



THAÍS SIQUEIRA CARNEIRO

**ANÁLISE HIDROMORFOLÓGICA E DA
QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIBEIRÕES
ESPERA E ARARAS LOCALIZADOS NO
MUNICÍPIO DE TRÊS PONTAS-MG**

**LAVRAS – MG
2018**

THAÍS SIQUEIRA CARNEIRO

**ANÁLISE HIDROMORFOLÓGICA E DA QUALIDADE DA ÁGUA
DOS RIBEIRÕES ESPERA E ARARAS LOCALIZADOS NO
MUNICÍPIO DE TRÊS PONTAS-MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Inovações Ambientais, área de Gestão de resíduos e efluentes, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Ronaldo Fia
Orientador

**LAVRAS – MG
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Carneiro, Thaís Siqueira.

Análise hidromorfológica e da qualidade da água dos Ribeirões
Espera e Araras localizados no município de Três Pontas-MG / Thaís
Siqueira Carneiro. - 2018.

222 p.

Orientador(a): Ronaldo Fia.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Índice de Qualidade da Água. 2. Método Bávaro. 3. Recurso
Hídrico. I. Fia, Ronaldo. . II. Título.

THAÍS SIQUEIRA CARNEIRO

**ANÁLISE HIDROMORFOLÓGICA E DA QUALIDADE DA ÁGUA
DOS RIBEIRÕES ESPERA E ARARAS LOCALIZADOS NO
MUNICÍPIO DE TRÊS PONTAS - MG**

**HYDROMORPHOLOGICAL AND WATER QUALITY ANALYSIS OF
ESPERA AND ARARAS STEAMS LOCATED IN THE COUNTY OF
TRÊS PONTAS-MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Inovações Ambientais, área de Gestão de resíduos e efluentes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de janeiro de 2018.

Prof. DSc. Ronaldo Fia	UFLA
Profa. DSc. Camila Silva Franco	UFLA
Profa. DSc. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques	UninCor

Prof. Dr. Ronaldo Fia
Orientador

**LAVRAS – MG
2018**

*A cada um dos meus familiares que
estiveram comigo ao longo dessa minha
caminhada, pois eles me ensinaram a
ver com os olhos do coração e a
perscrutar um mundo deslumbrante,
Dedico.*

AGRADECIMENTO

A Deus, por ter me dado o prazer de viver.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais, pela oportunidade.

Ao professor Ronaldo Fia, a quem devo não apenas respeito pelo excelente profissional que é, mas meus sinceros agradecimentos pela orientação, pelos direcionamentos, pela segurança, pelo encorajamento e, principalmente, pela confiança construída ao longo do estudo. Também agradeço aos demais mestres.

Aos diretores das escolas em que trabalhei durante esse período e que me apoiaram incondicionalmente. Saibam que serei eternamente grata por isso.

Aos meus pais, Marilena e Paulo Vitor, por me terem dado a vida, e também por todos os bons exemplos e ensinamentos que me direcionam.

À minha irmã, Gabriella, que, embora comece a alçar seus voos, tenho certeza de que um dia voará muito longe. Por isso a admiro e tenho orgulho de chamá-la de irmã, na mais pura acepção da palavra.

Ao meu companheiro de vida, Ronan, por entender que, talvez, nos momentos em que mais precisava da minha presença, ela lhe foi furtada pela necessidade de longas horas de estudo. Obrigada pelo apoio, compreensão e, principalmente, por ter acreditado em mim e por não ter medido esforços para ajudar-me nessa trajetória.

Às minhas amigas Gabriela e Camila, e demais colegas, principalmente os do mestrado, pois, certamente, seria muito mais árdua esta tarefa se não fosse à presença de vocês.

E a todos aqueles com quem tive a honra de viver a vida.

*Você nunca sabe que resultados virão
da sua ação. Mas se você não fizer
nada, não existirão resultados.*

Mahatma Gandhi

RESUMO

A manutenção de uma qualidade de vida melhor é, muitas vezes, frustrada pelo crescimento populacional, devido ao aumento do consumo de recursos e de energia para atender à demanda e às expectativas de desenvolvimento socioeconômico. Nos últimos anos, a mancha urbana se expandiu por todas as regiões que concentram importantes mananciais de abastecimento de água. O ribeirão Espera e o ribeirão Araras, em Três Pontas, MG, são responsáveis pelo abastecimento público de água do município e, não diferente de outras regiões do país, estes cursos d'água também vêm sofrendo significativa pressão da expansão imobiliária e do desenvolvimento de atividades econômicas rurais. É nesse cenário que se insere a importância do monitoramento da água como instrumento para controle ambiental e gestão dos recursos hídricos. Desse modo, o objetivo geral, neste trabalho, consistiu em avaliar a situação de qualidade na qual se encontram o ribeirão Espera e o ribeirão Araras, utilizando-se análise das variáveis presentes nas amostras de água bruta, na série histórica de 2011 a 2016 e, posteriormente, gerando o IQA, e pela aplicação do Método Bávaro em pontos específicos de ambos os ribeirões, para designar as suas condições hidromorfológicas. Desse modo, foram realizadas análises das variáveis por meio da tabulação de dados disponibilizados pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município de Três Pontas, MG e compostas pelas variáveis pH, sólidos, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, nitrogênio, fósforo, coliformes totais e termotolerantes, metais pesados, poluentes persistentes e recalcitrantes no meio. Com isso, almeja-se criar um banco de dados a partir da avaliação espaço-temporal por meio das variáveis que estavam acima do valor máximo permitido para recursos hídricos enquadrados na Classe 2, inferindo sobre os aspectos que têm degradado a qualidade das águas no local e, posteriormente, determinando o IQA para ambos. A determinação das condições hidromorfológicas dos ribeirões Espera e Araras ocorreu pelo Método Bávaro (*Mapping and assessment methods for the structure of waters*), empregado para o mapeamento da estrutura da qualidade dos cursos d'água, como avaliação da sua probidade ecológica, demonstrando se ele é capaz de suportar os processos dinâmicos de seu leito. Os resultados obtidos foram satisfatórios para os dois corpos hídricos. O IQA médio do ribeirão Espera foi 84 (qualidade boa e ótima) e o ribeirão Araras teve classificação boa (IQA médio de 80). Quanto à determinação da condição hidromorfológica pelo Método Bávaro, o ribeirão Espera foi classificado como inalterado até moderadamente alterado, e o ribeirão Araras, desde pouco alterado até consideravelmente alterado, ao passar pela sede municipal. Assim, os resultados inferem sobre ações concretas para a melhoria da qualidade da água e também para a reconstrução da área degradada.

Palavra-chave: Índice de Qualidade da Água. Método Bávaro. Recurso Hídrico.

ABSTRACT

Maintaining a better quality of life is often frustrated by growth, due to increased consumption of resources and energy to meet demand and expectations of socioeconomic development. In the last few years, the urban spot has expanded across all regions that concentrate important water supplies. The Espera and Araras streams in Três Pontas, MG, are responsible for the county public water supply and, not unlike other regions of the country, these water courses have also been under significant pressure from the real estate expansion and the development of economic activities. And it is in this scenario that the importance of water monitoring as an instrument for environmental control and management of water resources is inserted. Thus, the general objective in this study was to evaluate the quality situation in which the Espera and Araras streams are located, using analysis of the variables present in the raw water samples, in the historical series from 2011 to 2016 and later, generating the Water Quality Index (WQI), and for the application of the Bavarian Method in specific points of both streams, to designate its hydromorphological conditions. Thereby, analyzes of the variables were performed through the tabulation of data provided by the Autonomous Water and Sewage Service (SAAE) of Três Pontas, MG, composed of pH, solids, turbidity, biochemical oxygen demand, dissolved oxygen, nitrogen, phosphorus, total coliforms and thermotolerant, heavy metals, persistent and recalcitrant pollutants in the environment. With this, it is desired to create a database based on the time-space evaluation through the variables that were above the maximum allowed value for water resources classified in Class 2, inferring on the aspects that have degraded the quality of the water in the place and then determining the WQI for both. The determination of the hydromorphological conditions of the Espera and Araras streams occurred through the Bavarian Method (*Mapping and assessment methods for the structure of waters*), used to map the structure of the quality of the watercourses, as an evaluation of their ecological probity, demonstrating if it is able to support the dynamic processes of its bed. The results obtained were satisfactory for the two water bodies. The average WQI of the Espera stream was 84 (good and great quality) and the Araras stream had a good classification (average WQI of 80). As for the determination of the hydromorphological condition by the Bavarian Method, the Espera stream was classified as unchanged until moderately altered, and the Araras stream, from little changed until considerably altered, when passing through the county headquarters. So, the results infer about concrete actions for the improvement of water quality and also for the reconstruction of the degraded area.

Keywords: Water Quality Index. Bavarian Method. Water Resource.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Curva de Depressão do Oxigênio.	43
Figura 2 –	Estrutura da avaliação de corpos hídricos pelo Método Bávaro.....	56
Figura 3 -	Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Grande e, conseqüentemente, da sub-bacia do rio Verde.	60
Figura 4 –	Principais cursos d’água do município de Três Pontas, MG.....	61
Figura 5 –	Ribeirões Araras (linha amarela) e Espera (linha vermelha) em relação à sede municipal de Três Pontas, MG.....	62
Figura 6 –	Corpos hídricos que cortam a zona urbana de Três Pontas, MG.	64
Figura 7 –	Pontos de coleta de água bruta para análise de qualidade.....	66
Figura 8 –	Exemplo de preenchimento para a determinação da estrutura de classe.	73
Figura 9 –	Delimitação dos pontos de trabalho no ribeirão Espera.....	79
Figura 10 –	Delimitação dos pontos de trabalho no ribeirão Araras.....	80
Figura 11 –	Variação dos resultados das análises de sabor e odor nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.....	84
Figura 12 –	Variação dos resultados das análises de oxigênio dissolvido nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água, estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.....	85
Figura 13 –	Variação dos resultados das análises de cor nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.....	86
Figura 14 –	Variação dos resultados das análises de coliformes termotolerantes nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.....	87
Figura 15 –	Variação dos resultados das análises de densidade de cianobactérias nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.....	88

Figura 16 –	Variação dos resultados das análises de alumínio nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº1/2008.....	89
Figura 17 –	Variação dos resultados das análises de zinco nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº1/2008.....	90
Figura 18 –	Variação dos resultados das análises de manganês nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº1/2008.....	91
Figura 19 –	Variação dos resultados das análises de ferro dissolvido nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº1/2008.....	92
Figura 20 –	Variação dos resultados das análises de nitrogênio amoniacal nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº1/2008.....	94
Figura 21 –	Variação dos resultados das análises de nitrito nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº1/2008.....	94
Figura 22 –	Variação dos resultados das análises de fenóis totais nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº1/2008.....	96
Figura 23 –	Variação dos resultados das análises de diclorometano nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº1/2008.....	97
Figura 24 –	Índice de qualidade de água dos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e referências de qualidade.	99

Figura 25 –	Imagens do Ponto EA do ribeirão Espera.	104
Figura 26 –	Imagens do Ponto E1 do ribeirão Espera.	104
Figura 27 –	Imagens do Ponto E2 do ribeirão Espera.	105
Figura 28 –	Imagens do Ponto E3 do ribeirão Espera.	106
Figura 29 –	Imagens do Ponto E4 do ribeirão Espera.	107
Figura 30 –	Imagens do Ponto E5 do ribeirão Espera.	108
Figura 31 –	Imagens do Ponto E6 do ribeirão Espera.	108
Figura 32 –	Imagens do Ponto E7 do ribeirão Espera.	109
Figura 33 –	Imagens do Ponto E8 do ribeirão Espera.	110
Figura 34 –	Imagens do Ponto EB do ribeirão Espera.	111
Figura 35 –	Imagens do Ponto EC do ribeirão Espera.	111
Figura 36 –	Imagens do Ponto E9 do ribeirão Espera.	112
Figura 37 –	Imagens do Ponto E10 do ribeirão Espera.	113
Figura 38 –	Imagens do Ponto ED do ribeirão Espera.	114
Figura 39 –	Imagens do Ponto E11 do ribeirão Espera.	114
Figura 40 –	Imagens do Ponto E12 do ribeirão Espera.	115
Figura 41 –	Imagens do Ponto E13 do ribeirão Espera.	116
Figura 42 –	Imagens do Ponto EE do ribeirão Espera.	116
Figura 43 –	Imagens do Ponto E14 do ribeirão Espera.	117
Figura 44 –	Imagens do Ponto E15 do ribeirão Espera.	118
Figura 45 –	Imagens do Ponto E16 do ribeirão Espera.	118
Figura 46 –	Imagens do Ponto E17 do ribeirão Espera.	119
Figura 47 –	Imagens do Ponto A1 do ribeirão Araras.	120
Figura 48 –	Imagens do Ponto A2 do ribeirão Araras.	120
Figura 49 –	Imagens do Ponto A3 do ribeirão Araras.	121
Figura 50 –	Imagens do Ponto A4 no ribeirão Araras.	122
Figura 51 –	Imagens do Ponto AA no ribeirão Araras.	122
Figura 52 –	Imagens do Ponto A5 no ribeirão Araras.	123
Figura 53 –	Imagens do Ponto AB no ribeirão Araras.	124
Figura 54 –	Imagens do Ponto A6 do ribeirão Araras.	124
Figura 55 –	Imagens do Ponto A7 no ribeirão Araras.	125
Figura 56 –	Imagens do ponto AC no ribeirão Araras.	126
Figura 57 –	Imagens do encontro do córrego Formiga com o ribeirão Araras no Ponto AC.	126
Figura 58 –	Imagens do encontro do córrego Quatis com o ribeirão Araras no Ponto AC.	127
Figura 59 –	Imagens do Sistema de Abastecimento Quatis-Formiga.	128
Figura 60 –	Imagens do Ponto A8 no ribeirão Araras.	128
Figura 61 –	Imagens do Ponto A9 no ribeirão Araras.	129
Figura 62 –	Imagens do Ponto AD no ribeirão Araras.	130
Figura 63 –	Imagens do Ponto A10 no ribeirão Araras.	130
Figura 64 –	Imagens do Ponto AE no ribeirão Araras.	131

