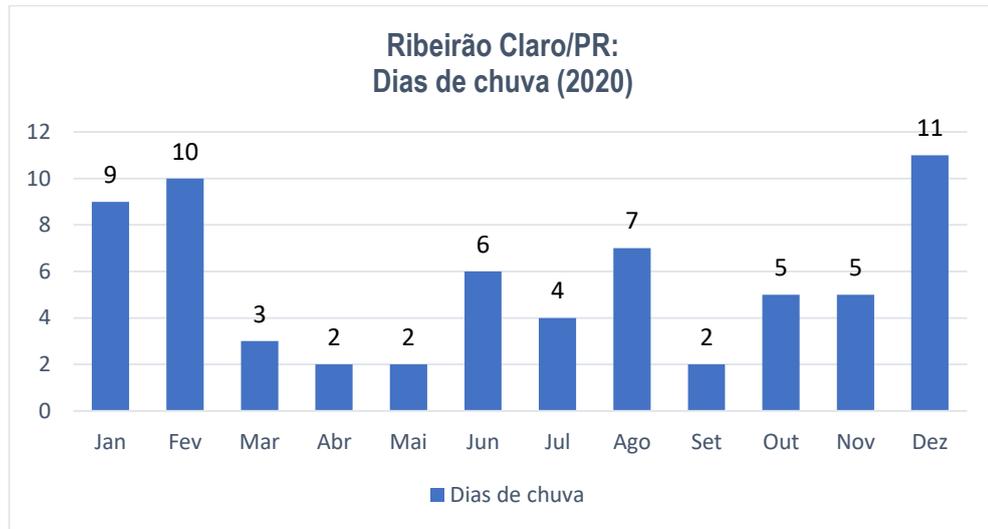
A região climática onde está situada a área de estudo é classificada como Cfa na Classificação de Köpen (NITSCHKE, 2019), isto significa que não há uma estação de estiagem bem definida, dado que as precipitações são distribuídas em todos os meses do ano (FIGURAS 6 e 7) e possui temperatura moderada.

**Figura 6.** Gráfico da precipitação mensal, em Ribeirão Claro/PR, no ano de 2020.



Fonte: PARANÁ (2021).  
Organização: Abrantes (2021).

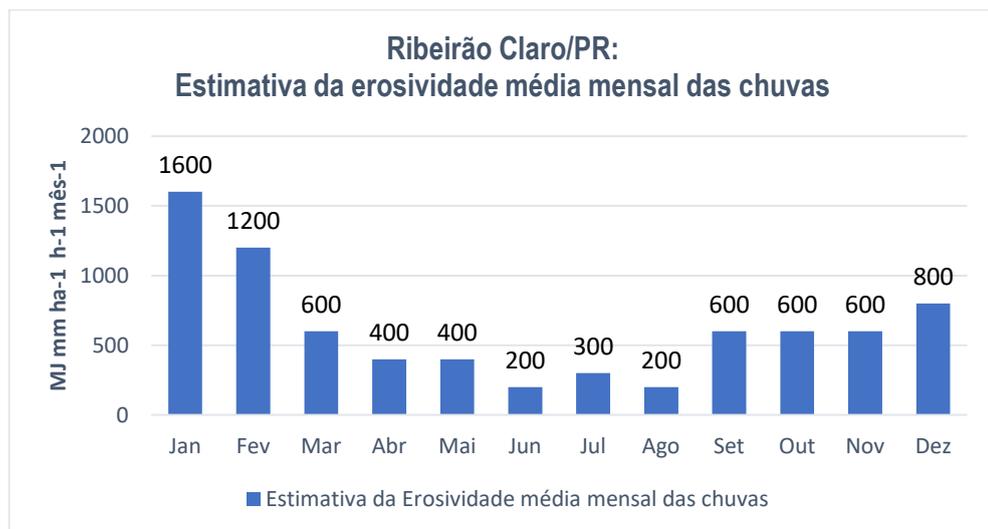
**Figura 7.** Gráfico dos dias de chuva, em Ribeirão Claro/PR, no ano de 2020.



Fonte: PARANÁ (2021).  
Organização: Abrantes (2021).

De acordo com Waltrick et al. (2015), o índice de erosividade das chuvas da região onde a área de estudo está inserida, Norte Pioneiro, é de  $8.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , sendo que a maior estimativa de erosividade média mensal ocorre no mês de janeiro ( $1.800 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e a menor em novembro ( $200 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) (FIGURA 8).

**Figura 8.** Estimativa da erosividade média mensal das chuvas, em Ribeirão Claro/PR, no ano de 2020.



Fonte: WALTRICK et al. (2015).  
Adaptação: Autores (2021).

Em consequência do relevo da região juntamente com o material parental e os demais fatores de formação, os solos identificados, consoante com o Mapa Pedológico do estado do

Paraná, são: Latossolos, Nitossolos, Gleissolos, Argissolos e Neossolos (BHERING et al., 2007), no qual as duas últimas classes estão na categoria dos altamente vulneráveis aos processos erosivos.

Waltrick (2010) aponta como os principais fatores que determinam a maior ou a menor perda de solo, em uma região, por erosão hídrica, a erosividade (efeito da chuva no solo), a topografia, o uso e manejo, a erodibilidade (resistência do solo ao impacto da chuva sobre ele e à erosão) e as práticas conservacionistas. Atenta ainda que “a erosividade das chuvas é um dos mais importantes, pois o impacto das gotas de chuva sobre o solo causam a desagregação de partículas e o selamento superficial” (WALTRICK, 2010, p. 39).

O IBGE (2012, p. 92) classifica a vegetação nativa da região como Floresta Estacional Semidecidual de Submontana:

[...] o conceito ecológico deste tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. [...] Na zona subtropical, correlaciona-se a clima sem período seco, porém com inverno bastante frio (temperaturas médias mensais inferiores a 15°C), que determina repouso fisiológico e queda parcial da folhagem.

Nos termos do mencionado Manual, o gênero que predomina no Planalto Paranaense é *Aspidosperma*, com o ecótipo *Aspidosperma polyneuron* Müll Arg. (peroba-rosa), além *Hymenaea* (jatobá), *Copaifera* (óleo-vermelho), *Peltophorum* (canafístula), dentre outros. Todavia, boa parte da cobertura vegetal original do estado, incluindo o município da área de estudo, foi substituída por pastagem, em grande parte, degradada (PARANÁ, 2010). De acordo com o MapBiomas (2022), o município em questão possuía, no ano de 2021, 42.376 ha (82%) do seu território coberto por usos antrópicos, dentre eles, destacando a pastagem que ocupava 29.919 ha (76%).

Segundo Dias-Filho (2014), as pastagens desempenham papel fundamental na pecuária do Brasil, visto que garantem baixos custos na produção de carne e leite. Todavia, as pastagens brasileiras encontram-se em grande parte degradadas:

O estigma de atividade não demandante em insumos e tecnologia trouxe como consequência negativa a proliferação das áreas de pastagens degradadas ou em degradação no Brasil. Estima-se que, atualmente, em torno de 70% do total das áreas de pastagem existentes no País sejam pastagens degradadas ou em degradação [...]. (DIAS-FILHO, 2014, p. 32)

Dias-Filho (2011) assegura que em regiões de clima tropical ou subtropical, como o caso da área de estudo, as principais causas da degradação das pastagens são: as práticas

inadequadas de manejo do pastejo, a ausência de adubações periódicas, as falhas no estabelecimento da pastagem e os problemas bióticos.

Nas palavras do autor supracitado, pastagem degradada é uma área com acentuada diminuição da produtividade agrícola, que pode ser concebida de duas formas: uma de ordem biológica e outra de ordem agrícola (QUADRO 16).

**Quadro 16.** Tipos de degradação da pastagem.

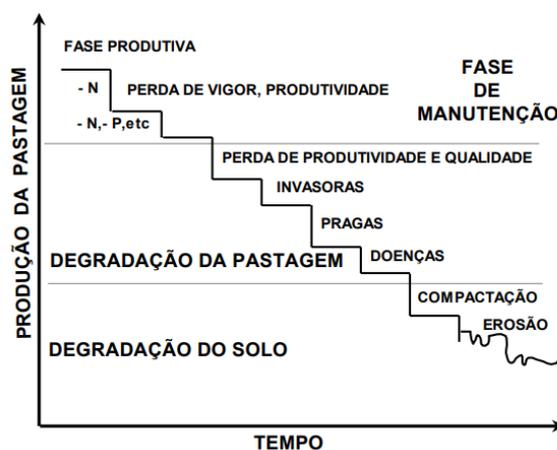
<b>Tipo de degradação</b>	<b>Descrição</b>
Degradação biológica	O solo perde a capacidade de sustentar a produção vegetal de maneira significativa, tendo como consequência, a substituição da pastagem por plantas pouco exigentes em fertilidade do solo, ou até mesmo, o aparecimento de áreas desprovidas de vegetação, isto é, solo descoberto.
Degradação agrícola	Aumento na proporção de plantas daninhas na pastagem, apresentando diminuição gradual da capacidade de suporte.

Fonte: Dias-filho (2011; 2014).

Organização: Autores (2021).

No processo de degradação da pastagem (FIGURA 9), em fases mais avançadas, pode ocorrer a degradação do solo. Para Macedo (1999), o estágio final resultaria na ruptura dos recursos naturais, ou seja, “a degradação do solo com alterações em sua estrutura, evidenciadas pela compactação e a consequente diminuição das taxas de infiltração e capacidade de retenção de água, causando erosão e assoreamento das nascentes, lagos e rios” (MACEDO et al., 2013).

**Figura 9.** Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens cultivadas em suas diferentes etapas no tempo.



Fonte: Macedo (1999).

Diante deste cenário, as APPs foram invadidas predominantemente por pastagens que podem estar degradadas (PARANÁ, 2010), as quais contribuem para a intensificação da erosão hídrica e para o aumento do aporte de sedimentos no leito principal (FIGURAS 10 e 11).

**Figura 10.** Margem esquerda do rio Anhumas, destaque para a erosão da margem e para o aporte de sedimentos no leito do rio (jul./2020).



**Figura 11.** Trecho do rio Anhumas, destaque a ausência de mata ciliar, às pastagens e aos focos erosivos (jul./2018).



Fotos: Abrantes (2020; 2018).

No que diz respeito a formação socioespacial do município onde se encontra a área de estudo, de acordo com IBGE (2022) e Cernev (1997), na segunda metade do século XIX, a região passa a receber mineiros devido ao declínio das áreas mineradoras de Minas Gerais, e agricultores provenientes dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, que passam a ocupar a margem esquerda do rio Itararé, formando o povoado Maria Ferreira (posteriormente, passou a se chamar Espírito Santo do Itararé), território que então pertencia ao município de São José da Boa Vista.

Há 87 quilômetros do referido povoado, surge às margens do ribeirão Claro, outro povoado, na época chamado de Taquaral, nos arredores de uma fazenda destinada ao cultivo cafeeiro. Já em 1900, pela Lei Estadual 352/1900, o povoado do Espírito Santo do Itararé, foi elevado à categoria de vila, desmembrada de São José da Boa Vista. E oito anos depois, a Lei Estadual 737/1908 transfere a sede do município para a povoação de Ribeirão Claro, passando o município a ter esta denominação.

Atualmente, a população de Ribeirão Claro é de 10.678 habitantes (IBGE, 2010), sendo que 7.085 pessoas residem na área urbana e, 3.593 pessoas vivem na área rural. Além disso, de acordo com o Censo realizado em 2010 (IBGE, 2010), 81,1% do município possui esgotamento sanitário adequado, ou seja, com abastecimento de água e coleta de esgoto urbano

que é tratado e seus efluentes são lançados do curso hídrico que dá nome ao município.

#### **7.1.1.2 Bacia hidrográfica do rio Bauru**

A formação socioespacial de Bauru/SP converge com a história de formação territorial do Brasil, já que na década de 1850, Felicíssimo Antônio de Souza Pereira e Antônio Teixeira do Espírito Santo iniciaram o processo de retirada da cobertura vegetal original (cerrado e mata atlântica) para criação de moradias para alojar suas famílias. Nas décadas subsequentes, grupos de pessoas passaram a ocupar as terras recém desmatadas, principalmente, mineiros. E, de acordo com Monbeig (1984), com o final do Ciclo do Ouro em Minas Gerais, muitos mineiros migraram para o interior paulista, contudo, com o início do Ciclo do Café, perderam suas terras para os cafeicultores.

A ocupação do interior do estado de São Paulo, entre o final do século XIX e começo do século XX, foi marcada pela remoção acelerada da cobertura vegetal original para o cultivo do café. No entanto, tal prática impactou na dificuldade, por parte das companhias ferroviárias, de encontrar lenha para abastecer as locomotivas (MONBEIG, 1984).

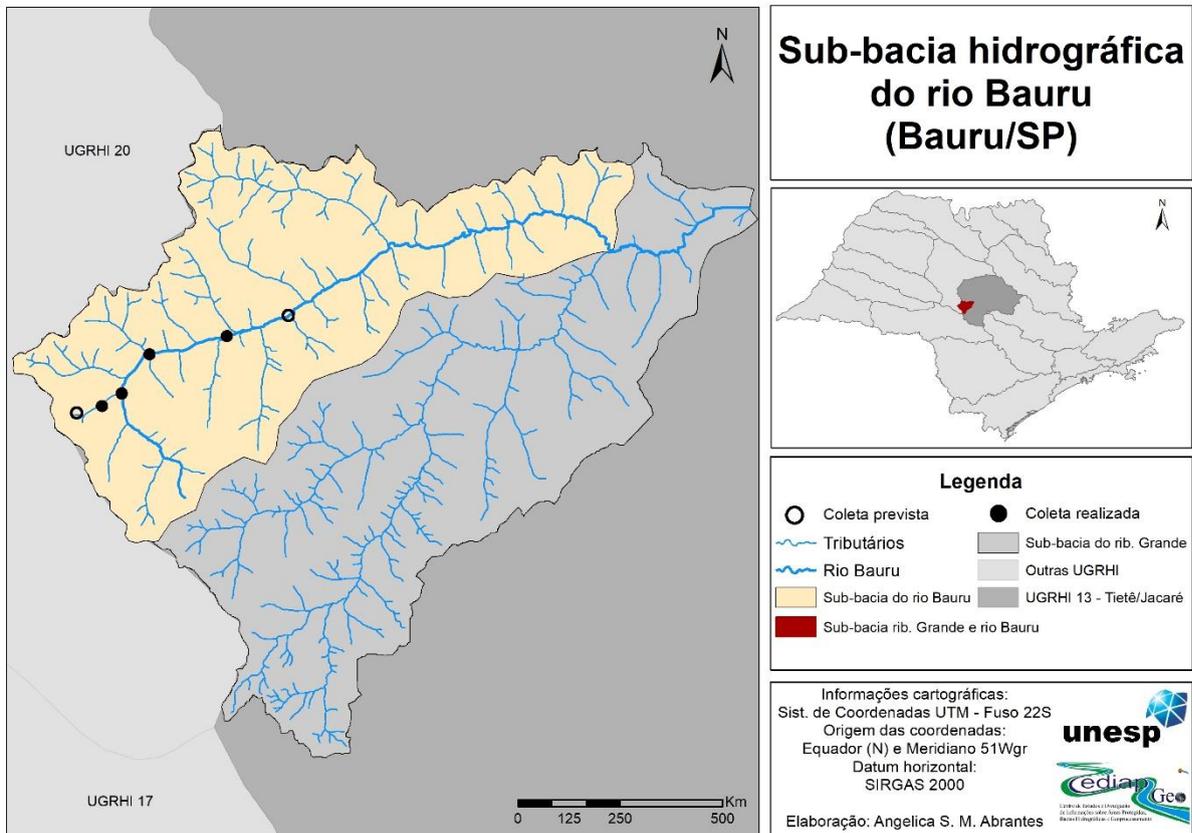
Em Bauru, não foi diferente, já que foram implementadas três ferrovias, através de articulação política, com o objetivo de dinamizar a economia do município, formando, portanto um importante entroncamento ferroviário. Em 1905, foi implementada a Estrada de Ferro Sorocabana (ligando Bauru a São Paulo/SP); em 1906, foi concretizada a Noroeste do Brasil (em seu primeiro trecho, ligava Bauru a Avaí/SP e, posteriormente, a Corumbá/MS); e, em 1910, a Companhia Paulista de Estradas de Ferro.

Neste período, a população urbana aumentou consideravelmente, concentrando-se no entorno da Estação Ferroviária, o que fez necessária a instalação de infraestruturas urbanas, como a primeira rede de iluminação pública, o primeiro colégio, as primeiras agências bancárias do Banco do Brasil. (BAURU, 1977). Atualmente, a estimativa populacional do IBGE é de 381.706 pessoas, entretanto, no último Censo, a população de Bauru era de 343.937 habitantes (IBGE, 2010), sendo que 338.184 pessoas residem na área urbana e, 5.753 pessoas registram domicílio na área rural.

Assim, a sub-bacia hidrográfica do rio Bauru está localizada na porção central do Estado de São Paulo, entre dois municípios: Bauru e Pederneiras, a qual faz parte da Região Hidrográfica da Bacia do Paraná, sendo componente da Bacia Hidrográfica do rio Tietê. No

sistema paulista de gerenciamento de recursos hídricos, a área de estudo está englobada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré (UGRHI-13) (FIGURA 12).

**Figura 12.** Localização da área de estudo.



Elaboração: Abrantes (2021).

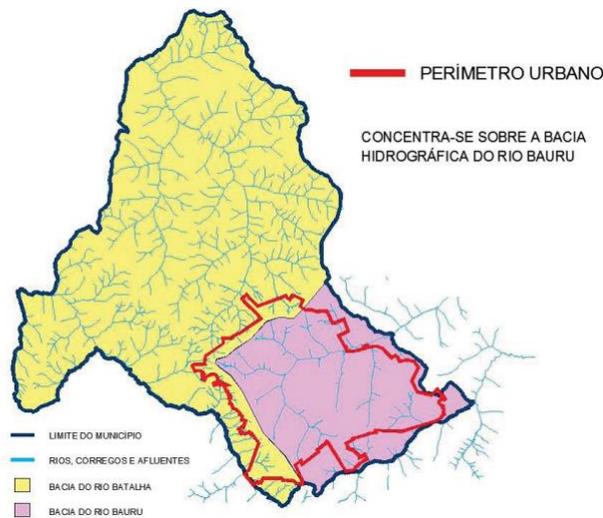
Desta forma, a parte de maior interesse neste trabalho consiste no rio Bauru e seus afluentes (QUADRO 17 e FIGURA 13) que estão, em sua grande maioria localizados dentro do perímetro urbano municipal. De acordo com o “Plano municipal de saneamento básico”:

A qualidade das águas do rio Bauru é extremamente baixa. Sai dos domínios do município com nenhum oxigênio dissolvido, percorre áreas rurais no município de Pederneiras até alcançar o rio Tietê, contribuindo com imensos blocos de espuma. [...] No entanto, a Prefeitura de Bauru já iniciou por diversas vezes o projeto de despoluição, mas que sempre é interrompido por razões políticas. (BAURU, 2016, p. 26).

**Quadro 17.** Corpos d'água que compõem o rio Bauru.

Bacia	Afluentes	Área (ha)
Rio Bauru	Córrego Água da Ressaca	2.279,6
	Córrego Água da Forquilha	784,4
	Córrego Água do Sobrado	667
	Córrego da Grama	1.208,2
	Córrego Água do Castelo	1.093,2
	Córrego do Barreirinho	493,4
	Córrego da Água Comprida	875,3
	Ribeirão da Vargem Limpa*	1.380

\*APA – Vargem Limpa/Campo Novo (Lei Municipal nº 4.605/2000).

**Figura 13.** Bacias hidrográficas (Bauru/SP).

Fonte: BAURU (2016).

Consoante o Inventário Florestal (SÃO PAULO, 2020) da vegetação natural de São Paulo, a área de estudo está localizada originalmente em uma área de transição entre cerrado, cerradão e floresta estacional semidecidual. Porém, de acordo com o MapBiomias (2022), a cobertura vegetal ocupou, no ano de 2021, apenas 19,14% do território do município. Assim, a referida cobertura foi substituída por atividades antrópicas, como infraestrutura urbana, pastagem e silvicultura, principalmente, o cultivo de eucalipto.

A sub-bacia do rio Bauru está localizada geologicamente no Grupo Bauru, e as principais formações encontradas são a Marília e a Adamantina (QUADRO 18) e, portanto, as rochas encontradas são de origem sedimentar, tais como, arenitos, lentes de siltito e argilitos

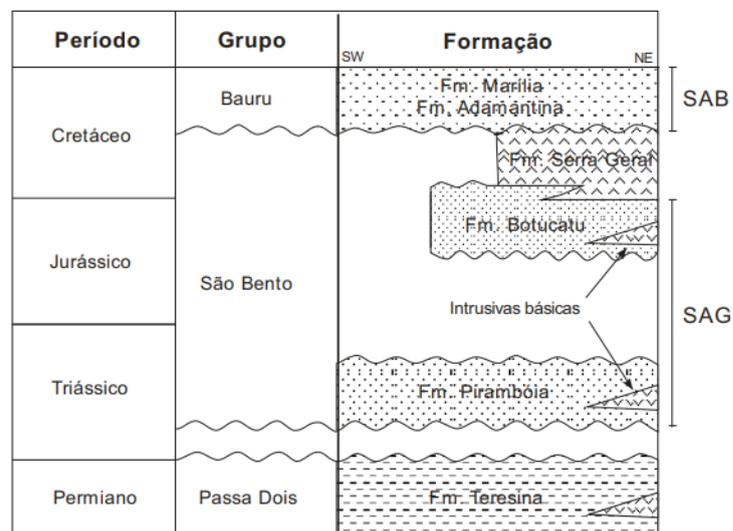
(IPT, 1981). De acordo com IPT (1981), tais formações estão assentadas, em contato discordante, sobre as formações Serra Geral, do Grupo São Bento, tendo em vista que a deposição do Grupo Bauru teve início no Cretáceo Superior, em ambiente árido e semiárido, com litologia dominante representada por arenitos (FIGURA 14).

**Quadro 18.** Descrição da formação geológica da área de estudo.

Grupo	Formação	Características
Grupo Bauru	Formação Marília	Composta por arenitos grossos a conglomeráticos, com teor de matriz variável e raras camadas de lamitos vermelhos e calcários. Foi depositada em ambiente de leque aluvial.
	Formação Adamantina	Composta por bancos de arenitos com espessuras que variam de 2 a 20 metros, granulação fina a muito fina, com variabilidade regional, e conjuntos litológicos distintos mais ou menos localizados. Esses arenitos exibem estratificação cruzada e se alternam com camadas de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos com acamamento plano paralelo e frequentes marcas onduladas e microestratificações cruzadas.

Fonte: Silva (2009), Soares et al. (1980), Fernandes (1992, 1998), Paula e Silva (2003).

**Figura 14.** Coluna estratigráfica do município de Bauru/SP.

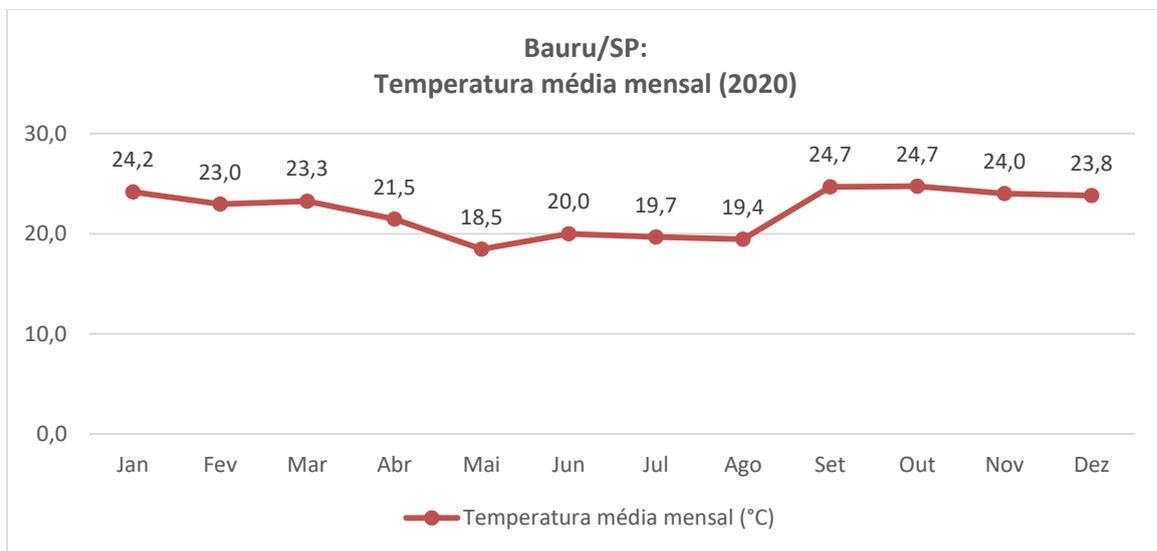


Fonte: Silva (2009).

Quanto a geomorfologia, a área de estudo encontra-se sobre a morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná, e sobre a morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, o qual caracteriza relevo levemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplainados (ROSS; MOROZ, 1997).

O clima identificado no município de Bauru corresponde ao tropical (Aw) que, segundo a classificação de Koeppen, caracteriza-se como tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C (FIGURA 15). O período de maior precipitação encontra-se no intervalo dos meses de dezembro a fevereiro e os meses mais secos de abril a setembro. Os meses de junho a agosto apresentam, comumente, 91% dos dias sem chuvas, diferentemente de janeiro e fevereiro em que quase metade dos dias há ocorrência de chuva no município (FIGUEIREDO; PAZ, 2010).

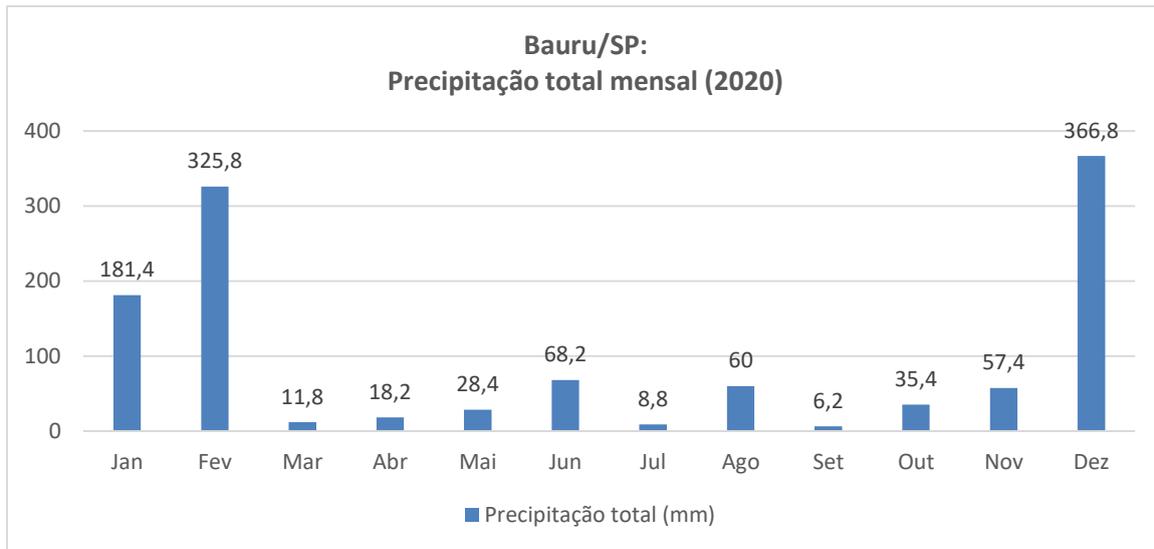
**Figura 15.** Gráfico da temperatura média mensal, no ano de 2020, em Bauru/SP.



Fonte: INMET (2021).  
Organização: Abrantes (2021).

De acordo com Monteiro (1973), a área se manifesta, seja quanto ao ritmo, seja quanto aos valores quantitativos de chuvas, como uma zona de transição, com precipitação pluviométrica anual entre 1.100 e 1.400 mm, concentrada nos meses de verão. No ano de 2020, de acordo com o INMET (2021), o total acumulado de chuvas foi de 1.168,4 mm, além disso, como pode ser observado na Figura 16, os meses de janeiro, fevereiro e dezembro (verão), registraram as maiores precipitações.

**Figura 16.** Gráfico da precipitação total mensal, no ano de 2020, em Bauru/SP.



Fonte: INMET (2021).  
Organização: Abrantes (2021).

Segundo o Boletim “Características da Estação do Verão” (IPMET, 2021), em Bauru, o número de dias com chuvas na estação ultrapassa a 13 dias por mês. Além disso, registra a ocorrência do aumento da precipitação, da umidade do ar e das temperaturas. Desta forma,

As elevadas temperaturas e alta umidade do ar favorecem, durante a tarde, a ocorrência de pancadas de chuva de forte intensidade, com curta duração e acompanhadas por trovoadas, rajadas de ventos e ocasionalmente granizo. Essas chuvas comumente causam alagamentos e inundações na cidade (IPMET, 2021, p. 02).

O referido relatório salienta ainda que as chuvas da estação contribuem para o restabelecimento dos mananciais naturais e reservatórios hídricos da região e para o plantio e desenvolvimento das plantações locais.

No que diz respeito a estação de inverno, no município de Bauru, de acordo com o relatório “Características da Estação do Inverno” (IPMET, 2021), o número de dias com chuva na estação, não ultrapassa a três dias por mês. Ademais, a temperatura do ar apresenta grande amplitude térmica, em torno de 19°C. A umidade relativa do ar devido à ausência de chuva registra valores inferiores a 30% que de acordo com a OMS valores neste patamar conduzem aos estados de atenção.

Em consonância com o que foi apresentado, o clima bauruense, segundo Almeida Filho (2000) é caracterizado por “chuvas de verão”, que são intensas precipitações de curta duração, concentradas no final da tarde e início da noite, devido ao aquecimento registrado ao longo do

dia. Os referidos episódios de chuva associados às características do solo regional desencadeiam fortes processos erosivos. Destaca-se que tais problemas ambientais, são reflexos também do uso e cobertura da terra.

As classes predominantes da área de estudo são Argissolos vermelho-amarelo, Latossolos vermelho-amarelo e Gleissolos (OLIVEIRA et al., 1999), que devido a sua classe textural, possuem elevado grau de erodibilidade. Assim, a necessidade de um manejo adequado torna-se fundamental para mitigar o desenvolvimento de processos erosivos e a consequente produção de sedimentos.

Santos e Vitte (2004) identificaram os principais problemas ambientais e que, mesmo após 18 anos, ainda se manifestam no município: erosões rurais e urbanas, assoreamento dos cursos d'água, enchentes, remoção da cobertura vegetal original, ocupação de áreas de risco e em áreas de preservação permanente, além de depósitos tecnogênicos para aterro de voçorocas. Todos os problemas mencionados são identificados na bacia hidrográfica do rio Bauru (FIGURAS 17 a 20).

**Figura 17.** Depósitos tecnogênicos a 100 metros da nascente do rio Bauru.



Foto: Abrantes (2021).

**Figura 18.** Análise da APP da nascente do rio Bauru. Destaque para a presença de espécies exóticas e resíduos sólidos urbanos.



Foto: Gregorio (2021).

**Figura 19.** Descarte de resíduos sólidos urbanos e processos erosivos, a 30 metros da margem esquerda do alto curso do rio Bauru.



Foto: Abrantes (2021).

**Figura 20.** Tronco de árvore recém incendiado, na APP da nascente do rio Bauru.



Foto: Abrantes (2021).

Canato et. al (2014) salientam que devido à falta de uma estação de tratamento de esgoto que atenda toda a população, no município de Bauru, 89,38% dos esgotos domésticos (1.000 L/s) são lançados *in natura* no Rio Bauru (TABELA 5), sendo 85% despejo residencial e 15% despejo industrial (BAURU, 2021).

A população atendida pelo serviço de coleta de esgotos em 2011 foi de, aproximadamente, 335.142 habitantes, resultando um índice de atendimento de 98,5% da população urbana total. No mesmo ano, o tratamento de esgoto de Bauru cobriu cerca de 10% do esgoto gerado pelo município, sendo o restante despejado *in natura* no Rio Bauru e seus afluentes. (BAURU, 2014, p. 37).

**Tabela 5.** Informações e indicadores dos serviços de esgoto do município de Bauru (2011).

<b>Informações e indicadores</b>	<b>Valores</b>
População total atendida com esgotamento sanitário (hab.)	335.142
Volume de esgoto coletado (1.000m <sup>3</sup> /ano)	17.874
Volume de esgoto tratado (1.000m <sup>3</sup> /ano)	1.899
Quantidade de ligações totais de esgoto	119.243
Tarifa média de esgoto (R\$/m <sup>3</sup> )	1,84
Índice de atendimento urbano de esgoto (%)	98,5
Índice de coleta de esgoto (%)	80
Índice de tratamento de esgoto (%)	10,62

Fonte: BAURU (2014); SNIS (2011).

O sistema de esgotamento do município prevê o afastamento, tratamento e disposição final do esgoto doméstico gerado nas bacias de contribuição do Rio Bauru e do Rio Batalha. Entretanto, das três estações de tratamento de esgoto previstas, somente duas estão funcionando, justamente as duas que atendem um pequeno percentual da população (QUADRO 19).

**Quadro 19.** Situação e caracterização das ETEs (Bauru/SP).

ETE	Situação	Características
Tibiricá	Em funcionamento	Tem capacidade de tratar o esgoto gerado por 1004 habitantes, correspondendo a uma vazão de 6,0 L/s. Está localizada na Rodovia Marechal Rondon, sentido Bauru-Lins (KM 360), à esquerda na vicinal BRU-15, mais 3,6 km.
Candeia - Dr. Arlindo Marques Figueiredo	Em funcionamento	Concluída em julho de 2011, a ETE Candeia (Figura 5.2) tem uma vazão de projeto de 78,0 L/s, com capacidade de tratamento de até 50.000 habitantes e trata 10% do esgoto total gerado pelo município. Está localizada no Núcleo Gasparini.
Vargem Limpa	Projeto em andamento*	Deveria ser construída até 2014 e deveria atender a uma população de 590.000 habitantes, com 4 módulos, até 2030. Na primeira etapa deveria ser implantados 3 módulos, com capacidade de atendimento de 480 mil pessoas (cada módulo para 160 mil habitantes) até, inicialmente, 2020. O local de implantação da ETE é o Distrito Industrial I.

\* A Câmara Municipal de Bauru promoveu uma Audiência Pública, no dia 18/03/2022, para apresentação da situação geral e atual referente à ETE Vargem Limpa. Os novos prazos estabelecidos foram que a obra deverá ser retomada somente em 2023, com conclusão prevista para dezembro de 2024. O atual cenário sinaliza que a obra está em fase de licitação para contratação de uma nova construtora e que a pasta anunciou um novo cronograma de obra, uma vez que o status da construção da estação de tratamento, que teve início em 2015, é de 60% da obra física já concluída com investimentos de mais de R\$ 105 milhões (BAURU, 2022).

Fonte: Bauru (2014).

Além do lançamento de efluentes domésticos, este rio, que possui o trecho da Avenida Nuno de Assis canalizado e retificado, apresenta processos avançados de assoreamento (FIGURAS 21 e 22) e inexistência de mata de galeria (FIGURAS 23 e 24) (PINHEIRO, 2012). Conforme o Plano de Águas (BAURU, 2014, p. 41)

A Prefeitura Municipal de Bauru canalizou cerca de 2,5 km do canal principal do Rio Bauru no trecho urbano entre 1990 e 2003, além de retificar alguns de seus trechos por meio de dragagem. Após a canalização do Rio Bauru, as inundações se concentraram principalmente junto à foz dos córregos Água da Forquilha e Água do Sobrado, seus afluentes urbanos.

**Figura 21.** Galeria no alto curso do rio Bauru.



Foto: Gregorio (2021).

**Figura 22.** Trecho canalizado e retificado do rio Bauru, na Avenida Nuno de Assis. Destaque para o acúmulo de sedimentos no seu leito.



Foto: Abrantes (2021).

**Figura 23.** Alto curso do rio Bauru. Destaque para os resíduos sólidos urbanos e pela ausência de mata ciliar.



Foto: Abrantes (2021).