Figura 65 –	Imagens do Ponto A11 no ribeirão Araras.....	132
Figura 66 –	Imagens do Ponto A12 no ribeirão Araras.....	132
Figura 67 –	Imagens do Ponto A13 no ribeirão Araras.....	133
Figura 68 –	Imagens do Ponto A14 no ribeirão Araras.....	134
Figura 69 –	Imagens do Ponto A15 no ribeirão Araras.....	134
Figura 70 –	Imagens do Ponto A16 no ribeirão Araras.....	135
Figura 71 –	Imagens do Ponto A17 no ribeirão Araras.....	136
Figura 72 –	Imagens do Ponto A18 no ribeirão Araras.....	136
Figura 73 –	Imagens do Ponto AF no ribeirão Araras.	137
Figura 74 –	Imagens do Ponto A19 no ribeirão Araras.....	138
Figura 75 –	Tipo de curvatura do ribeirão Espera e do ribeirão Araras	139
Figura 76 –	Comprometimento do leito do rio do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.....	140
Figura 77 –	Comprometimento da margem do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.....	141
Figura 78 –	Estruturas transversais do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.	143
Figura 79 –	Padrão de fluxo do ribeirão Espera e do ribeirão Araras	144
Figura 80 –	Seção transversal do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.....	146
Figura 81 –	Profundidade do perfil do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.	147
Figura 82 –	Bueiros presentes no ribeirão Espera e no ribeirão Araras	148
Figura 83 –	Canalização no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.....	149
Figura 84 –	Variação da largura no ribeirão Espera e no ribeirão Araras	151
Figura 85 –	Largura da erosão no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.....	152
Figura 86 –	Deposição no ribeirão Espera e no ribeirão Araras	154
Figura 87 –	Mata ciliar no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.....	155
Figura 88 –	Estruturas especiais do leito no ribeirão Espera e no ribeirão Araras	157
Figura 89 –	Faixas de vazão no ribeirão Espera e no Ribeirão Araras.....	158
Figura 90 –	Diversidade do substrato no ribeirão Espera e no ribeirão Araras	159
Figura 91 –	Estruturas de controle de cheias no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.....	160
Figura 92 –	Estrutura de controle de cheia localizado no Ponto A7 do ribeirão Araras.....	161
Figura 93 –	Capacidade de transbordamento no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.....	162
Figura 94 –	Uso das margens e uso das várzeas no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.....	164
Figura 95 –	Dinâmica do leito do rio no ribeirão Espera e no ribeirão Araras	167
Figura 96 –	Dinâmica de várzea no ribeirão Espera e ribeirão Araras.....	169

Figura 97 – Análise hidromorfológica do ribeirão Espera e do ribeirão Araras	170
Figura 98 – Condição hidromorfológica do ribeirão Espera.	173
Figura 99 – Condição hidromorfológica do ribeirão Araras.....	174
Figura 101 – Dinâmica de várzea no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.	214
Figura 102 – Dinâmica de várzea no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.	216

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Distribuição percentual dos recursos hídricos e populacionais na Terra, por continentes.	19
Tabela 2 –	Distribuição dos recursos hídricos e populacionais no Brasil, por região.	19
Tabela 3 –	Variáveis de qualidade da água utilizadas para a quantificação do índice de qualidade da água, e respectivos pesos.	68
Tabela 4 –	Classificação do IQA quanto às categorias de qualidade das águas e o seu significado.	69
Tabela 6 –	Estrutura do corpo hídrico, de acordo com o Método Bávaro. ...	75
Tabela 5 –	Coordenadas geográficas dos pontos de aplicação do Método Bávaro para o ribeirão Espera e para o ribeirão Araras.	81
Tabela 7 –	Variáveis de análises de rotina para o ribeirão Espera no período de 2011 a 2016.....	195
Tabela 8 –	Variáveis de análises de rotina para o ribeirão Araras para o período de 2011 a 2016.....	196
Tabela 9 –	Variáveis que se mostraram alteradas nas análises de água bruta do ribeirão Espera, nos anos de 2011 a 2016.	200
Tabela 10 –	Variáveis que se mostraram alteradas nas análises de água bruta do ribeirão Araras, nos anos de 2011 a 2016.	201
Tabela 11 –	Índice de qualidade da água do ribeirão Espera	204
Tabela 12 –	Índice de qualidade da água do ribeirão Araras	205
Tabela 13 –	Estrutura do corpo hídrico de acordo com o Método Bávaro. ...	208
Tabela 14 –	Resultado das estruturas de classe do Método Bávaro para o ribeirão Espera	210
Tabela 15 –	Resultado das estruturas de classe do Método Bávaro para o ribeirão Araras.....	211

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	Água no planeta.....	18
2.2	Crescimento urbano e a poluição hídrica	20
2.3	Uso e ocupação do solo e a poluição hídrica	23
2.4	Variáveis que indicam a qualidade da água	29
2.4.1	Variáveis físicas	30
2.4.2	Variáveis químicas	33
2.4.3	Variáveis biológicas	45
2.5	Índices de qualidade de água	49
2.5.1	Índice de qualidade da água.....	50
2.6	Método de Bávaro	53
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	59
3.1	Caracterização da área de estudos.....	59
3.2	Coleta e tratamento dos dados da qualidade da água	65
3.3	Índice de qualidade da água.....	68
3.4	Análise hidromorfológica	70
3.5	Delimitação dos pontos amostrais	76
3.6	Análises de solo	78
3.7	Vazão	82
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
4.1	Qualidade da água.....	83
4.2	Índice de qualidade da água.....	98
4.3	Análise hidromorfológica	103
4.3.1	Descrição dos pontos do ribeirão Espera.....	103
4.3.2	Descrição dos pontos do ribeirão Araras.....	119
4.3.3	Resultados dos parâmetros individuais do Método Bávaro	138
4.3.4	Resultados das estruturas de classe do Método Bávaro	166
5	CONCLUSÃO	175
	REFERÊNCIAS	177
	APÊNDICES	191

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, devido ao crescimento populacional, à intensificação das atividades agrícolas e ao desenvolvimento industrial, têm se tornado visíveis as consequências negativas, impressas nos ecossistemas, provocando graves danos à saúde e à natureza, e intensa procura por água de boa qualidade. Em se tratando dos recursos hídricos, toda essa modificação causada no meio ambiente pode afetar a quantidade e a qualidade das características físicas, químicas e biológicas da água e também do seu entorno. Informações precisam ser levantadas para as ações de controle da poluição hídrica e, conseqüentemente, auxiliar as tomadas de decisões no planejamento ambiental. Diferentes métodos têm sido empregados visando ao monitoramento da qualidade da água, sobretudo por meio dos índices de qualidade de água.

Neste contexto, o município de Três Pontas, localizado no sul de Minas Gerais, é uma cidade rica em recursos hídricos, pois é banhada por diversos córregos e ribeirões, além também de sua divisa com os municípios de Paraguaçu e Elói Mendes ser banhada pelos rios Verdes e Sapucaí, que deságuam na represa de Furnas.

No município de Três Pontas há dois ribeirões de suma importância para o seu desenvolvimento, o Espera e o Araras. Sua importância está intimamente ligada ao abastecimento de água da população trespontana (56 mil habitantes), feito pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), que, semestralmente, realiza a análise da água bruta captada, sendo, geralmente, uma no período seco e outra no período chuvoso. Nessa análise são observadas variáveis, como potencial hidrogeniônico (pH), sólidos, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio, fósforo, coliformes totais e termotolerantes, metais pesados, poluentes persistentes e recalcitrantes no meio.

A inquietação com a qualidade da água do município de Três Pontas produz a procura por conhecimentos da atual situação ambiental por meio da identificação e do entendimento dos problemas de degradação. Desse modo, torna-se importante um diagnóstico sistêmico que possa contribuir para a melhoria das condições hídricas e também do seu entorno.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo geral de avaliar a situação de qualidade na qual se encontram o ribeirão Espera e o ribeirão Araras, utilizando-se análise das variáveis presentes nas amostras de água bruta, na série histórica de 2011 a 2016 e, posteriormente, gerando o Índice de Qualidade da Água (IQA), bem como a aplicação do Método Bávaro em pontos específicos de ambos os ribeirões, para designar as suas condições hidromorfológicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Água no planeta

A Terra é o único corpo do Universo, até agora conhecido, onde a água ocorre, simultaneamente, nos três estados físicos, sólido, líquido e gasoso. Além disso, ela é encontrada em toda parte, na litosfera, na atmosfera e na composição da biosfera, sendo indispensável para a manutenção de vida no planeta.

Segundo dados quantitativos, produzidos por hidrólogos, 97,5% da água disponível na Terra são salgadas e 2,493% estão concentradas em geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso. Sobram, portanto, apenas 0,007% de água doce, disponível em rios, lagos e na atmosfera (SHIKLOMANOV, 1998).

De acordo com Telles e Góis (2013), a água doce não está distribuída uniformemente pelo globo, pois está relacionada com os diversos ecossistemas da Terra. Dependendo das características desses ecossistemas que compõem o território de uma região ou de um país, eles podem ter mais ou menos água.

Em que pese a situação privilegiada do Brasil, o país detém, aproximadamente, 12% daqueles 0,007% de água doce, água que é destinada ao consumo humano, à irrigação e às atividades industriais. Porém, graves são os problemas, que causam preocupação, relacionados à distribuição irregular dos recursos hídricos e ao desperdício presente em todos os níveis da sociedade, além da poluição (BRASIL, 2002).

A disponibilidade maior de água pode não garantir a efetiva distribuição igualitária para populações humanas, já que a desigualdade da distribuição dos recursos hídricos contrasta com as diferenças populacionais, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição percentual dos recursos hídricos e populacionais na Terra, por continentes.

Continentes	Percentual da população mundial	Percentual da quantidade de água superficial disponível
África	15,0%	10,0%
Américas	13,6%	41,0%
Ásia	59,8%	31,6%
Europa	10,9%	7,0%
Oceania/Antártida	0,5%	10,3%

Fonte: Augusto et al. (2012).

Ainda, segundo Augusto et al. (2012), há também desigualdades intracontinentais e em um mesmo país. Um exemplo é o Brasil, que tem 2,8% da população mundial e 12% da água doce do planeta. Contudo, 68,5% dessa água estão na Bacia Amazônica, cuja densidade populacional é a segunda menor do país (TABELA 2).

Tabela 2 – Distribuição dos recursos hídricos e populacionais no Brasil, por região.

Região	Percentual da disponibilidade hídrica	Percentual da população
Norte	68,5%	6,8%
Nordeste	3,3%	28,9%
Sudeste	6%	42,7%
Sul	6,5%	15,1%
Centro-oeste	15,7%	6,4%

Fonte: Augusto et al. (2012).

Por outro lado, a região mais árida do Brasil, o nordeste, onde vivem cerca de 28,9% da população do país, tem somente 3,3% da água doce; a alta densidade populacional, a poluição, a agricultura, a indústria e o desmatamento provocam o aumento na escassez de água, tanto em quantidade quanto em qualidade.

Em relação ao consumo da água no Brasil, como em grande parte dos países, a maior demanda é da agricultura, sobretudo a irrigação, que gasta cerca de 72% do total. A pecuária responde por 11% de água consumida. Em seguida, têm-se o consumo urbano, com 9%; a indústria, que consome 7% e, por último, a dessedentação de animais, com 1% do consumo da água (BRASIL, 2012).

O Brasil registra também elevado desperdício. De 20% a 60% da água tratada para consumo se perdem na distribuição, dependendo das condições de conservação das redes de abastecimento. Além dessas perdas de água no caminho entre as estações de tratamento e o consumidor, o desperdício também é grande nas residências (BRASIL, 2016).

Portanto, com o crescimento acelerado da população e o desenvolvimento industrial e tecnológico, as poucas fontes disponíveis de água doce estão comprometidas ou correndo risco. A poluição dos mananciais, o desmatamento, o assoreamento dos rios, o uso inadequado de irrigação e a impermeabilização do solo, entre outras ações do homem moderno, são responsáveis pela redução e a contaminação da água (MACHADO, 2003).

2.2 Crescimento urbano e a poluição hídrica

A qualidade do ambiente e a saúde humana estão se deteriorando em função da grande quantidade de poluentes gerados e não tratados pelo homem. A manutenção de uma qualidade de vida melhor é, muitas vezes, frustrada pelo crescimento, devido ao aumento do consumo de recursos e energia para atender à crescente população mundial e às expectativas de desenvolvimento socioeconômico (URBINI, 2015).

De acordo com Tucci (2008), o desenvolvimento urbano se acelerou, na segunda metade do século XX, com a concentração da população em espaço reduzido, produzindo grande competição pelos mesmos recursos naturais, como

solo e água, destruindo parte da biodiversidade natural. O fato de a população ter apresentado esse crescimento vertiginoso, saltando de 3 bilhões, no final dos anos 1950, para quase 7,6 bilhões¹ de habitantes, em 2017, podendo atingir 11,2 bilhões até 2100 (ONU, 2017), causou intensa degradação ambiental e, nos últimos anos, a mancha urbana tem se ampliado por todas as regiões que concentram importantes mananciais (PIASENTIN et al., 2009).

Os efeitos na qualidade e na quantidade da água disponível, relacionados com o rápido crescimento da população mundial e com a concentração dessa população em metrópoles, já são evidentes em várias partes do mundo (BRASIL, 2005). Atualmente, mais de 780 milhões de pessoas carecem de água potável no mundo e, com base nesse cenário, a água doce vem sofrendo uma escassez progressiva e um valor cada vez maior, tornando-se um bem econômico propriamente dito (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU, 2014).

Para Pereira (2004), a qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido alterada em diferentes escalas, fator este desencadeado pela complexidade dos usos múltiplos da água, os quais resultam em degradação ambiental significativa e diminuição considerável na disponibilidade de água de qualidade, produzindo inúmeros problemas ao seu aproveitamento.

Nesse sentido, os efeitos combinados da urbanização e das demais atividades antropogênicas associadas ao rápido crescimento populacional das últimas décadas são facilmente visualizados, pois muitos rios, córregos, lagos e reservatórios têm sido degradados, em consequência do impacto crescente das atividades humanas (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

Um trabalho realizado por Ha et al. (2017), na cidade de Bac Kan, Vietnã, evidenciou que, de acordo com as projeções, o rápido crescimento da população levará a grandes aumentos nos valores das variáveis de qualidade da

¹ Esse número é estimulado pelas taxas de fertilidade relativamente altas nos países em desenvolvimento, apesar de uma queda geral no número do nascimento de crianças em todo o mundo (ONU, 2017).

água, como a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e amônio. Assim, a capacidade da estação de tratamento de águas residuárias domésticas deverá ser aumentada.

Calderon et al. (2017) detectaram que a variável mais relevante para o rio Potrero de los Funes e do córrego Las Chacras, em San Luis, na Argentina, foram os sólidos suspensos totais (20,03 mg L⁻¹). A quantidade de sólidos em suspensão está relacionada ao aumento de superfícies impermeáveis devido à urbanização, que contribui como fonte de poluição, já que a construção de ruas, edifícios, indústrias e espaços de estacionamento gera grandes quantidades de entrada de sedimentos para os córregos e também pode indicar a presença de outros poluentes que são transportados nas superfícies dos sedimentos em suspensão.

Assim, à medida que crescem as populações, a sustentabilidade do uso humano da água depende, fundamentalmente, da adaptação das pessoas ao ciclo da água. As sociedades humanas precisam desenvolver a habilidade – conscientização, conhecimento, procedimentos e instituições – para administrar o uso da terra, como também da água, de maneira integrada e abrangente, de modo a manter a qualidade do suprimento da água para as pessoas e para os ecossistemas que as suportam. Isso porque um dos problemas da crescente urbanização é o impacto que ela causa na forma de poluição dos recursos hídricos, limitando o seu uso (FURTADO; KONIG, 2008).

2.3 Uso e ocupação do solo e a poluição hídrica

As transformações da paisagem devido à ocupação antrópica, mais do que uma consequência, são uma questão de tempo, pois a resposta às interações do homem com o ecossistema resulta em uma dinâmica capaz de modificar os aspectos da paisagem, pelo uso e ocupação do solo, geralmente desenvolvidos sem planejamento ou gestão ordenada das propriedades (LEITE et al., 2012).

Em um contexto de mudanças globais, a cobertura e o uso do solo, ultimamente, têm se tornado alvos de constantes reflexões. Os padrões de crescimento econômico que prevaleceram no país, a partir da década de 1930 e a sua exaustão, nos últimos tempos, deixaram seu legado de transformações rurais intensas e uma sociedade urbano-industrial em um quadro social desigual (BRASIL, 2004).

A identificação e a classificação do uso do solo são fundamentais no conhecimento do ambiente, como no desenvolvimento de técnicas voltadas para a obtenção e a manutenção dessas informações. O conhecimento da distribuição espacial das várias formas de ocupação do espaço requer informações detalhadas, que possam ser obtidas com periodicidade, devido ao caráter extremamente dinâmico desse ambiente (VAEZA et al., 2010).

Assim, no trabalho realizado por Fernandes et al. (2011), pode-se perceber que as áreas ocupadas por floresta secundária favoreceram a melhoria de algumas variáveis de qualidade de água, como turbidez (0,31 NTU) e sólidos ($0,93 \text{ mg L}^{-1}$); as áreas de pastagem não influenciaram negativamente a qualidade da água, mas os usos do solo, como agricultura, urbano e solo exposto, influenciaram negativamente e de forma significativa a turbidez e os sólidos totais na água.

Para Mota (2008), o disciplinamento do uso e da ocupação do solo visa assegurar a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, sendo de extrema

importância para organizar o desenvolvimento de uma bacia hidrográfica e, ao mesmo tempo, proteger os recursos naturais. Assim, algumas medidas para o disciplinamento do uso e ocupação do solo podem ser adotadas, como

- a) macrozoneamento, com a definição dos usos que serão realizados na bacia, em função das características ambientais e do potencial poluidor de cada um;
- b) proteção de áreas especiais (áreas de preservação ou de uso controlado): margens dos cursos d'água, encostas, várzeas, áreas de amortecimento de cheias, mangues, dunas, entre outros;
- c) estabelecimento de faixas de proteção às margens de cursos d'água e reservatórios, como a criação de parques lineares, por exemplo;
- d) proteção das áreas de recarga dos aquíferos e das águas subterrâneas;
- e) proteção dos recursos hídricos de áreas urbanas.

Faria (2012) afirma que essas medidas são de fácil interpretação, mas, na prática, a adoção delas por parte dos gestores de recursos hídricos tem sido rara. Em geral, existe um descaso em relação às leis e o setor público não consegue fiscalizar as demandas existentes, gerando um cenário de problemas no uso do solo e, em consequência, na qualidade da água.

A crescente contaminação dos recursos hídricos, causada por diversas fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, os efluentes industriais e a carga difusa urbana e agrícola, vem comprometendo o uso desses recursos para os seus diversos fins (FIGUEIRÊDO, 2008).

De tal modo, os efluentes domésticos constituem, sem dúvida, a principal fonte poluidora dos recursos hídricos, pois há o lançamento de matéria orgânica biodegradável e de nutrientes, além da contaminação biológica. Além disso, as cargas difusas, decorrentes do escoamento das águas pluviais em zonas urbanas, também levam a contribuição de matéria orgânica, nutrientes e sólidos

em suspensão às águas naturais, porque constituem fontes de difícil quantificação, por serem variáveis no tempo e no espaço, devendo ser controladas na fonte por meio de um serviço de limpeza pública eficiente (PIVELI; CAMPOS, 2013).

No trabalho realizado por Souza e Gastaldini (2014) foi avaliada a qualidade da água em bacias hidrográficas do Vacacaí-Mirim, localizadas no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, com diferentes áreas de drenagem, cobertura vegetal, uso agrícola e urbano. A bacia hidrográfica com maior influência antrópica apresentou maiores valores para as variáveis indicadoras de poluição, *Escherichia coli* ($1,4 \times 10^5$ NMP 100 mL⁻¹), condutividade ($216 \mu\text{S cm}^{-1}$) e turbidez (44 NTU), contrariamente ao observado na bacia hidrográfica com menor grau de degradação ambiental. As concentrações de sólidos totais ($200,2 \text{ mg.L}^{-1}$), suspensos ($49,6 \text{ mg.L}^{-1}$) e turbidez (27 NTU) foram maiores nas bacias com características rurais, devido às práticas agrícolas. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido (48%) e elevada condutividade ($216 \mu\text{S cm}^{-1}$) e demanda bioquímica de oxigênio (12 mg L^{-1}), fosfato ($0,7 \text{ mg L}^{-1}$), nitrato ($1,4 \text{ mg L}^{-1}$) e *Escherichia coli* ($1,4 \times 10^5$ NMP 100 mL⁻¹) foram observados nas bacias hidrográficas com maior número de habitantes e percentual de impermeabilização.

Para Borges (2013), a crescente quantidade de efluentes domésticos gerados pelos grandes centros e depois lançados nas águas representa um grande desafio para os pesquisadores e as autoridades, no sentido de proporem alternativas seguras, socialmente aceitáveis e economicamente viáveis para o tratamento e a destinação final dos produtos gerados a partir dos esgotos sanitários.

Os efluentes industriais caracterizam-se pela grande variedade de atributos, podendo-se, inicialmente, agrupá-los, conforme a natureza, em predominantemente orgânicos ou inorgânicos. Os orgânicos podem ser

constituídos por matéria biodegradável em maior quantidade, como é o caso dos efluentes agroindustriais, ou recalcitrante, contendo, por exemplo, compostos fenólicos ou solventes orgânicos. Os efluentes industriais predominantemente inorgânicos podem trazer elementos como os metais tóxicos – arsênio, bário, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, prata, cobre e zinco – ou outros componentes – cianetos, flúor, detergentes, produtos farmacêuticos e produtos químicos em geral – que, de alguma forma, prejudicam a qualidade das águas e seus usos (PIVELI; CAMPOS, 2013).

As características dos efluentes industriais são próprias à composição das matérias-primas, das águas de abastecimento e do processo industrial, pois a concentração dos poluentes nos efluentes é em função das perdas no processo ou pelo consumo de água, sendo as características físico-químicas definidas por variáveis de origem sanitária que quantificam os sólidos, a matéria orgânica e alguns de seus componentes orgânicos ou inorgânicos (GIORDANO, 2016).

Como fator preocupante relacionado ao despejo inadequado dos efluentes industriais, têm-se os metais pesados, que reduzem a capacidade autodepurativa das águas, devido à ação tóxica que eles exercem sobre os microrganismos (AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002). Eles podem inviabilizar os sistemas públicos de abastecimento de água, uma vez que as estações de tratamento convencionais não os removem eficientemente e os tratamentos especiais necessários têm alto custo (FURTADO, 2007).

No trabalho realizado por Hussain et al. (2017), na bacia do rio Godavari, localizado na Índia, ficou demonstrado que a rápida industrialização provocou a degradação dos recursos e o declínio da qualidade ambiental. A análise do rio Godavari e suas amostras de água do tributário revelam que a água está contaminada em pontos selecionados e que não são adequadas para beber. Os dados analisados revelaram que ferro ($0,240 \text{ mg L}^{-1}$) e zinco ($0,094 \text{ mg L}^{-1}$) foram os metais mais abundantes no rio Godavari e seus afluentes.

A ocupação e o uso do solo pelas atividades agropecuárias alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais aquáticos, pois os poluentes resultantes desse deflúvio superficial são constituídos de sedimentos, nutrientes, agroquímicos e dejetos animais que, inseridos no meio aquático, podem causar importantes prejuízos para o ecossistema e para a saúde pública, caso haja uso para abastecimento (MERTEN; MINELLA, 2002).

Como agravante da contaminação das águas por uso agrícola, têm-se os pesticidas que, quando utilizados de forma inadequada, podem causar mortes ou intoxicações graves, além de destruição da plantação e contaminação ambiental. Mas, mesmo empregados corretamente, os pesticidas causam desequilíbrios biológicos, favorecendo o aparecimento de novas pragas pela eliminação de seus predadores naturais, efeitos adversos em insetos polinizadores, contaminação residual por meio dos alimentos e resistência das pragas aos produtos, exigindo, frequentemente, o uso de doses maiores ou, até mesmo, sua substituição (PIVELI; CAMPOS, 2013).

O avanço das atividades econômicas, sobretudo a agropecuária e o uso urbano, são fatores degradadores dos solos, principalmente por meio da ocupação desordenada que avança para áreas com maior suscetibilidade erosiva. A dinâmica do uso e cobertura do solo regula a relação entre as esferas econômicas, sociais e ambientais que acompanham a dinâmica física da paisagem, sobretudo os elementos naturais, como os solos, o relevo, a drenagem e a vegetação. Estas alterações identificam as possíveis alterações nos padrões produtivos diante da possibilidade de identificar as áreas de maior pressão ambiental, associadas aos usos intensivos dos solos (TRINTADE; RODRIGUES, 2016).

Entretanto, o uso urbano diferencia-se fortemente do rural, isso porque os núcleos urbanos e, principalmente, as periferias são palco dos mais intensos

processos de degradação ambiental, onde a erosão aparece de forma intensa e acelerada. Mesmo terrenos pouco suscetíveis à erosão passam a desenvolver esse processo em consequência das fortes modificações provocadas pelo parcelamento do solo, da implantação do sistema viário e da grande mobilização provocada pelos serviços de terraplanagem (cortes e aterros) (ALMEIDA FILHO, 2013).

A erosão hídrica é uma das principais causas da degradação dos solos, dos recursos hídricos e das terras agrícolas por meio da perda da camada superficial do solo e do arraste de partículas. Tal fenômeno é uma ocorrência natural da evolução da paisagem e, nessa condição, somente é perceptível com a decorrência de longos períodos de tempo; porém, toma proporções maiores ou mais velozes com a interferência antrópica (SCHNEIDER et al., 2011).

Almeida Filho (2013) afirma que, dentre os principais impactos da erosão nos recursos hídricos, destaca-se o aumento da turbidez decorrente da maior quantidade de sedimentos em suspensão na água, levando a aumentar a despesa com tratamentos de água para o consumo e prejudicando a vida de organismos aquáticos com o aumento da interceptação da luz solar pelos sedimentos e a redução da produção primária, bem como o assoreamento dos fundos de vales (planícies fluviais) e represas. Com isso, o assoreamento diminui a vida útil das represas, prejudicando a geração de energia elétrica, a disponibilidade de água para o consumo e a irrigação, além de proporcionar condições adequadas à ocorrência de enchentes ou inundações.

Portanto, os recursos hídricos são particularmente vulneráveis às transformações nos ecossistemas, uma vez que integram a paisagem e suas características físico-químicas refletem tanto a configuração geológica que drenam quanto os insumos da bacia circundante. Desse modo, a avaliação e o monitoramento da água são fundamentais para acompanhar o comportamento das variáveis de qualidade da água, além de fornecer subsídios para avaliar as

condições do manancial e contribuir com informações para a tomada de decisões no gerenciamento dos recursos hídricos (FIGUEIRÊDO, 2008; MENEZES et al., 2016).

2.4 Variáveis que indicam a qualidade da água

O consumo de água tende a crescer com o aumento da população, o desenvolvimento industrial e outras atividades humanas. Cada vez mais se retira água dos mananciais, alterando a sua quantidade e se produzem resíduos líquidos, os quais voltam para os recursos hídricos alterando a sua qualidade (MOTA, 2012).

Assim, a interferência do homem, quer de forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas e no cultivo do solo, contribui para a introdução de compostos tanto orgânicos como inorgânicos na água, afetando a sua qualidade (ALVES et al., 2008).

Existe uma grande variedade de indicadores que expressam aspectos parciais da qualidade das águas, no entanto, não existe um indicador único que sintetize todas as variáveis de qualidade da água. E, para se avaliar a qualidade ambiental como um todo, é preciso obter informações que estejam integradas entre os fatores bióticos e abióticos que regem o funcionamento do ecossistema (BRASIL, 2014).

Desse modo, para caracterizar uma água, são analisadas diversas variáveis, as quais representam as características físicas, químicas e biológicas. Essas variáveis são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos parâmetros estabelecidos para determinado uso (MOTA, 2012).

As variáveis físicas mais utilizadas para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos são a cor, a turbidez, os sólidos, a temperatura, a condutividade elétrica, o sabor e o odor. Por conseguinte, as variáveis químicas mais empregadas para o monitoramento são o potencial hidrogeniônico (pH), a alcalinidade, a acidez, a dureza, os cloretos, o fósforo, os fluoretos, o ferro, o manganês, o oxigênio dissolvido (OD), a matéria orgânica quantificada como demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), e os componentes orgânicos e inorgânicos (micropoluentes). Por fim, as variáveis biológicas que auxiliam na tomada de decisões são as algas, os coliformes totais e termotolerantes e a *Escherichia coli*.

2.4.1 Variáveis físicas

As variáveis físicas de qualidade de água são, de certa maneira, as mais facilmente notadas pelos usuários dos recursos hídricos, uma vez que apresentem alterações, pois nelas as alterações estão relacionadas a coloração, sabor e odor (LIBÂNIO, 2010).

Logo, a cor da água é decorrente da sua capacidade de absorver certas radiações do espectro visível e deve-se, geralmente, às substâncias de origem natural por meio da decomposição da matéria orgânica, ferro e manganês, ou por origem antrópica, com o despejo dos resíduos industriais e esgotos domésticos. Quando as substâncias que causam a cor estão dissolvidas no estado coloidal, recebem o nome de cor real ou verdadeira; quando a matéria em suspensão está presente, recebe o nome de cor aparente, sendo determinada sem a centrifugação ou a filtração prévia da amostra. A cor da água pode ser indicativa de seu grau de poluição, pois águas de cor elevada apresentam alta demanda de oxigênio (MOTA, 2012; RICHTER, 2009).

Assim, a cor de origem natural não representa risco à saúde, mas consumidores podem questionar a sua confiabilidade. Além disso, a coloração da água contendo matéria orgânica dissolvida pode gerar produtos potencialmente cancerígenos, como os trihalometanos (clorofórmio). As águas de origem industrial que apresentam cor podem ou não apresentar toxicidade, dependendo, assim, do processo produtivo (SPERLING, 2014).