**Figura 24.** Presença de via de transporte e residências na APP (Alto curso do rio Bauru, margem esquerda).



Foto: Gregorio (2021).

Ante este cenário de degradação, o Rio Bauru, conforme os Decretos Estaduais números 8.468/76 e 10.755/77 (SÃO PAULO, 1976; 1977), é enquadrado como Classe 4 em todo o seu curso na área urbana (Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.) e Classe 3 da região da Vila Aimorés até Pederneiras (Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais), onde desemboca no Rio Tietê (BAURU, 2021).

Catelan (2006) afirma que as infraestruturas que formam a rede de drenagem pluvial (bocas de lobo e galerias pluviais) que são deficitárias e, portanto, são responsáveis pelo surgimento de 85 pontos de enchentes que são frequentes nos períodos de chuvas intensas (verão).

Um dos principais pontos de enchente na cidade (...) está situado no Córrego das Flores, o qual está inserida a Avenida Nações Unidas, uma das principais vias da cidade. Este ponto apresenta-se desde a década de 1950, até os dias de hoje, como o principal ponto a ser analisado, ocorrendo os mais importantes casos de enchente, inundações e alagamentos. Atualmente, este córrego encontra-se envolvido, em sua totalidade, por canalização fechada, datada das décadas de 1950 e 1970. (PINHEIRO, 2012, p. 141)

Por outro lado, vários desses pontos de enchentes estão também associados a canalização parcial ou completa dos cursos hídricos que compõem a sub-bacia do rio Bauru. Em conformidade com Catelan (2006, p. 19), “ao canalizar os córregos, construir sobre ou às margens, avenidas, parques, loteamentos, impermeabilizando gradativamente o solo, altera-se a dinâmica natural do escoamento das águas fluviais e pluviais”.

Frente ao exposto, compreender a dinâmica natural e a forma de produção e apropriação do espaço urbano de Bauru auxiliam na identificação dos problemas ambientais e, por conseguinte, buscar estratégias de mitiga-los e, ao mesmo tempo, refletir por uma outra lógica de produção do espaço, cuja relação sociedade-natureza seja o foco principal.

### 7.1.2 Análises laboratoriais

Para as análises microbiológicas da água e dos sedimentos fluviais foram utilizadas: balança com sensibilidade mínima de 0,1g; banho-maria: equipado com termostato; deionizador de água; autoclave; refrigerador; frasco para coleta de amostra: becker plástico autoclavado; pipetas graduadas; tubos de Duran; tubos de ensaio; estantes; ponteiras; termômetros; alça de platina com cabo; lamparina com álcool; papel kraft; água peptonada; meio EC; Caldo Lauril Triptose (FIGURA 25); Caldo Lactosado Verde Brillante Bile a 2%.

**Figura 25.** Tubos de ensaio com o meio de cultura preparados para a incubação das amostras.

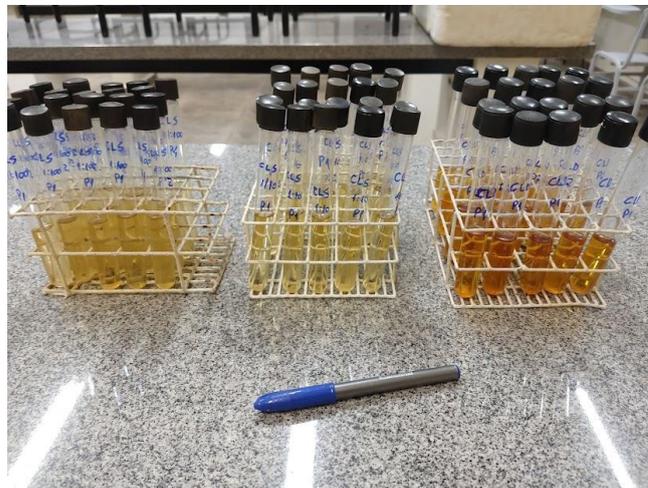


Foto: Abrantes (2021).

Os materiais necessários para semeadura em meios de cultura são: meio de cultura Agar Sabourad; placas de Petri; swab; plástico filme; lamparina com álcool; pinça; água deionizada; papel kraft; estereoscópio; microscópio.

### 7.1.3 Elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra

Os materiais e equipamentos utilizados para elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra foram:

- Computador Dell com processador Core i5 e 4 Giga bytes de memória Ram;
- SIG (Sistema de Informação Geográfica) ArcGIS 10.3;
- Editor de texto e planilhas eletrônicas;

- Imagens orbitais digitais multiespectrais Landsat 5 (1985, 1995 e 2005) e Landsat 8 datadas de 2015 e 2020 disponibilizadas pela Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DGI/INPE);
- GPS de navegação para a coleta de pontos de controle e orientação no campo;
- Imagem SRTM disponibilizada pela divisão Embrapa territorial (EMBRAPA);
- Aplicativo Google Earth para apoio na visualização e logística de campo;
- Toda base cartográfica foi georreferenciada no sistema de coordenadas UTM, no Datum Sirgas 2000.

#### 7.1.4 Elaboração das contribuições para as propostas de manejo das bacias estudadas

Para a realização das contribuições de propostas de manejo das bacias estudadas, além dos dados obtidos na pesquisa (mapeamentos, análises granulométrica, microbiológica e micológica das amostras de água e de sedimentos fluviais) foram utilizadas normativas oficiais do município de cada um dos municípios: Bauru/SP e Ribeirão Claro/PR (QUADRO 20).

**Quadro 20.** Normativas consultadas na elaboração das contribuições para propostas de manejo para as bacias do rio Bauru e do rio Anhumas.

<b>Municípios</b>	<b>Normativas</b>	<b>Descrições</b>
Bauru/SP	Resolução COMDEMA 002/02 (BAURU, 2002)	Determina diretrizes ambientais ao parcelamento do solo e para construções em condomínio nas Bacias dos Córregos Água da Ressaca e Água da Forquilha.
	Plano Diretor Participativo (BAURU, 2008)	Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Bauru.
	Plano de águas (BAURU, 2014)	Diagnóstico qualitativo, quantitativo, técnico e operacional do sistema existente
	Plano Municipal de Saneamento Básico (BAURU, 2017)	Diagnóstico Técnico-Participativo dos Serviços de Saneamento Básico, para os sistemas de Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Manejo de Resíduos Sólidos e Limpeza Urbana e Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais.
	Projeto de Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação de Solo (BAURU, 2021)	-

Ribeirão Claro/PR	Lei complementar 51/2011 (RIBEIRÃO CLARO, 2011)	Dispõe sobre o uso e ocupação do solo municipal
	Lei complementar 17/2008 (RIBEIRÃO CLARO, 2008)	Institui o plano diretor de uso e ocupação do solo do município.

Organização: Abrantes (2022).

## 7.2 Procedimentos metodológicos

### 7.2.1 Elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra

O procedimento adotado para realizar o mapeamento de uso e cobertura da terra das áreas de estudo, no recorte temporal de 1985 a 2020, consistiu em adquirir as imagens orbitais referentes à área de estudo e, no SIG ArcGis 10.3 foi realizada o georreferenciamento das imagens, na qual foi adotada a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e como sistema de referência o Datum SIRGAS 2000. É importante mencionar que o ato de georreferenciar compreende a transformação geométrica que relaciona coordenada de imagem (linha, coluna) com coordenada de um sistema de referência.

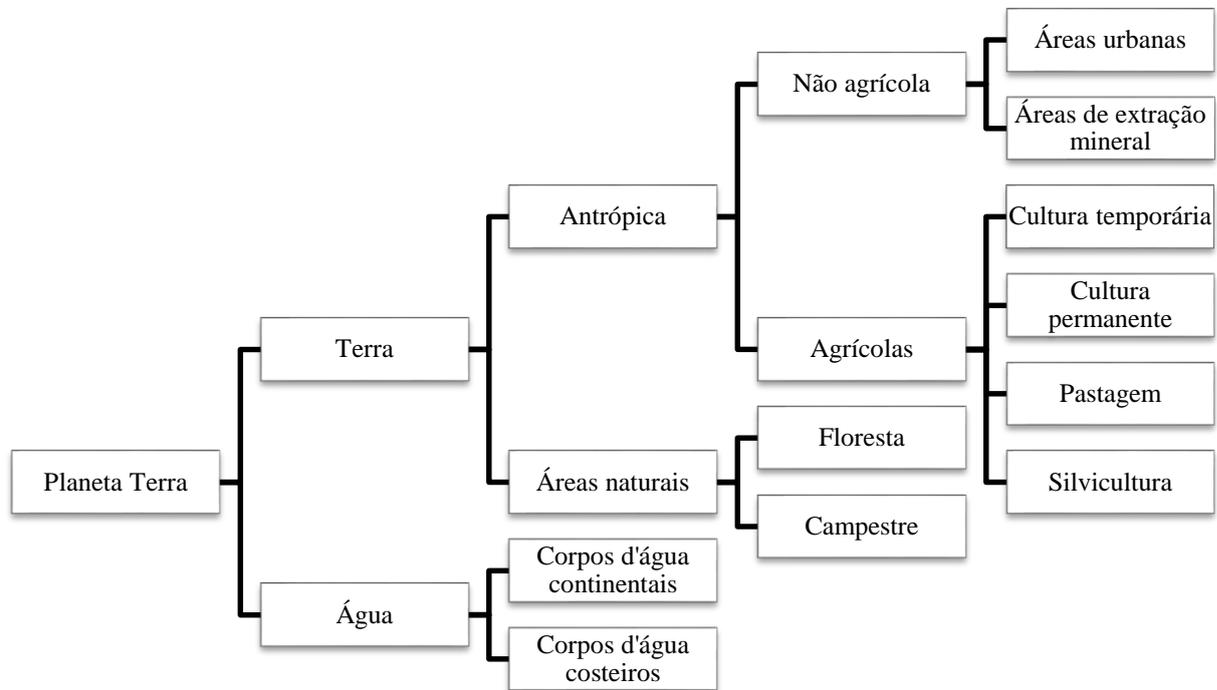
A georreferência foi calculada a partir da definição de pontos de controle no terreno, que permite o cálculo da relação entre os dois sistemas de coordenadas. Os referidos pontos devem ser reconhecíveis tanto na imagem a ser georreferenciada quanto no mapa ou carta que contém o sistema de coordenadas a ser usado. Então, os pontos de controle no terreno foram definidos com o apoio do Google Earth, para o georreferenciamento das imagens de satélite.

Na sequência, iniciou-se a classificação, a qual é feita a partir da associação de pixels da imagem a um conjunto de rótulos que descrevam a característica real predominante de cada pixel (vegetação, água, solo, etc.). A determinação do *raster* foi feita pela classificação supervisionada pelo método da Máxima verossimilhança, a qual é elaborada a partir da intervenção do profissional, usando sua capacidade interpretativa.

As áreas de treinamento, para a bacia do rio Anhumas, foram delimitadas com os usos identificados na imagem. Importante frisar, que as áreas urbanas não foram computadas devido aos seus diferentes níveis de reflectância, por isso, foram criados polígonos, os quais serão sobrepostos a imagem gerada após classificação, para que a delimitação fique mais próxima da área real.

Após identificar estes dez usos na imagem, criaram-se as assinaturas e depois foi aplicado o método da máxima verossimilhança disponível no ArcGIS. No método da máxima verossimilhança, os valores de reflectância de uma área de treinamento são descritos por uma função de densidade de probabilidade, baseada na estatística *Bayesiana*. Segundo Piroli (2010, p. 39), “este classificador verifica a probabilidade que um pixel tem de pertencer a uma determinada classe e o classifica na categoria que tiver maior probabilidade”. Por fim, foram reclassificadas de acordo com as classes descritas no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), como se pode observar na Figura 26.

**Figura 26.** Esquema teórico de construção de uma nomenclatura de cobertura terrestre.



Fonte: IBGE (2013).

Organização: Abrantes (2017).

O manual aludido (IBGE, 2013) trouxe a nomenclatura para o Levantamento do Uso e da Cobertura da Terra apresentado, foi organizada segundo três níveis hierárquicos, comportando desdobramentos para níveis de maior detalhe conforme a escala de trabalho. Para esta pesquisa foram utilizadas e adaptadas as subclasses do referido manual, vide Quadro 21.

**Quadro 21.** Definições da nomenclatura utilizada na classificação.

<b>Clas- ses</b>	<b>Definição</b>	<b>Sub- classes</b>	<b>Definição</b>
<b>Áreas antrópicas não agrícolas</b>	Estão associados todos os tipos de uso da terra de natureza não-agrícola, tais como: áreas urbanizadas, industriais, comerciais, redes de comunicação e áreas de extração mineral.	<b>Áreas urbanas</b>	Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não-agrícolas, tais como: as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições. As áreas urbanizadas podem ser contínuas, onde as áreas não-lineares de vegetação são excepcionais, ou descontínuas, onde as áreas vegetadas ocupam superfícies mais significativas.
<b>Áreas antrópicas agrícolas</b>	Terra utilizada para a produção de alimentos, fibras e outras commodities do agronegócio. Inclui todas as terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso, podendo também compreender áreas alagadas. Podem se constituir em zonas agrícolas heterogêneas ou representar extensas áreas de plantations. Encontram-se inseridas nesta categoria as lavouras temporárias, lavouras permanentes, pastagens plantadas e silvicultura.	<b>Cultura temporária</b>	Cultura de plantas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixa o terreno disponível para novo plantio. Dentre as culturas destacam-se a de cereais, tubérculos, hortaliças, plantas hortícolas, floríferas, medicinais, aromáticas e condimentares de pequeno porte, que muitas vezes são cultivadas em estruturas como estufas, ripados e telados. As lavouras semipermanentes como a cana-de-açúcar e a mandioca, bem como as culturas de algumas forrageiras destinadas ao corte, também estão incluídas nessa categoria.
		<b>Pastagem</b>	Áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas mediante plantio de forragens perenes. Nessas áreas o solo está coberto por vegetação de gramíneas ou leguminosas, cuja altura pode variar de alguns decímetros a alguns metros.
		<b>Silvicultura</b>	Técnica ligada às condições biológicas que abrange ação imediata do florestal na mata, executando a implantação, composição, trato e cultivo de povoamentos florestais, assegurando proteção, estruturando e conservando a floresta como fornecedora de matéria-prima para a indústria madeireira.

**Quadro 22.** Definições da nomenclatura utilizada na classificação (continuação).

<b>Áreas de vegetação natural</b>	Compreende um conjunto de estruturas florestal e campestre, abrangendo desde florestas e campos originais (primários) e alterados até formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento, distribuídos por diferentes ambientes e situações geográficas.	<b>Floresta</b>	Formações arbóreas, incluindo-se aí as áreas de Floresta Densa, de Floresta Aberta, de Floresta Estacional além da Floresta Ombrófila Mista.
<b>Águas</b>	Incluem todas as classes de águas interiores e costeiras, como cursos d'água e canais (rios, riachos, canais e outros corpos d'água lineares), corpos d'água naturalmente fechados, sem movimento (lagos naturais regulados) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais d'água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica), além das lagoas costeiras ou lagoas, estuários e baías.	<b>Corpos d'água continentais</b>	Corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc.

Fonte: IBGE (2013)  
Organização: Abrantes (2017).

A partir desta nomenclatura foi estabelecida a legenda dos mapas de acordo com as classes da cobertura e uso da terra (FIGURA 27). Por fim, última etapa realizada na elaboração dos mapas foi a edição do *layout* dos mesmos.

**Figura 27.** Legenda do mapeamento: classes da cobertura e uso da terra.

<b>Água continental</b>
<b>Cultura temporária</b>
<b>Área florestal</b>
<b>Silvicultura</b>
<b>Pastagem</b>
<b>Área urbana</b>
<b>Vias de transporte</b>

Fonte: IBGE (2013).

Além dos produtos cartográficos, foi gerado também um banco de dados com as áreas em hectares de cada uma das classes mencionadas, o qual possibilitou a geração de gráficos e tabelas com o intuito de comparar as alterações sofridas nos municípios no intervalo de tempo em estudo. Após a classificação feita, foi realizado um trabalho de campo munido das coordenadas, a fim de comprovar algumas classes de uso.

### **7.2.2 Coleta de amostras**

As amostragens foram realizadas considerando os seguimentos do curso hídrico principal de cada bacia, uma vez que neles são acumulados os sedimentos e efluentes descartados em qualquer ponto, de forma direta ou difusa. Deste modo, foram elencados quatro pontos de coleta em cada curso: nascente, alto curso, médio curso e baixo curso e para cada ponto foram coletadas duas amostras de água e duas de sedimentos fluviais (carga de fundo) (QUADROS 23 a 29). Importante mencionar que as coletas foram realizadas respeitando o mesmo horário, porém em estações do ano diferentes: verão e inverno.

As amostras de água foram realizadas a partir de um coletor que, é baixado perpendicularmente ao leito do rio e, ao ser puxado para cima, ele fecha automaticamente ambas as extremidades para que seja possível obter a amostra da profundidade em que o coletor estava quando foi puxado (FIGURA 35).

Já, as amostragens de sedimentos fluviais foram realizados diretamente no leito do rio, com o auxílio de um tubo de PVC preso a uma corda e depois acondicionado em frascos plásticos, com capacidade de 300ml, vedados e, previamente, autoclavados.

**Quadro 23.** Informações da amostragem no ponto 1 (Rio Bauru, Bauru/SP).

<b>Bauru/SP</b>	
<b>Ponto 1:</b> 22°20'03.5"S 49°05'27.2"W	
<p><b>Data da coleta e incubação: 28/08/2021</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada a partir do banco de areia.</li> <li>- Cor da água: turva.</li> <li>- Forte odor.</li> <li>- Temperatura da amostra: 19°C.</li> <li>- Presença de bancos de areia e muitos aguapés.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margem direita: erosão nas margens, espécies vegetais exóticas e queimada recente.</li> <li>○ Margem esquerda: ausência de espécies arbóreas, predomínio de gramíneas e via não impermeabilizada (rua de terra) dentro da APP.</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>Data da coleta e incubação: 12/03/2022</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada a partir do banco de areia.</li> <li>- Cor da água: transparente.</li> <li>- Forte odor.</li> <li>- Temperatura da amostra: 22°C.</li> <li>- Presença de bancos de areia e elevada presença de materiais úrbicos no leito.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margem direita: erosão nas margens, espécies vegetais exóticas e vegetação rasteira.</li> <li>○ Margem esquerda: ausência de espécies arbóreas, predomínio de gramíneas e via não impermeabilizada (rua de terra) dentro da APP.</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>Figura 28.</b> Coleta de amostras a 200 metros da nascente.</p> 	<p><b>Figura 29.</b> Secção do rio onde foi realizada a coleta.</p> 
Foto: Gregorio (2021).	Foto: Abrantes (2021).

**Quadro 24.** Informações da amostragem no ponto 2 (Rio Bauru, Bauru/SP).

<b>Bauru/SP</b>	
<b>Ponto 2:</b> 22°19'52.6"S 49°05'08.8"W	
Trecho canalizado (Próximo a rotatória entre as Av. Castelo Branco e Duque de Caxias)	
<b>Data da coleta e incubação: 28/08/2021</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada em cima de uma ponte.</li> <li>- Cor da água: turva/esverdeada.</li> <li>- Forte odor.</li> <li>- Temperatura da amostra: 19°C.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margem direita: ausência de mata ciliar, predomínio de gramíneas.</li> <li>○ Margem esquerda: poucas espécies arbustivas e predomínio de gramíneas; queimada recente.</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Data da coleta e incubação: 12/03/2022</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada em cima de uma ponte.</li> <li>- Cor da água: turva/esverdeada.</li> <li>- Forte odor.</li> <li>- Temperatura da amostra: 25°C.</li> <li>- Presença de material úrbico – transição para a canalização fechada.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margem direita: ausência de mata ciliar, predomínio de gramíneas.</li> <li>○ Margem esquerda: poucas espécies arbustivas e predomínio de gramíneas.</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Figura 30.</b> Área de coleta - ponto 2 (Rio Bauru).	<b>Figura 31.</b> Armazenamento da amostra e adjacências da área amostrada.
	
Fotos: Abrantes (2021).	

**Quadro 25.** Informações da amostragem no ponto 3 (Rio Bauru, Bauru/SP).

<b>Bauru/SP</b>	
<b>Ponto 3:</b> 22°18'57.4"S 49°04'25.9"W Avenida Nuno de Assim, Bauru/SP (trecho canalizado).	
<p><b>Data da coleta e incubação: 28/08/2021</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada em cima de uma ponte.</li> <li>- Cor da água: turva/esverdeada.</li> <li>- Forte odor.</li> <li>- Presença de bancos de areia, aguapés e de espuma.</li> <li>- Temperatura da amostra: 19°C.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margens direita e esquerda: ausência de mata ciliar, presença de poucas árvores e via impermeabilizada.</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>Data da coleta e incubação: 12/03/2022</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada em cima de uma ponte (água) e embaixo do viaduto (sedimentos).</li> <li>- Cor da água: turva/esverdeada.</li> <li>- Forte odor.</li> <li>- Presença de bancos de areia, aguapés e de pessoas que vivem embaixo do viaduto fazendo uso do rio para suprir suas necessidades diárias (banho e lava utensílios/ roupa).</li> <li>- Temperatura da amostra: 25°C.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margens direita e esquerda: ausência de mata ciliar, presença de poucas árvores e via impermeabilizada.</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>Figura 32.</b> Coleta de amostra no médio curso do rio Bauru.</p>	<p><b>Figura 33.</b> Coleta de amostra no rio Bauru canalizado.</p>
	
Foto: Gregorio (2021).	Foto: Gregorio (2021).

**Quadro 26.** Informações da amostragem no ponto 4 (Rio Bauru, Bauru/SP).

<b>Bauru/SP</b>	
<b>Ponto 4:</b> 22°18'15.8"S 49°02'01.1"W Rua Waldemar Pereira, Distrito Industrial (Bauru/SP).	
<p><b>Data da coleta e incubação: 28/08/2021</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada em cima de um viaduto.</li> <li>- Cor da água: turva/esverdeada.</li> <li>- Forte odor.</li> <li>- Presença de bancos de areia, aguapés e de espuma.</li> <li>- Temperatura da água: 20°C.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margem direita: Mata ciliar com predomínio de árvores exóticas, instalações de um porto de areia.</li> <li>○ Margem esquerda: Mata ciliar com predomínio de árvores exóticas, presença de algumas construções.</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>Data da coleta e incubação: 12/03/2022</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada no leito do rio.</li> <li>- Cor da água: turva/esverdeada.</li> <li>- Forte odor.</li> <li>- Presença de bancos de areia, graxas, moscas, aguapés e de espuma.</li> <li>- Temperatura da água: 27°C.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margem direita: Mata ciliar com predomínio de árvores exóticas, instalações de um porto de areia.</li> <li>○ Margem esquerda: Mata ciliar com predomínio de árvores exóticas, presença de algumas construções (habitações).</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>Figura 34.</b> Coleta de amostra após a área de extração do porto de areia.</p>  <p>Foto: Gregorio (2021).</p>	<p><b>Figura 35.</b> Amostra coletada no ponto 4.</p>  <p>Foto: Abrantes (2021).</p>

**Quadro 27.** Informações da amostragem nos pontos 1 e 2 (Rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR).

<b>Ribeirão Claro/PR</b>
<p><b>Ponto 1:</b> Nascente do rio Anhumas (área rural de Ribeirão Claro/PR)</p> <p><b>Ponto 2:</b> Alto curso do rio Anhumas (área rural de Ribeirão Claro/PR)</p> <p>23°13'05.2"S 49°46'26.9"W</p>
<p><b>Data prevista da coleta e incubação: 04/09/2021</b></p> <p>- A via de acesso aos pontos era uma via não pavimentada, com muitos cascalhos, fato que inviabilizou a chegada a estes pontos.</p> <p>- Adjacências dos pontos: no percurso percorrido, foram identificados os usos de pastagem, em grande maioria degradada, e com presença de focos erosivos, além de matas de galeria.</p>
<p><b>Figura 36.</b> Percurso para a nascente do rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR).</p> 
<p><b>Figura 37.</b> Percurso para o alto curso do rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR).</p> 
Fotos: Abrantes (2021).

**Quadro 28.** Informações da amostragem no ponto 3 (Rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR).

<b>Ribeirão Claro/PR</b>	
<b>Ponto 3:</b> Médio curso do rio Anhumas. 23°10'32.8"S 49°49'32.0"W	
<p><b>Data da coleta e incubação: 04/09/2021</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada em cima de uma ponte.</li> <li>- Cor da água: cristalina.</li> <li>- Presença de aguapés, concreto e bancos de areia.</li> <li>- Temperatura da água: 21°C.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margem direita: APP demarcada com poucas espécies arbóreas; predomínio de pastagem a montante.</li> <li>○ Margem esquerda: APP demarcada com predomínio de espécies arbustivas e gramíneas.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Data da coleta e incubação: 27/02/2022</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada no leito do rio (sedimentos) e em cima da ponte (água).</li> <li>- Cor da água: cristalina.</li> <li>- Sem odor.</li> <li>- Presença de aguapés, bancos de areia, entulho e pessoas pescando no local.</li> <li>- Temperatura da água: 28°C.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margem direita: APP demarcada com poucas espécies arbóreas; predomínio de pastagem a montante; e de fezes de gado.</li> <li>○ Margem esquerda: APP demarcada com predomínio de espécies arbustivas e gramíneas; erosão – a cerca que demarca a APP está a um metro da área desbarrancada.</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Figura 38.</b> Área a montante do local de coleta, rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR)	<b>Figura 39.</b> Área a jusante do local de coleta, rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR)
	
Fotos: Abrantes (2021).	

**Quadro 29.** Informações da amostragem no ponto 4 (Rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR).

<b>Ribeirão Claro/PR</b>	
<b>Ponto 4:</b> foz do rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR). 23°06'29.1"S 49°47'33.8"W	
<b>Data da coleta e incubação: 04/09/2021</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada em cima de uma ponte.</li> <li>- Cor da água: turva.</li> <li>- Presença de aguapés.</li> <li>- Temperatura da água: 23°C.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margem direita: APP demarcada, presença de infraestruturas urbanas e de espécies arbóreas.</li> <li>○ Margem esquerda: APP demarcada com cerca, espécies arbóreas e bambuzal.</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Data da coleta e incubação: 27/02/2022</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coleta realizada próximo a margem esquerda (sedimentos) e em cima de uma ponte (água).</li> <li>- Cor da água: turva.</li> <li>- Sem odor.</li> <li>- Presença de aguapés, banco de areia (margem esquerda) e pessoas pescando.</li> <li>- Temperatura da água: 30°C.</li> <li>- Condições da APP: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Margem direita: APP demarcada, presença de infraestruturas urbanas e de espécies arbóreas.</li> <li>○ Margem esquerda: APP demarcada com cerca, espécies arbóreas e bambuzal.</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Figura 40.</b> Amostra coletada próxima a foz do rio Anhumas.	<b>Figura 41.</b> Procedimento de amostragem, sobre a ponte sobre o rio Anhumas.
	
Foto: Abrantes (2021).	Foto: Gregorio (2022).

Após coletados, os frascos vedados com plástico filme contendo as amostras foram acondicionados em caixa de isopor, com gel (FIGURA 42), e levados até o Laboratório de Geologia e Pedologia “Ana Primavesi”, na Unesp/ Campus de Ourinhos, onde foram realizadas as análises microbiológicas, granulométricas e micológicas.

**Figura 42.** Amostras vedadas e acondicionadas em caixa de isopor.



Foto: Abrantes (2021).

### **7.2.3 Análises laboratoriais**

#### **7.2.3.1 Análises microbiológicas**

Para realização dos testes de coliforme, adotou-se como metodologia a estabelecida pela FUNASA (2013): “Método dos tubos múltiplos” ou “Técnica do Número Mais Provável – NMP”, que consiste em um método probabilístico, no qual é possível determinar o Número Mais Provável de bactérias do grupo coliforme em 100 ml de água (NMP/100 ml). Deste modo, o NMP visa estimar a densidade de microrganismos presente na amostra de água baseado na frequência de resultados positivos (TABELA 6). A referida metodologia divide-se em duas etapas: teste presuntivo, que tem como objetivo atestar a presença ou a ausência de bactérias

que fermentam a lactose; e, o teste confirmativo que consiste na confirmação de coliformes totais e confirmação de coliformes termotolerantes.

Vale ressaltar que foi realizada uma adaptação desta metodologia, visto que é utilizada para análise de água, e não de amostras de areia (ABRANTES, 2014; 2017). Contudo, os testes realizados anteriormente foram favoráveis, e visto que, a maioria das amostras é oriunda de fundos de vale, onde são extraídas do leito de corpos hídricos, tais análises apontarão se há o despejo de efluentes no local. Outrossim, esta metodologia também é utilizada pelo Rio de Janeiro (2010) e pela ABAE (2008; 2010).

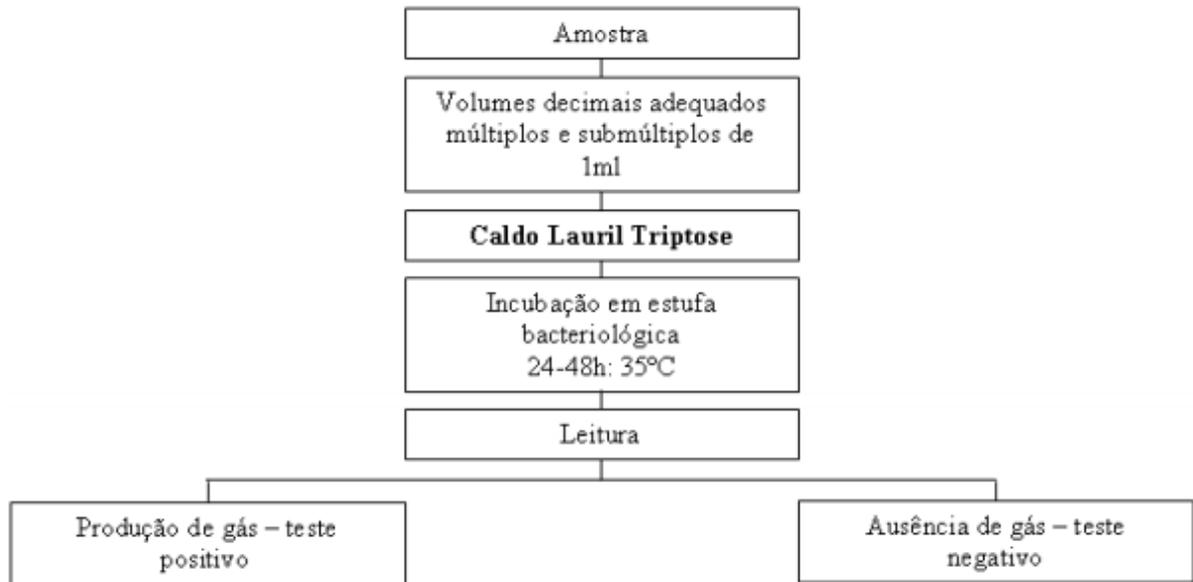
**Tabela 6.** NMP com limite de confiança de 95% para combinações de resultados positivos quando cinco tubos são usados para cada diluição (10 ml, 1 ml, 0,1 ml).

Combinação de positivos	NMP/100ml	Limite de confiança 95%	
		Inferior	Superior
0-0-0	< 2	1	10
0-0-1	2	1	10
0-1-0	2	1	13
0-2-0	4	1	11
1-0-0	2	1	15
1-0-1	4	1	15
1-1-0	4	2	18
1-1-1	6	2	18
1-2-0	6	1	17
2-0-0	4	2	20
2-0-1	7	2	21
2-1-0	7	3	24
2-1-1	9	3	25
2-2-0	9	5	29
2-3-0	12	3	24
3-0-0	8	4	29
3-0-1	11	4	29
3-1-0	11	6	35
3-1-1	14	6	35
3-2-0	14	7	40
3-2-1	17	5	38
4-0-0	13	7	45
4-0-1	17	7	46
4-1-0	17	9	55
4-1-1	21	12	63
4-1-2	26	9	56
4-2-0	22	12	65
4-2-1	26	12	67
4-3-0	27	15	77
4-3-1	33	16	80
4-4-0	24	9	86
5-0-0	23	10	110
5-0-1	30	20	140
5-0-2	40	10	120
5-1-0	30	20	150
5-1-1	50	30	180
5-2-0	60	20	170
5-2-1	70	30	210
5-2-2	90	40	250
5-3-0	80	30	250
5-3-1	110	40	300
5-3-2	140	60	360
5-3-3	170	80	410
5-4-0	130	50	390
5-4-1	170	70	480
5-4-2	220	100	560
5-4-3	280	120	690
5-4-4	350	160	820
5-5-0	240	100	940
5-5-1	300	100	1300
5-5-2	500	200	2000
5-5-3	900	200	2900
5-5-4	1600	300	5300
5-5-5	> 1600	-	-

Fonte: APHA (1985).

Na etapa do teste presuntivo (FIGURA 43), com o objetivo de preparar os materiais de vidro, colocou-se o tubo de Duran na posição invertida dentro do tubo de ensaio. Em seguida, antes de iniciar os procedimentos para o exame foi desinfetada a bancada de trabalho com álcool etílico 70% e água sanitária com o auxílio de folhas de papel.

**Figura 43.** Fases do teste presuntivo.



Fonte: Abrantes (2014).

Na sequência, sucedeu a identificação dos tubos, os quais já estavam previamente preparados com os meios de cultura e os tubos de Duran, com número da amostra anotado, o volume a ser inoculado e a data, com o auxílio da estante para fins de organização. Para a preparação do meio de cultura do teste presuntivo foi pesada 26g do Caldo Lauril Triptose concentração dupla (CLD) e para o Caldo Lauril Triptose concentração simples (CLS) foi pesada a quantia de 13g do mesmo meio de cultura.

Depois foi dissolvido em 1.000 ml de água deionizada cada, feito isso foram distribuídos 10 ml em cada tubo de ensaio, em seguida foram tampados e encaminhados a autoclave para esterilizar à 121°C (1 Kg/cm<sup>2</sup> de pressão) durante quinze minutos. Após a esterilização, os tubos de ensaio foram guardados no refrigerador até o seu uso, transcorrido o esfriamento.

Em cada tubo de ensaio foi inserido volumes decimais e sub-decimais de 1 ml de cada uma das amostras, que foram repetidas em cinco tubos para cada diluição (FIGURAS 44 e 45). Em sequência, foram incubados em uma estufa bacteriológica a 35°C por 24 a 48 horas (FIGURA 46). Após este prazo, observou-se a produção de gás no tubo de Duran, indicação de presença de bactérias que fermentam a lactose.

**Figura 44.** Pipetagem e incubação das amostras.



**Figura 45.** Incubação das amostras. Destaque para a chama (local estéril).



Fotos: Gregorio (2021).

**Figura 46.** Incubação dos tubos de ensaio com as amostras, na estufa bacteriológica.



Foto: Abrantes (2021).

Feitos os testes presuntivos, a próxima etapa consistiu nos testes confirmativos, que são subdivididos em: confirmação de coliformes totais e confirmação de coliformes termotolerantes.

No que se refere a confirmação de coliformes totais, o procedimento adotado foi: para o Caldo Lactosado Verde Brillante Bile a 2% foram pesadas quarenta gramas do meio de cultura desidratado e 37 gramas Meio EC desidratado (em frascos distintos) e dissolvidos em

sequência em 1.000 ml de água deionizada, após foram distribuídos 10 ml para cada tubo de ensaio, os quais depois foram tampados e levados a autoclave à 121°C (1 Kg/cm<sup>2</sup> de pressão) durante quinze minutos.

A partir de cada tubo positivado da etapa anterior, foi transferida uma alçada, aquecida e esfriada ao ar, carregada de cultura para tubos de caldo Verde Brilhante (VB) e, em seguida, incubada a 35° por 24 a 48 horas em uma estufa bacteriológica. Transcorrido o tempo, foi anotado o número de tubos positivos, ou seja, que contenham presença de gás (FIGURA 47), para determinar o NMP de coliformes totais/100g, de acordo com a tabela apropriada às diluições inoculadas (FUNASA, 2013; CETESB, 2007; APHA, 1985). A não ocorrência de gás após 48 horas indica ausência de coliformes totais na amostra, de acordo com a Figura 48.