Diferentemente da cor, a turbidez é uma propriedade ótica da água que causa a dispersão e a absorção de um feixe de luz incidindo em uma amostra, em vez de sua transmissão em linha reta. Deriva da presença de matéria em suspensão na água, conferindo-lhe uma aparência turva, sendo de origem natural por partículas de rocha, argila e silte, ou antrópica, pelos despejos domésticos e industriais, além de microrganismos e erosão. É uma variável utilizada na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, além de controle da operação das estações de tratamento de água (RICHTER, 2009; SPERLING, 2014).

Em regiões com solos erosivos, a turbidez dos corpos d'água é particularmente alta, pois a precipitação pluviométrica pode carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo (PRESOTI, 2008). Assim, a turbidez pode causar diversos prejuízos, interferindo na vida aquática, na fotossíntese e diretamente no processo de tratamento da água (PEREIRA; SILVEIRA, 2013).

De acordo com Brasil (2014), os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida, durante um tempo fixado. A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural, por processos erosivos, organismos e detritos orgânicos, e também de forma antropogênica, por meio dos resíduos sólidos e despejos domésticos. Podem ser classificados da seguinte forma:

- a) sólidos totais: todo o resíduo que resta após a secagem da amostra; podem ser classificados em suspensos, dissolvidos e coloidais;
- b) sólidos em suspensão: porção dos sólidos totais que fica retida em um filtro que propicia a retenção de partículas de diâmetro maior ou igual a $1\ \mu\text{m}$, e podem ser classificados em sedimentáveis e não sedimentáveis. São responsáveis pela turbidez da água;
- c) sólidos dissolvidos: são constituídos por partículas de diâmetro inferior a $10^{-3}\ \mu\text{m}$ e que permanecem em solução mesmo após a filtração e podem ser classificados em voláteis e fixos. São responsáveis pela coloração da água;
- d) sólidos coloidais: porção de sólidos situados na faixa intermediária dos sólidos em suspensão e dos sólidos dissolvidos. Logo, têm diâmetro entre $1\ \mu\text{m}$ e $10^{-3}\ \mu\text{m}$.

A temperatura é a medida da intensidade de calor e pode ser modificada de forma natural, pela transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo) e também pela ação do homem pelas águas de torres de resfriamento e por despejos industriais (MOTA, 2012).

Uma condição ambiental muito importante em diversos estudos relacionados ao monitoramento da qualidade de águas, a temperatura é uma variável muito importante, pois influencia algumas propriedades da água e aumenta a taxa das reações físicas, químicas e biológicas, como as de natureza bioquímica de decomposição de compostos orgânicos, além de aumentar a taxa de transferência de gases e diminuir a solubilidade deles, em particular o oxigênio, base para a decomposição aeróbia (SPERLING, 2014).

Além disso, a temperatura da água de um curso d'água é influenciada fortemente pela sua profundidade e pela presença de mata ciliar, tal como observado por Fia et al. (2015).

A condutividade elétrica é a capacidade da água de conduzir eletricidade. Ela depende da concentração e da carga dos íons na solução e, assim, é aproximadamente proporcional à quantidade de sólidos dissolvidos totais (RICHTER, 2009).

As características de sabor e odor são consideradas em conjunto, pois são intimamente relacionadas e facilmente confundidas. Assim, o sabor é a interação entre o gosto – salgado, doce, azedo e amargo – e o odor – sensação olfativa. Podem ter origem natural, por meio de matéria orgânica, algas, bactérias, fungos e compostos orgânicos, como gás sulfúrico, sulfatos e cloretos, ou por origem antropogênica, pelos despejos domésticos e industriais. Como o sabor e o odor são sensações organolépticas de avaliação subjetiva, não são passíveis de medição direta por instrumentos e, portanto, estão sujeitos a variações individuais (SPERLING, 2014).

2.4.2 Variáveis químicas

Quanto às variáveis químicas da água, é possível dizer que elas, embora possam necessitar de análises laboratoriais para que efetivamente se indiquem alterações em seus níveis, é possível constatar indícios de modificações em seus padrões por meio da observação direta. A exemplo das alterações na concentração de ferro (Fe) em um determinado curso d'água ou reservatório, que pode ser percebida devido ao fato de o ferro conferir à água um odor característico, também alterações nos níveis de oxigênio dissolvido (OD) e no potencial hidrogeniônico (pH) podem causar a mortandade de peixes e outros componentes do habitat aquático (LIBÂNIO, 2010; SPERLING, 2014).

Assim, o pH representa o equilíbrio das condições ácidas (íons H^+) ou alcalinas (íons OH^-) do meio líquido e varia de 0 a 14, indicando se uma água é ácida (< 7), neutra ($= 7$) ou básica (> 7). As variações nos valores de pH podem

ser naturais pela dissolução das rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica ou fotossíntese, e também pelas ações antrópicas, devido aos despejos de efluentes domésticos ou industriais sem tratamento.

A variação do pH influencia a distribuição das formas livres e ionizadas de diversos compostos químicos, contribui para maior ou menor grau de solubilidade das substâncias, define o potencial de toxicidade de vários elementos e ainda interfere na manutenção da vida nos corpos d'água. De forma básica, o pH baixo torna a água corrosiva para as tubulações e o pH elevado tende a formar incrustações nas tubulações de abastecimento (PEREIRA; SILVEIRA, 2013).

Juntamente com o pH, tem-se a alcalinidade, que é uma medida da capacidade da água de neutralizar ácidos, causada por sais alcalinos, principalmente sódio e cálcio que, em teores elevados, pode proporcionar um sabor desagradável à água, influenciando os processos de tratamento e interferindo no processo de coagulação, redução de dureza e controle da corrosão (MOTA, 2012).

A alcalinidade pode ter origem natural, pela dissolução de rochas e também pela reação do gás carbônico com a água ou ter origem antropogênica, pelos despejos industriais. No tratamento da água a alcalinidade é uma variável importante, por estar relacionada com a coagulação, a redução de dureza e a prevenção da corrosão em tubulações e no tratamento de esgoto, quando há evidências de que a redução do pH pode afetar microrganismos responsáveis pela autodepuração do corpo hídrico (SPERLING, 2014).

A acidez é a capacidade da água de resistir às mudanças de pH causadas pelas bases, devido, principalmente, à presença de gás carbônico livre. Pode ser ocasionada de forma natural pelo gás carbônico absorvido da atmosfera ou resultar da decomposição da matéria orgânica e da presença de gás sulfídrico (H₂S) ou, ainda, pela ação incorreta do homem, quando há despejos industriais,

além da passagem da água por minas abandonadas, vazadouros de mineração e borras de minério, o que pode causar corrosão em tubulações. Tem pouco significado sanitário, porém é desagradável ao paladar humano (RICHTER, 2009).

A dureza, outra variável utilizada nas análises da qualidade da água, resulta da presença de cátions em solução, sendo os mais frequentes os de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) e, em menor grau, os de ferro (Fe^{2+}) e de estrôncio (Sr^{2+}). Consequentemente, em condições de supersaturação, reagem com ânions na água, formando precipitados (MOTA, 2012).

De acordo com Richter (2009), a dureza pode ser classificada como

- a) dureza total: mede o conteúdo total dos íons de cálcio e magnésio, distinguindo-se as parcelas de dureza de cada um deles;
- b) dureza permanente ou não carbonato: mede a quantidade de íons de cálcio e magnésio, depois de se submeter a água à ebulição durante meia hora e recuperando-se o volume total com água destilada. Está associada a outros ânions, especialmente ao cloreto (Cl^-) e ao sulfato (SO_4^{2-});
- c) dureza temporária ou carbonato: a bicarbonatos de cálcio e magnésio elimináveis por ebulição, sendo a diferença entre a dureza total e a dureza permanente. Está associada a bicarbonato (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{2-}).

Além disso, com os resultados obtidos nas análises, podem-se interpretar os resultados da seguinte maneira:

- a) água mole: dureza $< 50 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$;
- b) dureza moderada: dureza entre 50 e $150 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$;
- c) água dura: dureza entre 150 e $300 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$;
- d) água muito dura: $> 300 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$.

Segundo Sperling (2014), a dureza pode ter origem natural por meio da dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, como, por exemplo, as rochas calcárias, ou devido à ação inadequada do homem pelos despejos industriais, sem tratamento, nos corpos hídricos. Em quantidades elevadas pode causar sabor desagradável e efeitos laxativos, reduzir a formação da espuma do sabão e provocar incrustações nas tubulações de água quente e caldeiras, devido à precipitação dos sais nas temperaturas elevadas.

Todas as águas naturais, em maior ou menor escala, contêm íons resultantes da dissolução de minerais. Logo, os cloretos (Cl^-) são originados de forma natural pela dissolução de sais, como, por exemplo, o cloreto de sódio (NaCl) e pela incrustação de águas salinas, ou, ainda, pela ação antrópica com os despejos domésticos, os despejos industriais e as águas utilizadas em irrigação. Em grandes concentrações pode conferir sabor salgado à água ou propriedades laxativas (MOTA, 2012).

O fósforo é essencial para o crescimento de microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e é também indispensável para o crescimento das algas, mas estas, em excesso, causam problemas ambientais, sociais e de saúde pública. O fósforo pode ter origem natural por meio da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica, além da composição celular de microrganismos. Ou, ainda, ter origem antrópica nos despejos domésticos e industriais, nos excrementos de animais e nos fertilizantes (MOTA, 2012).

O fósforo na água apresenta-se, principalmente, nas formas de ortofosfato, fósforo orgânico e fosfatos condensados (pirometafosfatos e outros polifosfatos). Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. As formas como eles se apresentam na água (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- e H_3PO_4) dependem do pH, sendo a mais comum o HPO_4^{2-} (SPERLING, 2014).

Os fosfatos condensados são moléculas mais complexas, com dois ou mais átomos de fósforo, não sendo, às vezes, considerados relevantes nos estudos de controle de qualidade de água. Entretanto, ao sofrerem hidrólise, convertem-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais, podendo comprometer a sua qualidade (SIMPLÍCIO, 2015).

O nitrogênio pode estar presente na água e se alterna entre várias formas e estados de oxidação no meio aquático, como molecular (N_2) escapando para a atmosfera, amônia livre (NH_3) e ionizada (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Sua origem na água pode ocorrer de forma natural, como constituinte de proteínas e vários outros compostos biológicos e também da composição celular de microrganismos ou pela ação antrópica com despejos domésticos e industriais sem tratamento, além de excrementos de animais e fertilizantes (SPERLING, 2014).

Dentre os vários elementos químicos aportados aos corpos d'água, o nitrogênio (N) e o fósforo (P) merecem importante destaque no metabolismo dos ecossistemas aquáticos. O nitrogênio participa da formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa, e, quando presente em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária dos ecossistemas aquáticos. O fósforo também atua em processos fundamentais, como armazenamento de energia e estruturação da membrana celular (NEVES; SILVA; CRESTANA, 2006).

A elevação do aporte de nitrogênio e fósforo em recursos hídricos resulta na eutrofização, trazendo, em decorrência, uma elevação das populações de algas e outras plantas. Em um período de elevada insolação (energia luminosa para a fotossíntese), as algas poderão atingir superpopulações, constituindo uma camada superficial, similar a um caldo verde. Esta camada superficial impede a penetração da energia luminosa nas camadas inferiores do corpo d'água, causando a morte das algas. A morte dessas algas eleva a concentração de

matéria orgânica e resulta na redução do oxigênio dissolvido na água (SPERLING, 2014) e da biodiversidade aquática, além da perda de qualidades cênicas, da morte extensiva de peixes e do aumento da incidência de florações de microalgas e cianobactérias (CORAZZA, 2015).

Assim, o processo de eutrofização é utilizado, na limnologia, para indicar o fenômeno de transformação de lagos para uma maior produtividade biológica, sendo um fenômeno associado ao aumento excessivo da produção de biomassa de produtores primários, geralmente causada pela elevada concentração de nutrientes. Tal fenômeno pode ser natural ou artificial, sendo um processo lento e contínuo, resultante do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais que desgastam e lavam a superfície terrestre. Em condição natural, sem que haja interferência das atividades humanas, lagos profundos e com baixa produtividade biológica sofrem processo de transformação, tornando-se rasos, com alta produtividade biológica e enriquecidos por nutrientes (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010).

Outra variável utilizada nas análises da qualidade da água são os fluoretos, que podem estar presentes de forma natural ou, ainda, a mais comum, serem adicionados a ela durante o tratamento, o que é regido pelo Ministério da Saúde, de acordo com a Portaria nº 2.914, de 2011. Logo, é uma variável relevante para avaliação da qualidade nas águas de consumo, seja pela ação benéfica de prevenção da cárie dentária, seja pela ação maléfica de concentrações mais elevadas que podem provocar alterações na estrutura óssea ou a fluorose dentária (manchas escuras nos dentes) (FRAZÃO; PERES; CURY, 2011).

Ainda, o ferro e o manganês encontram-se frequentemente associados e estão presentes nas formas insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}), mas, em recursos hídricos com a ausência de oxigênio dissolvido, eles se apresentam na forma reduzida solúvel (Fe^{2+} e Mn^{2+}). Caso a água contendo as formas reduzidas seja exposta

ao ar atmosférico, o ferro e o manganês voltam a se oxidar às suas formas insolúveis, que precipitam e podem causar coloração avermelhada na água, no caso do ferro, ou marrom, no caso do manganês, além de conferir um sabor metálico à água. Pode ter origem natural, durante a dissolução de compostos do solo ou origem antrópica pelos despejos industriais, sendo que águas ferruginosas causam maus odores e contribuem para a dureza da água, além de obstruir as canalizações (RICHTER, 2012).

Para Piveli (2001), o oxigênio dissolvido é o elemento principal no metabolismo dos microrganismos aeróbios que habitam as águas naturais. Por isso, trata-se de uma das variáveis mais significativas e importantes para expressar a qualidade de um ambiente aquático, pois se sabe que a dissolução de gases na água sofre a influência de distintos fatores ambientais (temperatura, pressão, salinidade).

Consequentemente, um dos principais problemas resultantes do lançamento de matéria orgânica em corpos d'água é a redução do oxigênio dissolvido, com impactos sobre os organismos aeróbios e consequentes desequilíbrios ecológicos. Todavia, a matéria orgânica da água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico. Em grandes quantidades, no entanto, pode causar também problemas como cor, odor e turbidez (MOTA, 2012).

Os principais componentes da matéria orgânica são as proteínas, os carboidratos, a gordura e os óleos, além de ureia, surfactantes, fenóis, pesticidas e outros em menor quantidade. Pode ter origem natural, com a matéria orgânica vegetal e animal, e microrganismos ou também por meio da ação antrópica, pelos despejos domésticos e industriais. Porém, em termos práticos, usualmente, não há necessidade de se caracterizar a matéria orgânica minuciosamente, pois se utilizam, normalmente, métodos indiretos para a quantificação da matéria orgânica ou do seu potencial poluidor, como a demanda bioquímica de oxigênio

(DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO) (BRASIL, 2014; SPERLING, 2014).