**Figura 47.** Teste confirmativo (VB): produção de gás no tubo de Duran – positivo para coliformes totais.

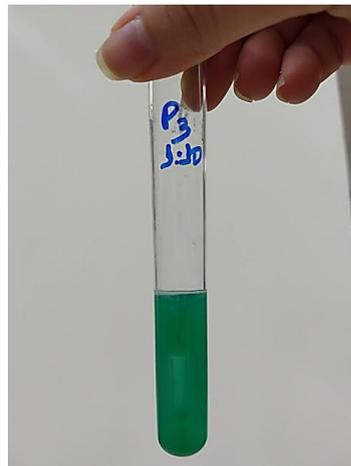
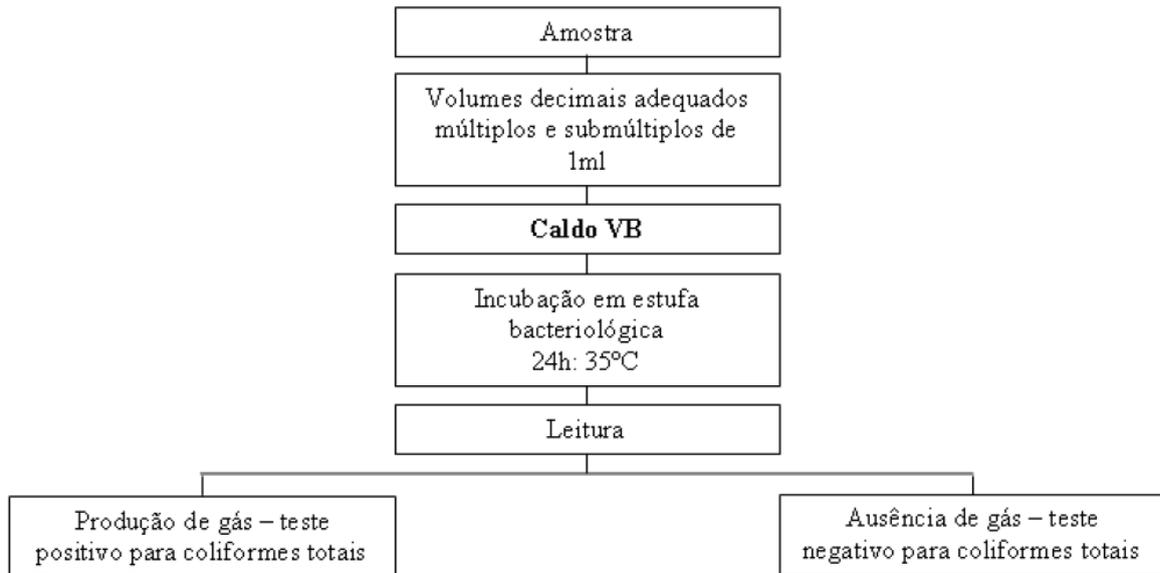


Foto: Abrantes (2021).

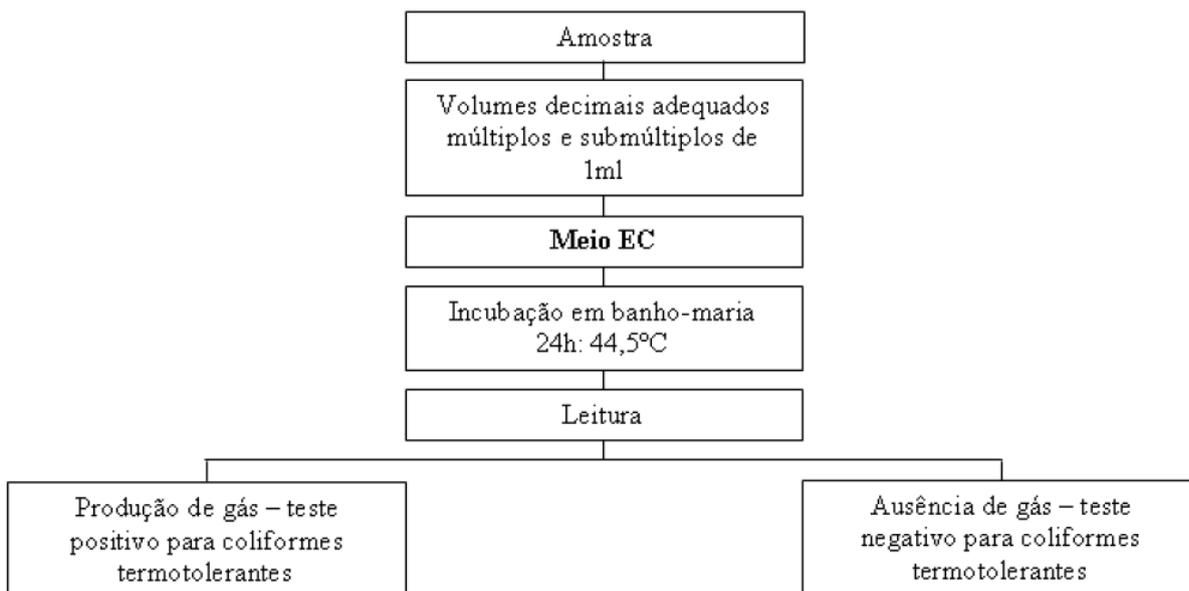
**Figura 48.** Fases do teste confirmativo.

Fonte: Abrantes (2014).

Quanto a confirmação dos coliformes termotolerantes, a partir de cada tubo positivo de Caldo Lauril Triptose, foi transferido uma alçada aquecida e esfriada da cultura para tubos de caldo EC. Dando continuação, os tubos foram incubados em banho-maria a 45,5°C por 24h. Após esta etapa, foi anotado o número de tubos EC positivos para a determinação do NMP de coliformes termotolerantes/100 g (FIGURAS 49 e 50).

**Figura 49.** Leitura dos testes confirmativos para coliformes termotolerantes (EC).

Foto: Gregorio (2021).

**Figura 50.** Fases do teste confirmativo.

Fonte: Abrantes (2014).

### 7.2.3.2 Análises micológicas

O Agar Sabouraud (*Sabouraud Dextrose Agar*) é um meio com nutrientes que favorece o crescimento de diversos fungos leveduriformes e filamentosos, com utilidade do cultivo e do crescimento de espécies de *Candidas* e fungos filamentosos, particularmente associados a infecções superficiais, além da caracterização macroscópica do fungo filamentoso (colônia gigante) (ANVISA, 2004). Segundo a Anvisa (2004), o crescimento bom a excelente neste meio são as espécies *Candidaalbicans* ATCC 10231 e *Aspergillus niger* ATCC 16404.

Os procedimentos adotados com o uso deste meio de cultura consistiram em pesar e hidratar o meio conforme instruções do fabricante, esterilizar em autoclave, resfriar à +/- 50°C e distribuir em placas de 90 mm de diâmetro ou 4 ml por tubo. Nesta etapa, foram inoculadas duas placas por amostra em temperatura ambiente (FIGURAS 51 e 52) e foi observada quinzenalmente a presença ou não de crescimento de espécies fúngicas. Na sequência, as informações sobre o crescimento das colônias foram transferidas para uma tabela no MS Excel.

**Figura 51.** Inoculação de amostras nas placas de Petri com o meio de cultura Agar Sabouraud.



**Figura 52.** Inoculação de amostras nas placas de Petri com o meio de cultura Agar Sabouraud.



Fotos: Gregorio (2021).

### 7.2.3.3 Análise granulométrica

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Geologia e Pedologia “Ana Primavesi”, na Unesp/ Campus de Ourinhos, pelo técnico e biólogo, Jakson José Ferreira, segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003). Para realização das análises, as amostras foram realocadas em *Becker* de vidro, devidamente identificadas e, levadas a estufa (110°C) para sua secagem. Na sequência, foram seguidos os seguintes passos:

1. Encaixaram-se as peneiras e foi averiguada a ordem crescente (base para topo) da abertura das malhas;
2. Amostras foram colocadas na peneira superior e executou-se o peneiramento, que pode ser manual ou mecânico.
3. O material que ficou retido em cada peneira foi pesado.
4. Conferiu-se a massa total do material retido nas peneiras e no fundo com a massa seca inicial da amostra.

Ao final, foi possível ter acesso a composição granulométrica de cada uma das amostras, ou seja, da proporção relativa das massas dos diferentes tamanhos dos grãos que constituem o agregado, expressa em percentagem.

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

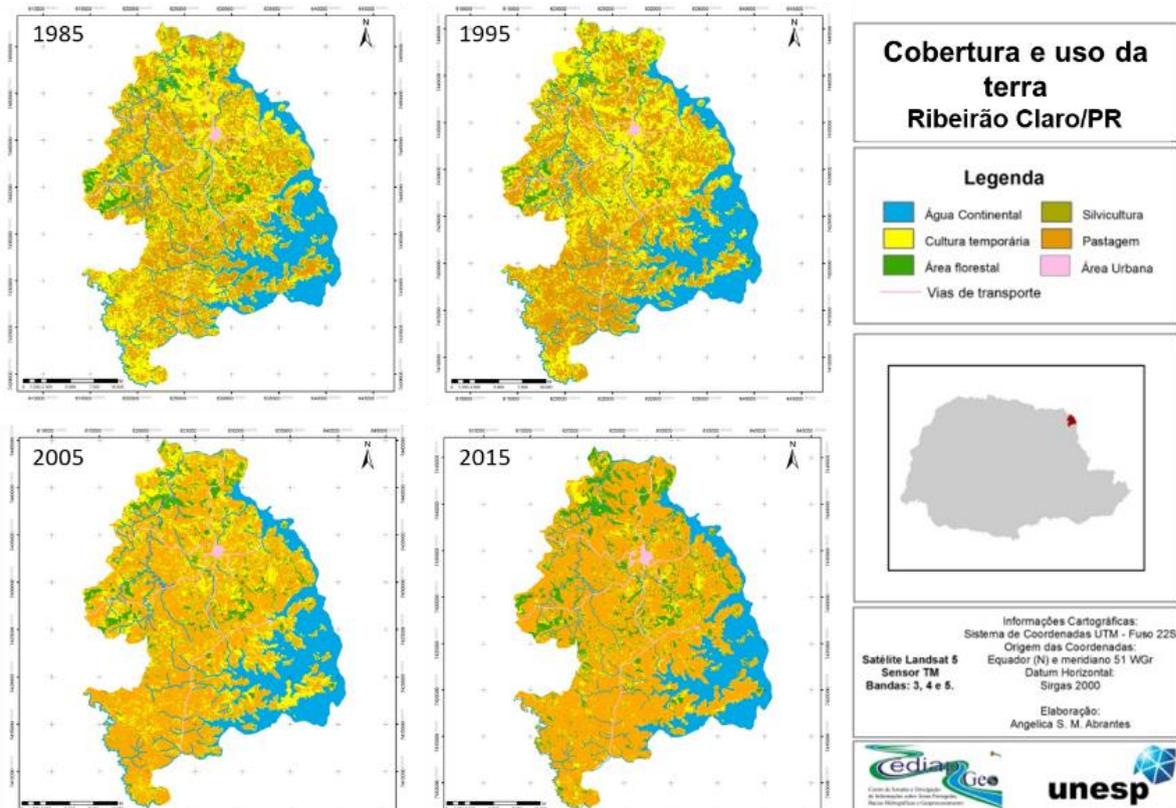
### 8.1 Bacia do rio Anhumas: resultados do mapeamento e das análises laboratoriais

#### 8.1.1 Mapeamento rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR)

Os mapeamentos realizados da bacia e das APPs dos corpos d'água, em conjunto com as análises dos sedimentos fluviais e da água, formam parte do diagnóstico ambiental da área de estudo.

Na análise espacial realizada no município de Ribeirão Claro/PR, observou-se a escassez da cobertura florestal e o avanço das atividades agropastoris, principalmente da pecuária (FIGURA 53), uma incorrência quando comparado com a legislação vigente (BRASIL, 2012).

**Figura 53.** Cobertura e uso da terra, em Ribeirão Claro/PR (1985 a 2015).



Elaboração: Abrantes et al. (2021b).

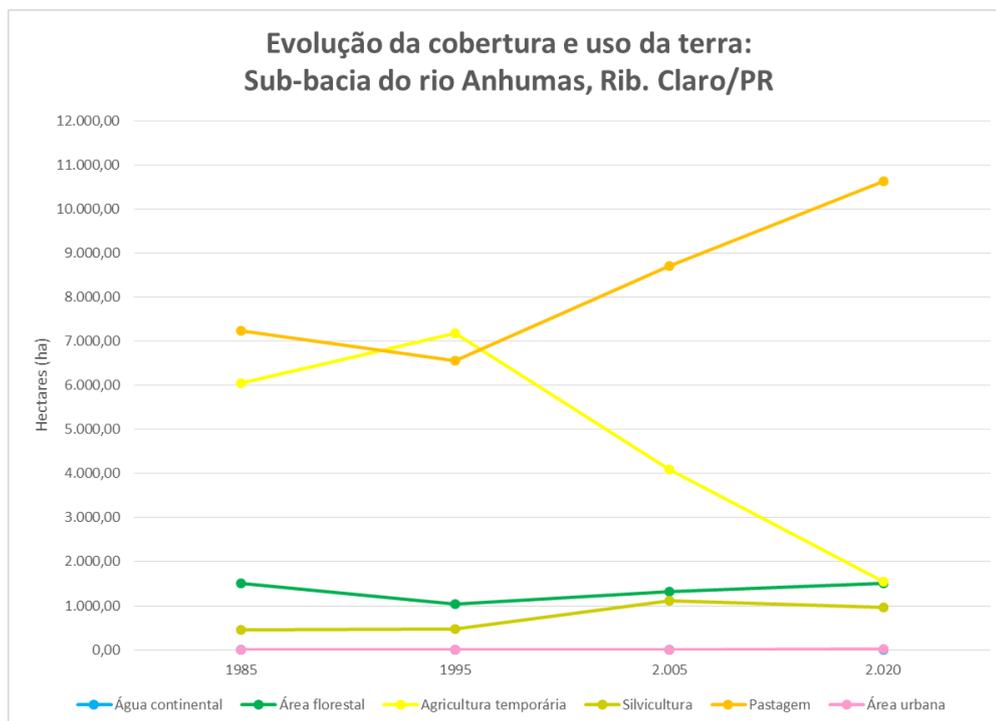
O predomínio de pastagens, em trechos de acentuada declividade, somado aos outros usos da terra potencializam os processos em vertente e, por conseguinte, o carreamento de sedimentos aos fundos de vale. Em conformidade com Souto e Crestana (2000), o planejamento de bacias hidrográficas deve levar em consideração a identificação de áreas agrícolas suscetíveis à erosão, com o objetivo mitigar os focos erosivos e, conseqüentemente, contribuir para a melhora da quantidade e qualidade da água disponível nos fundos de vale.

Deste modo, a relação dos problemas na vertente com os cursos hídricos é direta e, em consequência disto, é imprescindível identificar e quantificar as fontes produtoras de sedimentos, como salientaram Minella e Merten (2011), logo que tais fontes estão estritamente ligadas com os usos e cobertura da terra nas bacias hidrográficas.

Portanto, as mudanças no uso da terra têm implicações diretas nos recursos hídricos, que estão intimamente relacionadas com o comprometimento da qualidade microbiológica dos sedimentos fluviais, por meio da sua contaminação por cargas orgânicas: efluentes domésticos (esgoto) e fezes e/ou água residual da dessedentação de animais, na zona rural. Conforme destacou Suertegaray (2006), é fundamental pensar o ambiente de forma integrada, pois tais alterações são reflexo da ocupação da terra sem considerar as suas características e fragilidades.

Os corpos hídricos ao percorrerem áreas urbanas e rurais, recebem cargas orgânicas de diferentes composições, e aliado ao poder de adsorção dos colóides orgânicos que adosorvem à areia, podem potencializar sua contaminação microbiológica. Ademais, a escassez de matas ciliares, que reflete o não cumprimento da legislação, que possibilita a chegada dos materiais carregados pelos processos em vertente aos fundos de vale; além da perda de solo por erosão.

O mapeamento realizado para compreender as mudanças na cobertura e uso da terra, nos últimos 35 anos, demonstrou uma intensa modificação, principalmente, no que diz respeito a substituição da cultura temporária, em grande maioria, por pastagem (FIGURA 54).

**Figura 54.** Gráfico da evolução dos usos da terra da bacia do rio Anhumas (1985-2020).

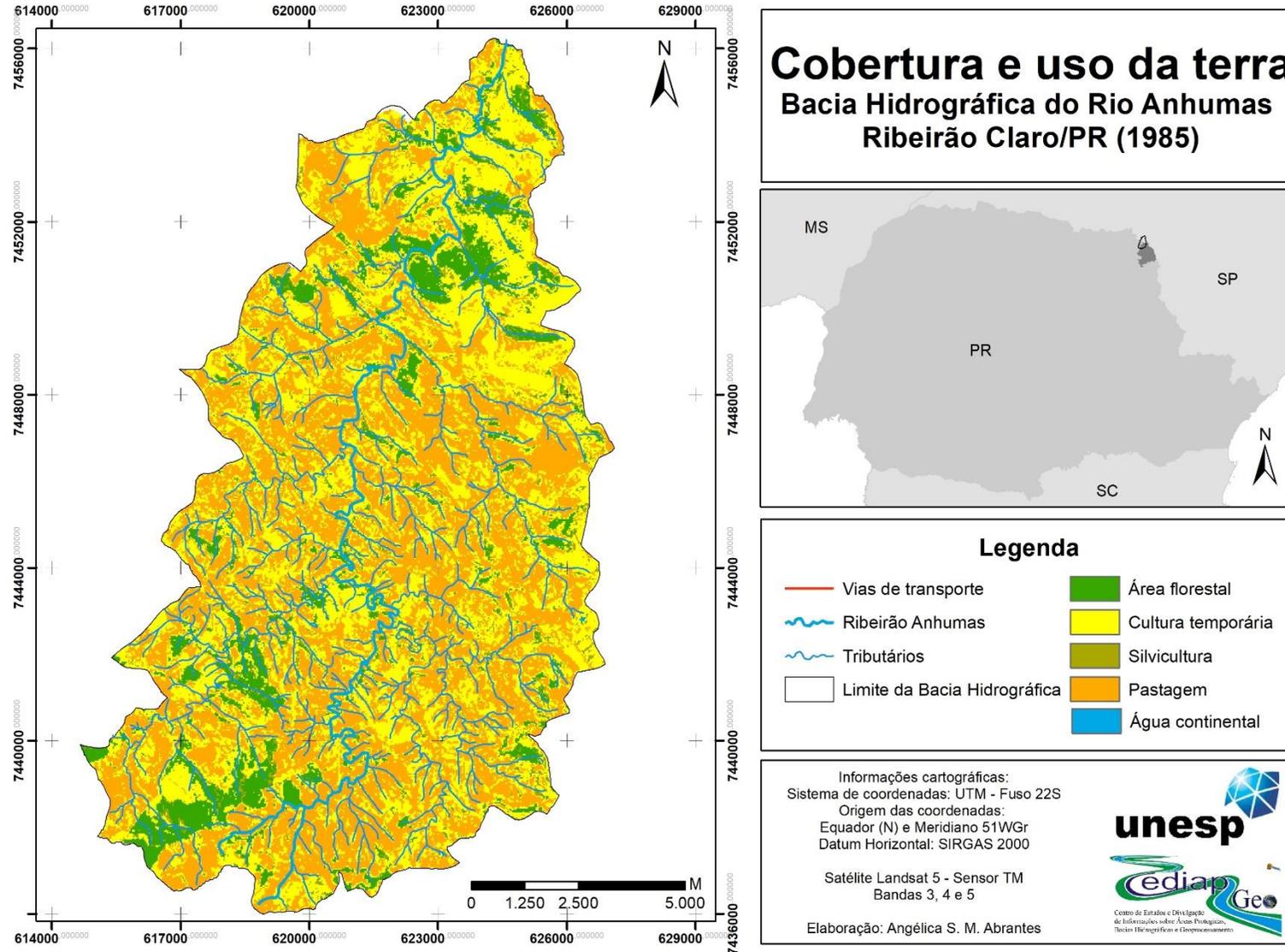
\* a água continental foi sobreposta pela área urbana.

Para compreender a evolução dos usos da terra, fundamentalmente, do crescimento da pastagem na bacia do rio Anhumas, foi observado que, em 1985 (FIGURA 55), a pastagem ocupava 47,7% da área da bacia e, a cultura temporária, 39,7% (TABELA 7). Desta maneira, quando somado o predomínio do mencionado uso à escassez de matas ciliares nas APP, o curso hídrico pode ser contaminado por bactérias do grupo coliforme provenientes das fezes dos animais.

**Tabela 7.** Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 1985 (Bacia do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR).

Usos	Área	
	Hectare (ha)	Porcentagem (%)
Água continental	1,80	0
Área florestal	1.513,07	10
Agricultura temporária	6.043,17	40
Silvicultura	454,19	3
Pastagem	7.225,60	47
<b>Total</b>	<b>15.237,82</b>	<b>100</b>

**Figura 55.** Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR (1985).



No segundo período analisado (1995) destaca-se o aumento da área de cultura temporária (47,1%), em detrimento das áreas de pastagem (43%) e área florestal (6,8%) (TABELA 8). Um ponto de ressalva refere-se as áreas de fragmento florestal que ainda sofrem pressão antrópica (FIGURA 56). Contudo, notou-se que a resposta espectral da classe silvicultura se confundiu com a da classe área florestal, nas porções ao norte da bacia.

**Tabela 8.** Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 1995 (Bacia do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR).

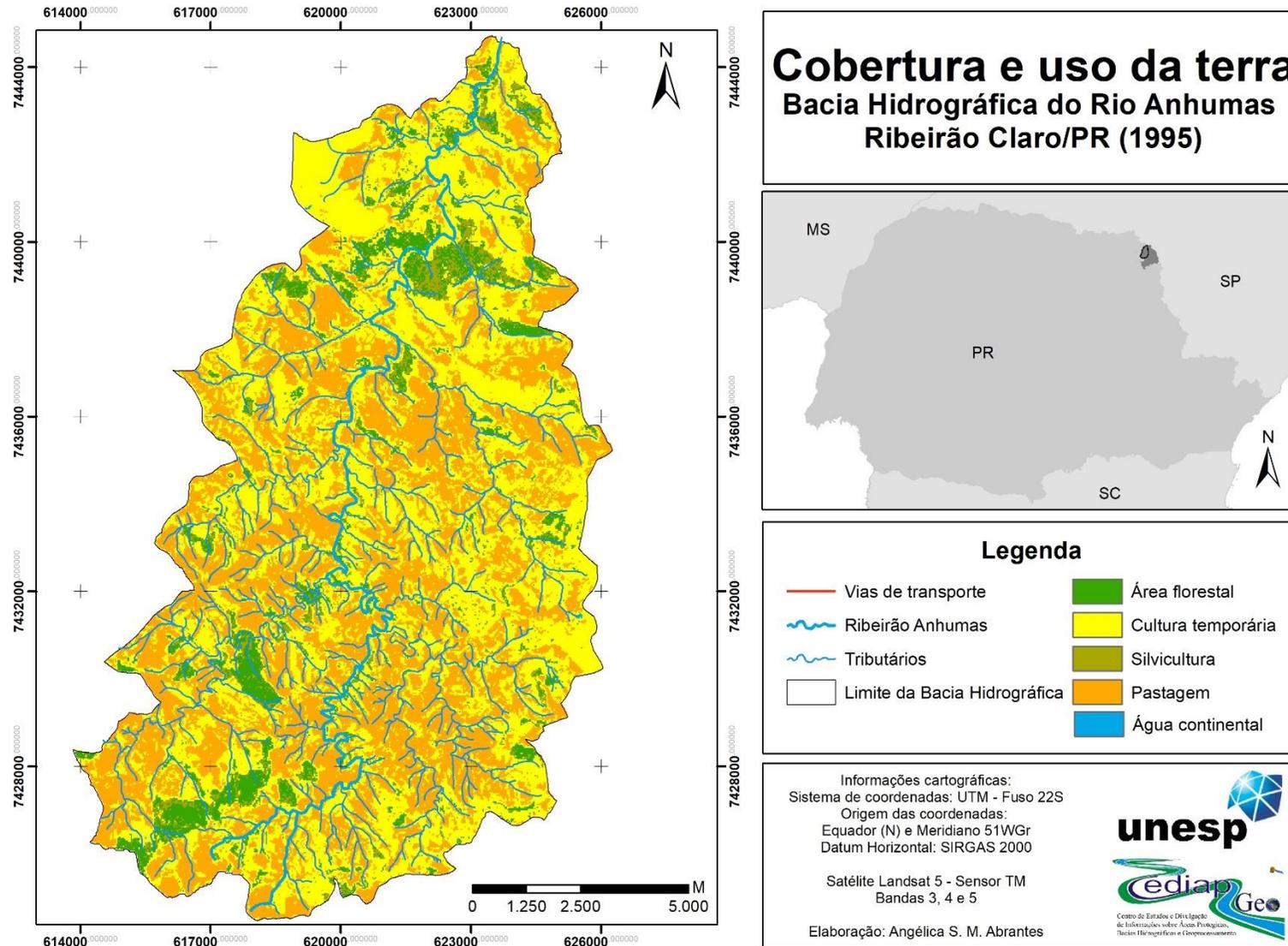
Usos	Área	
	Hectare (ha)	Porcentagem (%)
Água continental	2,19	0
Área florestal	1.034,35	7
Agricultura temporária	7.177,82	47
Silvicultura	470,93	3
Pastagem	6.548,53	43
<b>Total</b>	<b>15.237,82</b>	<b>100</b>

Já em 2005, os usos identificados tiveram uma significativa mudança (FIGURA 57), logo que a área florestal registou aumento da porção ocupada (8,5%), como a pastagem que voltou a ser o uso predominante na bacia, com 57,2%. Contudo, tais incrementos ocorreram em substituição a cultura temporária que ocupava 47,1%, em 1995, e passou para 26,8% da área da bacia (TABELA 9).

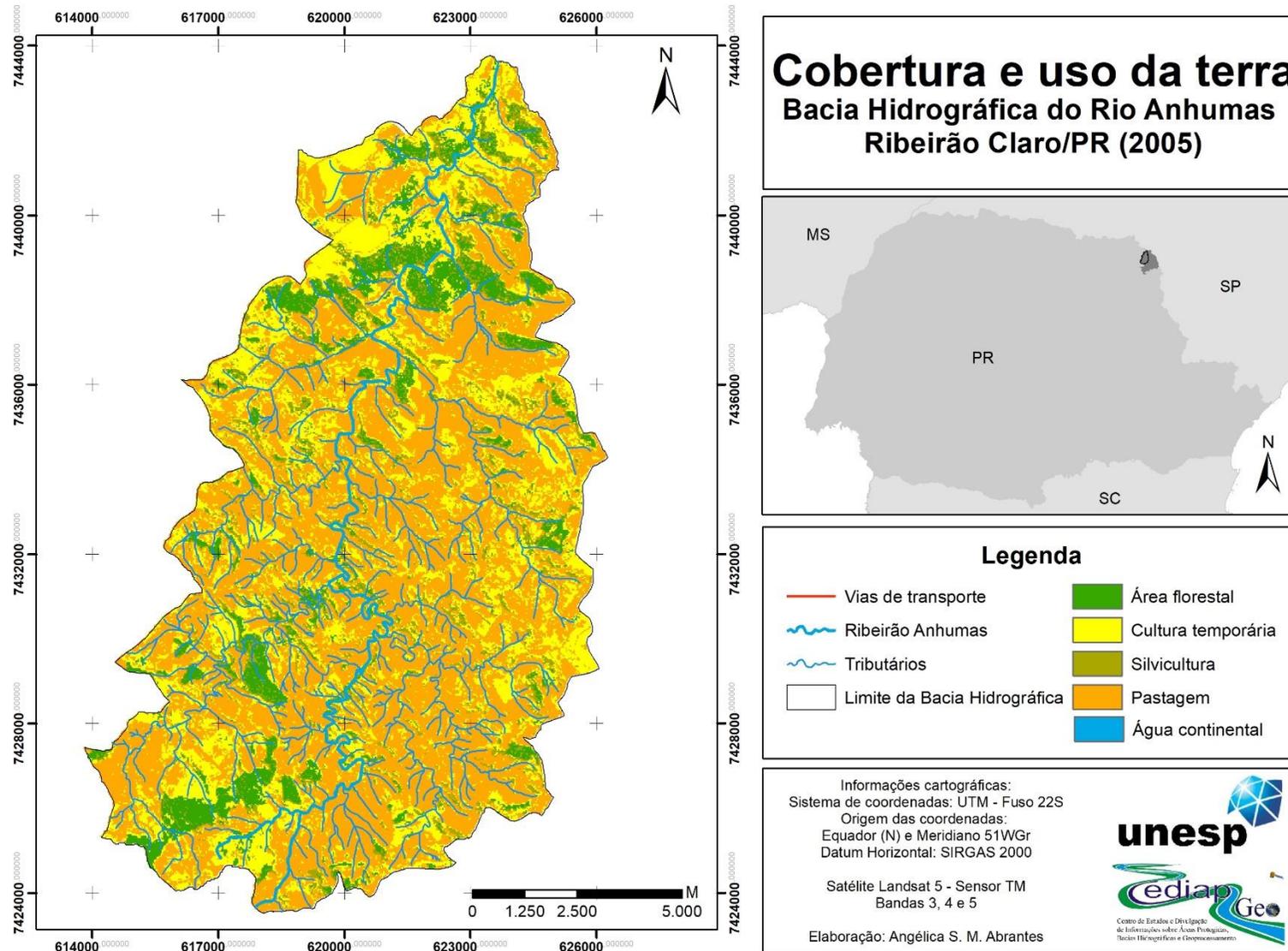
**Tabela 9.** Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2005 (Bacia do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR).

Usos	Área	
	Hectare (ha)	Porcentagem (%)
Água continental	2,15	0
Área florestal	1.316,58	9
Agricultura temporária	4.089,36	27
Silvicultura	1.120,95	7
Pastagem	8.708,76	57
<b>Total</b>	<b>15.237,82</b>	<b>100</b>

**Figura 56.** Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR (1995).



**Figura 57.** Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR (2005).



No último período analisado (2020) os resultados obtidos confirmaram que a bacia do rio Anhumas encontra-se muito alterada (FIGURA 58), na qual há predomínio da pastagem (72,5%) em detrimento da cobertura florestal (10,3%) distribuída nas margens dos corpos hídricos e em áreas mais declivosas, o que se coaduna com o Mapa de Uso e Cobertura da Terra do Paraná (PARANÁ, 2010). Outrossim, a cobertura florestal, quando comparada com a análise anterior (2005), registrou um aumento de 1,3%. Além deste uso, foram identificados também cultura temporária (10,5%), área urbana (0,1%) e silvicultura (6,6%) (TABELA 10).

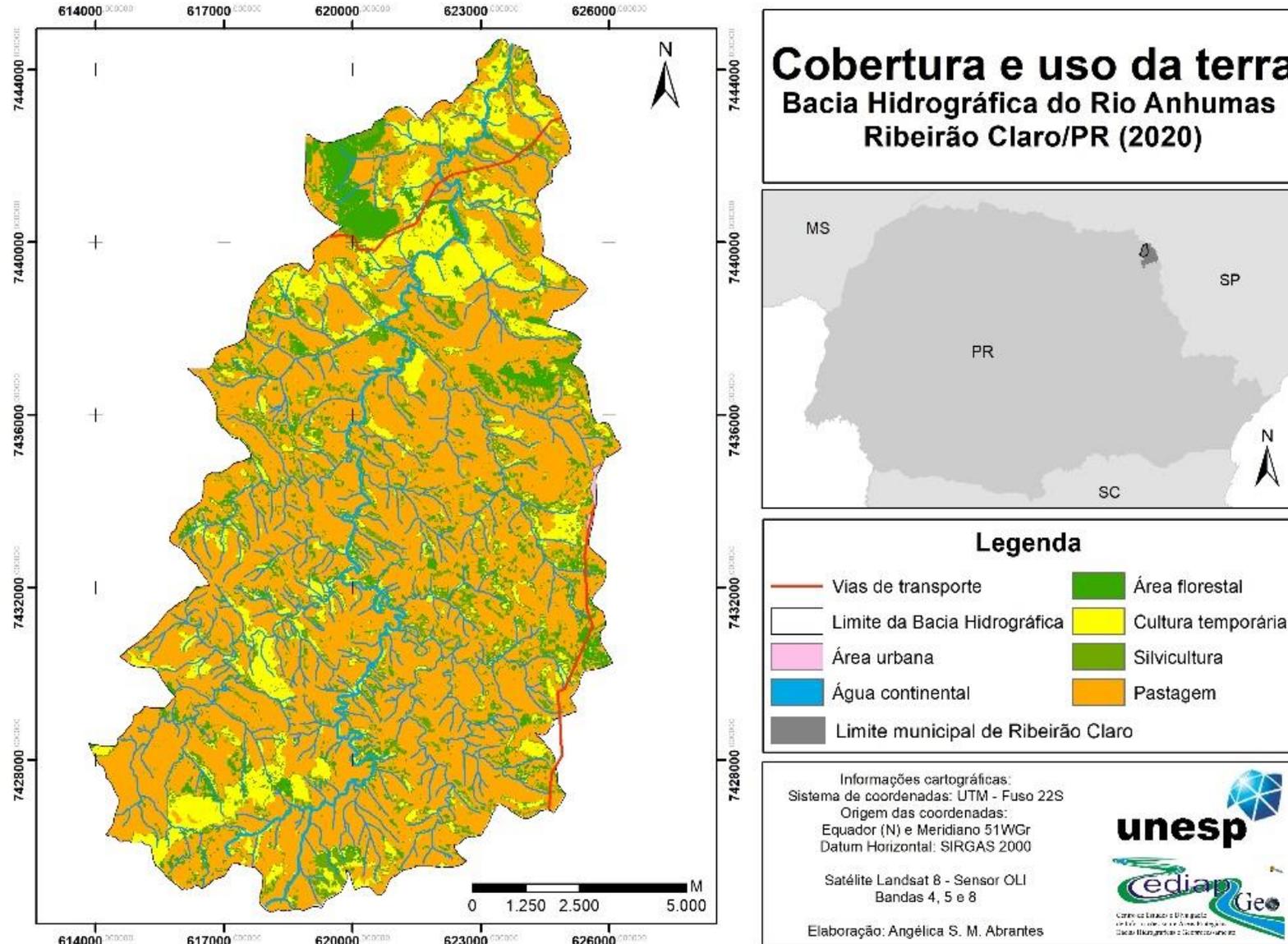
**Tabela 10.** Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2020 (Bacia do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR).