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009), DBO e DQO são utilizadas para indicar a presença de matéria orgânica na água. Sabe-se que a matéria orgânica é responsável pelo principal problema de poluição das águas, que é a redução na concentração de oxigênio dissolvido. Isto ocorre como consequência da atividade respiratória das bactérias para a estabilização da matéria orgânica. Portanto, a avaliação da presença de matéria orgânica na água pode ser feita pela medição do consumo de oxigênio.

Tanto DBO quanto DQO indicam o consumo ou a demanda de oxigênio necessários para estabilizar a matéria orgânica contida na amostra de água. A DBO é a demanda referida convencionalmente a um período de cinco dias, já que a estabilização completa da matéria orgânica exige um tempo maior, e à temperatura de 20°C. A diferença entre DBO e DQO está no tipo de matéria orgânica estabilizada. Enquanto a DBO refere-se exclusivamente à matéria orgânica mineralizada por atividade dos microrganismos, a DQO engloba, também, a estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Assim sendo, o valor da DQO é sempre superior ao da DBO. Além do mais, a relação entre os valores de DQO e DBO indica a parcela de matéria orgânica que pode ser estabilizada por via biológica (BRASIL, 2014).

Sperling (2014), ao comparar os valores de oxigênio dissolvido (OD) e DBO, evidenciou que a DBO é inversamente proporcional a OD, ou seja, quanto menos oxigênio estiver presente no meio para estabilização da matéria orgânica, maiores serão as taxas de DBO.

Um elevado valor da DBO pode indicar um acréscimo da microfauna presente, que interfere na estabilização da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis. A DQO é indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, além de muito

útil, quando utilizada conjuntamente com a DBO, para observar a biodegradabilidade de despejos (VASCONCELOS; GOMES, 2009).

Contudo, todo corpo hídrico tem condições de receber e depurar, por mecanismos naturais, certa quantidade de matéria orgânica. No entanto, essa capacidade é limitada, pois depende das características do manancial e da quantidade de matéria orgânica introduzida nele. Quando ocorre a recuperação, diz-se que houve a autodepuração do corpo de água (MOTA, 2012).

De forma mais ampla, o fenômeno de autodepuração está vinculado ao reestabelecimento do equilíbrio do meio aquático, após as alterações induzidas pelos despejos de afluentes. Em uma visão específica da poluição por matéria orgânica, têm-se, como parte integrante do fenômeno de autodepuração, os compostos orgânicos que são convertidos em compostos estáveis (estabilização da matéria orgânica), como gás carbônico e água, e não prejudiciais, do ponto de vista ecológico (SPERLING, 2014).

Para Sperling (2014), o ecossistema de um corpo d'água antes do lançamento de despejos encontra-se, usualmente, em estado de equilíbrio e, após a entrada da fonte de poluição, o equilíbrio entre as comunidades é afetado, resultando em uma desorganização inicial, seguida por uma tendência posterior à reorganização. Nesse sentido, a autodepuração é representativa de um fenômeno de sucessão ecológica, havendo uma sequência sistemática de substituições de uma comunidade por outra, até que uma comunidade estável se estabeleça em equilíbrio com as condições locais.

Desse modo, a forma mais utilizada para estudar a autodepuração de um curso de água é pela curva de depressão do oxigênio, como mostrado na Figura 1.

Após o lançamento da carga orgânica, há uma queda no teor de oxigênio, denominada de “déficit inicial de OD”. O oxigênio dissolvido continua crescendo, até alcançar cerca de 40% do OD de saturação, no primeiro trecho,

chamado de zona de degradação². No trecho seguinte, zona de decomposição ativa³, o teor de oxigênio dissolvido atinge o valor mínimo, voltando a crescer até cerca de 40% da saturação. Segue-se a zona de recuperação⁴, em que a reaeração excede a desoxigenação e o teor de oxigênio dissolvido cresce até atingir o valor inicial. Finalmente, tem-se a zona de águas limpas⁵, com a água recuperando muitas de suas características, embora algumas mudanças ocorram de forma permanente (MOTA, 2012).

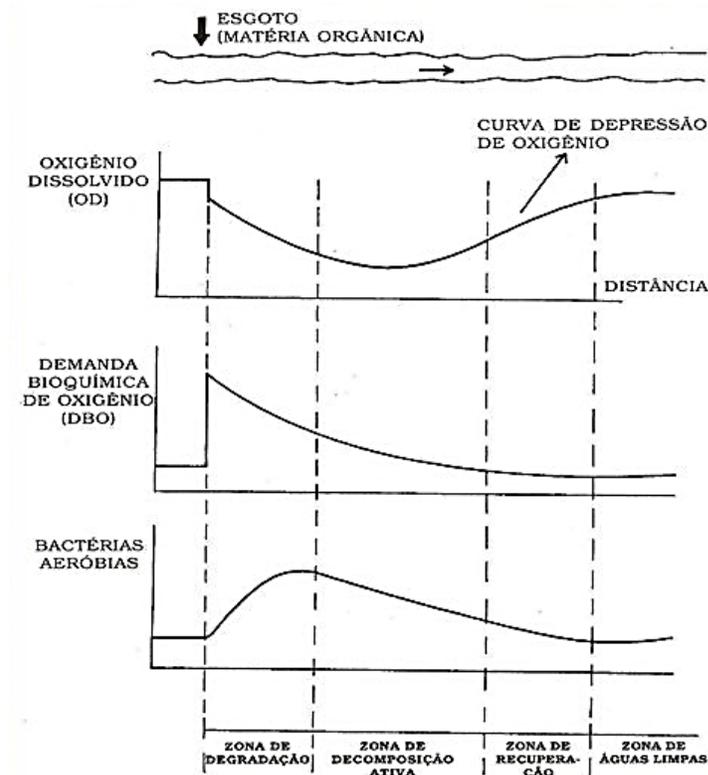
² As águas têm aspecto escuro, sujo; peixes afluem ao local em busca de alimentos; no ponto de lançamento, o teor de OD ainda é suficiente à sobrevivência de organismos aeróbios, mas decresce rapidamente com o tempo; há a sedimentação do material sólido; teor de gás amônia cresce; DBO atinge valor máximo no ponto de lançamento, decrescendo a seguir; bactérias e fungos atingem valores elevados; algas são raras (MOTA, 2012).

³ O teor de OD atinge o mínimo, podendo voltar a elevar-se; DBO continua crescendo; número de bactérias e fungos diminui; o nitrogênio ainda predomina na forma de amônia; organismos aeróbios são reduzidos ou eliminados (MOTA, 2012).

⁴ A reaeração excede a desoxigenação e o teor de oxigênio cresce até atingir o valor inicial; águas têm aspecto mais claro; a DBO continua diminuindo; o nitrogênio predomina nas formas de nitratos e nitritos, podendo, ainda, existir como amônia; número de bactérias é reduzido; peixes e outros organismos aeróbios voltam a aparecer; as algas proliferam (MOTA, 2012).

⁵ As águas retornam às condições primitivas, com relação ao OD, DBO e índices bacteriológicos; peixes e outros organismos aeróbios proliferam normalmente; algumas características indicam mudanças permanentes na qualidade das águas: aumento nos compostos inorgânicos, como os nitratos, fosfatos e sais dissolvidos, podendo resultar na intensa proliferação de algas (MOTA, 2012).

Figura 1 – Curva de Depressão do Oxigênio.



Fonte: MOTA, 2012.

Segundo Mota (2012), vários fenômenos contribuem para a autodepuração de um curso d'água, como os fenômenos físicos – diluição, turbulência da água, sedimentação, temperatura e a luz solar –, os fenômenos químicos – reações de oxidação e redução – e os fenômenos biológicos – predatismo, aglutinação, produção de antibióticos e toxinas.

Assim, o OD tem sido utilizado, tradicionalmente, para a determinação do grau de poluição e de autodepuração dos cursos d'água e a sua medição é simples, podendo o teor ser expresso em concentrações quantificáveis e passíveis de modelagem (SPERLING, 2014).

Existem determinados elementos e compostos químicos que, mesmo em baixas concentrações, conferem à água características de toxicidade, tornando-a, assim, imprópria para grande parte dos usos. Tais substâncias são denominadas micropoluentes. O maior destaque, neste caso, é dado aos metais pesados (por exemplo, arsênio, cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, prata e zinco), frequentemente encontrados em águas residuárias industriais. Além de serem tóxicos, estes metais ainda se acumulam no ambiente aquático, aumentando sua concentração na biomassa de organismos à medida que evolui na cadeia alimentar (fenômeno de biomagnificação) (BRASIL, 2014).

Os metais pesados podem ser encontrados na água como resultado de atividades antropogênicas pela mineração, metalúrgica, esgotos, resíduos sólidos ou uso de combustíveis, podendo ser encontrados em teores altos em solos ou sedimentos de rios, associados às anomalias geoquímicas das rochas, determinando quais íons serão mais abundantes nas águas dos rios (BRASIL, 2017b).

Além dos metais, podem-se citar também os cianetos, que, geralmente, são incorporados à água pelos despejos industriais ou a partir das atividades agrícolas, de garimpo e mineração. Do mesmo modo, são tóxicos para todo tipo de vida animal, pois bloqueiam o transporte de oxigênio no metabolismo. Esses compostos são absorvidos rapidamente pela pele, por inalação ou ingestão, e carregados no plasma sanguíneo, afetando diversos constituintes essenciais dos processos vitais, como a enzima citocromo-oxidase, presente no processo de respiração celular (GUEDES; LIMA; SOUZA, 2005).

Em Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) adota uma classificação dos corpos d'água em função das concentrações observadas na presença de 13 substâncias tóxicas nos corpos de água (amônia, arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre, cobre total, cobre dissolvido, cromo hexavalente, cromo total, fenóis totais, mercúrio total,

nitrito, nitrato e zinco total), formando a contaminação tóxica do corpo hídrico (BRASIL, 2017a).

Ainda, entre os compostos orgânicos tóxicos destacam-se os pesticidas, alguns tipos de detergentes e uma ampla gama de novos produtos químicos elaborados artificialmente para uso industrial (compostos organossintéticos). Além de sua difícil biodegradabilidade, muitos desses compostos apresentam propriedades carcinogênicas (causam câncer), mutagênicas (influências nas células reprodutoras) e, até mesmo, teratogênicas (geração de fetos com graves deficiências físicas) (BRASIL, 2014).

2.4.3 Variáveis biológicas

Os microrganismos desempenham diversas funções de fundamental importância, principalmente as relacionadas com a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos. Outro aspecto de grande relevância, em termos de qualidade biológica da água, é o relativo à possibilidade da transmissão de doenças, pois a determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças pode ocorrer de forma indireta, com a identificação de organismos indicadores de contaminação fecal, sendo avaliada pela determinação do número de bactérias coliformes totais e termotolerantes, principalmente a *Escherichia coli*, além também da presença de algas (SPERLING, 2014).

Os microrganismos do grupo coliformes são representados por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e, principalmente, a *Escherichia coli*. São bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído α , e que podem apresentar

atividade da enzima β -galactosidase. Podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como, por exemplo, efluentes domésticos e industriais, ou podem ocorrer em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal (CETESB, 2009).

Os coliformes fecais, atualmente chamados de termotolerantes, segundo a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 1, de 5 de maio de 2008 (MINAS GERAIS, 2008), são um grupo de bactérias que ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente (mamíferos), entretanto, algumas bactérias pertencentes a esse grupo (*Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*) não são encontradas em fezes, como afirmado na resolução.

Assim, as bactérias coliformes termotolerantes, representadas pela *Escherichia coli*, são de origem exclusivamente fecal e não causam problemas à saúde quando estão no intestino, pois é uma bactéria normal nesse local. Mas, algumas variantes podem desencadear distúrbios gastrintestinais caracterizados por diarreia aquosa e podem estar relacionadas com infecções urinárias, pneumonias e meningites. Contudo, a sua presença em grandes números indica a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (BRASIL, 2017a).

Os coliformes termotolerantes não são indicadores de contaminação fecais tão bons quanto a *Escherichia coli*, mas seu uso é aceitável para avaliação da qualidade da água, pois estão disponíveis métodos rápidos, simples e padronizados para a sua determinação. Contudo, na legislação brasileira, os coliformes termotolerantes são utilizados como padrão para a qualidade microbiológica de águas superficiais destinadas ao abastecimento, à recreação, à irrigação e à piscicultura (MINAS GERAIS, 2008).

A *Escherichia coli* é raramente encontrada na água ou no solo que não tenham recebido contaminação fecal, pois sua origem fecal é inquestionável e sua natureza ubíqua pouco provável, o que valida seu papel mais preciso de

organismo indicador de contaminação, tanto em águas naturais quanto tratadas (BRASIL, 2013).

Assim, os coliformes satisfazem os requisitos básicos de uma variável ideal para a qualidade bacteriológica da água, pois estão sempre presentes quando o esgoto está presente e vice-versa; sobrevivem mais tempo na água que as espécies patogênicas e são facilmente isoladas (RICHTER, 2012).

Por fim, as algas são organismos que contêm clorofila e que, por meio dela, realizam a fotossíntese e desempenham papel importante no ambiente aquático, sendo responsáveis pela produção de grande parte do oxigênio dissolvido do meio. Mas, em grande quantidade, como resultado do excesso de nutrientes, trazem alguns inconvenientes, como sabor, odor, toxidez, turbidez, cor e formação de massas de matéria orgânica que, ao serem decompostas, provocam redução do oxigênio dissolvido, corrosão, interferência nos processos de tratamento de água e um aspecto estético desagradável (MOTA, 2012).

Segundo Richter (2009), as principais algas que prejudicam o meio aquático são *Anabaema*, *Anacytis*, *Asterionella*, *Ceratium*, *Chlorella*, *Diatoma vulgare*, *Dinobryon*, *Mallomonas*, *Melosira*, *Oscillatoria*, *Spirogyra*, *Staurastrum*, *Synedra* e *Tabellaria*. Assim, a cor esverdeada da maioria das algas é devido à clorofila α , substância essencial para a captura da luz e a realização da fotossíntese. Desse modo, ultimamente, tem-se utilizado o teor de clorofila α como medida de fitoplâncton na água, sendo que quanto maior a quantidade de clorofila α , maior é a quantidade de algas. Porém, deve-se notar que a presença de algas não é responsável pelo estado de eutrofização de um corpo d'água, mas um indicador de seu grau de fertilidade. Várias variáveis, incluindo nitrogênio, fósforo, algas, clorofila α e outras, são utilizadas para estimar o estado trófico de um manancial.

Sendo assim, as variáveis físicas, químicas e biológicas que caracterizam a qualidade das águas sofrem grandes variações no tempo e no

espaço, havendo a necessidade de um programa de monitoramento sistemático para obter a legítima estimativa da variação da qualidade das águas superficiais.