Usos	Área	
	Hectare (ha)	Porcentagem (%)
Área urbana	15,56	0
Pastagem	11.133,70	73
Silvicultura	973,49	7
Agricultura temporária	1.570,78	10
Área florestal	1.543,42	10
Água continental	0,87	0
<b>Total</b>	<b>15.237,82</b>	<b>100</b>

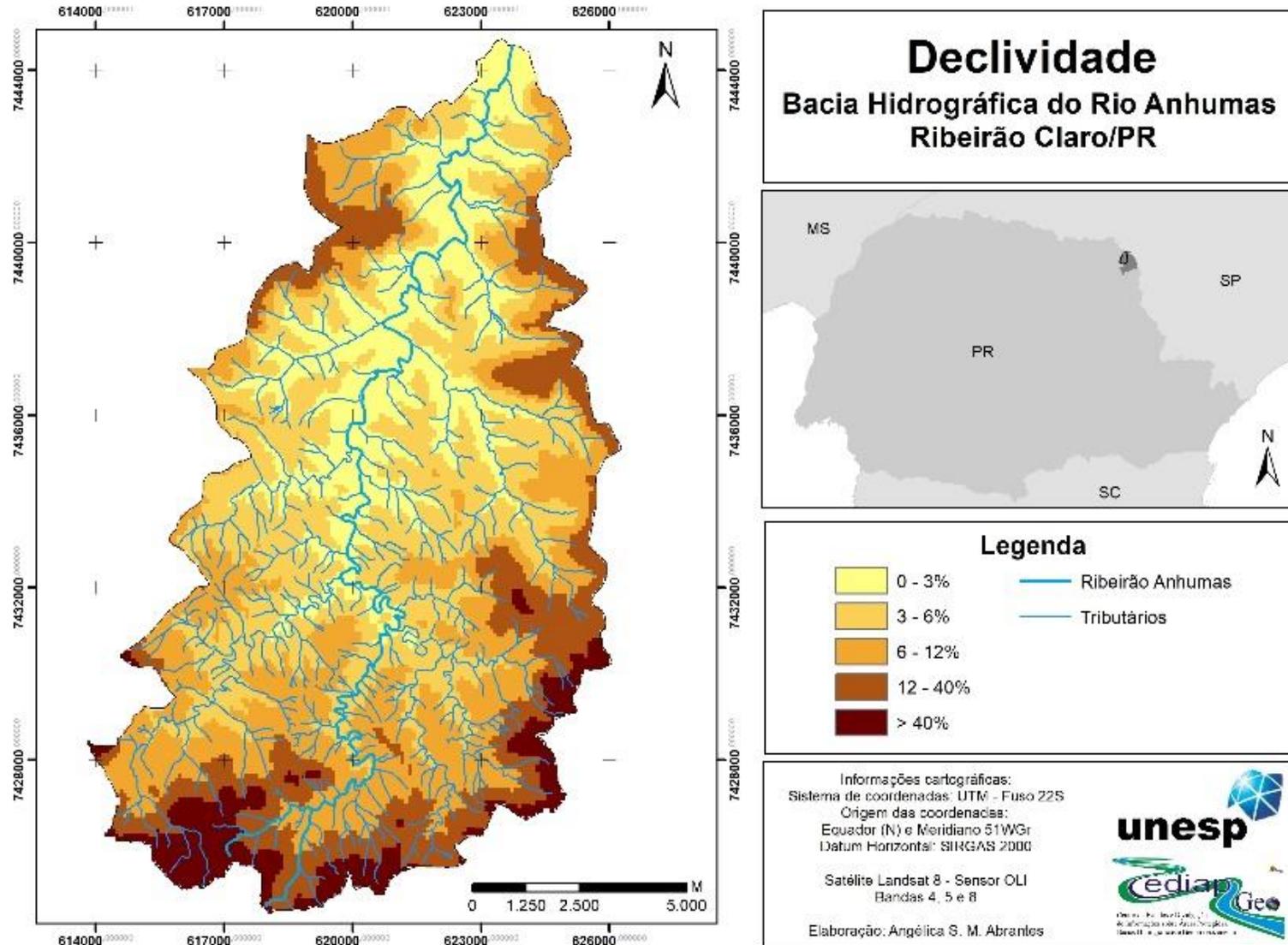
Na busca por respostas para o predomínio das pastagens, elaborou-se o mapa de declividade da área de estudo (FIGURA 59) que pode ser utilizado na compreensão futura de análise de picos de enchentes e na verificação da suscetibilidade à erosão (TUCCI, 1997). A partir dele e do trabalho de campo notou-se uma convergência entre as áreas com declividade superior a 12% com o predomínio de pastagens.

Assim, o uso da terra identificado somado à declividade do terreno e à classes de solo suscetíveis a erosão, como Argissolos e Neossolos, podem contribuir ao aumento do aporte de sedimentos nos fundos de vale e, conseqüentemente, a contaminação dos mesmos com as fezes animais, como apresentado anteriormente (ENEAS, 2016).

**Figura 58.** Mapa do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR (2020).



**Figura 59.** Mapa declividade da bacia hidrográfica do rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR).



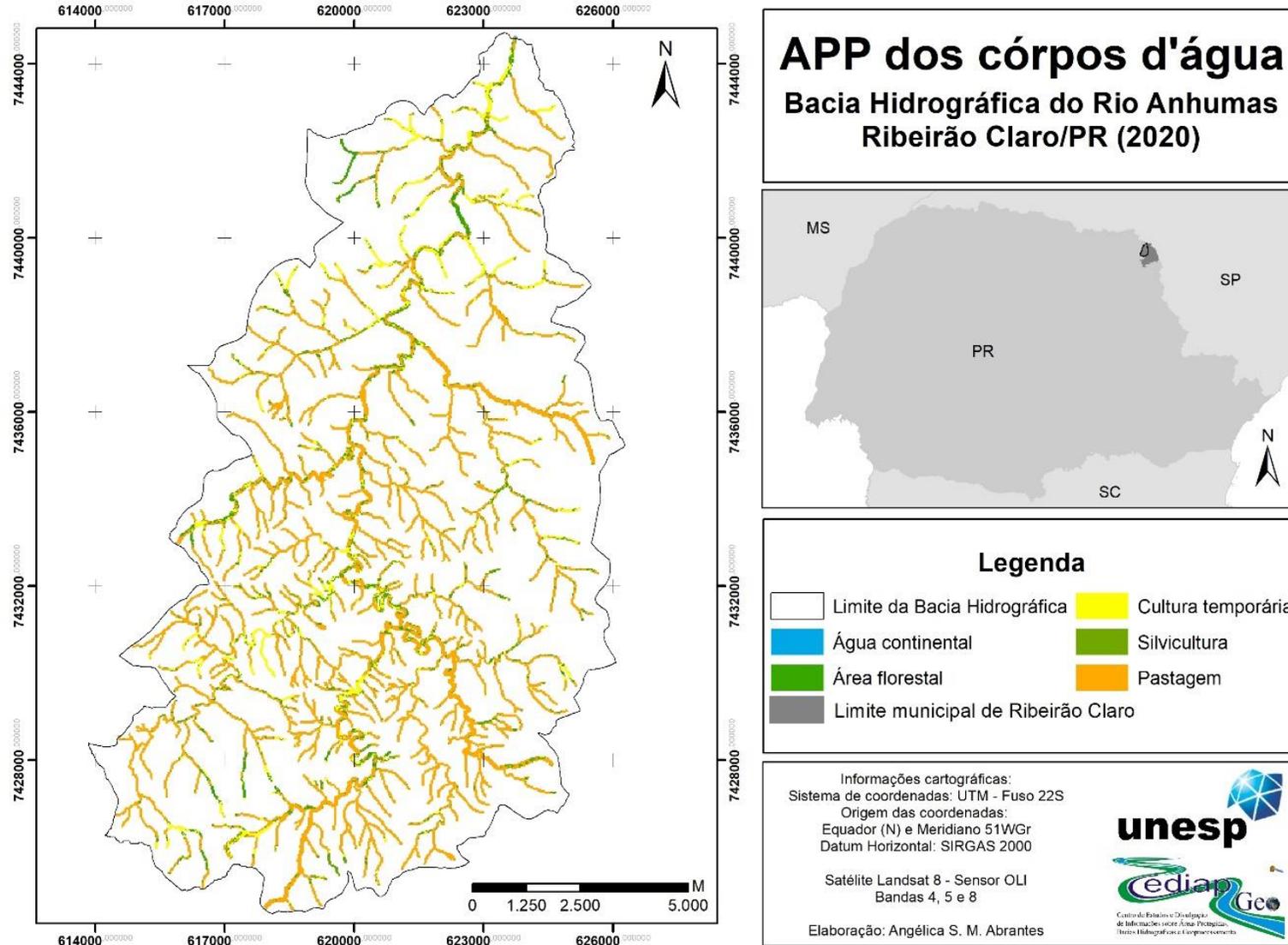
Ante o exposto, as áreas de maior declividade somadas aos usos da terra que não contribuem para a percolação da água no solo, como por exemplo, pastagens degradadas e cultivos agrícolas temporários, conforme salientou Macedo et al. (2013), potencializam os processos em vertente, principalmente a erosão hídrica. Contudo, importante ressaltar que os cultivos temporários promovem menor infiltração da água no solo, a depender do manejo e do estágio fenológico, mas não impedem a infiltração.

As APPs estão em desacordo com a legislação vigente, posto que a mata ciliar (cobertura florestal) foi substituída em 91% de sua extensão por outros usos antrópicos, com grande destaque as pastagens que ocupam 75% destas áreas, em detrimento, dos 9% da vegetação nativa (TABELA 11). Desta forma, com a escassez da cobertura florestal, as matas ciliares deixam de cumprir a sua função ecológica, como apontou Lima e Zakia (2012). Em consequência, os corpos hídricos recebem maior aporte de sedimentos, diminuindo a qualidade e a quantidade de água disponível (FIGURA 60).

**Tabela 11.** Cobertura e uso da terra das APP da Bacia do rio Anhumas.

Usos	Rio Principal		Tributários		Total	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Área florestal	81,39	13	177,93	8	259,32	9
Agricultura temporária	76,55	13	273,57	12	350,11	13
Silvicultura	43,97	7	100,90	5	144,87	5
Pastagem	402,78	67	1.640,30	75	2.043,08	75

**Figura 60.** Mapa das APP dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR).



Elaboração: Abrantes et. al (2021).

A substituição da vegetação nativa para pastagem, em sua maioria, degradada (FIGURA 61) trouxe como resultado focos erosivos, solapamento das margens e assoreamento do curso hídrico (FIGURA 62).

**Figura 61.** Médio curso do rio Anhumas em agosto de 2018. Destaque para a ausência de mata ciliar e pelo predomínio de pastagens sem demarcação da APP.



**Figura 62.** Médio curso do rio Anhumas em agosto de 2021. Destaque para a ausência de mata ciliar, predomínio de pastagem na APP; assoreamento do curso hídrico.



Fotos: Abrantes (2018; 2021).

Por fim, a bacia do rio Anhumas é caracterizada como uma bacia rural, descritas por Tundizini (2006); Furtado e Koning (2008), isto é, possui extensa área agropecuária e alterações na qualidade e no regime das águas devido às modificações sofridas no uso e cobertura da terra. O banco de dados produzido com as informações cartográficas forma um importante arcabouço para intervenções futuras que visem a melhora dos indicadores da área de estudo, como também, o cumprimento da legislação vigente, a partir de uma leitura integrada do ambiente.

Assim, os resultados obtidos neste trabalho compõem parte do diagnóstico da área de estudo para o desenvolvimento do planejamento ambiental da bacia. Como a etapa do diagnóstico ambiental deve conter a caracterização detalhada de todos os componentes que afetam a disponibilidade e a qualidade da água, realizar o levantamento dos usos e cobertura da terra, como também das condições das APPs foram cruciais.

Desta forma, urge a necessidade de se pensar em um manejo sustentável da sub-bacia do rio Anhumas, tributária do rio Paranapanema e que desempenha importante papel econômico na região, tal como, irrigação de áreas agricultáveis, lazer, turismo rural e mineração.

### 8.1.2 Resultado das análises microbiológicas: Rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR

Para a coleta de amostras de água e sedimentos fluviais foram selecionados quatro pontos, como descrito na metodologia. No ponto referente ao médio curso, notou-se a presença da APP demarcada com cercas, porém com ausência da mata ciliar em vários pontos, o uso da terra predominante era pastagem, com vários focos erosivos e a temperatura da água no momento da coleta, no inverno, foi de 21°C, e no verão, 28°C. Identificou-se a presença de bancos de areia, resultado do processo de acúmulo de sedimentos transportados pelos processos em vertente e também pela erosão fluvial (FIGURAS 63 e 64).

**Figura 63.** Montante do ponto de coleta (médio curso do rio Anhumas), durante o inverno/2021.



**Figura 64.** Montante do ponto de coleta (médio curso do rio Anhumas), durante o verão/2022.



Fotos: Abrantes (2021, 2022).

Em conformidade com o clima da região, no qual no inverno prevalece um período de estiagem, é possível notar a redução do fluxo de água do leito do rio, juntamente com a presença de bancos de areia. Em contrapartida, durante o verão, caracterizado por ser um período chuvoso, os bancos de areia são menos evidentes, porém ainda segue muito assoreado.

Ademais, a presença de aguapés demonstra o desequilíbrio do meio aquático, pois mesmo considerando as macrófitas aquáticas com um papel fundamental nas pirâmides alimentares e por promoverem habitats adequados para vários organismos, a sua proliferação está diretamente relacionada com:

A alteração de ambientes lóticos em lânticos, a retirada da proteção e da competição proporcionada pelas matas ciliares, a erosão de solos agrícolas e o despejo de resíduos industriais e urbanos que se acumulam nos rios e lagos, alterando o equilíbrio físico-químico desses meios. Ao receber uma descarga de resíduos, começa, nos rios e lagos, o processo de autodepuração realizado pelos organismos, que transformam o material biodegradável em nutrientes, promovendo, frequentemente, a eutrofização do sistema. Todos esses fatores contribuem para o crescimento intenso de certos vegetais aquáticos, desde algas até macrófitas, que acabam por infestar vastas áreas da superfície livre dos corpos d'água, influenciando significativamente seus múltiplos usos. (NEVES et al., 2002, p. 90)

Já na foz, a água estava muito turva, a APP estava demarcada e com fragmentos florestais. A temperatura da água no momento da coleta de inverno foi de 23°C, e no verão, foi de 30°C. Além disso, notou-se a presença de aguapés próximo as margens, nos dois períodos coletados.

As coletas e a incubação das amostras foram realizadas no dia 04 de setembro de 2021 (inverno) e no dia 27 de fevereiro de 2022 (verão). Após 24 horas da incubação, a leitura dos tubos de ensaio constatou que as amostras coletadas em ambos os pontos testaram positivo para as diluições (TABELAS 12 e 13).

**Tabela 12.** Rio Anhumas: resultado do teste presuntivo (inverno).

Amostras		Diluição		
		1/1	1/10	1/100
Água	P1	5	5	5
	P2	5	5	5
Sedimentos	P3	5	5	5
	P4	5	5	5

**Tabela 13.** Rio Anhumas: resultado do teste presuntivo (verão).

Amostras		Diluição		
		1/1	1/10	1/100
Água	P1	5	5	5
	P2	5	5	5
Sedimentos	P3	5	5	5
	P4	5	5	5

Assim, os resultados do teste presuntivo afirmaram a contaminação por bactérias do grupo coliforme oriundas de animais de sangue quente, em todas as amostras analisadas. Como

os resultados foram positivos houve a necessidade, de realizar o teste confirmativo, segundo a Funasa (2013).

Nesse sentido, os resultados dos testes confirmativos (TABELAS 14 a 17) comprovaram a contaminação máxima estabelecida pela Funasa (2013), ABAE (2008; 2011) e Rio de Janeiro (2010), isto é, acima de 1.600 unidades formadoras de colônias/100g (para os sedimentos) 1.600 unidades formadoras de colônias/100ml (para a água).

**Tabela 14.** Rio Anhumas: resultado do teste confirmativo (VB) (inverno).

Amostras		Diluição			
		1/1	1/10	1/100	NMP/100g
Água	P1	5	5	5	> 1.600
	P2	5	5	5	> 1.600
Sedimentos	P3	5	5	5	> 1.600
	P4	5	5	5	> 1.600

**Tabela 15.** Rio Anhumas: resultado do teste confirmativo (VB) (verão).

Amostras		Diluição			
		1/1	1/10	1/100	NMP/100g
Água	P1	5	5	5	> 1.600
	P2	5	5	5	> 1.600
Sedimentos	P3	5	5	5	> 1.600
	P4	5	5	5	> 1.600

**Tabela 16.** Rio Anhumas: resultado do teste confirmativo (EC) (inverno).

Amostras		Diluição			
		1/1	1/10	1/100	NMP/100g
Água	P1	5	5	5	> 1.600
	P2	5	5	5	> 1.600
Sedimentos	P3	5	5	5	> 1.600
	P4	5	5	5	> 1.600

**Tabela 17.** Rio Anhumas: resultado do teste confirmativo (EC) (verão).

Amostras		Diluição			
		1/1	1/10	1/100	NMP/100g
Água	P1	5	5	5	> 1.600
	P2	5	5	5	> 1.600
Sedimentos	P3	5	5	5	> 1.600
	P4	5	5	5	> 1.600

Os resultados obtidos apontam que a bacia hidrográfica estudada está muito alterada, fato este que resulta no comprometimento da qualidade microbiológica da areia utilizada na construção civil e dos seus recursos hídricos.

Os referidos resultados remontam aos mapas de uso e cobertura da terra, os quais mostram a predominância de pastagens onde há a criação de gado, e a escassez da cobertura vegetal nas APPs. Como Minela e Merten (2006) salientaram os processos erosivos identificados em lavouras, pastagens, estradas e áreas urbanas estão relacionados com os impactos nos rios, sob três aspectos: químico, físico e biológico. E, desta forma, o elevado nível de contaminação por bactérias do grupo coliforme pode estar associado a presença de gado bovino no entorno e na APP (FIGURA 65).

**Figura 65.** Fezes de gado presente APP do rio Anhumas.



Fotos: Abrantes (2022).

Ademais, a presença de coliformes totais e termotolerantes em cursos hídricos, em áreas rurais, pode estar associada ao despejo de efluentes domésticos, água residual de dessedentação de animais e do escoamento superficial (processos em vertente), em locais onde é utilizado o esterco como fertilizante natural ou em áreas de pastagem, ocasionando, assim, a poluição difusa.

Como o uso da terra predominante, nas áreas analisadas, é a pastagem, a elevada presença de bactérias do grupo coliforme, pode estar associada com a utilização de fertilização natural (esterco), como salientou Eneas (2016), na área da bacia do Pipiripau (DF). O referido autor identificou evidências na parte central e centro-sul da bacia que produtores rurais estão fazendo uso excessivo fertilizante natural (esterco) nas áreas de agricultura e pastagem, assim,

chegando ao resultado de 2.000 a 2.500 NMP/100ml de coliformes totais e termotolerantes, onde deveria ser ausente. Para chegar a tal resultado, seria necessário amostrar nos tributários do rio Anhumas, para espacializar os dados e monitorar a contaminação.

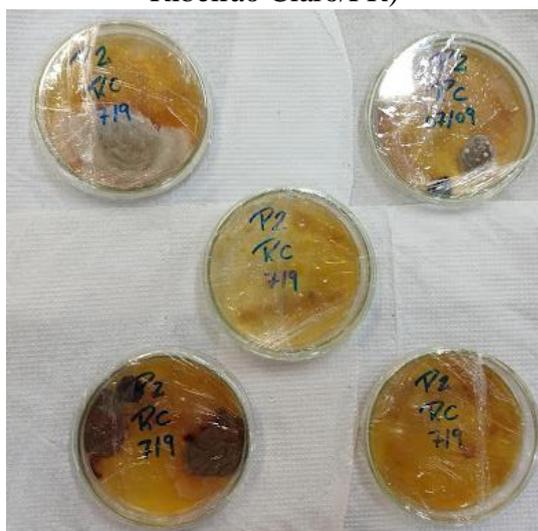
Outros autores associaram a presença de bactérias do grupo coliforme nos corpos hídricos próximos às áreas habitadas, principalmente moradias rurais, pois resultaram em valores acima do esperado devido ao lançamento de dejetos e resíduos sólidos, além da criação de animais (VANZELA et al., 2010; SANTOS; HERNANDEZ, 2012).

Destarte, como afirmaram Souto e Crestana (2000), urge a necessidade de realizar o planejamento do uso da terra nas bacias hidrográficas levando em consideração a identificação de áreas agropecuárias suscetíveis a processos erosivos. Então, sistemas integrados de manejo do solo e culturas em bacias é campo ideal para essas investigações, uma vez que a qualidade final das águas dos rios é o reflexo das atividades humanas ali desenvolvidas. Acrescenta-se também que a ausência de mata ciliar favorece a degradação dos recursos hídricos aumentando os sedimentos carregados e conseqüentemente a proliferação de plantas aquáticas como, por exemplo, a taboa (*Typha sp.*) (SANTOS; HERNANDEZ, 2012).

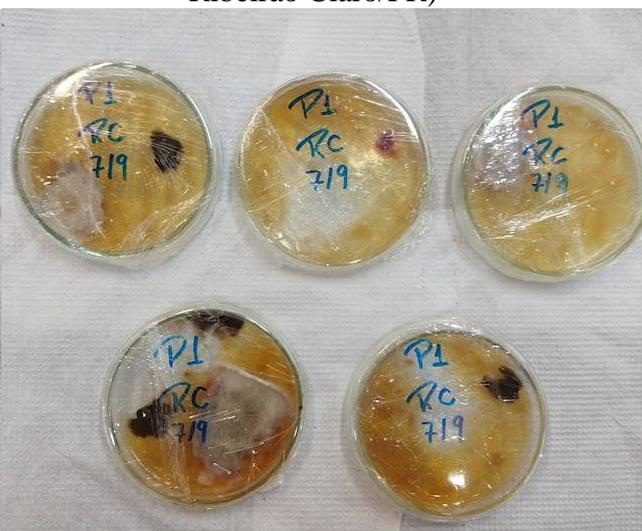
### 8.1.3 Resultado das análises micológicas: rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR

Após 21 dias da inoculação das amostras, foi realizada a interpretação e a repicagem para identificação das espécies fúngicas. Na primeira análise, as amostras apresentaram baixa variedade de espécies (FIGURAS 66 e 67), quando comparada a resultados de bacias urbanas.

**Figura 66.** Análise micológica - análise das espécies fúngicas (rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR)



**Figura 67.** Figura 61. Análise micológica - análise das espécies fúngicas (rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR)



Fotos: Abrantes (2021).

Tal fato pode estar associado a menor variedade e quantidade de efluentes lançados no curso hídrico, ou seja, a carga orgânica presente chegou até a calha principal através dos processos em vertente, isto significa que a sua contaminação foi de forma difusa (não pontual), salienta-se que a ABAE (2008; 2010) também faz uso de fungos filamentosos para averiguar a qualidade da areia em áreas costeiras portuguesas.

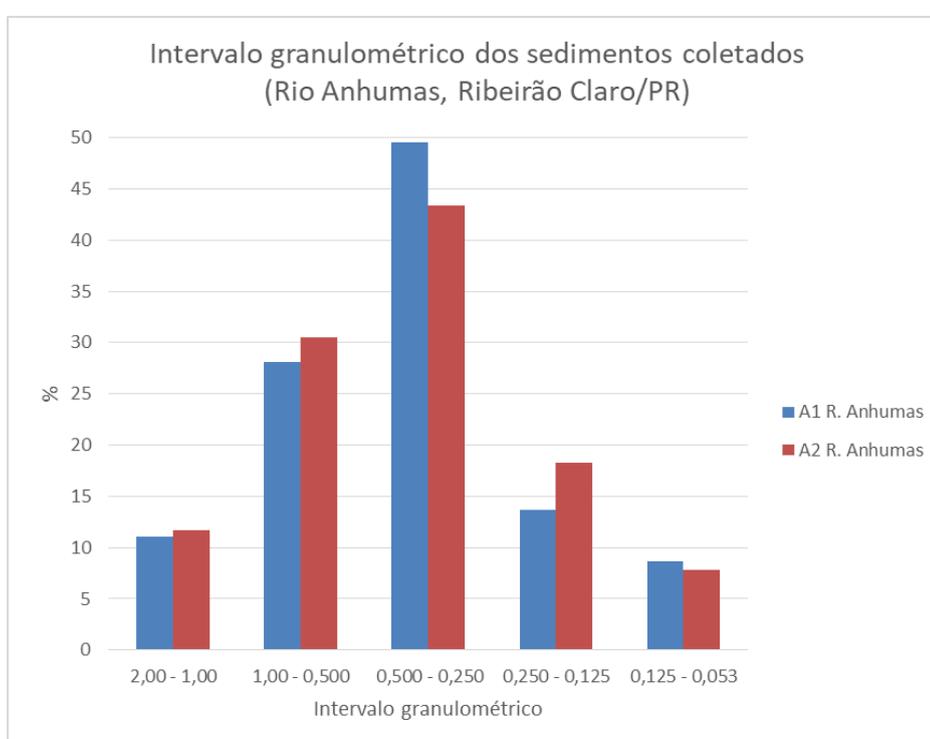
Como foi citado anteriormente, as fontes de poluição não pontuais estão relacionadas às atividades de uso da terra e atingem os cursos d'água através do escoamento superficial e, portanto, são difíceis de ser identificadas, geralmente ocorrem em uma área maior, ou em diversos pontos (CARDOSO, 2011).

Assim, como há o predomínio de pastagens para criação de gado e apenas 9% da APP está coberta por vegetação nativa, ou seja, conforme salientaram Poletto e Merten (2006), em bacias com baixa cobertura vegetal há maior produção de sedimentos.

#### 8.1.4 Resultado das análises granulométricas: rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR

Os resultados das análises granulométricas dos pontos amostrados do rio Anhumas apontaram variedade quanto as frações analisadas para cada amostra, com concentração significativa de areia média (0,500 a 0,250 mm), tendo em vista que foram coletadas no médio e baixo curso (FIGURA 68), na área rural do município de Ribeirão Claro/PR. Ademais, junto às frações de sílica foram identificados também fragmentos de materiais tecnogênicos como: plástico e tijolo.

**Figura 68.** Gráfico dos intervalos granulométricos das amostras coletadas no rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR (verão).



As análises do primeiro ponto amostrado no rio Anhumas demonstraram uma maior diversidade de frações de areia, quando comparada ao mesmo seguimento do rio Bauru (vide item 8.2.4), já que é uma bacia rural em todo seu perímetro, cujo uso predominante é a pastagem, sendo assim, sofre uma menor pressão antrópica. Entretanto, suas características naturais também foram alteradas, como por exemplo, pela escassez de mata ciliar em vários trechos da bacia.

Desta forma, foi identificado o predomínio de areia média (49%), seguido das frações grossa (28%), fina (14%), muito grossa (11%) e muito fina (9%). O trecho onde foi coletada

amostra 1 estava muito assoreado, com presença de aguapé em quase toda extensão de uma margem a outra. Outrossim, o material coletado foi em um banco de areia próximo a margem esquerda do rio (FIGURAS 69 a 71).

**Figura 69.** Rio Anhumas: montante do ponto 1.



**Figura 70.** Rio Anhumas: local de coleta do ponto 1.



**Figura 71.** Rio Anhumas: Jusante do ponto 1.



Fotos: Gregorio (2022).

Já a segunda área amostrada, no baixo curso, próximo a foz, o padrão se repetiu quanto a distribuição das frações de areia. Este fato pode estar relacionado com a área de coleta, uma vez que ocorreu próximo a margem esquerda e também, por estar localizado após a região de dragagem do porto de areia, onde é retirada areias: grossa, média e fina (FIGURAS 72 e 73). Assim, as frações grossa e média predominaram, registrando 30 e 43%, respectivamente.

**Figura 72.** Rio Anhumas: Adjacências do ponto 2.



**Figura 73.** Rio Anhumas: local de coleta do ponto 2.



Fotos: Gregorio (2022).

### **8.1.5 Contribuições para elaboração de uma proposta de manejo para a Bacia do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR**

Segundo o macrozoneamento proposto pela Lei de uso e ocupação do solo (RIBEIRÃO CLARO, 2011), a bacia do rio anhumas está inserida Zona Agropecuária Anhumas, considerada como macrozona rural, onde ficam estabelecidos os seguintes usos:

- a) Permitido: habilitação unifamiliar, comércio e serviços, equipamentos comunitários, turismo e lazer, reflorestamento para fins conservacionistas, atividades agropecuárias e estruturas de acesso à água;
- b) Permissível: agrupamento residencial, habitação de interesse social, comércio e serviços, turismo comunitário, parcelamento do solo;
- c) Permissível mediante apresentação de Relatório Ambiental Prévio: atividades de extração mineral;
- d) Proibido: habitação coletiva, atividades industriais. (RIBEIRÃO CLARO, 2011).

Portanto, diante dos resultados obtidos na pesquisa será apresentado, a seguir, algumas contribuições a elaboração de uma proposta de manejo para a Bacia do rio Anhumas (Ribeirão Claro/PR), por intermédio de algumas medidas não estruturais e estruturais para mitigar os problemas ambientais identificados e em desconformidade com a legislação ambiental. Com isso buscou-se apresentar ações para auxiliar na melhora da qualidade da bacia e, conseqüentemente, da microbiológica da água e da areia comercializada para a construção civil.

#### **A. Identificação dos problemas ambientais e de áreas de conflito com a legislação vigente**

- Ausência e escassez de vegetação arbórea nas áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia do rio Anhumas.
- Identificação de focos erosivos em vários trechos da bacia.
- Presença de trechos do rio Anhumas assoreados.
- Identificação de coliformes totais e termotolerantes acima do permitido para a região.

Tais problemas ambientais rurais foram identificados no desenvolvimento desta pesquisa, mesmo com a existência de dispositivos legais que versam sobre a proteção dos fundos de vale, como é o caso do artigo 21 da Lei 51/2011 (RIBEIRÃO CLARO, 2011)

Para efeitos de proteção necessária dos recursos hídricos do Município ficam definidas as faixas de drenagem dos cursos d'água ou fundos de vale, conforme largura destes, de forma a garantir o perfeito escoamento das águas pluviais das bacias hidrográficas e preservação das áreas verdes.

Assevera ainda que todos os loteamentos que possuam um curso d'água, deverão prever uma faixa de proteção para cada lado do talvegue, conforme o determinado pela Lei n. 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

## **B. Proposta de medidas não estruturais**

O Plano Diretor do município preconiza que “as propostas na área ambiental tem como objetivo identificar áreas no Município valorizando o patrimônio ambiental, promovendo suas potencialidades, garantindo sua perpetuação e superando os conflitos referentes à poluição e degradação do ambiente natural” (RIBEIRÃO CLARO, 2008) e, em seu artigo 40 dá as diretrizes para a política do meio ambiente que deverá:

- I - Adequar o uso e ocupação do solo às condições ambientais;
- II - Recuperar as áreas degradadas, como a área do antigo lixão que será transformada em Zona de Preservação Permanente;
- III - Promover o desenvolvimento, garantindo o equilíbrio ambiental;
- IV - Proibir a implantação de atividades potenciais e efetivamente poluidoras em áreas ambientalmente frágeis;
- V - Incentivar e estimular a preservação, conservação e formação de áreas verdes públicas e privadas;
- VI - Priorizar a educação ambiental mediante a implementação de projetos e atividades voltadas às questões de proteção e conservação do meio ambiente e defesa dos valores paisagísticos, históricos e culturais.

Para que tal política seja efetivada e para que a bacia esteja em conformidade com o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), sugere-se algumas medidas não estruturais para o manejo da bacia do rio Anhumas:

### - Zoneamento das áreas com conflito de uso e cobertura da terra:

A definição dos usos e da cobertura da terra em bacias hidrográficas rurais deve considerar aspectos naturais que possam ter influência sobre os recursos hídricos, pois as alterações nas características do solo refletem-se nos recursos hídricos, em termos de qualidade e da quantidade da água, sendo que o controle da erosão, do escoamento e da infiltração são importantes para seu manejo do solo (FINKLER, 2016).

Como foi apresentado no item 8.1.1, 91% área de preservação permanente, em 2020, não possuía cobertura florestal, ou seja, mata ciliar. Assim, como destacaram Lima e Zakia (2012), estas áreas não estão cumprindo a sua função ecológica. Fato que está em desacordo com

a legislação ambiental (Lei n. 12.651/2012) e com artigo 21 da Lei n. 51/2011 (RIBEIRÃO CLARO/PR).

Desta forma, sugere-se que seja cumprido os incisos III e V do artigo 40 do Plano Diretor (RIBEIRÃO CLARO, 2008):

III - promover o desenvolvimento, garantindo o equilíbrio ambiental. (...)

V - incentivar e estimular a preservação, conservação e formação de áreas verdes públicas e privadas. (...)

Como um primeiro passo, identificar todos os conflitos do uso da terra para, posteriormente, dar início a regularização de tais, partindo do poder público.

- Elaboração de mapas de áreas suscetíveis a erosão hídrica:

Devido ao elevado grau de assoreamento dos cursos hídricos é possível estabelecer uma relação com a presença focos erosivos e grande aporte de sedimentos nos cursos hídricos e, assim, como proposta para resolver tais problemas sugere-se a elaboração de mapas de suscetibilidade a erosão dos solos da bacia estudada. Uma vez que:

A susceptibilidade à erosão de um solo depende de diversos fatores climatológicos (intensidade e distribuição das chuvas), da topografia e comprimento do declive, da profundidade do perfil, da permeabilidade e capacidade de retenção de umidade, entre outros. Destes fatores, muitos resultam das propriedades físicas do solo, como textura, estrutura, etc. (ATTANASIO, 2004, p.58):

Desta forma, Mota (2008) afirma que tais materiais cartográficos podem indicar as áreas que deverão ser preservadas, as que necessitam de práticas conservacionistas e aquelas que serão propícias para a potencialização do uso.

### **C. Proposta de medidas estruturais**

Para as contribuições na elaboração de propostas de medidas estruturais, foi levado em consideração os problemas ambientais identificados e o artigo 11 do Plano Diretor (2008), no qual cabe ao município:

- Promover a criação de corredores de biodiversidade, através da interligação de áreas de preservação ambiental e de reservas legais das propriedades particulares, admitindo incentivos mediante prestação de serviços técnicos especializados por parte do Poder Público para sua consecução;
- Promover a criação de novas Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) e de reservas de proteção a sítios de relevante interesse turístico, ambiental, histórico ou arqueológico, admitindo-se o incentivo mediante fornecimento de insumos e prestação de serviços técnicos especializados por parte do Poder Público, às expensas do aumento de arrecadação provindo do assim chamado ICMS-Ecológico.

- Reestabelecimento e proteção das matas ciliares, das nascentes e das áreas adjacentes:

Após o zoneamento realizado, torna-se possível implementar medidas para efetivação do reestabelecimento ou da proteção das APPS. Assim, nas APPs que não foram impactadas por atividades antrópicas pode ser realizada com a construção de cercas, a fim de isolar um raio de 50 metros para as nascentes, e de acordo com a largura do leito do rio, as matas ciliares, evitando a compactação do solo e a destruição de mudas pela presença de animais. Outra medida a ser adotada é a delimitação e reflorestamento das Reservas Legais das propriedades rurais, bem como o seu monitoramento.

Já no caso de APPs degradadas devem-se adotar procedimentos para recuperação, sendo utilizados em geral três sistemas dependendo de suas condições, como pode ser observado no Quadro 30.

**Quadro 30.** Sistemas e procedimentos para recuperação de APPs degradadas.

<b>Sistemas</b>	<b>Condição</b>	<b>Procedimentos</b>
<b>Regeneração natural</b>	Considera que a fração de vegetação que sobrou na área e capaz de regenerar-se naturalmente, sendo uma técnica adotada no caso da área apresentar a maioria das características da formação ciliar original.	É indicado o isolamento da área para garantir a autorrecuperação da cobertura vegetal. Deve-se realizar o monitoramento da área a fim de constatar a presença de espécies exóticas, que influenciam na recomposição da vegetação, e assim poder controlar essas populações.
<b>Enriquecimento de espécies na comunidade</b>	Adotada em áreas que apresentam algum tipo de cobertura vegetal, mantendo algumas das características bióticas e abióticas da formação ciliar original.	Introduzem-se espécies diversas de plantas, sendo estas escolhidas com o objetivo de aumentar a diversidade vegetal na área e proporcionar a manutenção de polinizadores e dispersores.
<b>Implantação de comunidade florestal</b>	Utilizada na composição de áreas altamente impactadas, com pouca ou nenhuma vegetação remanescente.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Caracterização da área: para definir os aspectos de hidrologia, de solo, de clima, entre outros que possam interferir no plantio. Não há uma composição ideal para todas as situações, sendo necessária a avaliação de cada caso. Sugere-se a introdução de espécies nativas frutíferas e melíferas.</li> <li>2. Combinação de espécies: deve-se considerar o plantio de diversas espécies vegetais para obter-se uma diversidade florística. Há diversas maneiras de combinações que consideram: estágios sucessivos das espécies; proporção entre espécies; densidade das plantas, entre outras.</li> <li>3. Distribuição das espécies em campo: deve ser feita de acordo com as características das plantas.</li> <li>4. Plantio e manutenção: inclui as etapas de preparo de terreno, combate às formigas, abertura e marcação de covas, adubação, distribuição das espécies de árvores na área, plantio, manutenção do plantio e replantio e adubação de cobertura.</li> </ol>

Fonte: SILVA et al. (2008); Calheiros et al. (2004).

Salienta-se também que, de acordo com Finkler (2015), a conservação de toda a bacia de contribuição merece atenção quanto a preservação do solo, e todas as técnicas de

conservação relativas à capacidade de infiltração da água da chuva ou da irrigação, irão determinar maior disponibilidade de água na nascente em quantidade e estabilidade ao longo do ano, incluindo épocas de seca.

#### - Proteção e integração dos remanescentes florestais

A fragmentação florestal altera a dinâmica da flora e da fauna, já que causa empobrecimento da diversidade biológica e diminuição das funções ecológicas dos ecossistemas. No caso de espécies arbóreas, a alteração na abundância de polinizadores, dispersores, predadores e patógenos alteram as taxas de recrutamento de plântulas; e os incêndios e mudanças no microclima, que atingem de forma mais intensa as bordas dos fragmentos, alteram as taxas de mortalidade de árvores (VIANA e PINHEIRO, 1998).

De tal modo, urge a necessidade de proteção, restauração e integração dos remanescentes florestais, a partir de um levantamento de fauna e flora da região. Para a que isso ocorra, é primordial a existência e o cumprimento de normativas, através da conscientização da população, da fiscalização e da penalização, quando necessário. Sobretudo, no que tange a restauração dos fragmentos florestais, pois deve promover a sucessão ecológica da flora através da sua regeneração natural.

Um alternativa para a restauração e integração de fragmentos florestais são os corredores ecológicos, que contribuem para o reequilíbrio da dinâmica da população silvestre. Assim, podem ser definidos por:

Porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquelas das unidades individuais. (BRASIL, 2000).

Em consonância com o explicitado, o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2007, p. 20) explana que “a função dos corredores ecológicos é propiciar uma proteção efetiva da natureza, reduzindo ou prevenindo a fragmentação das florestas existentes por meio da interligação entre diferentes modalidades de áreas protegidas e outros espaços com diferentes usos do solo”. Então, tais corredores objetivam conectar os fragmentos florestais até as áreas protegidas, no caso as unidades de conservação.

Santos (2017) elaborou um modelo ambiental destinado a encontrar alternativas espaciais para implantação de corredores ecológicos, baseado em princípios da Ecologia da Paisagem e na avaliação do estado ecológico do meio ambiente, com o suporte de

geotecnologias. E assim, propôs cenários alternativos de corredores para o oeste paulista, foram eles: o primeiro, ligando o Parque Estadual Aguapeí ao Parque Estadual do rio do Peixe; o segundo, entre o Parque Estadual rio do Peixe e o rio Santo Anastácio; e, o terceiro, entre o rio Santo Anastácio e o Córrego Anhumas. Desta forma, segundo a autora, os três corredores permitiriam significativas conexões transversais entre os fragmentos florestais, e a sua implementação resultaria na recuperação, aproximadamente, de 14% da paisagem degradada.

Destarte, sugere-se, a partir do levantamento dos fragmentos florestais, analisar as possibilidades de implantação de corredores ecológicos para recuperação das áreas degradadas. Ademais, serão benéficos também quanto a redução dos processos em vertente e, por conseguinte, da produção e transporte de sedimentos para os fundos de vale.

#### - Criação de um programa de esgotamento sanitário rural

As amostras coletadas no rio Anhumas apontaram contaminação por coliformes totais e termotolerantes, como foi apresentado anteriormente. Diante deste cenário, necessário se faz, investigar a origem de tais bactérias, que podem estar vinculada com a presença de gado bovino na APP e no leito do rio, a contaminação do solo através de fertilizantes naturais (esterco) que podem chegar até o curso hídrico carreados pelo escoamento superficial, ou pela ineficiência do sistema de esgotamento sanitário rural.

Conforme a alínea II do artigo 48 do Plano Diretor (RIBEIRÃO CLARO, 2008) é uma das diretrizes da política de saneamento básico: “Monitorar e adequar o despejo de efluentes nos cursos de águas, sob pena de sanções legais”. Assim, sugere-se uma investigação sobre a origem de tais coliformes e ao, mesmo tempo, avaliar o tipo de fossa utilizada nas propriedades rurais para interditá-las, se for o caso.

## **8.2 Bacia do rio Bauru: resultados do mapeamento e das análises laboratoriais**

### **8.2.1 Mapeamento bacia do rio Bauru, Bauru/SP**

Os resultados obtidos com o mapeamento da bacia hidrográfica do rio Bauru apontam o quão alterada ela está, uma vez que as nascentes que a formam estão inseridas dentro da área urbana, uso que representa elevados índices de impermeabilização do solo.

Tais características comprometem não só a qualidade da água disponível como também a quantidade, já que a água tem dificuldade de percolar o solo e, portanto, predomina o escoamento superficial em detrimento do escoamento subsuperficial, conforme salientaram Silva (2011) e Botelho (2011), portanto, os impactos são registrados na superfície e na subsuperfície.

Desta maneira, é comum o aumento da infiltração da água pluvial em detrimento do subsuperficial, assim, há potencialização das enchentes, frequentes nas regiões onde os corpos hídricos foram canalizados, como por exemplo, o trecho entre as Avenidas Nuno de Assis (canalização aberta de trecho do rio Bauru) (FIGURA 74) e Nações Unidas (canalização fechada do córrego das Flores). Além de intensificar os processos em vertente, fato que acelera a degradação do solo, como destacado por Silva (2011). Principalmente, quando tais práticas estão vinculadas a planejamentos urbanos inadequados (CARVALHO et al., 2006).

**Figura 74.** Trecho do rio Bauru canalizado, Av. Nuno de Assis, Bauru/SP.

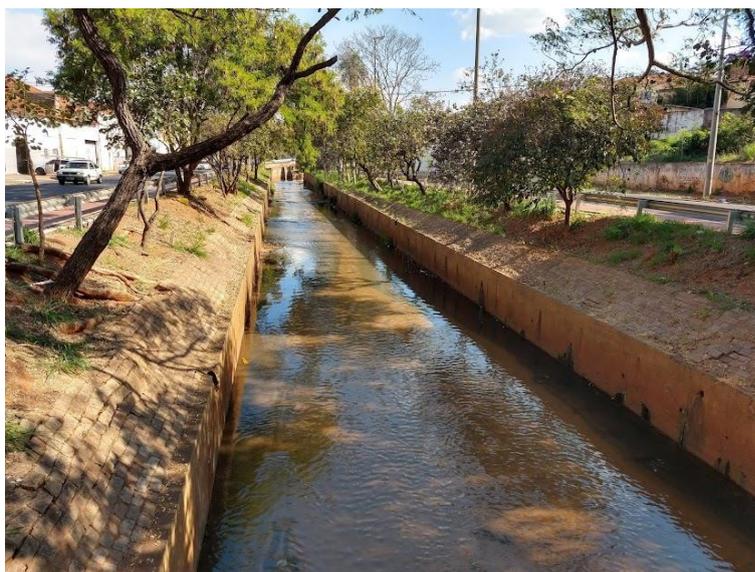


Foto: Abrantes (2021).

Assim, foram identificados, de acordo com o Manual de Uso da Terra do IBGE (IBGE, 2013), os seguintes usos: área urbana, pastagem, solo exposto, silvicultura, área florestal, loteamento, represa e área úmida, com recorte temporal de 35 anos com o intuito de avaliar a evolução do uso e cobertura da terra que serão discutidos *a posteriori*. Por possuir grandes porções da bacia ocupadas pela área urbana, optou-se em realizar classificação das áreas de forma manual, com o auxílio do Google Earth e com a averiguação nos trabalhos de campo.

Importante destacar que foi realizada uma adaptação da classificação proposta pelo referido Manual (IBGE, 2013), devido aos seguintes motivos:

- Solo exposto: as áreas assim classificadas, que estão a jusante da área urbana, são propriedades rurais que cultivam eucalipto, portanto, a silvicultura. Entretanto, na data do mapeamento, o solo estava preparado para receber as mudas, desta forma, optou-se em manter o uso de acordo com a imagem, tendo em vista a desproteção do solo e a contribuição para a produção de sedimentos, através dos processos em vertente, já que até as mudas atingiram altura suficiente para interceptar a água e, assim, diminuir o impacto ao solo (que desencadeia a erosão hídrica), leva um tempo.

- Loteamento: esta classificação levou em consideração as áreas de expansão urbana, onde estão sendo ou foram implementadas infraestruturas urbanas para receber as moradias, tais como, arruamento, eletrificação, terraplanagem e instalação das redes de abastecimento de água e coleta de esgoto. Há a concentração destes usos em duas porções da bacia, uma a norte e a outra a sul. Nas áreas a norte, são formadas por moradias populares, caracterizadas por possuírem terrenos menores, portanto, maior adensamento populacional e, conseqüentemente, menores áreas que serão destinadas a infiltração de água. Já na porção sul, concentram a proliferação de condomínios e loteamento fechados de “alto padrão”, onde os terrenos são maiores e, assim, possuem a possibilidade de ter áreas permeáveis.

- Áreas úmidas: as porções identificadas por áreas úmidas compreendem os fundos de vale, os quais não possuem uma homogeneidade na sua cobertura (FIGURAS 75 e 76). Foram identificadas moradias, pastagens, pequenas propriedades e habitações subnormais em meio as APPs. Assim, optou-se em distinguir o que era um uso homogêneo, como o caso das áreas florestais, de regiões que deveriam ser, predominantemente, cobertura vegetal, entretanto, existem outros usos ali.

**Figura 75.** Parque Água do Sobrado (Adjacências da nascente do córrego Água do Sobrado - tributário do rio Bauru).



Foto: Abrantes (2021).

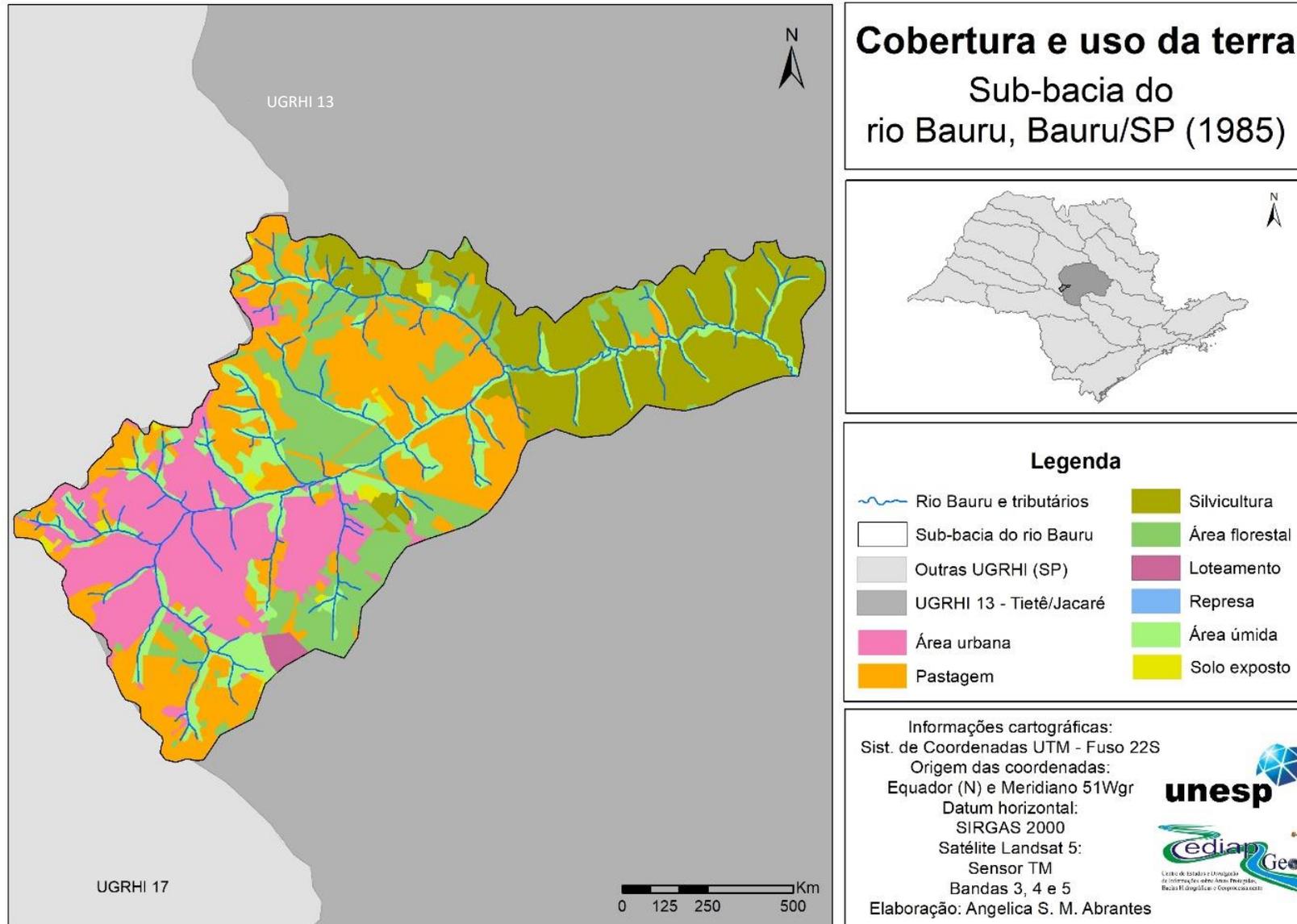
**Figura 76.** Parque Água do Sobrado (APP da nascente do córrego Água do Sobrado - tributário do rio Bauru).



Foto: Abrantes (2021).

Para compreender a evolução dos usos da terra, principalmente, do crescimento da área urbana na bacia do rio Bauru, foi observado que, em 1985 (FIGURA 77), a pastagem ocupava 27,7% da área da bacia, estando concentrada no entorno das nascentes (porção sul e nordeste) e da transição entre o médio e baixo curso do rio Bauru e de seus tributários.

**Figura 77.** Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Bauru, Bauru/SP (1985).



O segundo maior uso identificado foi silvicultura que ocupava 21,7% da bacia, concentrado no baixo curso. Seguido da área urbana com 19,8%, localizada no alto curso (porção leste da bacia) (TABELA 18).

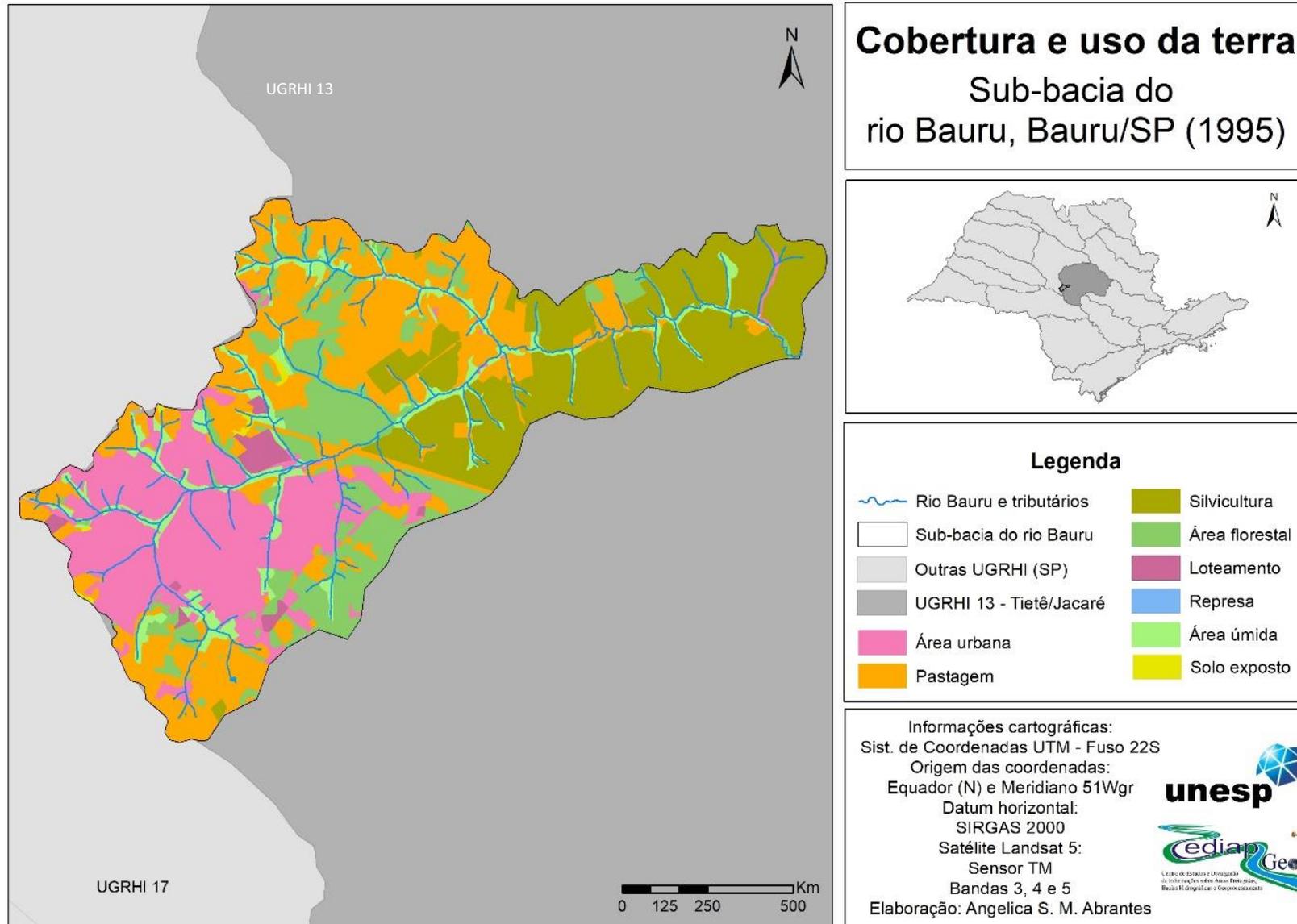
**Tabela 18.** Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 1985 (Sub-bacia do rio Bauru/SP).

Usos	Área	
	Hectare (ha)	Porcentagem (%)
Área urbana	5.523,87	19,8
Pastagem	7.713,30	27,7
Solo exposto	294,32	1,1
Silvicultura	6.048,73	21,7
Área florestal	4.660,26	16,7
Loteamento	162,54	0,6
Represa	0,00	0,0
Área úmida	3.435,93	12,3
<b>Total</b>	<b>27.838,94</b>	<b>100</b>

Neste período o córrego das Flores (atual Avenida Nações Unidas) e o trecho do rio Bauru que corta a área urbana já estavam canalizados e retificados e, em suas margens, foram construídas “avenidas fundos de vale”: Avenidas Nações Unidas e Nuno de Assis, respectivamente. Tais obras contribuíram para a rápida ocupação do setor leste da cidade (CONSTANTINO, 2005; KAIMOTI, 2009).

No próximo período analisado, 1995, (FIGURA 78), foram identificados os mesmos usos da terra, porém, com acréscimo nos usos: área urbana, pastagem e silvicultura que ocupavam, respectivamente, 22,1%, 28,7% e 24,5% (TABELA 19). Entretanto, a área florestal e área úmida (converge com as áreas de preservação permanente) obtiveram uma redução das suas áreas: de 1,2% e 4,8%, respectivamente.

**Figura 78.** Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Bauru, Bauru/SP (1995).



**Tabela 19.** Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 1995 (Sub-bacia do rio Bauru/SP).

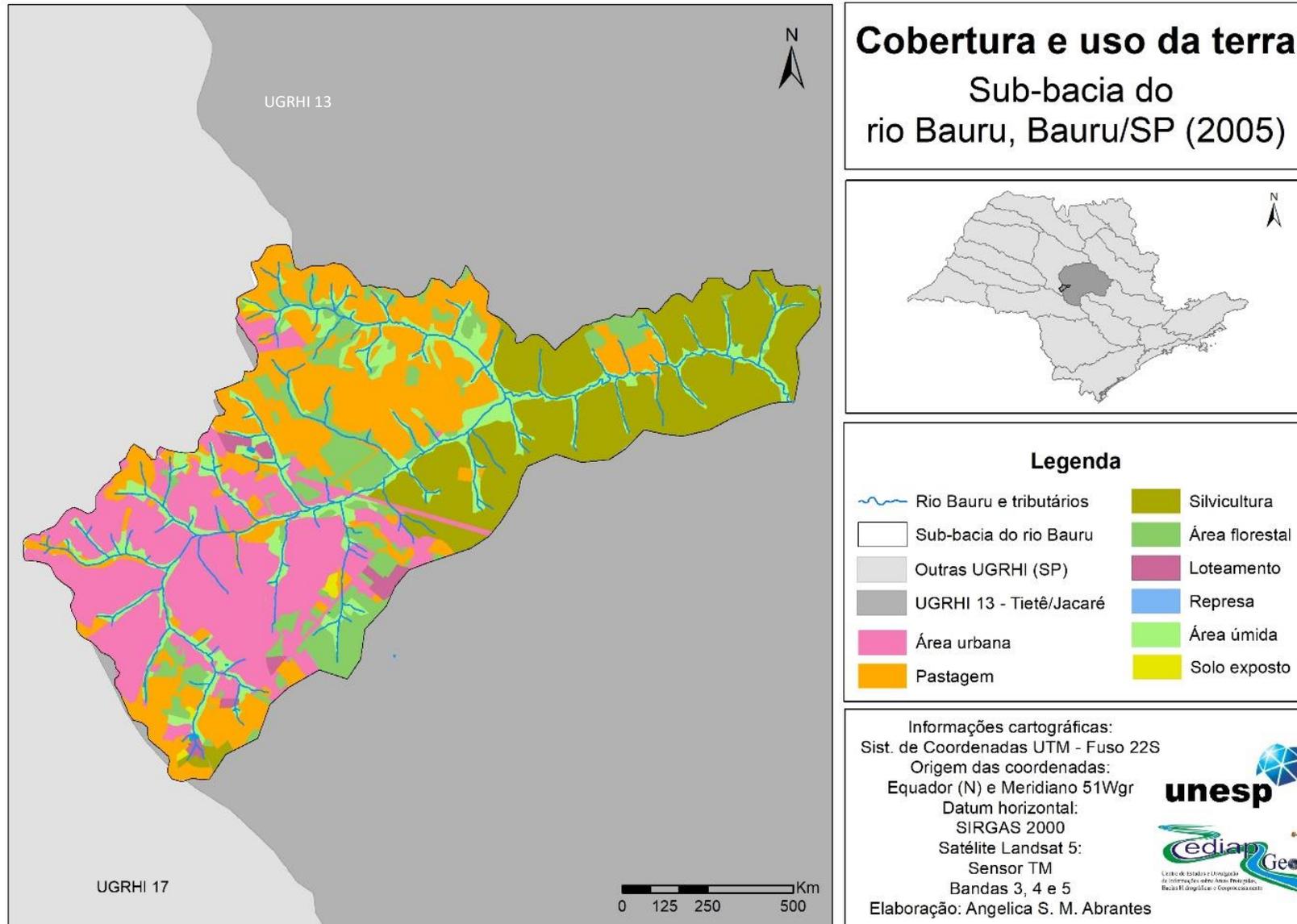
Usos	Área	
	Hectare (ha)	Porcentagem (%)
Área urbana	6.141,88	22,1
Pastagem	7.995,76	28,7
Solo exposto	85,87	0,3
Silvicultura	6.826,37	24,5
Área florestal	4.303,45	15,5
Loteamento	400,30	1,4
Represa	6,96	0,0
Área úmida	2.077,35	7,5
<b>Total</b>	<b>27.838,94</b>	<b>100</b>

Já no ano de 2005 (FIGURA 79), os usos identificados indicam um aumento da área úmida de 5,2% e uma redução da área florestal de 4,2% (TABELA 20). O aumento da área úmida pode estar associado a introdução de espécies exóticas na revitalização dos trechos que passam pela área urbana, para conter o avanço da erosão das margens. Além destas alterações, foram notados também o aumento da área urbana (25,9%) em detrimento das áreas cujo uso era pastagem (25,1%) dados que coincidem com as áreas de expansão urbana do município.

**Tabela 20.** Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2005 (Sub-bacia do rio Bauru/SP).

Usos	Área	
	Hectare (ha)	Porcentagem (%)
Área urbana	7.207,33	25,9
Pastagem	7.004,25	25,1
Solo exposto	83,55	0,3
Silvicultura	6.535,64	23,5
Área florestal	3.155,34	11,3
Loteamento	315,05	1,1
Represa	22,86	0,1
Área úmida	3.528,92	12,7
<b>Total</b>	<b>27.838,94</b>	<b>100</b>

**Figura 79.** Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Bauru, Bauru/SP (2005).

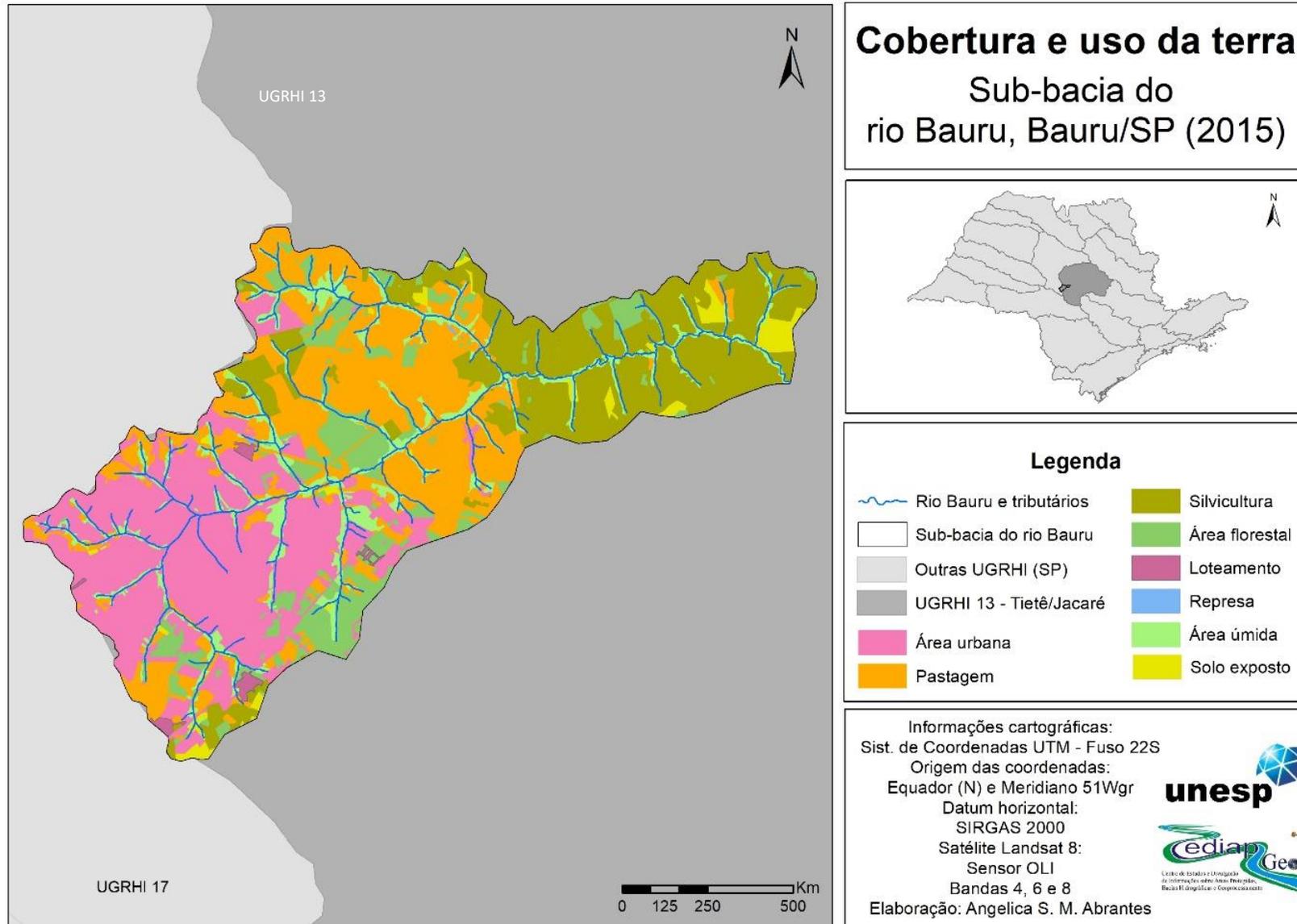


No ano de 2015 (FIGURA 80), observou-se um aumento significativo da área urbana (28,3%) em detrimento da pastagem (26,4%), na porção sul do município, área que coincide com a implementação de condomínios e loteamentos fechados. Enquanto que na porção norte, o aumento da área urbana substituiu, predominantemente, as áreas úmidas (8,8%) (TABELA 21). Tais áreas de expansão urbana fazem alusão a dois tipos segregação socioespacial completamente opostas (CORREA, 1989). Enquanto, a porção sul é marcada pela auto segregação, através dos condomínios de alto padrão; a porção norte, é marcada pela segregação programada, por intermédio das construções de habitações populares (KAIMOTI, 2009). Ademais, as áreas escolhidas para a realização das amostragens consistiram nos locais que possuíam a urbanização já consolidada, uma vez que foi escolhido o trecho urbano do curso principal da bacia.

**Tabela 21.** Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2015 (Sub-bacia do rio Bauru/SP).

Usos	Área	
	Hectare (ha)	Porcentagem (%)
Área urbana	7.882,08	28,3
Pastagem	7.349,43	26,4
Solo exposto	620,03	2,2
Silvicultura	6.343,54	22,8
Área florestal	3.014,73	10,8
Loteamento	178,42	6,0
Represa	12,79	0,0
Área úmida	2.437,92	8,8
<b>Total</b>	<b>27.837,94</b>	<b>100</b>

**Figura 80.** Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Bauru, Bauru/SP (2015).

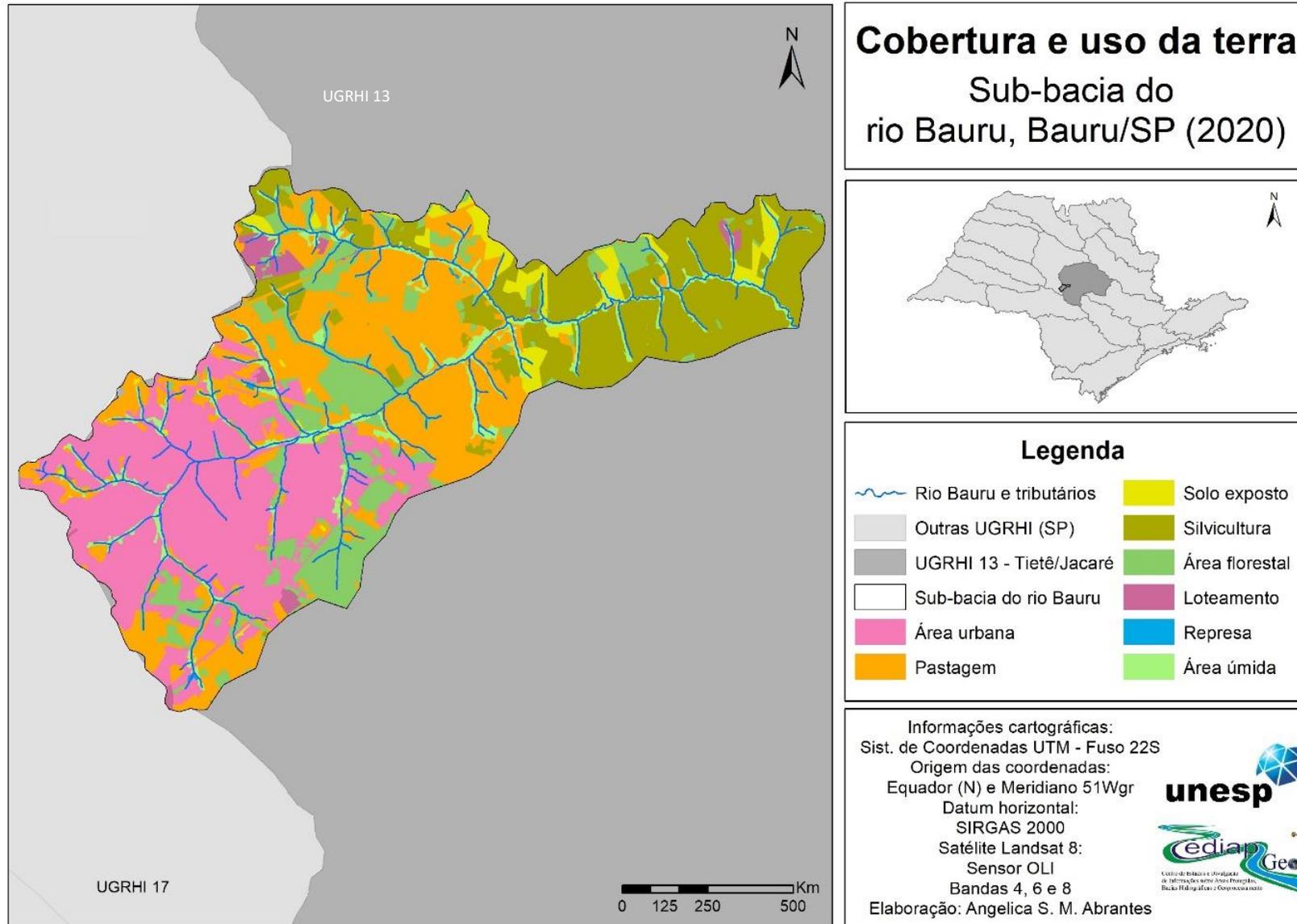


No último período analisado, 2020, (FIGURA 81), constatou-se que devido ao processo de formação socioespacial de Bauru, as características originais da bacia, principalmente quanto a cobertura da terra, foram substituídas por usos antrópicos. Nas áreas a montante há o predomínio da área urbana (28,7%), enquanto que as pastagens (27,7%) estão nas bordas do perímetro urbano, porções conhecidas como área de expansão urbana, enquanto que o cultivo de eucaliptos está concentrado nas porções a jusante, próximo a foz do rio Bauru (20,3%) (TABELA 22).

**Tabela 22.** Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2020 (Sub-bacia do rio Bauru/SP).

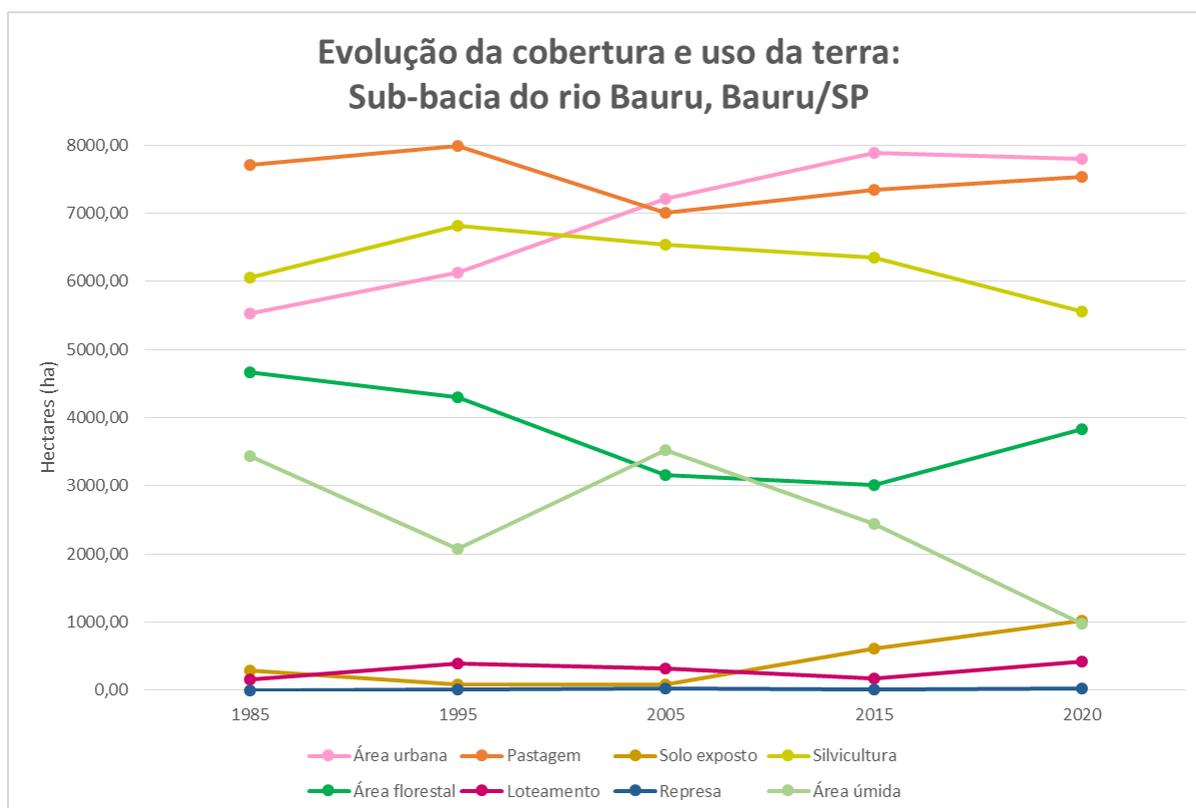
Usos	Área	
	Hectare (ha)	Porcentagem (%)
Área urbana	8.033,04	28,7
Pastagem	7.772,06	27,7
Solo exposto	1.015,95	3,7
Silvicultura	5.679,21	20,5
Área florestal	3.901,56	14,1
Loteamento	428,11	1,6
Represa	21,02	0,1
Área úmida	987,19	3,6
<b>Total</b>	<b>27.838,94</b>	<b>100</b>

**Figura 81.** Mapa do uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do rio Bauru, Bauru/SP (2020).



Diante do exposto, no recorte temporal analisado (1985-2020) a área urbana foi o uso que teve o maior crescimento, estando concentrado no montante da bacia, em contrapartida nas áreas florestal e úmida foram registrados as suas reduções (FIGURA 82), fato que está diretamente ligado com a forma de crescimento das áreas urbanas no Brasil, através da substituição de áreas de vegetação nativa por áreas humanizadas.