Para Buzelli e Cunha-Santino (2013), o monitoramento de ecossistemas aquáticos é uma importante ferramenta para a gestão ambiental, pois fornece informações que contribuem para diagnosticar a qualidade das águas, possibilitando identificar os principais impactos responsáveis pela degradação dos recursos hídricos.

Em geral, um programa de monitoramento inclui coletas frequentes nos mesmos pontos de amostragem e análise em laboratório de um grande número de variáveis, resultando em uma matriz de grandes dimensões e complexa interpretação (ANDRADE et al., 2007).

Assim, os resultados obtidos podem se traduzir em propostas de ações concretas que visam mitigar os efeitos da utilização indiscriminada dos recursos hídricos, buscando equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e social e a conservação ambiental. É nesse contexto que os índices de qualidade de água surgem como uma metodologia integradora de análise, por disporem várias informações num único resultado numérico, facilitando o processo de informação à população e orientação de ações de planejamento e gestão da qualidade da água (LEITÃO et al., 2015).

2.5 Índices de qualidade de água

O uso de águas superficiais para diversos fins ameaça à integridade dos ecossistemas aquáticos e, como resultado, há a alteração de sua qualidade e quantidade. Desse modo, o monitoramento e a avaliação da qualidade da água são fundamentais, uma vez que o potencial poluidor dos efluentes líquidos é gerado nos mais diversos setores, como indústrias, residências e agricultura, entre outros (MENDONÇA et al., 2015; KOÇER; SEVGILI, 2014).

Para a interpretação da qualidade das águas superficiais é necessária a utilização de métodos simples. Para isso, o uso de índices de qualidade de água é uma alternativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê para acompanhar, de forma resumida, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (ZANINI et al., 2010).

Assim, os índices de qualidade facilitam a comunicação com a sociedade, pois permitem sintetizar várias informações em um número único. Por outro lado, nesse processo de síntese há a perda de informação sobre o comportamento das variáveis analisadas. Conseqüentemente, qualquer análise mais detalhada deve considerar as variáveis individualmente, que determinam a qualidade das águas (BRASIL, 2009).

De acordo com Pereira e Silveira (2013), os principais índices de qualidade da água utilizados no Brasil são os seguintes:

- a) Índice de Qualidade das Águas (IQA);
- b) Índice de Estado Trófico (IET);
- c) Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP);
- d) Índice de Contaminação por Tóxicos;
- e) Índice de Balneabilidade (IB);

e) Índice de Qualidade da Água para a Proteção da Vida Aquática (IVA).

No presente trabalho deu-se ênfase ao índice de qualidade da água (IQA), por ser um dos métodos mais difundidos e utilizados para determinar a qualidade da água.

2.5.1 Índice de qualidade da água

O Índice de Qualidade da Água (IQA), o mais utilizado dos índices, foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta, visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento.

Segundo Alves, Teresa e Nabout (2014), a primeira tentativa para desenvolver um IQA foi na Alemanha, em 1948, quando pesquisadores encontraram uma correlação entre os níveis de poluição e de certas comunidades de organismos marinhos (peixes, organismos bentônicos e plantas). Mais tarde, o pesquisador alemão Horton, em 1965, desenvolveu um índice, o qual foi utilizado em um programa para reduzir a poluição e informar a população.

Todavia, o importante e amplamente utilizado IQA foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos, em 1970, baseado em uma pesquisa que determinou 9 variáveis importantes de condução global da qualidade da água. São eles o oxigênio dissolvido (OD), os coliformes termotolerantes, o potencial hidrogeniônico (pH), a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), a temperatura da água, além de nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total (ALVES; TERESA; NABOUT, 2014).

As variáveis utilizadas no cálculo do IQA são, em sua maioria, indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos, ou efluentes ricos em matéria orgânica sem materiais recalcitrantes. Com isso, a avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que este índice não analisa contaminantes importantes para o abastecimento público, tais

como substâncias tóxicas (por exemplo, metais pesados, pesticidas e os compostos orgânicos), protozoários patogênicos, ovos de vermes e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (PEREIRA; SILVEIRA, 2013).

Assim, na literatura, é possível analisar muitos trabalhos relativos ao IQA, como o realizado por Campos, Ramires e Paula (2011) que, ao compararem os valores do IQA, observaram, após a chuva, que ocorreu a queda do IQA em todos os pontos, com aumento considerável de turbidez e coliformes termotolerantes nesses locais. Esse efeito pode ser atribuído à precipitação que, ao contrário de diluir a concentração de nutrientes e resíduos na água, aumentou o escoamento superficial do solo, o que resultou em IQA menor e decréscimo da qualidade da água. As áreas florestadas não perturbadas apresentam as melhores condições, do ponto de vista da proteção dos recursos hídricos. O monitoramento hidrológico das microbacias com vegetação natural remanescente serve como referência para a comparação com outras microbacias impactadas.

No trabalho realizado por Leitão et al. (2015), no qual o objetivo central foi determinar a relação da qualidade da água com o uso e a ocupação solo, os autores chegaram à conclusão de que, embora o local analisado (bacia do ribeirão São Bernardo) esteja em uma área de atividades agropecuárias, a água apresentou boa qualidade, de forma que pode ser classificada, segundo Resolução CONAMA 357/05, como um rio de classe 2. Apesar de os usos do solo da área da microbacia serem comumente citados como fatores de alteração da qualidade dos recursos hídricos, principalmente no que se refere à poluição por nutriente, material orgânico e sólido, não foi possível verificar tais alterações no período observado. Logo, a presença da mata ciliar, onde está a Área de Preservação Permanente, pode explicar os valores ótimos e bons resultados

obtidos para a qualidade da água nesse ponto da bacia com os maiores valores de IQA.

Para Chaves e Santos (2009), considerando que o IQA é um índice integrado de qualidade da água, o fato de não ter apresentado piora no período estudado nem ter sido correlacionado com o uso da terra indica que a bacia (possivelmente sua mata ciliar) pode ter absorvido a maior parte dos impactos resultantes do processo de uso e ocupação do solo ou, ainda, que o arranjo espacial fragmentado da cobertura do solo pode ter causado alta variância no processo de transporte de poluentes, mascarando eventuais tendências de piora.

Já o estudo de caso de Wu et al. (2013) confirmou a hipótese de que a reabilitação de águas poluídas com base no replantio de vegetação pode aliviar o aumento da poluição e possibilitar a reabilitação do ecossistema aquático degradado.

Bucci e Oliveira (2014) concluíram também que a remoção da mata ciliar e da cobertura vegetal que as áreas da represa sofreram ao longo do tempo causou impactos na qualidade hídrica do sistema. Isso torna os ambientes mais vulneráveis aos impactos da água de chuva, permitindo maior escoamento superficial de materiais para a água, o que fica evidenciado nas variáveis de pH, turbidez e sólidos totais. Os pontos próximos às zonas fluviais e lacustres são os mais impactados, apresentando predominância do IQA médio.

No trabalho conduzido por Pinheiro et al. (2014), bacia hidrográfica do rio Duas Mamas, localizada no município de Schroeder, Santa Catarina, foram estudadas as variáveis físicas, químicas e microbiológicas e a sua relação com o uso e a ocupação do solo, confirmou-se que este último fator foi determinante na qualidade da água, pois áreas com mata nativa produzem concentrações de fósforo total, nitrogênio amoniacal e coliformes termotolerantes superiores aos padrões ambientais estabelecidos pela legislação. O uso antrópico, seja agrícola ou urbano, interferiu, mesmo que de maneira branda, na qualidade de água. A

urbanização, apesar de pequena, comprometeu a qualidade da água, pois foi a seção fluviométrica cujos resultados mais superaram os valores estabelecidos na legislação. Além disso, nesta bacia, ações pontuais, como lançamentos de efluentes e corredeiras, podem interferir significativamente na qualidade da água do rio.

Dessa forma, o IQA é útil quando existe a necessidade de sintetizar a informação sobre vários parâmetros físico-químicos, visando informar o público leigo e orientar as ações de gestão da qualidade da água. Entre as vantagens do uso do índice destacam-se a facilidade de comunicação com o público não técnico e o fato de ele representar uma média de diversas variáveis em um único número. Em contrapartida, a principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da interação entre elas (CETESB, 2003)

Portanto, é necessário monitorar os cursos hídricos, a fim de disponibilizar informações que permitam propor medidas de manejo para manter os ambientes aquáticos com qualidade ecológica. Assim, para assegurar o gerenciamento sustentado dos recursos hídricos e seus múltiplos usos, a avaliação da qualidade da água é de fundamental importância (STRIEDER et al., 2006).

2.6 Método de Bávaro

Apesar de os índices de qualidade de água serem bastante utilizados para determinar a qualidade das águas superficiais, torna-se importante a avaliação do entorno dos mananciais, com vistas à redução das interferências antrópicas que degradam a qualidade das águas.

Sob este aspecto, o Método Bávaro, intitulado *Mapping and assessment methods for the structure of Waters* (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT - BAYLFW, 2002), foi desenvolvido pelo *Bavarian*

State Office of Water Management para coletar e avaliar estruturas de água com base em informações para a avaliação do estado da água, além de fornecer dados básicos que permitam o desenvolvimento de planos de gestão e medidas de acordo com a *Water Framework Directive* (REINKE; MARSCHALEK, 2009).

De acordo com Reinke e Marschalek (2009), o Método Bávaro é um método de mapeamento no local, com base no trabalho de escritório preliminar (coleta de dados básicos, categorização da água e primeiras estimativas de um modelo específico) e os parâmetros da estrutura individual, que são coletados durante o mapeamento de campo com a ajuda de folhas para mapeamento.

O Método Bávaro apresenta-se em módulos relativos à morfologia fluvial, à qualidade da água e à biota aquática e pode ser aplicado a corpos hídricos em campo aberto e em áreas urbanas, realizado por meio de um levantamento cadastral em campo, em que são observados parâmetros que representam o estado morfológico do rio (SILVA, 2013).

Todo o procedimento de coleta e avaliação deve ser transparente e reproduzível, pois a avaliação leva em consideração morfologia funcional e natural em contextos espaciais de modo não específico. A avaliação é realizada separadamente para o leito e para a várzea, destacando a importância ambiental de ambos e é feita em trechos mais homogêneos do rio, sendo recomendado o comprimento de análise a cada 100 metros (LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER - LAWA, 2000).

Segundo Meira (2014), o objetivo do mapeamento de qualidade estrutural é a avaliação prática e compreensível, que leva à integridade ecológica do rio e áreas úmidas com base em indicadores selecionados (parâmetros estruturais), o que vai além da mera avaliação e documentação do estado da qualidade da água.

Com o Método Bávaro são coletados e avaliados 26 parâmetros individuais, entretanto, cinco parâmetros são incluídos para auxiliar no

preenchimento dos dados em campo. Assim, pode-se distinguir entre os parâmetros diretamente incluídos na avaliação (mostrado na cor azul) e parâmetros opcionais coletados como auxílio para avaliação (mostrado na cor laranja), como pode ser observado na Figura 2. Dessa forma, maiores detalhes nas medições, baseados nos objetivos, podem ser feitos por parâmetros adicionais (SILVA, 2013).

Figura 2 – Estrutura da avaliação de corpos hídricos pelo Método Bávaro.



Fonte: MEIRA (2014).

De acordo com Meira (2014), o módulo relativo à avaliação hidromorfológica do Método Bávaro é formado por um sistema total composto por dois subsistemas que são a dinâmica do leito do rio e a dinâmica da várzea. Por sua vez, estes subsistemas são compostos por sete funções hidromorfológicas complexas.

Assim, esses dois subsistemas formam a total dinâmica de água fluida complexa e esta classificação é o fator decisivo na agregação dentro da avaliação (REINKE; MARSCHALEK, 2009).

A definição das funções hidromorfológicas que estão incluídas no formulário de aplicação do Método Bávaro é informada a seguir, sendo determinadas as particularidades, segundo cada um dos dois subsistemas.

Subsistema da dinâmica do leito do rio:

- a) forma do rio: curvatura de execução, se sinuoso, tortuoso ou ligeiramente sinuoso ou retilíneo;
- b) potencial de modificação: comprometimento do leito, das margens, as estruturas transversais, seção transversal, padrão de fluxo, profundidade do perfil, existência de bueiros, pontes, canalização do curso d'água;
- c) potencial de desenvolvimento: variação da profundidade, variação da largura do leito, largura da erosão e deposição;
- d) aspectos estruturais: mata ciliar, estruturas especiais do leito, faixa de vazão e diversidade dos substratos.

No subsistema da dinâmica da várzea:

- a) retenção: estruturas de controle das cheias;
- b) estrutura das margens: o uso das margens do rio;
- c) potencial de retenção da matéria: tipo de uso da várzea e das margens, além das águas armazenadas nas várzeas.

A ponderação das funções hidromorfológicas da dinâmica do leito e da dinâmica da várzea é feita em formulário próprio (ANEXO A), adaptado de LAWA (2000), no qual são enquadradas em critérios aos quais são atribuídos valores entre 1 e 7, informados pelo analista em campo.

De acordo com Meira (2014), os critérios de avaliação não são tratados de forma igual, mas recebem pesos diferenciados de acordo com a sua importância dentro da estrutura de análise para o rio. A avaliação de cada subsistema é feita com o auxílio dos quadros contidos no formulário, em que os valores atribuídos são computados e atribuídos conforme a pontuação obtida na estrutura da classe. Ao final, tem-se o valor global da classificação da estrutura da qualidade do rio quanto às condições hidromorfológicas.

Assim, para obter o valor global, ou seja, do sistema total (estrutura do corpo hídrico), torna-se necessária a combinação dos resultados dos dois subsistemas, dinâmica do leito do rio e dinâmica de várzea. Com essa combinação, serão observados os níveis de degradação de um trecho do rio (SILVA, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudos

Localizada na mesorregião sul-sudoeste de Minas Gerais, mas especificamente na microrregião de Varginha, Três Pontas é um município com praticamente todas as ruas da zona urbana asfaltadas (98%), e serviços de água e esgoto para toda a população urbana. Contudo, não há uma estação de tratamento de esgoto (ETE). Com área de 689 km², o município tem, aproximadamente, 56 mil habitantes, dos quais aproximadamente 80% residem na zona urbana (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010).

De acordo com o mapa climático do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o clima de Três Pontas é tropical semiúmido subquente, com uma estação seca que dura de maio a setembro. A média anual das temperaturas é de 20 °C e a média anual de pluviosidade é de 1.440mm. O município encontra-se na zona tropical e o clima também é influenciado pela altitude do município, que varia entre 800 e 1.200 metros (IBGE, 2016).

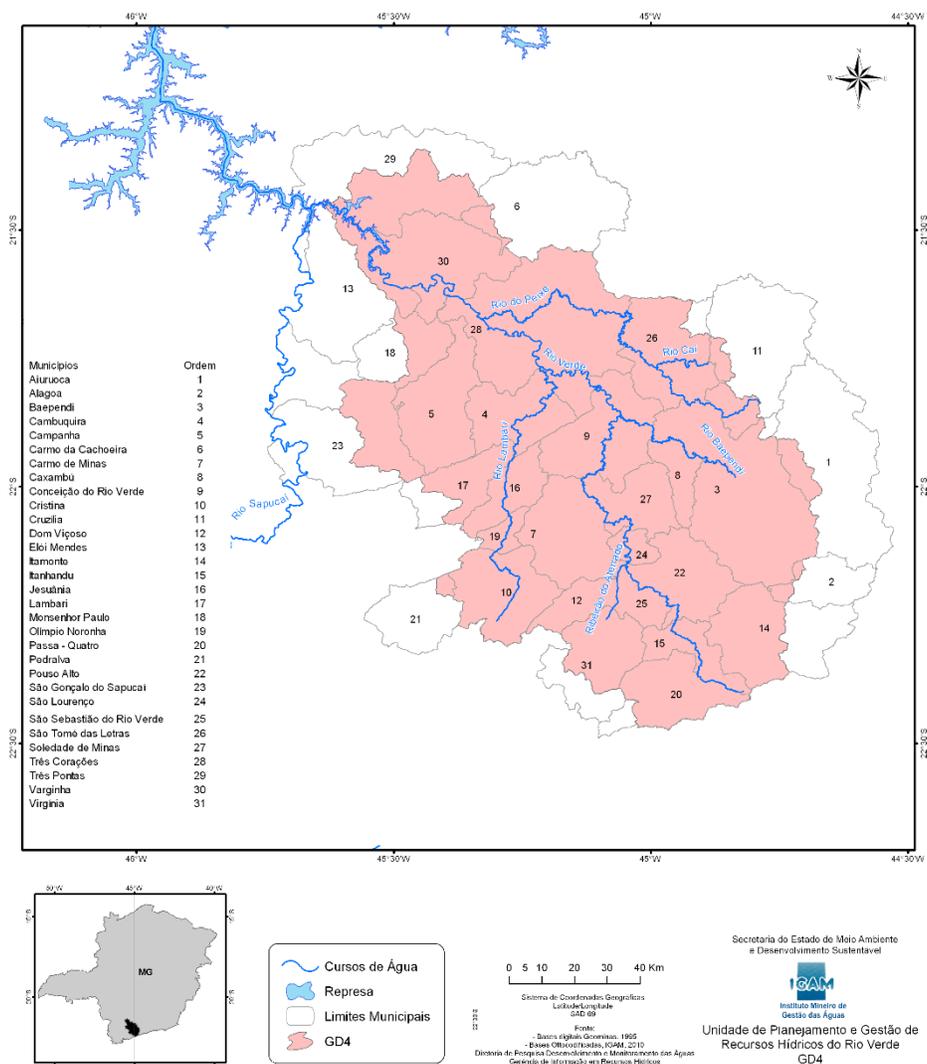
A rede hídrica do município pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Grande⁶ (BHRG), mais especificamente a Bacia Hidrográfica do Rio Verde⁷

⁶ Situada na região sudeste do Brasil, na Região Hidrográfica Paraná que, em conjunto com as regiões hidrográficas Paraguai e Uruguai, compõe a bacia do Prata. É uma bacia hidrográfica de expressiva área territorial, com mais de 143 mil km² de área de drenagem. Com população de nove milhões de habitantes, é formada por 393 municípios, dos quais 325 têm área totalmente incluída na BHRG, o que comprova a sua grandeza como bacia hidrográfica que inclui dois importantes estados brasileiros, Minas Gerais, ao norte, com 60,2% da área de drenagem da bacia, e São Paulo, ao sul, com 39,8% da área (CBH GRANDE, 2017).

⁷ Abrange um total de 31 municípios, com população total estimada de 460.192 habitantes e área de drenagem de 6.864 km², e possui disponibilidade hídrica entre 10 e 20 litros por segundo por quilômetro quadrado (IGAM, 2017).

(GD4), cujos principais corpos hídricos são os rios Verde e Sapucaí, como apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Grande e, conseqüentemente, da sub-bacia do rio Verde.



Fonte: Adaptado de IGAM (2017).

Os rios Verde e Sapucaí se encontram no limite sul do município e formam a extremidade meridional da represa de Furnas, na divisa de Três Pontas com os municípios de Elói Mendes e Paraguaçu (FIGURA 4). Um dos distritos do município, o Pontalete, fica exatamente onde os dois rios se encontram (CAMPOS, 2004).

Figura 4 – Principais cursos d’água do município de Três Pontas, MG.

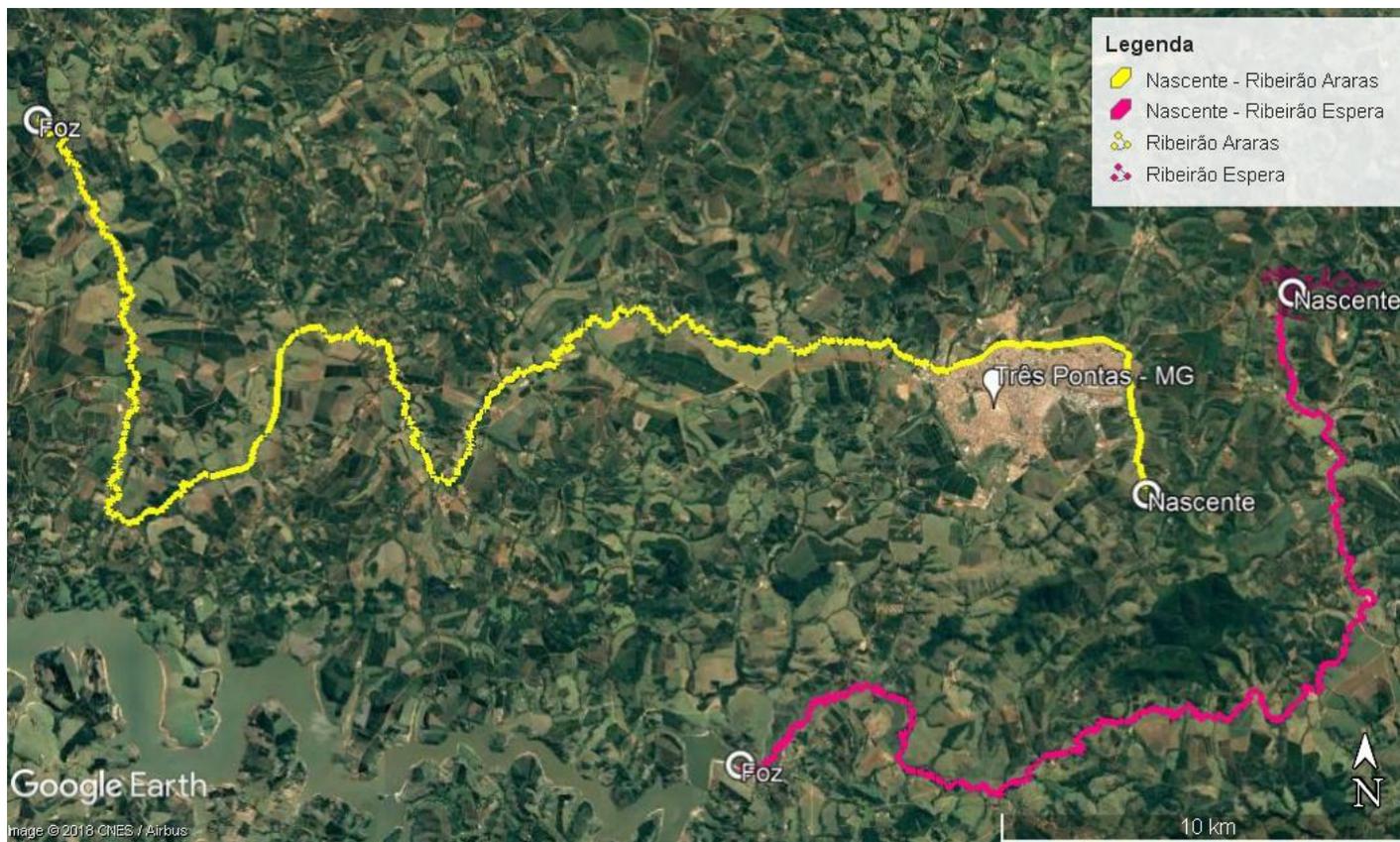


Fonte: Google Maps (2018).

Em todo o município existem vários córregos e ribeirões, sendo os ribeirões Araras e Espera os principais cursos d’água que cortam a sede municipal, como demonstrado na Figura 5, desaguando ambos na represa de Furnas.

O ribeirão Espera nasce a leste da zona urbana, segue para o sul e depois para oeste. Gradualmente ganha volume à medida que recebe água de seus afluentes, principalmente do córrego Taboão. Posteriormente, cruza a rodovia MG-167 e deságua na represa de Furnas, próximo a uma fazenda de mesmo nome. O uso e a ocupação do solo no entorno do ribeirão Espera, em sua maioria, é de cafeicultura e pastagem.

Figura 5 – Ribeirões Araras (linha amarela) e Espera (linha vermelha) em relação à sede municipal de Três Pontas, MG.



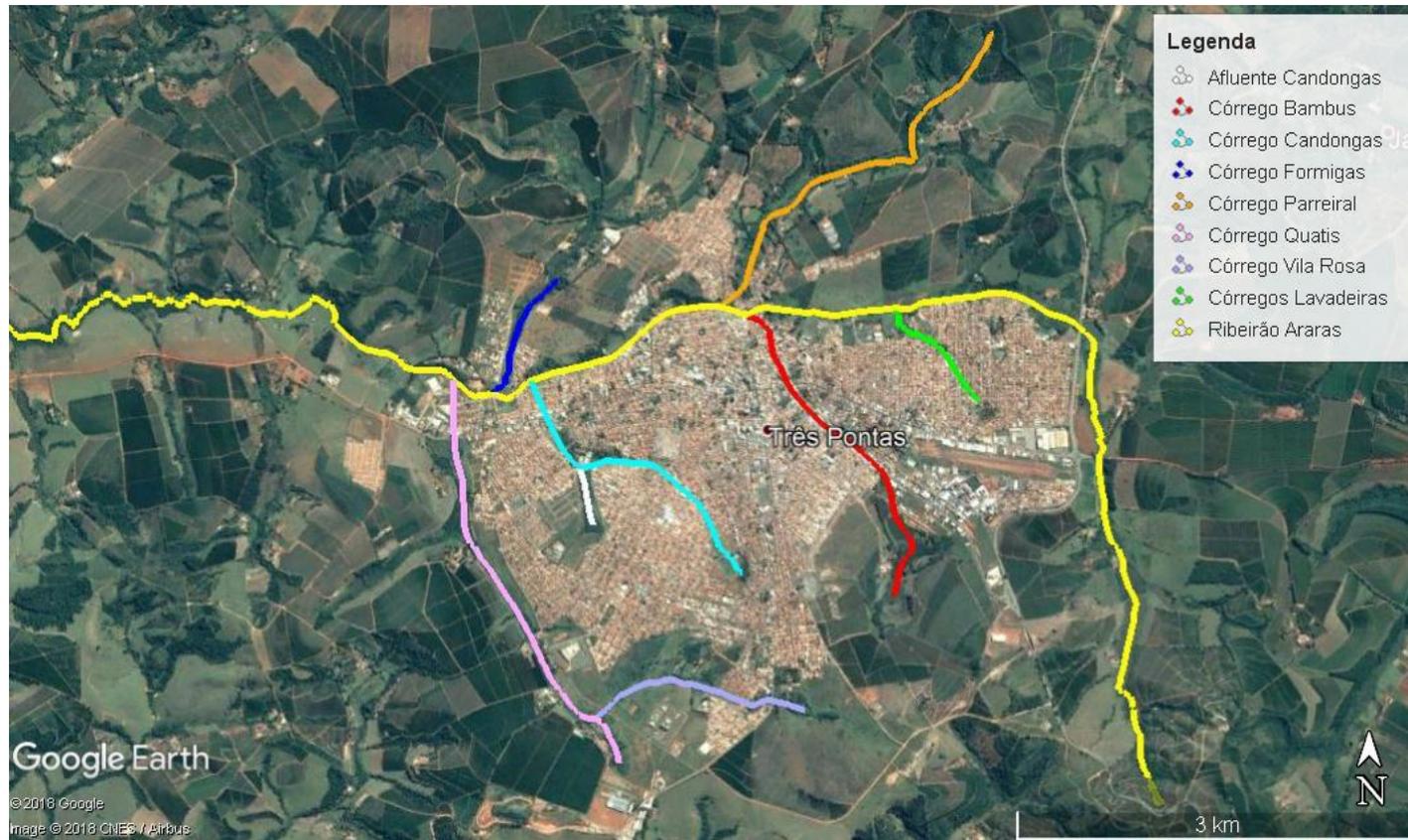
Fonte: Adaptado de Google Earth (2018).

O ribeirão Araras tem sua nascente a leste da zona urbana, a partir de onde segue para o norte, quando seu trajeto muda para oeste e cruza a rodovia MG-167, passando a margear diversos bairros da cidade. Posteriormente, segue em direção ao oeste, passando próximo ao povoado do Quilombo Nossa Senhora do Rosário, e deságua na represa de Furnas, no município de Campos Gerais. Este curso d'água sofre grande poluição justamente por cruzar a área urbana do município e receber o esgoto doméstico. O uso e a ocupação do solo do ribeirão Araras, em sua maioria, também são por cafeicultura e pastagem.

A zona urbana de Três Pontas também é cortada pelos córregos Candongas, Bambus e Lavadeiras, que têm sua nascente na zona urbana e também pelos córregos Quatis, Formiga, Parreiral e Vila Rosa, cujas nascentes situam-se na zona rural, ou seja, fora da cidade, como mostrado na Figura 6. É importante ressaltar que o córrego Bambus, o córrego Candongas e o trecho inicial do córrego Lavadeiras são canalizados por cruzarem a zona urbana do município.

O abastecimento de água e o recolhimento de esgoto em Três Pontas são realizados pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), autarquia municipal que contou com grande expansão nos últimos anos. Toda a zona urbana está ligada à rede principal de distribuição de água; já na zona rural apenas 10% estão integrados à rede geral de abastecimento, e a maioria retira água das nascentes ou poços na própria propriedade ou vizinhas (SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO - SAAE, 2010).

Figura 6 – Corpos hídricos que cortam a zona urbana de Três Pontas, MG.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2018).