**Figura 82.** Gráfico da evolução dos usos da terra da Sub-bacia do rio Bauru (1985-2020).



Elaboração: Abrantes (2022).

Como o intuito do trabalho é compreender como os referidos usos podem impactar na produção de sedimentos e no comprometimento da sua qualidade, assim como, dos recursos hídricos, foi averiguado se a referida bacia está em conformidade com o Código Florestal vigente (BRASIL, 2012), tendo em vista a importância das matas ciliares para conter o fluxo de sedimentos que chegaria a calha principal.

Desta forma, elaborou-se o mapa e um banco de dados sobre a cobertura e os usos da terra nas APPs dos corpos d'água, para o ano de 2020 (FIGURA 83). Assim, constatou-se que apenas 33,5% das APPs estão de acordo com a Legislação, ou seja, com a cobertura florestal (mata ciliar) (TABELA 23). Além disso, em 33,5% que correspondem as áreas classificadas

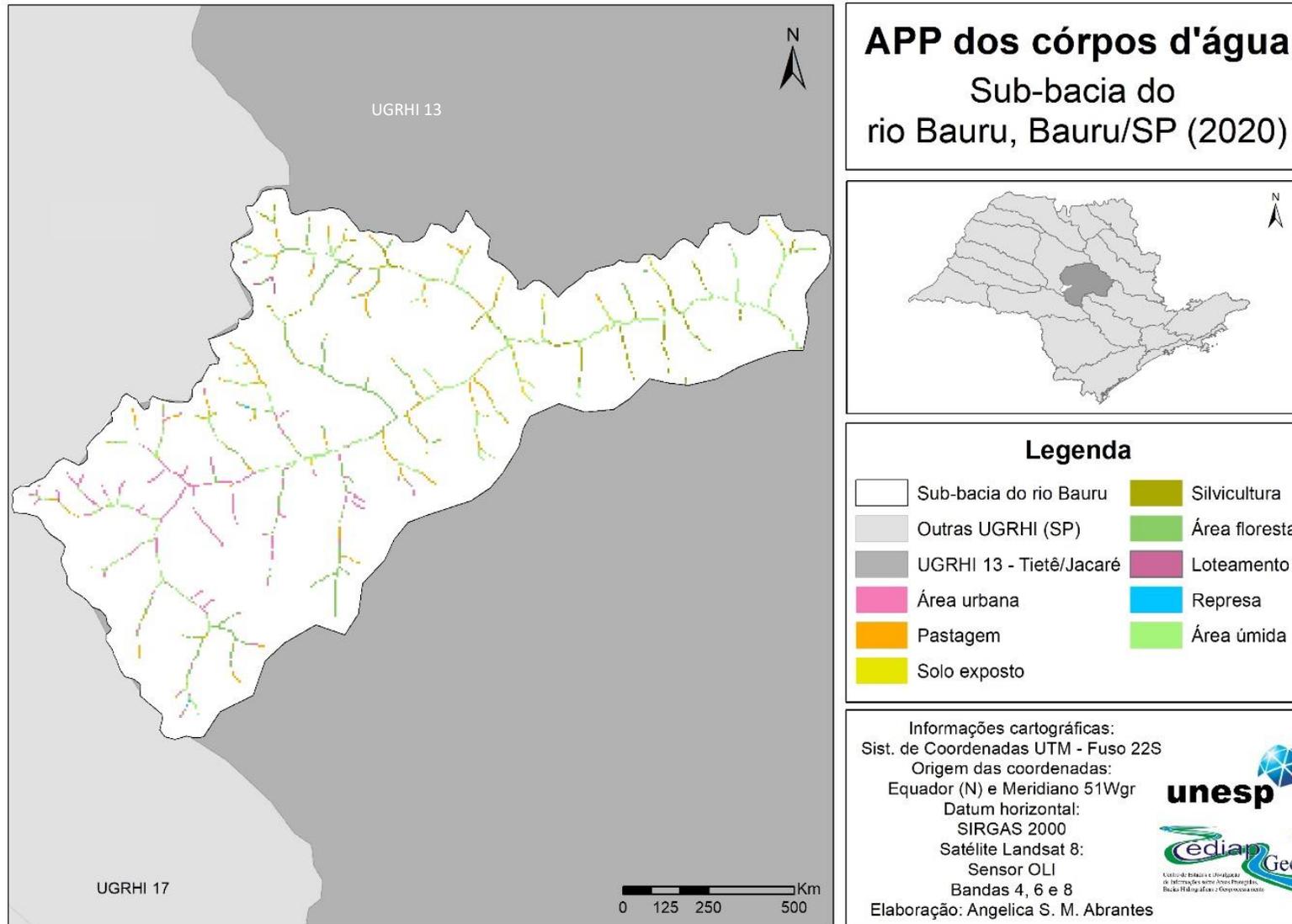
como “áreas úmidas”, como já mencionado, não há o predomínio das cobertura vegetal original, tendo vários usos ali.

**Tabela 23.** Área ocupada, em hectare e porcentagem, de cada uso da terra identificado, em 2020, nas APP dos corpos d’água (Sub-bacia do rio Bauru/SP).

Usos	Área	
	Hectare (ha)	Porcentagem (%)
Área urbana	176,40	17,0
Pastagem	154,03	14,8
Solo exposto	25,42	2,4
Silvicultura	86,89	8,4
Área florestal	234,23	22,6
Loteamento	11,11	1,1
Represa	2,14	0,2
Área úmida	348,23	33,5
<b>Total</b>	<b>1.038,45</b>	<b>100</b>

Assim, como afirmaram Lima e Zakia (2012) a ausência da cobertura florestal nas áreas de preservação permanente compromete a quantidade de água, já que a mata ciliar contribui para o aumento do armazenamento hídrico; e a qualidade da água, pois retêm os sedimentos e os nutrientes no solo. Desta forma, além do descarte de efluentes domésticos e industriais nos corpos hídricos da bacia estudada, há comprometimento de tais recursos pela escassez da cobertura vegetal original.

**Figura 83.** Mapa das APP dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Bauru (Bauru/SP).

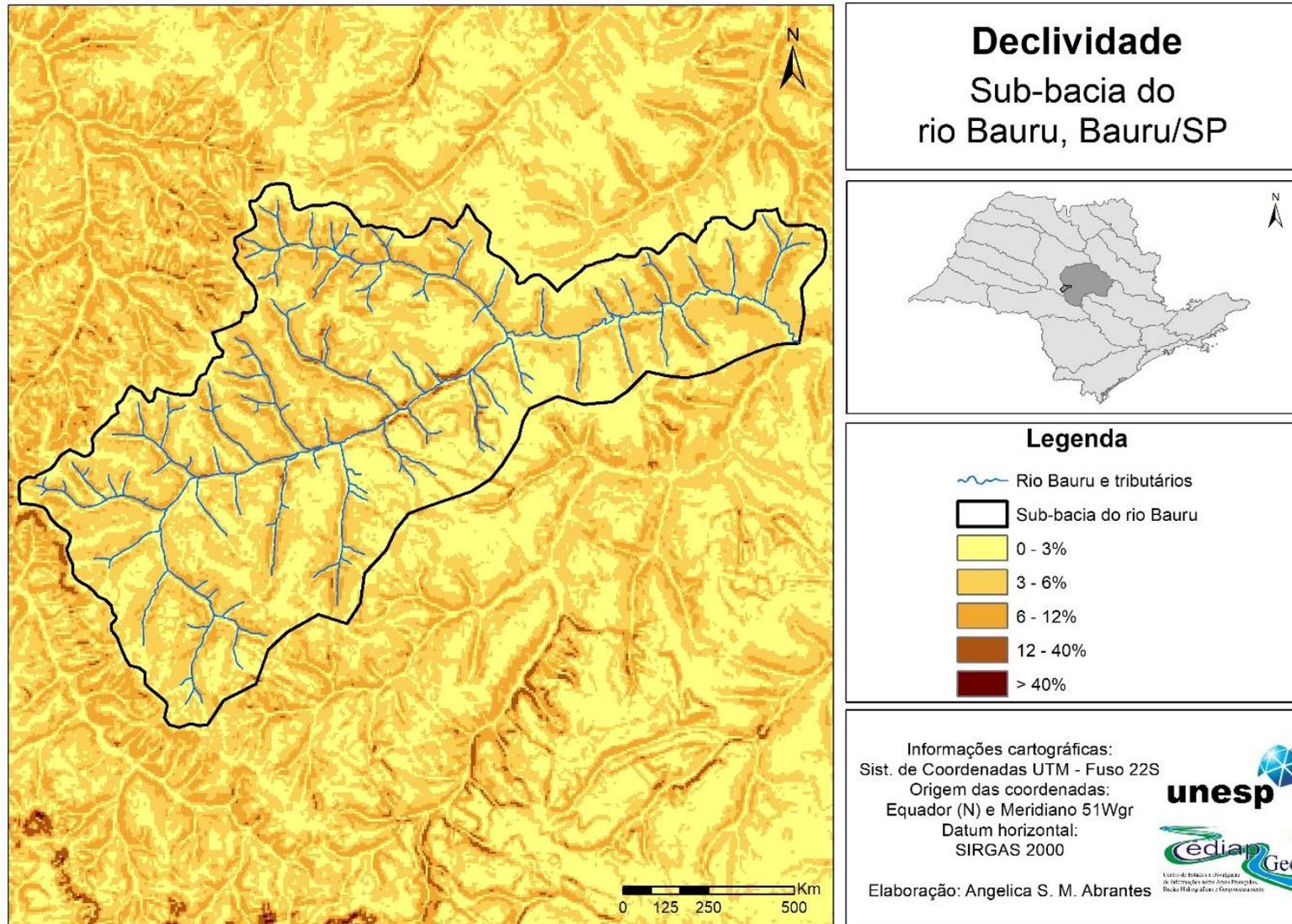


Elaboração: Abrantes (2021).

Diante deste cenário, importante se faz identificar os conflitos do uso da terra nas APPs, pois como afirmaram Castro et al. (2009) tais informações podem ter serventia na fiscalização junto aos órgãos públicos, uma vez que possibilita o planejamento do uso do solo em microbacias, em conformidade com a legislação ambiental vigente.

E para finalizar, foi elaborado o mapa de declividade da área de estudo (FIGURA 84), a fim de compreender as classes de declividade e, para o desenvolvimento do plano de manejo, cruzar as informações para averiguar quais usos são adequados para cada ambiente.

**Figura 84.** Mapa declividade da bacia hidrográfica do rio Bauru (Bauru/SP).



Elaboração: Abrantes (2021).

As classes predominantes foram de 0 a 3% e de 3 a 6% que não potencializam diretamente os processos em vertente. Entretanto, a classe de solo predominante é o Argissolo que é caracterizado por possuir horizontes superficiais mais arenosos (A e E) e outro com elevada concentração de argila (Bt), o qual é considerado um horizonte de impedimento quanto a percolação da água, devido aos poros menores Assim, favorecendo o desenvolvimento de focos erosivos a depender do uso e cobertura da terra.

Além disso, vale destacar que, segundo Bigarella et. al (1979) e Guerra; Cunha (2000), os usos da terra adequados para cada classe de declive é de agricultura intensiva com medidas conservacionistas ligeiras (para declives de 1 a 6%) e agricultura com práticas moderadas conservacionistas (para declives de 6 a 12%). Neste sentido, na bacia estudada a área urbana localiza-se nas classes de maior declividade identificadas na bacia (3 a 6%), enquanto que as áreas de pastagem e silvicultura estão associadas com as menores classes de declive (0 a 3%).

### 8.2.2 Resultado das análises microbiológicas: Rio Bauru, Bauru/SP

As análises microbiológicas do rio Bauru foram realizadas em dois períodos: um úmido (verão: agosto/2021) e outro seco (inverno: março/2022) e demonstraram o elevado grau de contaminação por coliformes fecais e termotolerantes. Na primeira parte das análises (verão e inverno), no teste presuntivo, todos as diluições de cada amostras apresentaram produção de gás, portanto, foram positivadas (TABELAS 24 e 25).

**Tabela 24.** Rio Bauru: resultado do teste presuntivo (verão).

Amostras		Diluição			
		1/1	1/10	1/100	NMP/100g
Água	P1	5	5	5	> 1.600
	P2	5	5	5	> 1.600
	P3	5	5	5	> 1.600
	P4	5	5	5	> 1.600
Sedimentos	P5	5	5	5	> 1.600
	P6	5	5	5	> 1.600
	P7	5	5	5	> 1.600
	P8	5	5	5	> 1.600

**Tabela 25.** Rio Bauru: resultado do teste presuntivo (inverno).

Amostras		Diluição			
		1/1	1/10	1/100	NMP/100g
Água	P1	5	5	5	> 1.600
	P2	5	5	5	> 1.600
	P3	5	5	5	> 1.600
	P4	5	5	5	> 1.600
Sedimentos	P5	5	5	5	> 1.600
	P6	5	5	5	> 1.600
	P7	5	5	5	> 1.600
	P8	5	5	5	> 1.600

No que diz respeito aos testes confirmativos, VB e EC, o resultado foi de contaminação máxima, conforme é estabelecido pela FUNASA (2013), ou seja, a presença acima de 1.600 unidades formadoras de colônias/100g de bactérias do grupo coliforme (TABELAS 26 e 29).

**Tabela 26.** Rio Bauru: resultado do teste confirmativo (VB) (verão).

Amostras		Diluição			
		1/1	1/10	1/100	NMP/100g
Água	P1	5	5	5	>1.600
	P2	5	5	5	>1.600
	P3	5	5	5	>1.600
	P4	5	5	5	>1.600
Sedimentos	P5	5	5	5	>1.600
	P6	5	5	5	>1.600
	P7	5	5	5	>1.600
	P8	5	5	5	>1.600

**Tabela 27.** Rio Bauru: resultado do teste confirmativo (VB) (inverno).

Amostras		Diluição			
		1/1	1/10	1/100	NMP/100g
Água	P1	5	5	5	>1.600
	P2	5	5	5	>1.600
	P3	5	5	5	>1.600
	P4	5	5	5	>1.600
Sedimentos	P5	5	5	5	>1.600
	P6	5	5	5	>1.600
	P7	5	5	5	>1.600
	P8	5	5	5	>1.600

**Tabela 28.** Rio Bauru: resultado do teste confirmativo (EC) (verão).

Amostras		Diluição			
		1/1	1/10	1/100	NMP/100g
Água	P1	5	5	5	>1.600
	P2	5	5	5	>1.600
	P3	5	5	5	>1.600
	P4	5	5	5	>1.600
Sedimentos	P5	5	5	5	>1.600
	P6	5	5	5	>1.600
	P7	5	5	5	>1.600
	P8	5	5	5	>1.600

**Tabela 29.** Rio Bauru: resultado do teste confirmativo (EC) (inverno).

Amostras		Diluição			
		1/1	1/10	1/100	NMP/100g
Água	P1	5	5	5	>1.600
	P2	5	5	5	>1.600
	P3	5	5	5	>1.600
	P4	5	5	5	>1.600
Sedimentos	P5	5	5	5	>1.600
	P6	5	5	5	>1.600
	P7	5	5	5	>1.600
	P8	5	5	5	>1.600

Diferentemente do cenário posto na bacia do rio Anhumas, que é rural, a bacia do rio Bauru, no trecho onde são despejados o esgoto *in natura*, em conjunto com as águas pluviais e efluentes industriais sem quaisquer tratamentos prévios, perpassam a área urbana do município de Bauru, fato que faz com o trecho contaminado seja classificado como inapropriado para balneabilidade, segundo a NBR 274/2000 (BRASIL, 2000).

Então, as análises realizadas comprovam apenas a contaminação por efluentes domésticos, com grande carga orgânica, como foi salientado por Canato (2014) e Bauru (2021). Porém é sabido que devido aos processos em vertente, a drenagem urbana deficitária e o planejamento urbano inadequado, contribuem para outros tipos de contaminação que não somente a orgânica.

Importante ressaltar, que os parâmetros analisados fazem apontar a presença ou a ausência de bactérias do grupo coliforme, as quais estão diretamente relacionadas a animais de

sangue quente, como já mencionado. Logo, foram utilizadas, para comprovar a contaminação do trecho urbano do rio Bauru por efluentes domésticos, haja vista que para análises de efluentes industriais são necessários outros parâmetros. Contudo, os órgãos responsáveis pela coleta dos efluentes domésticos e industriais afirmam o lançamentos de ambos no referido curso hídrico (BAURU, 2021).

Além dos pontos destacados, a jusante do lançamento dos efluentes domésticos e industriais, no trecho onde o rio Bauru já não é mais canalizado, há um porto de areia, que extrai os sedimentos do leito do rio (FIGURAS 85 e 86). Destaca-se que a areia é comercializada para utilização na construção civil, a qual encontra-se contaminada por coliformes totais, termotolerantes e devido a carga orgânica, apresenta fungos decompositores, como o *A. Niger*.

**Figura 85.** Draga de porto de areia na margem direita do rio Bauru, Distrito Industrial (Bauru/SP).



**Figura 86.** Depósito do porto de areia, margem direita do rio Bauru, Distrito Industrial (Bauru/SP).



Fotos: Abrantes (2021).

Desta maneira, salienta-se a importância da revisão das normativas sobre a utilização da areia, agregado miúdo, na construção civil, podendo ser utilizado como padrão as normativas usadas para areia de praias da cidade do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2010) e dos parâmetros também utilizados pela ABAE (2008, 2011), em Portugal, para averiguar a qualidade microbiológica da areia. Diferentemente da areia das praias, a areia de origem fluvial quando utilizada em obras, poderá resultar em biodeteriorações e, por consequência, vir a comprometer a saúde e o orçamento das pessoas envolvidas.

### 8.2.3 Resultado das análises micológicas: rio Bauru, Bauru/SP

As análises micológicas dos pontos amostrados do rio Bauru demonstraram uma grande variedade de espécies fúngicas (FIGURAS 87 a 90). Além disso, destaca-se a presença da espécie *Aspergillus Niger*, fungo decompositor de matéria orgânica que foi utilizado como bioindicador da qualidade ambiental e também está presente nas biodeteriorações (ABRANTES, 2014; 2017; 2018). Importante destacar, que em cada uma das placas houve crescimento de várias colônias, entretanto, deu-se ênfase as colônias de fungos decompositores, devido ao objetivo de trabalho.

**Figura 87.** Análise micológica - análise da amostra “P1” (rio Bauru, Bauru/SP).

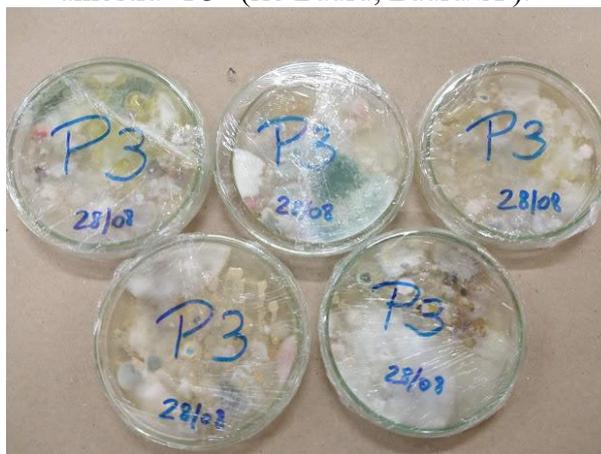


**Figura 88.** Análise micológica - análise da amostra “P2” (rio Bauru, Bauru/SP).

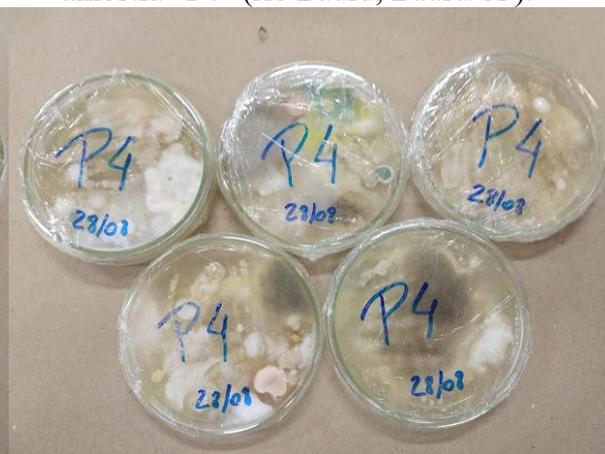


Fotos: Abrantes (2021).

**Figura 89.** Análise micológica - análise da amostra “P3” (rio Bauru, Bauru/SP).



**Figura 90.** Análise micológica - análise da amostra “P4” (rio Bauru, Bauru/SP).



Fotos: Abrantes (2021).

A sua presença está diretamente relacionada à quantidade de matéria orgânica disponível nos cursos hídricos e nos sedimentos fluviais, que são aproveitados economicamente

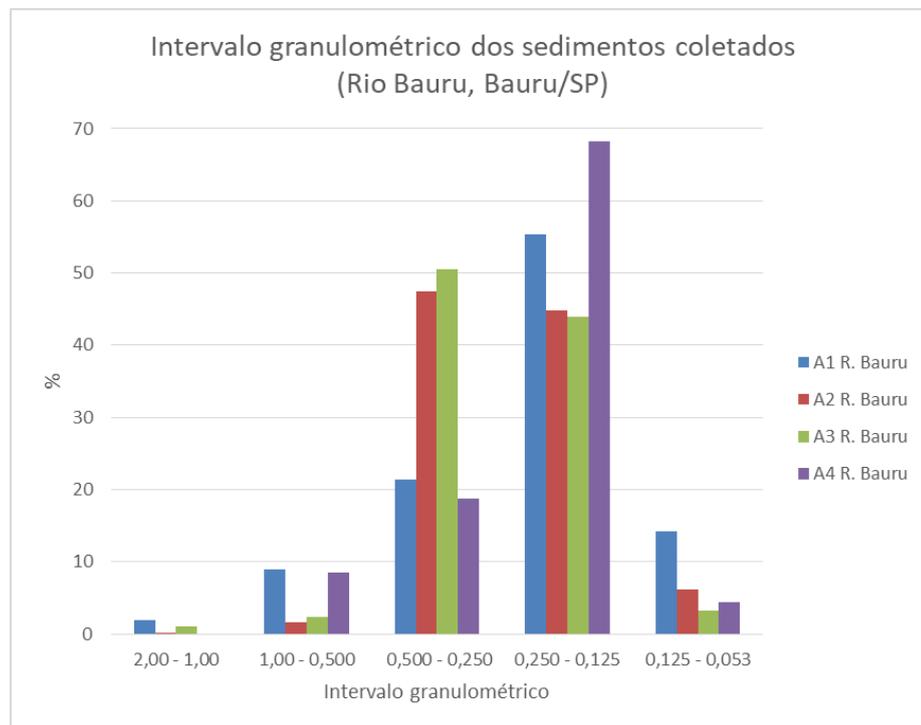
na construção civil, como por exemplo a areia. Vale destacar que a ABAE (2008; 2011) utiliza dos mesmos bioindicadores para averiguar a qualidade microbiológica da areia das praias portuguesas, tendo em vista a saúde do ambiente marinho e das pessoas que frequentam o local.

Além de indicar a presença de matéria orgânica em decomposição, fato que está consonância com os resultados microbiológicos que apontaram a contaminação máxima do curso hídrico por coliformes totais e termotolerantes, uma vez que reafirma o lançamento dos efluentes domésticos e industriais, no município de Bauru/SP (BAURU, 2021). A referida espécie fúngica está diretamente relacionada com os quadros de biodeterioração, quando o sedimento utilizado na construção civil apresentam os esporos do *A. Niger* e condições favoráveis (temperatura e umidade) dar-se-á início ao processo de deterioração das estruturas, como salientou Góis (2016) e Abrantes (2014; 2017). Assim, podendo trazer consequências financeiras e comprometendo a saúde dos sujeitos envolvidos, com a Aspergilose.

#### **8.2.4 Resultado das análises granulométricas: rio Bauru, Bauru/SP**

As análises granulométricas apontaram variedade quanto às frações analisadas para cada amostra, registrando as maiores concentrações entre areia média e areia fina, tendo em vista que foram coletadas em diferentes trechos do rio Bauru (FIGURA 91), dentro do perímetro urbano. Além da grande variedade dos intervalos granulométricos, materiais tecnogênicos também compuseram as amostras, tais como, fragmentos de plástico, fibras de tecido e vidros coloridos. Deste modo, os intervalos granulométricos compreendidos são formados pelas diferentes frações de areia e por materiais tecnogênicos.

**Figura 91.** Gráfico dos intervalos granulométricos das amostras coletadas no rio Bauru, Bauru/SP (verão).



Na amostra 1, referente ao trecho mais a montante coletado do rio, observou-se que há o predomínio da areia fina (55%), seguido da fração média (21%) e muito fina (14%), enquanto que as frações grossa e muito grossa foram as menos representativas.

De acordo com Riccomini et al. (2009), em ambientes pouco alterados que apresentam climas úmidos com cobertura vegetal abundante, cujo aquífero confinado está mais próximo da superfície (no caso, o Sistema Aquífero Bauru), os clastos<sup>6</sup> mais grossos são retidos próximos as cabeceiras dos rios, predominando o transporte de partícula de granulação fina. Os mesmos autores apontam que onde as condições naturais permanecem pouco alteradas, porém com a remoção da cobertura vegetal original, o fornecimento de carga de granulação grossa será favorecido.

O cenário encontrado, por ser um trecho de forte pressão antrópica, ou seja, uma área fortemente urbanizada (FIGURAS 92 a 94), apresenta o curso hídrico muito assoreado e no seu leito foram identificados materiais de origem antrópica, tais como: resto de materiais da construção civil (fragmentos de telhas, tijolos, concreto e de tubulações), plástico, além do forte odor, como já mencionado anteriormente, o que sinalizava o lançamento possível de efluentes

<sup>6</sup> Clasto: Fragmento de rocha ou de mineral pré-existente contido dentro de uma rocha.

domésticos. A amostra analisada foi coletada (FIGURA 93) em um banco de areia, próximo a margem direita do rio.

**Figura 92.** Montante do ponto de coleta 1 no rio Bauru.



Foto: Abrantes (2022).

**Figura 93.** Ponto de coleta 1 no rio Bauru.



Foto: Gregorio (2022).

**Figura 94.** Jusante do ponto de coleta 1 no rio Bauru.

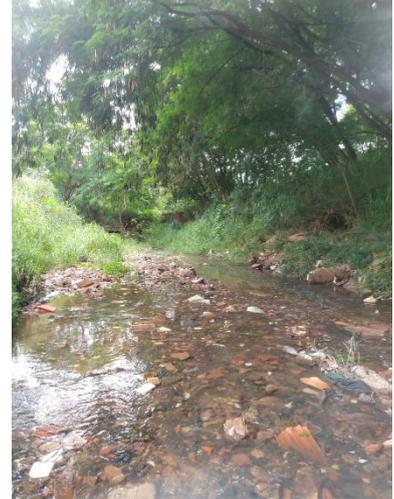


Foto: Abrantes (2022).

Os resultados obtidos com a amostra 2 (amostra coletada antes do trecho de canalização fechada do rio Bauru) indicaram predominância das frações de areia média e fina, 47 e 45%, respectivamente. Devido à ausência da mata ciliar, o trecho analisado encontrava-se muito assoreado (FIGURAS 95 e 96), além disso, foram encontrados materiais de origem humana: roupas e sacos plásticos.

**Figura 95.** Local onde foi coletada a amostra (destaque ao acúmulo de sedimentos).



**Figura 96.** Ponto de coleta 2, no rio Bauru.



Fotos: Abrantes (2022).

As análises da amostra 3 indicaram também o predomínio das frações de areia média e fina, (50 e 44%, respectivamente). Como se trata do trecho de canalização aberta do rio Bauru (FIGURA 97), não foi observado o acúmulo de materiais úrbicos.

**Figura 97.** Ponto de coleta 3, no rio Bauru. Destaque para o local amostrado.



Foto: Abrantes (2022).

E por fim, os resultados do ponto 4 indicaram um predomínio da areia fina (68%) em relação as demais frações. O local escolhido para coleta da amostra foi em uma área de acúmulo de sedimentos, na margem esquerda, antes da alocação da draga do porto de areia (FIGURAS 98 a 100). Desta forma, mesmo os resultados apontando o predomínio de uma fração de areia, no local, haviam muitos materiais antrópicos acumulados, como é possível observar na Figura 98.

**Figura 98.** Montante do ponto de coleta 4, no rio Bauru.



**Figura 99.** Ponto de coleta 4, no rio Bauru.



**Figura 100.** Jusante do ponto de coleta 4, no rio Bauru.



Fotos: Gregorio (2022).

### **8.2.5 Contribuições para elaboração de uma proposta de manejo para a Bacia do rio Bauru, Bauru/SP**

Diante dos resultados obtidos na pesquisa (caracterização e identificação dos usos e cobertura da terra na bacia, levantamento dos seus problemas ambientais, análise da qualidade microbiológica dos sedimentos e da água do curso principal) será apresentado, a seguir, quanto ao conflito do uso da terra e da qualidade da água em relação aos documentos oficiais citados, algumas contribuições a elaboração de uma proposta de manejo para a Bacia do rio Bauru (Bauru/SP).

Assim, tem por objetivo apresentar ações para auxiliar na melhora da qualidade da microbiológica da água e da areia comercializada para a construção civil e, conseqüentemente, agindo na causa do problema, ou seja, na ocupação da bacia em conformidade com a legislação vigente. Para tanto, de acordo com as normativas citadas (BAURU, 2008; 2014; 2017), serão apresentadas algumas medidas não estruturais e estruturais para mitigar os problemas ambientais identificados e em desconformidade com a legislação ambiental.

Para viabilização do planejamento de bacias hidrográficas é imprescindível uma visão integradora da relação sociedade-natureza, ou seja, em uma mesma bacia pode haver pressões urbana e rural, concomitantemente, para as quais são necessárias técnicas e práticas específicas, que ora visam a conservação e outrora a preservação dos recursos hídricos (FINKLER, 2016), como é o caso da bacia do rio Bauru.

Assim, o manejo realizado de forma integrada objetiva mitigar os impactos ambientais e preservar áreas de menor pressão antrópica. De tal modo, a bacia será utilizada como unidade de planejamento, uma vez que para a sua gestão, deve ser contemplada a conservação dos recursos hídricos, o controle do escoamento superficial e a análise de conflito do uso e cobertura da terra.

#### **A. Identificação dos problemas ambientais e de áreas de conflito com a legislação vigente**

- Ausência e escassez de vegetação arbórea nas áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia do rio Bauru (trecho urbano).

- Cabeceira de drenagem do rio Bauru estão inseridas dentro da área urbana, uso que representa elevados índices de impermeabilização do solo.
- Descarte inadequado de resíduos sólidos.
- Presença de focos erosivos nas margens e assoreamento do rio Bauru e de seus tributários.

- Despejo de efluentes domésticos e industriais sem tratamento, no rio Bauru. De acordo o Plano Diretor de Água de Bauru (BAURU, 2014, p. 27), “o Rio Bauru, pertencente à UGRHI 13, não foi considerado para captação de água para abastecimento face às condições da sua qualidade, pois o mesmo é o receptor de quase a totalidade dos esgotos sanitários da cidade, hoje lançados *in natura* e futuramente tratado”.

- Avenida Nações Unidas (canalização fechada do córrego das Flores, tributário do rio Bauru): devido ao elevado grau de impermeabilização do solo, em episódios de chuva intensa, principalmente, na estação chuvosa, as taxas de escoamento superficial é maior que o subsuperficial, resultando em comprometimento e interdição de vias e espaços públicos, deterioração do asfaltamento, aumento da demanda por gastos público e também privados e risco de vida para os habitantes que ali circulam (FIGURAS 101 a 103).

**Figura 101.** Av. Nações Unidas (Próximo ao Parque Vitória Régia) após episódio de chuva.



Foto: Jornal Dois (2021).

**Figura 102.** Av. Nações Unidas (Próximo ao Teatro Municipal) após episódio de chuva.



Foto: Bastos; Oshiro (2021).

**Figura 103.** Av. Nações Unidas (Viaduto da Fepasa – próximo a Rodoviária) após episódio de chuva.



Foto: Jornal Dois (2021).

- Avenida Nuno de Assis construída às margens da canalização aberta de trecho do rio Bauru. Em episódios de chuva intensos, devido aos motivos anteriormente apresentados, o nível do rio aumenta, chegando a atingir as marginais e, assim, compromete as estruturas, vias públicas e a saúde dos munícipes (FIGURAS 104 e 105), já que neste trecho há o despejo de esgoto *in natura*.

**Figura 104.** Trecho da canalização do rio Bauru (próximo a rodoviária), após episódios de chuva



Foto: Bastos (2022).

**Figura 105.** Alagamento da Av. Nuno de Assis, após episódio de chuva.



Foto: Freitas (2020).

Tais problemas ambientais urbanos foram identificados no desenvolvimento desta pesquisa, mesmo com a existência dos Planos de Drenagem Urbana, de Saneamento e de Águas (BAURU, 2008; 2014; 2017). Isto significa que quando espaço urbano é produzido por intermédio de um planejamento inadequado, ou seja, de maneira acelerada e desordenada, desconsiderando as características naturais, pode-se registrar a ocorrência de

inundações/enchentes, por exemplo, em função da inexistência ou ineficiência dos sistemas de drenagem urbano.

Para tanto, existem medidas de prevenção que visam minimizar os danos causados pelas inundações e são classificadas, de acordo com sua natureza, em: estruturais e não estruturais. Desta forma, na sequência, serão confrontados com as mencionadas legislações e serão sugeridas propostas para a mitigação dos impactos ambientais e melhoria da qualidade microbiológica da areia utilizada na construção civil.

## **B. Proposta de medidas não estruturais**

Segundo o Plano de Saneamento Básico do município em questão (BAURU, 2017, p. 07), as medidas não estruturais buscam:

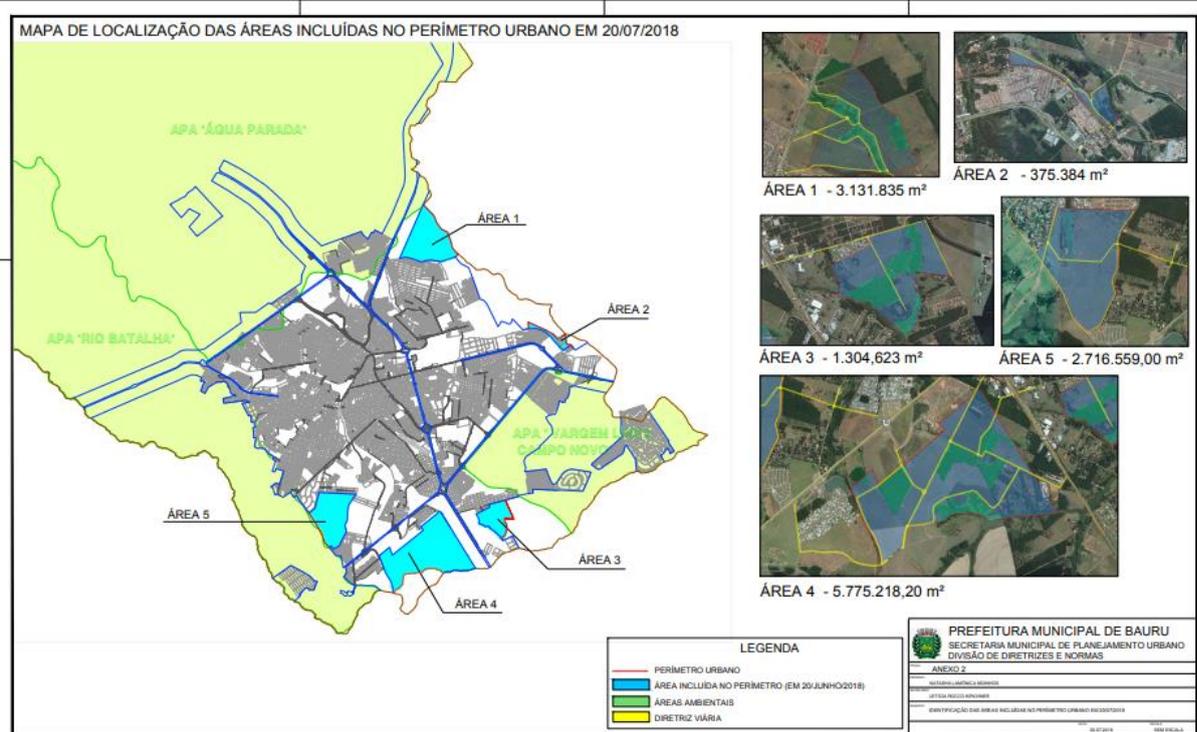
Disciplinar a ocupação territorial de forma a planejar, organizar e minimizar os impactos ocasionados pela ocorrência de inundações. Desta forma, visam diminuir os efeitos negativos da urbanização sobre a ocupação do solo e sobre o regime dos rios. As ações não estruturais podem ser eficazes e ter custos mais baixos com horizontes mais longos de atuação, pois visam o planejamento. Em geral, baseiam as diretrizes dos planos diretores municipais.

Mediante os problemas ambientais identificados, apresentam-se algumas sugestões de medidas não estruturais para o manejo da bacia do rio Bauru:

### - Zoneamento das áreas com conflito de uso e cobertura da terra:

Como foi apresentado anteriormente (item 8.2.1), as áreas de preservação permanente possuem vários usos que não somente a mata ciliar, como preconiza o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012). Ademais, conforme o Projeto de Lei Parcelamento, Uso e Ocupação de Solo (BAURU, 2021), a área de expansão urbana conflita com alguns remanescentes florestais, mormente, na porção ao sul do município, a qual tem como eixo de expansão os condomínios e loteamentos fechados de alto padrão (FIGURA 106).

**Figura 106.** Mapa de localização das áreas incluídas no perímetro urbano, em 20/07/2018.



Fonte: Bauru (2018).

Tendo em vista este cenário apresentado, já em 2002, analisando a pressão antrópica, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente determinou diretrizes ambientais ao parcelamento do solo e para construções em condomínio nas Bacias dos Córregos Água da Ressaca e Água da Forquilha (BAURU, 2002), que são tributários do rio Bauru (QUADRO 31). Nota-se uma preocupação com as nascentes dos tributários do rio Bauru, que não estavam impermeabilizadas, em 2002.

**Quadro 31.** Artigos da Resolução CODEMA 002/02 de interesse neste trabalho.

Art.	Disposição
Art. 2º	Os objetivos desta Resolução: I – Conservar os ecossistemas e a biodiversidade existente na área; II – Controlar a expansão urbana desordenada e os usos inadequados do solo; III – Implantar uma política municipal eficiente e contínua para os ambientes naturais; IV – Desenvolver prática econômicas compatíveis com a realidade ambiental existente, impedindo ações degradadoras; V – Proteger a qualidade de água dos recursos hídricos existentes e conter os processos erosivos; VI – Disciplinar o sistema de drenagem nas sub-bacias hidrográficas;
Art. 3º	Nessas Bacias Hidrográficas, dentro dos princípios constitucionais que regem o direito de propriedade não serão permitidos: I – As atividades que venham a causar danos ou degradação do meio ambiente, perigo para a população ou para a biota; II – O desmatamento de áreas naturais; III – O exercício de atividade capazes de provocar erosões e/ou assoreamento dos recursos hídricos; IV – A instalação de indústrias ou outras atividades potencialmente poluidoras; V – O exercício de atividades que ameacem extinguir as espécies da biota regional; VI – O parcelamento de solo nas áreas de setores especiais de fundo de vale, definidos ainda como áreas de preservação permanente, num raio de 50 metros no entorno das nascentes e numa faixa de 50 metros de cada lado das margens dos córregos Água da Ressaca e Água da Forquilha e numa faixa de 30 metros de cada lado das margens de seus afluentes, sendo quem as mesmas deverão ser entregues ao Poder Público devidamente recuperadas conforme exigências do órgão ambiental responsável.
Art. 4º	Quanto ao parcelamento do solo e construções em condomínio, os mesmos deverão observar as seguintes diretrizes, dentre outras já previstas pela legislação: I) Proibição de desmatamento das áreas naturais existentes de Cerrado e de Mata Estacional Semidecidual nos estágios sucessionais médio e avançado; II) Aplicação de novas soluções estruturais de drenagem que: a) Promovam o retardamento dos escoamentos de água de forma a propiciar o aumento dos tempos de concentração e a consequente redução nas vazões máximas; b) Amorteçam os picos de enchentes através da retenção em reservatórios, represas, cisternas, barragens e piscinões, com previsão de tempo de retorno mínimo de 100 anos; c) Contenham os escoamentos de água no empreendimento através da melhoria das condições de infiltração do solo. III) Áreas de sistema de lazer/áreas verdes de no mínimo 10%.

Fonte: Bauru (2018).

Diante do exposto, já que a cabeceira de drenagem do rio Bauru está totalmente inserida no perímetro urbano e o zoneamento já existe, torna-se fundamental que, sobretudo, os fundos de vale e as nascentes sejam reflorestadas com espécies nativas da região, através da fiscalização e cumprimento da legislação vigente.

- Zoneamento de áreas inundáveis e sistema de previsão de cheias:

O Município de Bauru com o Plano Diretor de Águas (BAURU, 2014), buscou alternativas para minimizar os efeitos das enchentes, através da construção de pequenas barragens de contenção, nos principais tributários do rio Bauru que cortam o perímetro urbano.

Além da proposta apresentada, a Defesa Civil de Bauru possui uma página de dicas, vinculada ao site da prefeitura. Nela são expressas algumas precauções para serem tomadas no período de chuvas (verão), como: os cuidados com os veículos, nas casas e nas ruas. Acrescenta ainda, locais e vias para serem evitadas em episódios intensos de chuva.

Diante do apresentado, o zoneamento existe, entretanto, não há projetos efetivos para resolução do problema das enchentes do rio Bauru e das inundações que ocorrem, principalmente, em vias onde a canalização é fechada e a taxa de impermeabilização do solo é alta.

### **C. Proposta de medidas estruturais**

As medidas estruturais correspondem às obras que podem ser implantadas visando à correção e/ou prevenção das inundações/ enchentes (BAURU, 2017). Atualmente, o sistema de drenagem urbana consiste, de acordo com Bauru (2014, p. 41) em:

As águas pluviais são conduzidas por sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais e tubulações até desaguar nos corpos de água, constituindo o Sistema de Drenagem Urbana. Os equipamentos comuns nas vias públicas, tais como bocas de lobo, bueiros, galerias de águas pluviais, canalizações e retificações de córregos são de responsabilidade da Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Bauru. Dentro do quarteirão ou quadra, a responsabilidade de conduzir as águas das chuvas até as calçadas é dos proprietários dos lotes ou terrenos.

A urbanização crescente na cidade tem contribuído significativamente para o assoreamento dos canais urbanos e aumento da vazão de água pluvial escoada, que, em excesso, é responsável por inundações na área central de Bauru ou próximo a ela (BAURU, 2014).

- Bacia de retenção ou contenção:

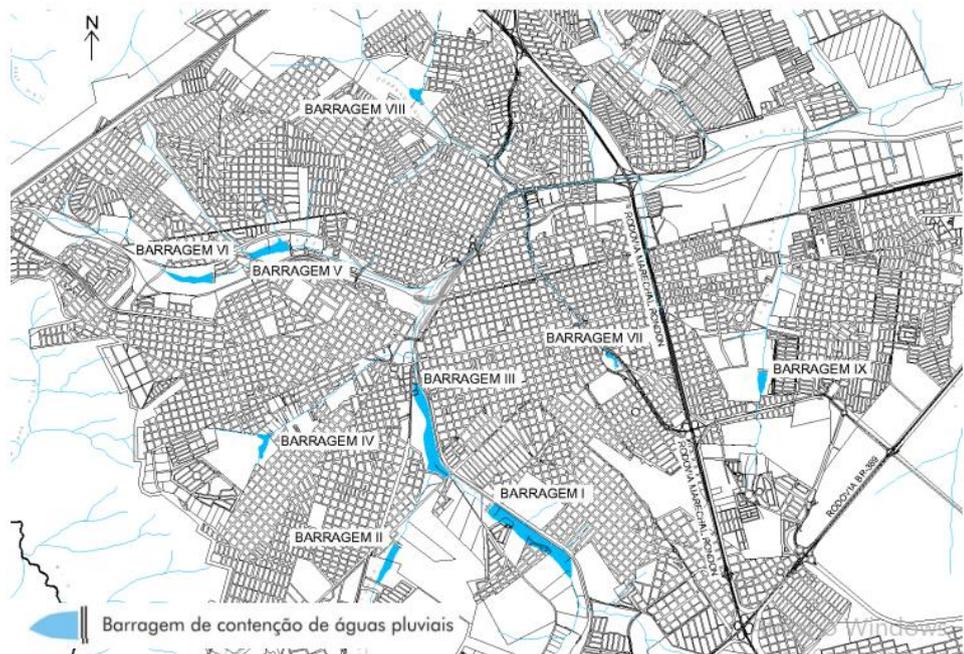
Sua função é reter uma parcela do volume de enxurrada, resultando no amortecimento da vazão máxima pluvial na bacia. Esse sistema tem como objetivo diminuir a gravidade das cheias, erosão, assoreamento e contaminação (FINKLER, 2016).

Como foi citado nas medidas não estruturais, como parte do zoneamento de áreas inundáveis e do sistema de previsão de cheias, a Prefeitura Municipal de Bauru canalizou cerca de 2,5 km do canal principal do Rio Bauru no trecho urbano entre 1990 e 2003, além de retificar

alguns de seus trechos por meio de dragagem. Após a canalização do Rio Bauru, as inundações se concentraram junto à foz dos córregos Água da Forquilha e Água do Sobrado, seus afluentes urbanos. Como proposta de contenção das enchentes o Plano Diretor de Águas (BAURU, 2014), prevê a construção de 9 barragens na Bacia do rio Bauru (FIGURA 107), sendo elas:

- I. Barragem do Água da Ressaca;
- II. Barragem do Água da Forquilha;
- III. Barragem do Rio Bauru;
- IV. Barragem do Água do Sobrado;
- V. Barragem do Córrego da Grama I;
- VI. Barragem do Córrego da Grama II;
- VII. Reservatório da Av. Nações Unidas;
- VIII. Barragem do Água do Castelo;
- IX. Barragem do Água Comprida.

**Figura 107.** Barragens propostas pelo Plano Diretor de Águas para contenção da água da chuva, na área urbana de Bauru.



Fonte: Bauru (2014).

É imprescindível salientar que somente as barragens de contenção não são suficientes para resolver o problema de drenagem urbana que o município apresenta, já que são paliativas, uma vez que não atuam na causa do problema, novamente: altas taxas de impermeabilização do solo, erosão e assoreamento dos cursos hídricos, canalizações e tubulações com dimensões já

defasadas, devido ao aumento da população e, conseqüentemente, do consumo de água e produção de efluentes.

Todavia, caso elas venham a se efetivar, podem ser combinadas com a criação de áreas verdes, que além de contribuírem para o aumento das taxas de infiltração de águas pluviais, podem servir também como uma área de lazer para a população, como é o caso do Parque Vitória Régia, situado na Av. Nações Unidas.

#### - Bacia de retenção e de biorretenção:

Uma alternativa as bacias de detenção propostas acima, seriam as bacias de retenção ou de biorretenção que consistem em um sistema similar ao da bacia de detenção, entretanto além de armazenar o volume escoado na área, permite a melhoria da qualidade de água. A diferença entre as bacias de detenção e retenção, segundo Tucci (2005, p.88):

Os reservatórios podem ser dimensionados para manterem uma lamina permanente de água, denominados retenção, ou para secarem após o seu uso, durante uma chuva intensa e depois utilizada para outras finalidades. Este tipo de reservatório é chamado detenção.

Já o sistema de biorretenção consiste em aproveitar das características da topografia para formar o sistema de amortecimento de água pluvial. Pode incluir sistema vegetal constituído por espécies com diferentes tamanhos: “as plantas são componentes fundamentais nesse sistema, responsáveis pela retirada da água e dos poluentes; têm ainda a vantagem de integrar a paisagem natural, sendo recomendáveis em áreas com alto índice de impermeabilização como estacionamentos” (RIGHETTO et al., 2009, p. 41). Além do mais, neste sistema também há remoção de poluentes devido à presença de cobertura vegetal (FINKLER, 2016).

Tais sistemas poderiam ser implementados, por exemplo, no córrego Água Comprida, já que existem projetos de empreendimentos para o local, que contribuirão para o aumento da impermeabilização do solo. Vale ressaltar que tal medida poderia ser implementada em outras áreas, diante o descaso histórico com o planejamento urbano adequado do município. Desta forma, com práticas da bioengenharia, poderia manter as taxas de permeabilidade com a construção de um parque linear no entorno da bacia de biorretenção.

#### - Instalação de canais verdes e de pavimentos permeáveis

A Lei Municipal n. 7.818/2019 dispõe sobre o uso, construção e manutenção dos passeios (calçadas) e logradouros públicos. Desta maneira, é recomendável a fiscalização e

cumprimento dos artigos listados abaixo, tendo em vista que incidem diretamente na mitigação do escoamento superficial.

Art. 14: Será admitida a implantação de áreas permeáveis na Faixa de Serviço e na Faixa de Acesso ao Lote, exceto nas situações previstas no art. 12 ou outras situações específicas de ocupação.

Art. 15: As áreas permeáveis deverão receber vegetação ou elementos físicos drenantes, sendo proibidas soluções construtivas que criem desníveis que possam oferecer risco ao pedestre.

Art. 16: As áreas permeáveis deverão receber manutenção constante a fim de evitar a falta ou falha de vegetação, erosão ou desnivelamento dos elementos físicos drenantes. (BAURU, 2019)

Perante ao exposto, para além dos passeios públicos, é previsto que os logradouros possuam também uma taxa de permeabilidade (relação entre a parte permeável, que permite a infiltração de água no solo, livre de qualquer edificação) (BAURU, 2021). Para tanto, torna-se necessário definir áreas permeáveis, são as:

Áreas destinadas nos projetos de parcelamento do solo, condomínios e de edificações, à infiltração das águas pluviais, à mitigação da formação de ilhas de calor e da poluição sonora e atmosférica, que incluem as áreas verdes, podendo incluir também sistema de lazer ou áreas institucionais nos termos da legislação vigente. (BAURU, 2021, p. 02)

Diante disso, sugere-se a construção de canais verdes e da instalação de pavimentos permeáveis, principalmente nas instalações públicas, como previsto na normativa (BAURU, 2019). Assim, Righetto et al. (2009, p. 40) consideram canais verdes:

Canais secos ou com laminas de água que possuem cobertura vegetal e permitem a infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial. A vegetação serve como um filtro biológico, removendo uma parcela dos poluentes. Superfícies vegetadas são indicadas para fundos de lote em áreas residenciais ou no acostamento de vias, em substituição as soluções tradicionais de drenagem.

Já os pavimentos permeáveis que são capazes de reduzir volumes de escoamento superficial e vazões de pico a níveis iguais ou até inferiores aos observados antes da urbanização, assim, reduzindo o impacto da qualidade da água e dos sedimentos (ARAÚJO et al., 2000). Neste sistema, de acordo com Finkler (2016), podem-se utilizar blocos de concreto pré-moldados assentados sobre uma camada de areia e com espaços vazios preenchidos com grama ou material granular, o que permite a infiltração da água.

Assim, a referida autora destaca ainda que tais pavimentos podem ser utilizados em ruas com pouco tráfego, estacionamentos, quadras esportivas e áreas de passeios. Destarte, as vantagens da substituição do pavimento convencional (concreto e asfaltamento) consistem em

reduções no escoamento superficial, dos dutos de drenagem e dos custos do sistema de drenagem pluvial (FINKLER, 2016).

Diante deste cenário, a adoção de canais verdes e de pavimentos permeáveis contribuem para a redução das taxas de escoamento superficial e, ao mesmo tempo, possibilitam o incremento das taxas de infiltração, diminuindo, por exemplo, o risco de enchentes. E poderia, ser instalado, inicialmente, em áreas públicas e, posteriormente, para o restante da população. Assim, são medidas que estão de acordo com o artigo número 139 do Projeto de Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo de Bauru (BAURU, 2021, p. 37), que dispõe sobre as áreas permeáveis deverão atender as seguintes disposições:

- I. a localização das áreas será definida na Diretriz Urbanística, formando, sempre que possível, um bloco único, e, respeitando os seguintes requisitos:
  - a) Estar localizada em áreas que, por sua configuração topográfica não apresentem declividade superior a 30% (trinta por cento), exceto as APPs;
  - b) ter acesso para a via oficial de circulação, mesmo que não implantada;
  - c) podem ser computadas as APPs;
  - d) podem ser computadas áreas sob linhas de transmissão;
  - e) reservatórios de detenção em conformidade com a legislação estadual vigente.
- II. áreas verdes e sistema de lazer, com raio mínimo circunscrito de 8 metros e área mínima de 300 m<sup>2</sup>;
- III. demais áreas computadas como áreas permeáveis onde não seja possível formar um bloco único deverão ter dimensão mínima de um círculo com diâmetro de 2m (dois metros), não sendo aceitos canteiros centrais de avenidas e rotatórias;
- IV. Áreas Verdes e APPs poderão ser urbanizadas conforme legislação estadual e federal vigentes.

#### - Conclusão da ETE Vargem Limpa

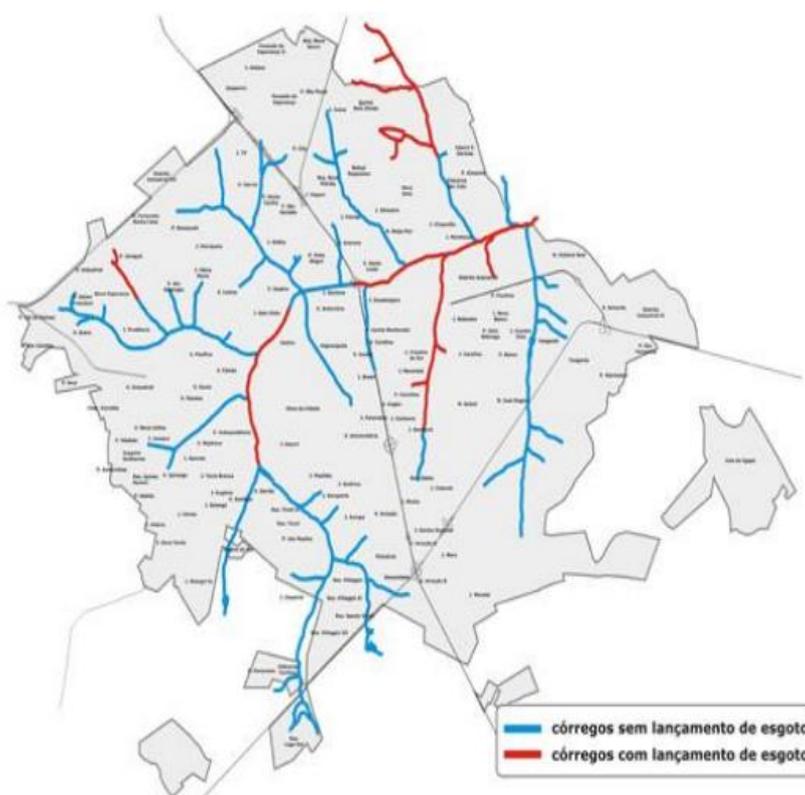
Para o planejamento de esgotamento sanitário municipal é importante a delimitação das bacias urbanas, assim, os sistemas de coleta e tratamento de esgoto devem ser selecionados e planejados em concordância com as características de geração de efluentes, aspectos climáticos e morfológicos. Sempre que possível devem-se posicionar as estações de tratamento de esgoto (ETEs) em locais estratégicos a jusante das cotas mais altas do terreno, evitando gastos de energia com o recalque de efluentes. As instalações de estações de tratamento, estações de bombeamento e demais estruturas devem ser licenciadas, respeitando sempre os requisitos legais relativos às áreas de preservação permanente.

Como mencionado na caracterização da bacia do rio Bauru (item 7.1.1.2), a construção da ETE Vargem Limpa está prevista para ser reiniciada no ano de 2023. Enquanto isso, com exceção do Distrito de Tibiriçá, que é atendido pela ETE Tibiriçá, e do Núcleo Gasparini,

Núcleo Índia Vanuire, Pousada da Esperança I, Pousada da Esperança II, Jardim Helena, Vila São Paulo, Nova Bauru e Vitória Régia que são atendidos pela ETE Candeia, o restante do esgotamento sanitário é despejado *in natura* no curso hídrico do rio Bauru. Salienta-se que duas ETEs em operação em Bauru fazem parte do sistema Tietê-Batalha, ou seja, os córregos receptores dos efluentes das mesmas não são reinseridos na Bacia do rio Bauru.

Como parte das obras ETE Vargem limpa, parte do esgoto passou a ser interceptado em alguns tributários do rio Bauru, como é possível, ver na Figura 108. Contudo, o esgoto segue ainda sendo despejado sem qualquer tratamento comprometendo todo o ecossistema, as pessoas que dependem dele e também, os recursos naturais dali extraídos, como é o caso da areia utilizada na construção civil.

**Figura 108.** Planta dos interceptores já implantados e a implantar no Sistema de Esgotamento Sanitário da Sede do Município, disponível no Plano de Saneamento Básico.



Fonte: Bauru (2017).

#### - Recuperação das matas ciliares e de áreas degradadas por erosão

De acordo com o artigo 36 do Plano Diretor (BAURU, 2008, p. 13), “Área de Interesse Ambiental é caracterizada por ocorrências ambientais isoladas, tais como remanescentes de vegetação, fundos de vale e paisagens naturais notáveis, áreas de proteção de mananciais,

ocupações irregulares, processos erosivos”, e apresenta ainda diretrizes para o desenvolvimento equilibrado de referidas áreas:

- I. Programas de preservação e recuperação ambiental;
- II. Programas específicos para remoção das favelas situadas em APP e áreas de risco;
- III. Desenvolvimento dos projetos e implantação dos parques lineares de fundo de vale, com atividades de recreação e lazer, e serviços públicos, podendo ser utilizada a operação urbana consorciada;
- IV. Implantação das barragens de contenção de águas pluviais;
- V. Rigorosa fiscalização inibindo a ocupação e degradação das áreas;
- VI. Desenvolvimento de ações específicas com relação à ocupação irregular visando à preservação.

Considerando as diretrizes, sugere-se, portanto, a recuperação e manutenção das matas ciliares nas margens e nas cabeceiras de drenagem; a realocação de pessoas que habitam em áreas de risco para locais onde tenha toda a infraestrutura necessária; utilizar as áreas de fundo de vale para serem convertidas em parques lineares e, assim, além de servirem como áreas de recreação e lazer, teriam a função de aumentar as taxas de infiltração da água da chuva, diminuindo, conseqüentemente, o escoamento superficial, que dependendo das condições do terreno e do uso da terra, poderia desencadear em focos erosivos e/ou enchentes; e, por fim, o cumprimento da legislação, por intermédio de uma fiscalização rigorosa.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os usos da terra refletem o processo histórico de ocupação no Brasil, que foi pautado na substituição da vegetação original por atividades agropecuárias, com planejamento inadequado, resultando em problemas ambientais, como redução da fertilidade dos solos e a intensificação da erosão hídrica, associados à diminuição da disponibilidade quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos. As referidas atividades modificam a dinâmica hidrológica em razão das alterações nas características de cobertura e perfil do solo, podendo ocasionar prejuízos diversos, principalmente como erosão, assoreamento e inundações.

A qualidade dos sedimentos fluviais tem relação direta com as formas de (re)produção do espaço geográfico, materializadas nos usos da terra. O conhecimento da ocupação da terra quanto à sua natureza, localização, forma de ocorrência e mudanças ocorridas em determinados períodos, é de grande valia para a programação de atividades que visam o desenvolvimento econômico e social de uma região.

O banco de dados criado com as informações produzidas neste trabalho fornece um importante arcabouço para intervenções futuras que visam a melhora dos indicadores das áreas de estudo, como também, o cumprimento da legislação vigente, a partir de uma leitura integrada do ambiente.

Os sedimentos fluviais se mostraram como eficaz contador de história, já que através de sua análise, conjuntamente com a da água, é possível identificar as alterações sofridas nas bacias. Em outras palavras, a qualidade microbiológica da água e dos sedimentos fluviais se mostraram como indicadores qualificados para compreender as mudanças ambientais, embora as normativas que fazem uso dos bioindicadores visem ambientes costeiros, devido a sua balneabilidade, como são os casos do Rio de Janeiro (2010), do Canadá (1999) e em Portugal (ABAE, 2008; 2010). Entretanto, são fundamentais que tais normativas além de atenderem outros parâmetros biogeoquímicos, demonstrem caminhos que visem a prevenção e a mitigação das áreas onde os sedimentos estão localizados.

Portanto, na ausência de parâmetros de qualidade de sedimentos que atendam todos os possíveis contaminantes presentes em sistemas fluviais, torna-se necessário reavaliar os padrões de análise dos sedimentos fluviais, pois são amplamente utilizados na construção civil e podem contribuir significativamente para a qualidade de vida da população, tanto em suas casas, como nas bacias hidrográficas onde as pessoas vivem.

Uma vez que nas normativas brasileiras, referente aos sedimentos fluviais (agregados miúdos), não sinalizam uma preocupação com parâmetros quanto a sua qualidade

microbiológica, que podem dar origem, quando encontram as condições necessárias de umidade e temperatura: a biodeterioração e problemas de saúde, como a aspergilose pulmonar.

Imperioso se faz pensar no desenvolvimento de critérios relacionados a qualidade dos sedimentos, através da utilização de bioindicadores, como as bactérias do grupo coliforme e de fungos decompositores, como o *Aspergillus Niger*. Neste sentido, os índices de qualidade de água são parâmetros numéricos referentes a concentração de contaminantes que visam proteger os organismos aquáticos e a qualidade dos corpos hídricos. Desta forma, tais parâmetros analisados de forma isolada não são suficientes para a proteção da saúde ambiental e humana.

Para a efetivação e um manejo adequado que vise a melhoria da qualidade das bacias estudadas e das pessoas que dependem delas seria necessário o cumprimento das legislações vigentes, como são os casos dos Planos Diretor de Águas e o de Saneamento Básico do município de Bauru. Ademais, que o Poder Público tendo acesso aos resultados e às contribuições para o desenvolvimento dos planos de manejo elaborados neste trabalho, se comprometa com a melhoria das bacias.

Entretanto, adotar somente medidas paliativas não resolvem a causa do problema, ou seja, a ocupação inadequada da bacia e a apropriação dos recursos naturais de forma predatória. Assim, é fundamental a utilização de práticas efetivas na reorganização socioespacial das áreas estudadas.

Os resultados obtidos neste trabalho compõem parte do diagnóstico da área de estudo para o desenvolvimento do planejamento ambiental das bacias. Como a etapa do diagnóstico ambiental deve conter a caracterização detalhada de todos os componentes que afetam a disponibilidade e a qualidade da água, realizar o levantamento dos usos e cobertura da terra, como também das condições das APPs são cruciais.

Logo, urge a necessidade de se pensar em um manejo sustentável da sub-bacia do rio Anhumas, já que ela é tributária do rio Paranapanema e desempenha importante papel econômico na região: irrigação de áreas agricultáveis, lazer, turismo rural e mineração; e da sub-bacia do rio Bauru, que recebe quase a totalidade do esgoto doméstico e industrial do município de Bauru, além de ser tributária do rio Tietê.

Assim, é fundamental que além do Poder Público, a população tenha conhecimento da condição real das bacias, principalmente, dos seus cursos hídricos, como também dos caminhos para mitigação e resolução dos problemas ambientais identificados nelas. De tal modo, para que possam cobrar uma mobilização junto às Câmaras municipais para execução do que consta nas normativas e para elaboração de outras, se necessário.

Por fim, salienta-se que para pesquisas futuras propõe-se amostrar também os tributários correlacionando-os com potenciais fontes difusas e pontuais de contaminação, para espacializar os dados e monitorar a contaminação, bem como utilizar outros parâmetros para análises física e química da água e dos sedimentos fluviais.

## 10. REFERÊNCIAS

- AB´SÁBER, A. N. O suporte ecológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp-Fapesp, 2011, p. 15-25.
- ABRANTES, A. S. M. **Identificação das possíveis causas e consequências do processo de biodeteriorações no reboco de algumas casas da Vila Sá e Jardim Brillhante, município de Ourinhos/SP**. 2014. 146 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – UNESP/Campus de Ourinhos, Ourinhos, 2014.
- ABRANTES, A. S. M. **Análise do uso da terra e suas implicações na qualidade microbiológica da areia destinada à construção civil nos municípios de Ourinhos/SP, Jacarezinho/PR e Ribeirão Claro/PR**. 2017. 150 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2017.
- ABRANTES, A. S. da M.; PIROLI, E. L. A UTILIZAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS EM PESQUISAS GEOGRÁFICAS. In: **Formação (Online)**, [S. l.], v. 26, n. 47, 2019. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/5537>. Acesso em: dez. 2021.
- ABRANTES, A. S. M.; PIROLI, E. L.; PERUSI, M. C. Conflitos no uso e cobertura da terra nas áreas de preservação permanente da Bacia do rio Anhumas, Ribeirão Claro/PR. In: **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 23, p. 352-369, 1 out. 2021a.
- ABRANTES, A. S. M.; PIROLI, E. L.; PERUSI, M. C. Processos em vertentes, uso da terra e contaminação de sedimentos fluviais no município de Ribeirão Claro/PR. In: XIV Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, 2021, Remoto. **Anais...** 2021b.
- ALMEIDA FILHO, G. **Diagnóstico de processos erosivos lineares associados a eventos pluviosos no município de Bauru – SP**. Dissertação de mestrado. FEC/UNICAMP. Campinas, 2000.
- ALMEIDA FILHO, G. S. Processos erosivos urbanos. In: POLETO, C. (org.) **Ambiente e sedimentos**. Porto Alegre: ABRA, 2008. p. 40-63.
- ALMEIDA, A. A.; SILVA, F. H.; FONSECA, C. S.; GUIMARÃES, L. L. Determinação quantitativa de coliformes fecais na areia das praias de Santos (São Paulo, Brasil). In: Encontro Nacional de Pós-Graduação, 2018, **Anais...** 2018. Disponível em: <<https://periodicos.unisanta.br/index.php/ENPG/article/view/1578/1292>>. Acesso em: 18 jun. 2022.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: APHA, 1985.
- ARAÚJO, A. S. et al. Proposta metodológica para coleta e monitoramento de sedimentos de fundo em corpos hídricos lânticos. Rio Branco, **Revista Uáquiri-PGGEO**, v. 2, n. 2, p. 99-113, ano 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/Uaquiri/article/view/3645/2663>. Acesso em: 04 de jul.

2021.

ARAUJO, P.R.de; TUCCI, C.E.M.; GOLDENFUM, J.A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n.3, 2000. 21-29 pp.

ASSOCIAÇÃO BANDEIRA AZUL DA EUROPA. **Monitorização da qualidade das areias em zonas balneares** - Época balnear 2010. Lisboa: ABAE, 2011.

ASSOCIAÇÃO BANDEIRA AZUL DA EUROPA. Monitorização da qualidade das areias em zonas balneares – Época Balnear de 2008. Lisboa: ABAE, 2008. Disponível em: <<https://bandeiraazul.abae.pt/wp-content/uploads/sites/2/2015/02/relatorio-areias-nov2008.pdf>>. Acesso em: jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.935**: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7221**: Agregados: ensaio de qualidade de agregado miúdo Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7218**: Agregados: Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9917**: Agregados para construção – determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2009b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 49**: Agregado miúdo: determinação de impurezas orgânicas Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL. **O mercado de agregados no Brasil**. São Paulo: ANEPAC, 2015.

ATTANASIO, C.M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

BASTOS, L. Chuvas agravam ainda mais erosão na Avenida Nuno de Assis. **Jornal da Cidade** (JCNET), Bauru, 17/03/2022. Disponível em: <<https://www.jcnet.com.br/noticias/geral/2022/03/794935-chuvas-agravam-ainda-mais-erosao-na-av--nuno-de-assis.html>>. Acesso em: jun. 2022.

BASTOS, L.; OSHIRO, V. Tempestade provoca estragos e deixa família ilhada em carro, na Avenida Nações Unidas. **Jornal da Cidade** (JCNET), Bauru, 29/12/2021. Disponível em: <<https://www.jcnet.com.br/noticias/geral/2021/12/786294-tempestade-provoca-estragos-e-deixa-familia-ilhada-em-carro-na-nacoes.html>>. Acesso em: jun. 2022.

BAURU (MUNICÍPIO). **Resolução COMDEMA 002/2002:** Determina diretrizes ambientais ao parcelamento do solo e para construções em condomínio nas Bacias dos Córregos Água da Ressaca e Água da Forquilha. Bauru: COMDEMA, 2002. Disponível em: <[https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/arquivos\\_site/sec\\_meioambiente/comdema/resolucoes//Resolu%C3%A7%C3%A3o\\_n%C2%BA\\_02;2002\\_-\\_Determina\\_diretrizes\\_ambientais\\_ao\\_parcelamento\\_do\\_solo\\_e\\_para\\_constru%C3%A7%C3%B5es\\_em\\_condom%C3%ADnio\\_nas\\_Bacias\\_dos\\_C%C3%B3rregos\\_%C3%81gua\\_da\\_Ressaca\\_e\\_%C3%81gua\\_da\\_Forquilha.pdf](https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/arquivos_site/sec_meioambiente/comdema/resolucoes//Resolu%C3%A7%C3%A3o_n%C2%BA_02;2002_-_Determina_diretrizes_ambientais_ao_parcelamento_do_solo_e_para_constru%C3%A7%C3%B5es_em_condom%C3%ADnio_nas_Bacias_dos_C%C3%B3rregos_%C3%81gua_da_Ressaca_e_%C3%81gua_da_Forquilha.pdf)>. Acesso em: nov. 2021.

BAURU (MUNICÍPIO). **Plano municipal saneamento básico:** diagnóstico técnico-participativo dos serviços de saneamento básico (Tomo I – caracterização municipal). Bauru: DAE, 2016. Disponível em: <[http://www.daebauru.sp.gov.br/2021/empresa/produto\\_03/CARACTERIZACAO\\_MUNICIPAL.pdf](http://www.daebauru.sp.gov.br/2021/empresa/produto_03/CARACTERIZACAO_MUNICIPAL.pdf)>. Acesso em: nov. 2021.

BAURU (MUNICÍPIO). **Plano diretor de águas:** caracterização da área de estudo. Bauru: DAE, 2014. Disponível em: <<http://www.daebauru.sp.gov.br/2021/empresa.php?item=PA2>>. Acesso em: nov. 2021.

BAURU (MUNICÍPIO). **Lei n. 7.181,** de 04 de fevereiro de 2.019. Disciplina o uso, a construção e a manutenção dos passeios e logradouros públicos no Município de Bauru. Bauru, 2019. Disponível em: <[https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/sist\\_juridico/documentos/leis/lei7181.pdf](https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/sist_juridico/documentos/leis/lei7181.pdf)>. Acesso em: jun. 2022.

BAURU (MUNICÍPIO). **Mapa de localização das áreas incluídas no perímetro urbano em 20/07/2018.** Bauru: Secretaria Municipal de Planejamento – Divisão de Diretrizes e Normas, 2018. Disponível em: <[https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/arquivos\\_site/sec\\_planejamento/mapas\\_digitais/2\\_-\\_Mapas\\_da\\_Lei\\_Per%C3%ADmetro\\_Urbano\\_-\\_Lei\\_7116-2018.pdf](https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/arquivos_site/sec_planejamento/mapas_digitais/2_-_Mapas_da_Lei_Per%C3%ADmetro_Urbano_-_Lei_7116-2018.pdf)>. Acesso em: jun. 2022.

BAURU (MUNICÍPIO). **Tratamento de esgoto em Bauru.** Bauru: DAE, 2021. Disponível em: <<http://www.daebauru.sp.gov.br/2021/empresa.php?item=CT2>>. Acesso em: nov. 2021.

BAURU (MUNICÍPIO). **Bauru: edição histórica.** São Paulo: Focus, 1977.

BAURU (MUNICÍPIO). **Dicas da Defesa Civil:** operação verão (2020-2021). Bauru: Defesa Civil, 2020. Disponível em: <<https://www2.bauru.sp.gov.br/gabinete/defesacivil.aspx>>. Acesso em: jun. 2022.

BAURU (MUNICÍPIO). **Lei n. 5. 631,** de 22 de agosto de 2008. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Bauru. Bauru, 2008. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1G2uJvyfZ2LsJRjVhG6jnaUITpq0-tSqK/view>>. Acesso em: mar. 2022.

BAURU (MUNICÍPIO). **LPUOS:** Projeto de Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo de Bauru. Bauru: Secretaria de Planejamento. Disponível em: <[https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/arquivos\\_site/sec\\_planejamento/plano\\_diretor/Revis](https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/arquivos_site/sec_planejamento/plano_diretor/Revis)>

%C3%A3o\_da\_Lei\_de\_Parcelamento\_Uso\_e\_Ocupa%C3%A7%C3%A3o\_do\_Solo\_-\_LPUOS.pdf>. Acesso em: jun. 2022.

BAURU (MUNICÍPIO). **ETE Vargem Limpa**: obra deverá ser retomada só em 2023. Bauru: Acessoria de imprensa, 2022. Disponível em: <<https://www.bauru.sp.leg.br/imprensa/noticias/ete-vargem-limpa-obra-devera-ser-retomada-so-em-2023/>>. Acesso em: junho/2022.

BEVILACQUA, J. E. **Estudos sobre a caracterização e a estabilidade de amostras de sedimento do rio Tietê, SP**. 190 f. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I.; FASOLO CARVALHO, A. P.; POTTER, O.; AGLIO, M. L. D.; SILVA, J. S.; CHAFFIN, C. E.; CARVALHO JUNIOR, W. **Mapa de solos do Estado do Paraná** (escala 1:250.000). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.

BICZOK, I. **Corrosion y Protección del Hormigón**. Trad. Emílio D'Ocion Asensi. Bilbao. España: URMO, p. 198-318, 1972.

BIGARELLA, J. J. **A Serra do Mar e a porção oriental do estado do Paraná**: um problema de segurança ambiental e nacional. Curitiba: Secretaria de Planejamento do Paraná/ Associação de defesa e educação ambiental, 1978.

BITTENCOURT, G. F. M.; CASTIGLIONE, L. H. G.; STRAUCH, J. C. M. Conflito do uso e cobertura da terra em áreas de preservação permanente na cidade de Niterói, RJ. In: **GeoUERJ**, Rio de Janeiro, n. 33, p. 1-27, 2018. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/30695/27309>>. Acesso em: 25/07/2021.

BONAN, G. B. **Ecological Climatology**: concepts and applications. England: Cambridge University Press, 2002.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 73-115.

BRANDÃO, A. M. S. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado**: aspectos relativos ao projeto. 137 f. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos/ SP, 1998.

BRASIL. **Lei n. 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <[https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra;jsessionid=FF6287BC38836EBD9BC60A913B631C31.proposicoesWebExterno2?codteor=470365&filename=LegislacaoCitada+-PL+1253/2007](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=FF6287BC38836EBD9BC60A913B631C31.proposicoesWebExterno2?codteor=470365&filename=LegislacaoCitada+-PL+1253/2007)>. Acesso em: 03/07/2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução n. 58**, de 30 de janeiro de 2006. Aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <<https://cnrh.mdr.gov.br/inserir-documentos-nos-artigos/resolucoes/33-resolucao-n-58-de-30-de-janeiro-de-2006/file>>. Acesso em: 03/07/2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 274**, de 29 de Novembro de 2000. Dispõem sobre a Balneabilidade das águas. Brasília, CONAMA: 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, CONAMA: 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 430**, DE 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, CONAMA, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 454**, de 1 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Brasília: CONAMA, 2012.

BRASIL. **Lei n. 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 03/07/2021

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual Prático de Análise de água**. Brasília: FUNASA, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Descrição dos meios de cultura empregados nos exames microbiológicos – Módulo IV**. Brasília: ANVISA, 2004. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/microbiologia/mod\\_4\\_2004.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/microbiologia/mod_4_2004.pdf)>. Acesso em: set. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Saúde de A a Z**. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aspergilose>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Corredores ecológicos: experiências em planejamento e implementação**. Secretaria de Biodiversidade e Floresta. Brasília, MMA, 2007.

BRASIL. **Lei n. 9.985**, de 18 de julho de 2000 - Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasil (DF), 2000.

BRITO, R. R.; ASP, N. E.; BEASLEY, C. R.; SANTOS, H. S. S. Características sedimentares fluviais associadas ao grau de preservação da mata ciliar – Rio Urumajó, nordeste paraense. In.: **ACTA Amazônia**, v. 39, n. 1, 2009, p. 173-180.

CABRAL, A. **Análise de dois métodos de coleta de sedimentos em suspensão nos rios córrego Grande e Ana D'ávila**. 2018. 66 f. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Eng. Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

CALHEIROS, R.O. et al. **Preservação e recuperação de nascentes**. Piracicaba: Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ, 2004.

CANADÁ. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Arsenic. In: **Canadian environmental quality guidelines**, Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, 1999. Disponível em: <<https://ccme.ca/en/resources/water-aquatic-life#>>. Acesso em: 12 julho de 2021.

CANATO, H. M.; CONCEIÇÃO, F. T.; HAMADA, J.; MORUZZI, R. B.; NAVARRO, G. R. B. N. Caracterização hidrogeoquímica do aquífero Adamantina na área urbana de Bauru, SP. In.: **Ciência & Engenharia**, v. 23, n. 2, jul./dez., 2014, p. 39 – 47. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Moruzzi/publication/276838616\\_Caracterizacao\\_hidrogeoquimica\\_do\\_aquifero\\_adamantina\\_na\\_area\\_urbana\\_de\\_Bauru\\_SP/links/55631ad908ae8c0cab335cf8/Caracterizacao-hidrogeoquimica-do-aquifero-adamantina-na-area-urbana-de-Bauru-SP.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Moruzzi/publication/276838616_Caracterizacao_hidrogeoquimica_do_aquifero_adamantina_na_area_urbana_de_Bauru_SP/links/55631ad908ae8c0cab335cf8/Caracterizacao-hidrogeoquimica-do-aquifero-adamantina-na-area-urbana-de-Bauru-SP.pdf)>. Acesso em: nov. 2021.

CARDOSO, A. R. **Evolução urbana e o enriquecimento de sedimentos por metais-traço na Barragem Mãe d'água, sub-bacia do Arroio Dilúvio, RMPA/RS**. Dissertação (Mestrado em recursos hídricos e saneamento ambiental). 87 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; MORTARI, D.; FÁZIO, J. A.; MOTTA, N. O.; FRANCISCO, R. A. Processos erosivos. In: CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; METO, M. T. S. (orgs.) **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. Brasília: FINATEC, 2006, p. 39-91.

CASTRO, L. I. S.; CAMPOS, S.; ZIMBACK, C. R. L.; BARROS, Z. X.; BARROS, B. S. X. SIG aplicado no conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. **Anais...** Natal, 2009, p. 3651-3656. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.21.46/doc/3651-3656.pdf>>. Acesso em: 19/07/2021.

CATELAN, M. J. **Expansão territorial urbana e enchentes em Bauru**. 2008. 104 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2008.

CLAUDINO, C. M. A.; GOMES, B. M. C.; NEVES, Y. T.; NASCIMENTO, M. V. **Presença de bactérias no concreto: uma análise da biodeterioração e bioregeneração**. In: CONPAR/POLI/UPE. v. 1. n. 1. 2017. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/CONPAR/article/view/612>. Acesso em: jul. 2021.

CONSTANTINO, N. R. T. **A construção da paisagem de Bauru: os fundos de vale**. 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1989.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. **Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP usando imagens Landsat-5**. In: Ra'ega, v. 21, p. 234-271, 2011.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L. Modelagem de erosão e aporte de sedimentos em bacia hidrográfica com o modelo watem/sedem. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 21, n. 78, p. 117-137, dez. 2021. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/53059/30193>>. Acesso em: 17 de jul. 2021.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. Belém, 2011.

DIAS-FILHO, M. B. **Documentos 402: Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>>. Acesso em: 19/07/2021.

DOI, S. A. **Qualidade sanitária da Baía do Araçá, São Sebastião/SP**. 2018. 146 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Rio Claro, 2018.

DUARTE, K. M. R.; GOMES, L. H.; DOZZO, A. D. P.; ROCHA, F.; LIRA, S. P.; DEMARCHI, J. J. A. A. Qualidade microbiológica da água para consumo animal. In: **B. Indúst. Anim.**, Nova Odessa, v.71, n.2, p.135-142, 2014

ENEAS, G. A. **Análise de contaminação do solo em função dos diferentes usos, por meio do estudo do escoamento superficial simulado na bacia do ribeirão Pípiripau/DF**. 2016. 122 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas). Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

FERNANDES, L.A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. 1992. 192 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FERNANDES, L.A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1998. 216 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FIGUEIREDO, J. C.; PAZ, R. M. Nova Classificação Climática e o aspecto climatológico de Bauru, SP. **Anais...** 2010, Belém, XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belém, 2010.

FINKLER, R. Técnicas e práticas de gestão de Bacias hidrográfica. In: **Planejamento, manejo e gestão de bacias**. Foz do Iguaçu: ANA e Itaipu Binacional, 2016.

FILA, J. C.; AUDIBERT, J. L.; MORALES, G. Biodeterioração de concretos e argamassas. In: **Techne**, ed. 157, abril/2010. Disponível em: <Techno.pini.com.br/engenharia-civil/157/artigo285799-1.aspx>. Acesso em: jul. 2021.

FRAZÃO, E. B. As rochas como material de construção: agregados, rochas ornamentais e para revestimento. In: TEIXEIRA, W. FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F (orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editorial Nacional, 2009. p. 601-604.

FREITAS, B. Rio Bauru transborda e e veículos ficam parcialmente submersos. **Jornal da Cidade (JCNET)**, Bauru, 21/02/2020. Disponível em: <<https://www.jcnet.com.br/noticias/geral/2020/02/715217-rio-bauru-transborda-e-nuno-de-assis-e-interditada.html>>. Acesso em: jun. 2022.

FURTADO, D. A.; KONING, A. **Gestão integrada de recursos hídricos**. Campina Grande: Agenda, 2008.

GABER, M. T. T. **Bacteria as a bio indicator for water pollution**. Cairo: October University for Modern Sciences and Arts, 2020. Disponível em: <<http://repository.msa.edu.eg/xmlui/handle/123456789/3876>>. Acesso em: jan. 2022.

GIANNINI, P. C. F.; MELO, M. S. Capítulo 9: Do grão à rocha sedimentar: erosão, deposição e diagênese. In: TEIXEIRA, W. FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F (orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editorial Nacional, 2009. p. 240-277.

GÓIS, T. S. **Estudo de corrosão do concreto microbiologicamente induzida (CCMI) em estruturas de saneamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). 164 f. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Vitória, 2016.

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. IBGE: Rio de Janeiro, 1993.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M.; ALENCAR, A.; SILVA, E. Monitoramento de voçorocas em Açailândia/MA. **Anais...** 1995, Bauru, V Simpósio Nacional de controle de erosão. ABGE. p. 373-376, 1995.

GUERRA; A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In.: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000, p. 337-380.

GUERRA, A. J. T. Encostas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 13-42.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. Degradação dos solos – abordagens teóricas e estudos de casos, ao longo de 25 anos (1994–2019), no âmbito do Lagesolos. **Revista Humboldt**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 1-35, 2021. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/humboldt/article/view/57375/36820>. Acesso em: 10 de Jul. 2021.

HOFFMANN, T. C. P.; OLIVEIRA, F. A. Influência do uso da terra em áreas rurais e urbanas na produção e transporte de sedimentos em suspensão e turbidez na bacia do rio Capivari, Lapa-PR. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 4, p.821-836, 2018.

HUDSON-EDWARDS, K. Fluvial environments. In: PERRY, C.; TAYLOR, K. (orgs). **Environmental sedimentology**. Blackwell Publishing, 2007, p. 75-108.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual de uso da terra**. IBGE: Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2 ed. IBGE: Rio de Janeiro, 2012.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE: cidades**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: set. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mineração e Município: bases para planejamento e gestão dos recursos naturais**. São Paulo: IPT, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS. **Boletim**: características da estação do inverno – 2021. Bauru: IPMET/Unesp, 2021. Disponível em: < [https://www.ipmetradar.com.br/4estacoes/4estacoes/CARACT\\_INVERNO.pdf](https://www.ipmetradar.com.br/4estacoes/4estacoes/CARACT_INVERNO.pdf) >. Acesso em: out. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS. **Boletim**: características gerais e como foi o Verão de 2021 em Bauru. Bauru: IPMET/Unesp, 2021. Disponível em: < [https://www.ipmetradar.com.br/4estacoes/4estacoes/CARACT\\_VERAO.pdf](https://www.ipmetradar.com.br/4estacoes/4estacoes/CARACT_VERAO.pdf) >. Acesso em: out. 2021.

JORNAL DOIS. Ruas de Bauru alagam há pelo menos 50 anos sem solução de planejamento. **Jornal Dois**, Bauru, 19/03/2021. Disponível em: < <http://jornaldois.com.br/ruas-de-bauru-alagam-ha-pelo-menos-50-anos/>>. Acesso em: jun. 2022.

JORGE, M. C. O. Geomorfologia urbana: conceitos, metodologias e teorias. In: GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 117-145.

KAIMOTI, N. L. A. **Paisagens vivenciadas**: apropriações públicas dos fundos de vale e sistemas de espaços livres. Estudo de caso no município de Bauru. 2009. 170 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seis aspectos geobiohidrológicos. In: **I Seminário de Hidrologia Florestal**: zonas ripárias. Alfredo Wagner/SC, 2003. Disponível em:  
<<http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ZONAS%20RIPARIAS%20%28ecoengenharia%29%202003.pdf>>. Acesso em: 04/07/2021.

LABRES, H. S. **Análise da biodeterioração de sistemas de fachadas e a eficácia de tintas na inibição do desenvolvimento fúngico**. 2019. 213 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2019.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo: Edusp-Fapesp, 2011, p. 33-44.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: **Matas ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP/FAPESP. Disponível em:  
<[https://www.ipef.br/publicacoes/acervohistorico/informacoestecnicas/hidrologia\\_de\\_matas\\_ciliares.aspx](https://www.ipef.br/publicacoes/acervohistorico/informacoestecnicas/hidrologia_de_matas_ciliares.aspx)>. Acesso em: 02/07/2021.

MACEDO, M. C. M. Degradação de Pastagens: Conceitos e Métodos de Recuperação. **Anais...** 1999, Campo Grande, Simpósio Sustentabilidade da Pecuária de Leite no Brasil. Embrapa Gado de Leite. p.137-150, 1999.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; ARAUJO, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: Encontro de adubação de pastagens da Scot consultoria - Tec - Fértil, 2013, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Bebedouro: Scot Consultoria, 2013. p. 158-181. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/976514>>. Acesso em: 19/07/2021.

MAFRA, N.M.C. Erosão e Planificação do uso do solo. In: GERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M.(org) **Erosão e Conservação dos solos**: Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p. 301-320.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. Disponível em: <  
[https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/pastagem?activeBaseMap=6&layersOpacity=100&activeModule=quality\\_of\\_pasture\\_data&activeModuleContent=quality\\_of\\_pasture\\_data%3Aquality\\_of\\_pasture\\_data\\_main&activeYear=2000%2C2021&mapPosition=-23.265797%2C-49.757308%2C11&timelineLimitsRange=2000%2C2021&activeLayers=estados&baseParams\[territoryType\]=4&baseParams\[territoryValueType\]=multiple&baseParams\[territory\]=4249&baseParams\[territories\]=4249%3BRibeir%C3%A3o%20Claro%20%28PR%29%3B4%3BMunic%C3%ADpio%3B-23.44215449499997%3B-49.89302055499999%3B-23.08920638199995%3B-49.62159517000002&baseParams\[classesViewMode\]=naturalOrAnthropic&baseParams\[activeClassTreeOptionValue\]=quality\\_of\\_pasture\\_main&baseParams\[activeClassTreeNodeIds\]=79%2C80%2C81&baseParams\[activeSubmodule\]=quality\\_of\\_pasture\\_data\\_main&basePara](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/pastagem?activeBaseMap=6&layersOpacity=100&activeModule=quality_of_pasture_data&activeModuleContent=quality_of_pasture_data%3Aquality_of_pasture_data_main&activeYear=2000%2C2021&mapPosition=-23.265797%2C-49.757308%2C11&timelineLimitsRange=2000%2C2021&activeLayers=estados&baseParams[territoryType]=4&baseParams[territoryValueType]=multiple&baseParams[territory]=4249&baseParams[territories]=4249%3BRibeir%C3%A3o%20Claro%20%28PR%29%3B4%3BMunic%C3%ADpio%3B-23.44215449499997%3B-49.89302055499999%3B-23.08920638199995%3B-49.62159517000002&baseParams[classesViewMode]=naturalOrAnthropic&baseParams[activeClassTreeOptionValue]=quality_of_pasture_main&baseParams[activeClassTreeNodeIds]=79%2C80%2C81&baseParams[activeSubmodule]=quality_of_pasture_data_main&basePara)>

ms[activeClassesLevelsListItems]=48%2C49%2C52%2C53%2C69%2C60%2C71 >. Acesso em: novembro/2022.

MEDEIROS, M. H. F. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos com proteção superficial frente à ação de íons cloretos**. São Paulo, 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

MELLO, N. A. Relação entre a fração mineral do solo e a qualidade de sedimentos: o solo como fonte de sedimentos. In: POLETO, C. MERTEN, G. H. (orgs). **Qualidade dos sedimentos**. Porto Alegre: ABRH: 2006, p. 38-82.

MENDES, B.; NASCIMENTO, M. J.; OLIVEIRA, J. S. Preliminary characterisation and proposal of microbiological quality standard of sand beaches. In: **Water Science and Technology**, Oxford, v.27, n.3-4, p.453 – 456, 1993.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. Monitoramento de bacias hidrográficas para identificar fontes de sedimentos em suspensão. In: **Ciência Rural**, v.41, n.3, mar/2011, p.424-432.  
MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation**. Malden: Blackwell, 2005.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. Aplicação das características químicas e físicas dos sedimentos na modelagem dos processos de emissão de sedimentos em bacias hidrográficas. In: POLETO, C. MERTEN, G. H. (orgs). **Qualidade dos sedimentos**. Porto Alegre: ABRH: 2006, p. 343-383.

MONBEIG, P. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo**. Tradução: Ary França e Raul de Andrade e Silva. São Paulo: Hucitec/Polis, 1984.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3.ed. atual. rev. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

NEVES, T.; FOLONI, L.L.; PITELLI, R.A. Controle químico do aguapé (*Eichhornia crassipes*). In: **Planta Daninha** (Edição Especial), Viçosa-MG, v.20, p.89-97, 2002.  
Disponível: <  
<https://www.scielo.br/j/pd/a/jZM6m3G7fWpKGQJZNMKMMFN/?lang=pt&format=pdf> >.  
Acesso: nov. 2021.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Tradução de: GIAMMUSSO, S. E. São Paulo: PINI, 2013.

NITSCHKE, P. R.; et al. **Atlas climático do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2019. Disponível em: <  
<http://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>>. Acesso em: 02/07/2021

NUNES, J. O. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. G.; AMORIM, M. C. C. T.; PERUSI, M. C. A influência dos métodos científicos na Geografia Física. In: **Revista Terra Livre**, Presidente Prudente, ano 22, v. 2, n. 27, p. 121-132, jul-dez/2006. Disponível em: <<https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/documentos839/docs/texto-terra-livre-final.pdf>>. Acesso em: 21. Dez. 2021.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M. & CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônomico; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 1999.

OLIVEIRA, P. E. S.; CARVALHO FILHO, C. A.; MOREIRA, R. M.; RAMOS, M. E. A. F.; SILVA, N. F. Avaliação da qualidade dos sedimentos fluviais no entorno da mina de urânio de Caldas. In: **Geonomos**, 26(2), 31-40, 2018.

PARANÁ (Estado). **Mapa geológico do Paraná** (Escala: 1:650.000). Curitiba, 2006.

PARANÁ (Estado). **Mapa de uso e cobertura da terra do estado do Paraná**. (Escala: 1:1.000.000). Curitiba, 2010.

PARANÁ (Estado). Instituto Água e Terra. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **ÁGUASPARANÁ**: Instituto de Águas do Paraná. Sistema de Informações Hidrológicas. 2021. Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Sistema-de-Informacoes-Hidrologicas#>>. Acesso em: 19/07/2021.

PAULA E SILVA F. **Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no estado de São Paulo**. 2003. 166 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

PAULA JÚNIOR, M. **Sugestão de aplicação da metodologia metabarcoding como ferramenta para otimizar os resultados da análise de água padrão feitas pelo IGAM em cursos d'água em Minas Gerais**. 2020. 17 f. Produto técnico (Mestrado profissional em sustentabilidade e tecnologia ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, 2020.

PEREIRA, L. M. **Avaliação das patologias e da biodeterioração na biblioteca central da UFSM**. 2012. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

PINHEIRO, S. M. M. **Impacto da colonização do fungo *Cladosporium sphaerospermum* na argamassa do concreto**. 2003. 135 f. Dissertação (mestrado em engenharia civil). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória, 2003.

PINHEIRO, G. M. **As chuvas extremas e suas repercussões no espaço urbano de Bauru/SP: 1978 a 2008**. 2012, 163 f. Dissertação (mestrado em geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Pardo**. 2013. 150 f. Tese (Livres-docência) – Campus de Ourinhos. Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2013.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010.

POLETO, C.; MERTEN, G. H. Rede de monitoramento e coleta de amostras. In: POLETO, C. MERTEN, G. H. (orgs). **Qualidade dos sedimentos**. Porto Alegre: ABRH: 2006, p. 1-38.

POLETO, C.; CASTILHOS, Z. C. Impacto por poluição difusa de sedimentos em bacias urbanas. In: **Ambientes e sedimentos**. Porto Alegre: ABRH, 2008, p. 194-290.

RECHE, M. H. L. R.; PITTOL, M.; FIUZA, L. M. Bactérias e bioindicadores de qualidade de águas de ecossistemas orizícolas da região sul do Brasil. In: **Oecologia Australis**, n. 14, v. 2, 2010, p. 452- 463.

RIBEIRÃO CLARO (MUNICÍPIO). **Lei complementar n. 17/2008**. Institui o plano diretor de uso e ocupação do solo do município de ribeirão claro, estado do paraná e dá outras providências. Ribeirão Claro, 2008. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/plano-diretor-ribeirao-claro-pr>>. Acesso em: jun. 2022.

RIBEIRÃO CLARO (MUNICÍPIO). **Lei complementar n. 51/2011**. Dispõe sobre o uso e ocupação do solo municipal de ribeirão claro, e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-ribeirao-claro-pr>>. Acesso em: jun. 2022.

RICCOMINI, C.; ALMEIDA, R. P.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Capítulo 11: Processos fluviais e lacustres e seus registros. In: TEIXEIRA, W. FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F (orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editorial Nacional, 2009. p. 306-333.

RIGHETTO A. M. (coor.) **Manejo de Aguas Pluviais Urbana**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RIO DE JANEIRO (Município). **Resolução SMAC n. 468**, de 28 de janeiro de 2010. Dispõe sobre a análise e informações das condições das areias das praias no Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: SMAC, 2010. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1458891/DLFE-226002.pdf/Resolucao468de28012010.pdf>>. Acesso em: jun. 2022.

ROCHA, G. C.; OLIVEIRA, G. A. Contaminação de sedimentos fluviais por Mercúrio: estudo de caso em Descoberto, MG. In: **Braz. J. of Develop.**, v.6, n.9, Curitiba, 2020.

RODRIGUES, A. M. **A produção e consumo do e no espaço**: a problemática ambiental urbana. São Paulo: Hucitec (1988).

ROSA, M.; CHIMBO, J. Z.; AZEVEDO, T. MapBiomias – mapeando as transformações do território nas últimas três décadas. I: BARBOSA, L. M. (Coord.). **Desafios do processo frente à crise ambiental**: VIII SIMPÓSIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA. São Paulo: Instituto de Botânica, 2019, p. 95-100. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Barbosa-4/publication/338513848\\_GOVERNO\\_DO\\_ESTADO\\_DE\\_SAO\\_PAULO\\_SECRETARIA\\_DE\\_INFRAESTRUTURA\\_E\\_MEIO\\_AMBIENTE\\_Restauracao\\_Ecologica\\_Desafio\\_do\\_processo\\_frente\\_a\\_crise\\_ambiental\\_Coordenacao\\_geral\\_Luiz\\_Mauro\\_Barbosa/links/5e18825192851c8364c08ddf/GOVERNO-DO-ESTADO-DE-SAO-PAULO-SECRETARIA-DE-INFRAESTRUTURA-E-MEIO-AMBIENTE-Restauracao-Ecologica-Desafio-do-processo-frente-a-crise-ambiental-Coordenacao-geral-Luiz-Mauro-Barbosa.pdf#page=96](https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Barbosa-4/publication/338513848_GOVERNO_DO_ESTADO_DE_SAO_PAULO_SECRETARIA_DE_INFRAESTRUTURA_E_MEIO_AMBIENTE_Restauracao_Ecologica_Desafio_do_processo_frente_a_crise_ambiental_Coordenacao_geral_Luiz_Mauro_Barbosa/links/5e18825192851c8364c08ddf/GOVERNO-DO-ESTADO-DE-SAO-PAULO-SECRETARIA-DE-INFRAESTRUTURA-E-MEIO-AMBIENTE-Restauracao-Ecologica-Desafio-do-processo-frente-a-crise-ambiental-Coordenacao-geral-Luiz-Mauro-Barbosa.pdf#page=96)>. Acesso em: 17 de jul. 2021.

SALMONS, W. BRILS, J. **Contaminated Sediments in European River Basin**. SedNet Document, 2004.

SANTANA, A. D., NUNES, J. O. R. Relação sociedade-natureza e degradação ambiental no modo de produção capitalista: um esforço de síntese. In: **Geoambiente On-Line**, n. 39, 2021. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/65414>>. Acesso em: 19 de janeiro de 2022.

SANTO, C. L. et al. Avaliação ambiental da área de preservação permanente das nascentes e corpo hídrico impactados pela atividade pecuária rotativa. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n.5, p.25385-25390, mai. 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/9687/8137>>. Acesso em: 12 de jul. 2021.

SANTOS, W. L.; SILVA, P. M. Análise da concentração de sedimentos em suspensão (css) em ambiente fluvial lântico no sudoeste amazônico – Acre – Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, XI. 2016, Maringá. **Anais...Maringá**, 2016. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/3/3-463-126.html>. Acesso em: 04 jul. 2021.

SANTOS, J. A. dos; VITTE. A. C. **A atuação dos conselhos municipais em Bauru –SP e o meio ambiente urbano**. Campinas: IG/Unicamp, 2004.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no Córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.1, p.60–68, 2013.

SANTOS, C. R. **Alternativa metodológica para alocação de corredores ecológicos utilizando modelagem ambiental**. 2017. 220f. Tese (Doutorado em Geografia) – Campus de Presidente Prudente. FCT/Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017.

SÃO PAULO (ESTADO). **Decreto n. 8.468**, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>>. Acesso em: nov. 2021.

SÃO PAULO (ESTADO). **Decreto n. 10.755, de 22 de novembro de 1977**. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 e dá providências correlatas. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1977/decreto-10755-22.11.1977.html>>. Acesso em: nov. 2021.

SÃO PAULO (ESTADO). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). **L5. 406**: Coliformes termotolerantes: determinação em amostras ambientais pela técnica de tubos múltiplos com meio A1 – método de ensaio. São Paulo: CETESB, 2007.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Inventário florestal do estado de São Paulo (2020)**: mapeamento da cobertura

vegetal nativa. São Paulo: Instituto Florestal, 2020. Disponível em: <<https://smastr16.blob.core.windows.net/home/2020/07/inventarioflorestal2020.pdf>>. Acesso em: abr. 2022.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo. **Cadernos da mata ciliar**. São Paulo: SMA, 2009.

SARI, V.; POLETO, C.; CASTRO, N. M. R. Caracterização dos processos hidrossedimentológicos em bacias rurais e urbanas. In: **Enciclopédia Biosfera**, Centro científico Conhecer. v. 9, n. 16, Goiânia, 2013, p. 596-624.

SILVA, M.P.S.da; BARBOSA, T.R.L.; BARROSO, D.G. **Preservação de nascentes**. Niterói: Programa Rio Rural, 2008.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M.; MEIRELES, A. J. A. **Planejamento ambiental e bacias hidrográficas**. Fortaleza: UFC, 2011.

SILVA, A. S. Solos urbanos. In: GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 43-69.

SILVA, S. R. **Caracterização hidrogeoquímica dos sistemas aquíferos Bauru e Guarani, no município de Bauru**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista – Campus Rio Claro, Rio Claro, 2009.

SILVA, E. C. N.; DIAS, M. B. G.; MATHIAS, D. T. A abordagem tecnogênica: reflexões teóricas e estudos de caso. In: **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n. 1. Curitiba, 2014, p. 01-11.

SILVEIRA, V. D. **Micologia**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1995.

SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J.; SOBREIRO NETO A.F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. In: **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 3, 1980, p. 177-185.

SOARES, M. P. F.; HADDAD, H. C.; SUASSUNA, R. C. A.; LISBOA, G. P.; SILVA, V. A.; LISBOA, G. S. Análise Microbiológica da areia nas praias urbanas do município de Ilhéus, Bahia, Brasil. **Conjecturas**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 333–343, 2022. DOI: 10.53660/CONJ-1047-P03. Disponível em: <http://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/1047>. Acesso em: 18 jun. 2022.

SOUTO, A. R.; CRESTANA, S. Identificação das áreas potenciais de produção de sedimentos como o modelo AGNPS e técnicas de SIG em uma microbacia hidrográfica. In: **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 4, n. 3, Campina Grande, Set/dez, 2000.

SOUSA, C. P. Segurança alimentar e doenças veiculadas por alimentos: utilização do grupo coliforme como um dos indicadores de qualidade de alimentos. In: **Revista APS**, v.9, n.1, p. 83-88, jan./jun. 2006.

SOUZA, T. D. **Detecção de Staphylococcus spp multirresistentes em água e sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém**. 2018. 66 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Ambientes Costeiros) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências/ Campus de São Vicente, 2018.

SOUZA, V. C. M.; RIPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

SOUZA, B. T. **Análise dos metais pesados nos sedimentos de fundo do Alto Jequitinhonha em áreas afetadas pela atividade de extração mineral, Diamantina/MG**. 2020. 104 f. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (Area-altitude) analysis of erosional topography. In.: Bull. G.S.A., v. 63, 1952, p. 1117-1142.

STRADIOTO, M. R. **Hidrogeoquímica e aspectos diagenéticos do sistema aquífero Bauru na região sudoeste do Estado de São Paulo**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, Rio Claro, 2007.

SUERTEGARAY, D. M. A. A problemática ambiental – Questão ambiental: produção e subordinação da natureza. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; DANTAS, E. W. C. (orgs.). **Panorama da geografia brasileira 2**. São Paulo: Anablume, 2006.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

SUGUIO, K. BIGARELLA, J. J. **Ambientes de sedimentação, sua interpretação e importância: ambiente fluvial**. Curitiba: Editora UFPR/ADEA, 1979.

TAYLOR, K. Urban environments. In.: PERRY, C; TAYLOR, K. (orgs.). **Environmental sedimentology**. Blackwell Publishing, 2007, p. 190-227.

TORTORA, G.; FUNKE, B. T.; CASE, L. **Microbiologia**. Porto Alegre: Artmed, 2012.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. S. (orgs.) **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, 2003, p. 45-141.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Plano diretor de drenagem urbana - Manual de Drenagem Urbana**. UFRG/IPH. Porto Alegre, 2005.

TUNDIZINI, J. G. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. In: Estudos avançados, v. 22, n. 63, 2008.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION.

UNESCO. **Sediment Issues & Sediment Management in Large River Basins Interim: Case Study Synthesis Report**. International Sediment Initiative. Technical Documents in Hydrology. Beijing: UNESCO & ISI, 2011. Disponível em: <<http://isi.irtces.org/isi/rootfiles/2017/07/04/1496391629465963-1498713525773654.pdf>>. Acesso em: out. 2021.

VERSTRAETEN, G. et al. The use of riparian vegetated filter strips to reduce river sediment loads: an overestimated control measure? In: **Hydrological Processes**, Chichester, v.20, 2006, p.4259- 4267.

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. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.55-64, 2010.

VIEIRA, A. G. **A qualidade das águas em canais fluviais da bacia hidrográfica do córrego do Gramado, no município de Presidente Prudente/SP: a interpretação a partir dos diferentes formas de apropriações do território**. 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, FCT/ Campus de Presidente Prudente, 2018.

VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais**. Série Técnica IPEF, v.12, n.32, 1998, p.25-42.

VOLKWEIS, D. S. H.; LAZZARETTI, J.; BOITA, E. R. F.; BENETTI, F. Qualidade microbiológica da água utilizada na produção de alimentos por agroindústrias familiares do município de Constantina/RS. In: **Revista Eletrônica em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental**, n. 19, 2015, p. 18–26.

WALTRICK, P. C. **Erosividade de chuvas no Paraná: atualização, influência do “el niño” e “la niña” e estimativa para cenários climáticos futuros**. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná – Campus de Curitiba, Curitiba, 2010.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. M.; DIECKOW, J.; OLIVEIRA, D. Estimativa da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: atualização com dados de 1986 a 2008. In: **R. Bras. Ci. Solo**, n. 39 2015, p.256-267. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/NtVF3kDQBg6tZWqgRL5fcXt/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 19/07/2021.

WEI, S.; JIANG, Z.; LIU, H.; ZHOU, D.; SANCHEZ, M. microbiologically induced deterioration of concrete. In: **A Review. Brazilian Journal of microbiology**, v. four. n. 4. 2013, p. 1001-1007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjm/a/VWM4xVvmc3XkZDVBxvDrWTs/?lang=en>. Acesso em jul. 2021.

WEI, S.; SANCHEZ, M.; TEJO, D.; GILLS, C. Microbial mediated deterioration of reinforced concrete structures. In: **Inter. Biodete. & Biodegra.**, n. 64, 2010, p. 748-754. Disponível em: <https://risk-reliability.uniandes.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?media=wei2010.pdf>. Acesso em jul. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould**. Genova: World Health Organization, 2009.

ZOCCAL, J. C. Adequação de erosões: causas, consequências e controle da erosão rural. In: **Caderno de Estudos em Conservação do Solo e Água**, v. 1, n. 1. Presidente Prudente: CODASP, 2007.