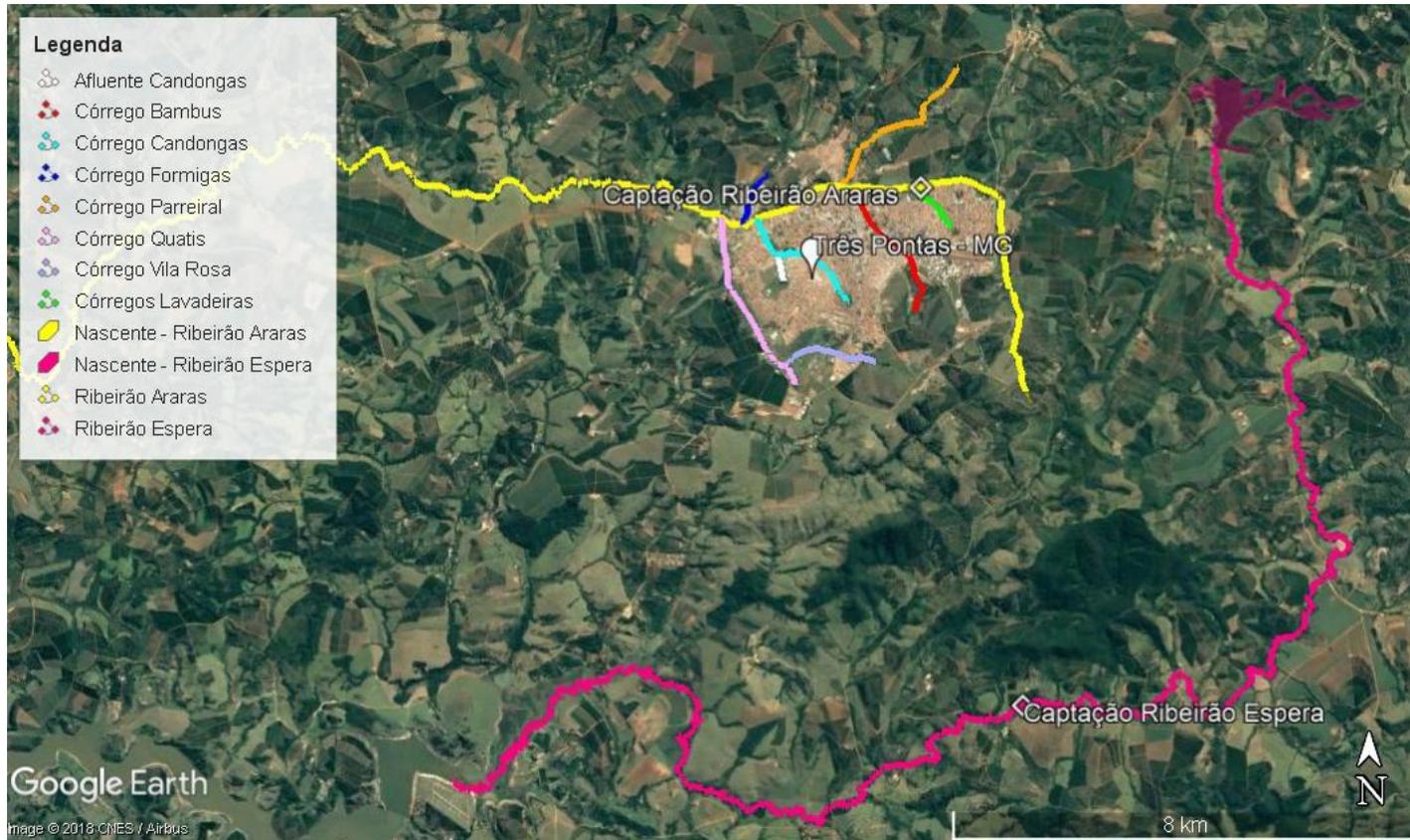
A captação de água para o consumo da população é feita em três mananciais, todos de superfície, no trecho inicial do ribeirão Araras, conhecido popularmente como córrego Custodinho e na junção dos córregos Quatis e Formiga, no encontro com o ribeirão Araras, estes responsáveis por abastecer a Estação de Tratamento Ipiranga (ETA I); o ribeirão Espera, que abastece a Estação de Tratamento de Água Paraíso (ETA II) e os distritos Quilombo Nossa Senhora do Rosário e Pontalete são abastecidos por poços artesianos (SAAE, 2010).

3.2 Coleta e tratamento dos dados da qualidade da água

As análises de qualidade de água realizadas pelo SAAE semestralmente foram a fonte de dados sobre a qualidade da água dos ribeirões Espera e Araras, realizados em pontos de coleta de água bruta (FIGURA 7) para o tratamento e, posteriormente, a distribuição à população. As coletas amostrais estão em conformidade com as exigências da Deliberação Normativa Conjunta do COPAM/CERH n° 1 (MINAS GERAIS, 2008) e da Portaria n° 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), com a finalidade de avaliar potenciais riscos à saúde humana.

A série histórica compreende os anos de 2011 a 2016, com exceção do primeiro semestre de 2011 e do segundo semestre de 2014, pois foram épocas de processo licitatório para a contratação de laboratório para realizar as análises e, conseqüentemente, não houve a realização das análises nesses períodos. Contudo, no período de 2011 a 2014, as análises foram realizadas pela empresa ECO system e, para o período de 2015 a 2016, as pela Bioética Ambiental.

Figura 7 – Pontos de coleta de água bruta para análise de qualidade.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2018).

As análises realizadas seguiram as metodologias descritas em *American Public Health Association* (APHA), *American Water Works Association* (AWWA) e *Water Environment Federation* (WEF) (2012), compreendendo sabor e odor (2170B), oxigênio dissolvido (4500OC), cor (2120CB; 2120B), coliformes termotolerantes (9221E; 9222A-B-D), densidade de cianobactérias (10000; 1060), alumínio (3030E; 3111D; 3120B), zinco (3030E, 3111B), manganês (3030E, 3111B), ferro (3030E, 3111B), nitrogênio amoniacal (4500 NH₃ B, 4500 NH₃ F), nitrito (300.1), fenóis totais (8270D, 5530C) e diclorometano (8260C, 6410A).

Os resultados que serão obtidos estão intimamente ligados ao local em que é retirada a água para análise. Assim, tanto para o ribeirão Espera quanto para o ribeirão Araras, este é o local onde o SAAE tem a sua captação de água.

O local de captação do ribeirão Espera está situado em área rural e toda a água visualizada tem características físicas (cor, odor e turbidez) muito próximas, não tendo diferença exorbitante de um trecho para outro. Já o ponto de captação do ribeirão Araras está localizado dentro da área urbana do município de Três Pontas, MG, mas apresenta um agravante, pois, além de servir para a captação de água, ele também serve de local para o despejo do esgoto produzido por toda a população urbana. Assim, sua água apresenta características físicas (cor, odor e turbidez) muito diferentes, se comparada à de antes e depois do local de captação.

Portanto, com as análises de qualidade de água entre os anos de 2011 e 2016, compostas pelas características físicas, químicas e biológicas, montou-se a série histórica utilizando-se o *software* Excel[®] da Microsoft[®] versão 2013. Após a montagem de um único arquivo que contivesse toda a série histórica, as variáveis foram trabalhadas de forma individual, em que foram destacadas aquelas que estavam acima do valor de qualidade estabelecido para a classe 2 de qualidade de água (MINAS GERAIS, 2008), pois, como os ribeirões Espera e

Araras não têm um enquadramento, levam-se em consideração os valores estabelecidos para a Classe 2. Posteriormente, foram montadas tabelas para serem trabalhadas como resultado da condição da qualidade da água para os ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016.

3.3 Índice de qualidade da água

Como citado anteriormente, o índice de qualidade da água (IQA) é formado por um conjunto de 9 variáveis que incluem oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total, e cada uma delas tem o seu respectivo peso (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (TABELA 3).

Tabela 3 – Variáveis de qualidade da água utilizadas para a quantificação do índice de qualidade da água, e respectivos pesos.

Variáveis de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido (OD)	0,17
Coliformes termotolerantes* (CF)	0,15
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	0,10
Nitratos (NO_3^-)	0,10
Fosfatos (PO_4^{3-})	0,10
Variação de temperatura (T)	0,10
Turbidez (Tu)	0,08
Resíduo total (ST)	0,08

* Substituído por *Escherichia coli* a partir de 2013.

Fonte: IGAM (2014).

Desse modo, segundo o IGAM (2014), o IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, conforme a equação 1.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

em que

- IQA: índice de qualidade das águas, um número entre 0 a 100;
- q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;
- w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

Assim, a partir dos valores de IQA, as águas podem ser classificadas conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação do IQA quanto às categorias de qualidade das águas e o seu significado.

Categoria	Ponderação	Significado
Excelente	$90 < IQA \leq 100$	Águas apropriadas para tratamento convencional, visando ao abastecimento público.
Bom	$70 < IQA \leq 89$	
Médio	$50 < IQA \leq 69$	
Ruim	$25 < IQA \leq 49$	Águas impróprias para tratamento convencional, visando ao abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
Muito ruim	$IQA \leq 25$	

Fonte: IGAM (2014).

As análises dos ribeirões Espera e Araras são completas, pois abordam todas as variáveis, desde as que analisam as condições da água, até mesmo variáveis como metais pesados, poluentes persistentes e recalcitrantes no meio. Assim, foi possível determinar a qualidade da água para ambos os recursos hídricos por meio do IQA.

Desse modo, o IQA foi calculado utilizando-se uma ferramenta disponibilizada pelo IGAM e disponível no Portal InfoHidro⁸. Contudo, as variáveis DBO, nitrato e fósforo total não continham valores, mas havia a informação de que eles seriam menores que o limite de qualificação (<LQ).

Assim, para esses valores foi considerado o próprio limite de qualificação (LQ), pois, como era impossível determinar o valor correto, escolheu-se utilizar o limite de qualificação, já que seria um valor representativo, pois, qualquer que seja o valor real, ele seria abaixo do LQ e, conseqüentemente, a qualificação da água poderia ser melhor, mas nunca pior.

Com relação ao parâmetro coliformes termotolerantes, cujos valores não foram determinados exatamente (< 3), foi utilizado o valor 3,0 para os cálculos do IQA. Estes procedimentos também são adotados pelo IGAM no monitoramento das águas superficiais de Minas Gerais (BUCCI; OLIVEIRA, 2014).

O tratamento dos dados obtidos ocorreu por meio do *software* Excel[®] da Microsoft[®] versão 2013.

3.4 Análise hidromorfológica

Para a aplicação do Método Bávaro foi preenchida uma ficha de cadastro (ANEXO A), na qual são trabalhadas informações dos dois subsistemas – dinâmica do leito do rio e dinâmica da várzea –, concluindo-se com a obtenção da estrutura de classe.

A avaliação foi realizada por meio de dados coletados na plataforma Google Earth[®], com imagens da região em estudo atualizadas em 6 de fevereiro de 2017 e também nos trabalhos de campo onde foi realizada uma avaliação dos trechos por meio de observação nas quais foram tiradas fotografias. Assim, a

⁸ <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/calculadora-de-iqa-e-ct/calculadora-de-iqa>

ficha de cadastro foi, em partes, preenchida anteriormente à visita de campo e, posteriormente, foram confirmadas ponto a ponto nos ribeirões Espera e Araras.

Ao preencher a ficha de cadastro do Método Bávaro, em alguns parâmetros individuais, é necessário apenas colocar um único valor, indicado na ficha como “Valor”, evidenciando a situação do trecho do rio. Em outros parâmetros individuais é inserido o maior valor dentro de uma escala estabelecida no método, indicado na ficha como “Valor (maior valor)”, pois em campo pode haver mais de uma característica mostrada no parâmetro individual no trecho do rio. Para outros parâmetros, foram utilizadas letras que representam as informações generalistas da caracterização do trecho do rio e que são a base para o preenchimento de demais parâmetros individuais, tanto da dinâmica do leito do rio, quanto da dinâmica de várzea (SILVA, 2013).

Os parâmetros para avaliação são informados a seguir, segundo a itemização da ficha de cadastro do Método Bávaro.

0. Estrutura do leito do rio
1. Dinâmica do leito do rio
2. Dinâmica das várzeas
3. Avaliação global

Assim, na primeira página da ficha de cadastro, tem-se a informação “Seção do Rio”, no qual é cadastrado o trecho do rio a ser avaliado e as principais informações, ou seja, o número da seção (número do trecho ou ponto), o nome do corpo hídrico e a data.

Posteriormente, iniciou-se o preenchimento com a inserção dos dados referentes à hidromorfologia do recurso hídrico. Como informado anteriormente, o primeiro tópico faz referência à “Estrutura do leito do rio”, que é o local onde algumas informações generalistas que caracterizam cada trecho do rio são preenchidas. Essas informações são referentes à tipo de vale, tipo de curvatura,

tipo de execução, sedimentos, tipo de regime, potencial natural (largura do rio) e a largura atual do corpo hídrico, como demonstrado no Anexo A.

Os próximos itens estão relacionados com a “Dinâmica do leito do rio” e as funções hidromorfológicas forma do rio e potencial de modificação. No item “forma do rio” levou-se em consideração o tipo de curvatura e no item “potencial de modificação”, as funções relacionadas a comprometimento do leito, comprometimento da margem, estrutura transversal, padrão de fluxo (relacionado ao tipo de sedimento), seção transversal, profundidade do perfil, bueiro e canalização do curso d’água.

A partir do preenchimento dos parâmetros individuais, avaliou-se o grau de modificação do corpo hídrico dentro das funções hidromorfológicas. Na avaliação da dinâmica do leito do rio foi inserido o valor obtido para a forma do rio e, para o potencial de modificação, inserido o maior valor, porque ele reflete o grau de modificação em que se encontra a morfologia do rio (MEIRA, 2014).

No tópico “dinâmica do leito do rio” foram avaliadas as funções hidromorfológicas potencial de desenvolvimento e aspectos estruturais. Os parâmetros relacionados com o potencial de desenvolvimento são variação de profundidade, variação de largura, largura da erosão, que está relacionado com o tipo de curvatura apontado no item curvatura de execução e deposição, relacionada com o tipo de sedimento, o tipo de execução e o tipo de vale. Nos itens relacionados com os aspectos estruturais avaliam-se a mata ciliar, as estruturas especiais do leito, a faixa de vazão e a diversidade do substrato – granulometria do material sedimentado no leito do rio. Ainda, a título informativo, podem-se marcar informações relacionadas com o substrato do leito mineral e orgânico, e os substratos presentes na margem.

Assim, foi adicionado na avaliação da dinâmica do leito do rio o maior valor da função hidromorfológica “potencial de desenvolvimento”, porque o maior valor reflete o grau de modificação em que se encontra a morfologia do

rio. Para os aspectos estruturais é colocado o valor mais comum, porque, nesse parâmetro individual, os menores valores (menos alterado) expressam a melhor qualidade morfológica e por isso determinam o valor desse parâmetro individual (SILVA, 2013).

O próximo passo foi obter os valores resultantes das quatro funções hidromorfológicas: forma do rio, potencial de modificação, potencial de desenvolvimento e aspectos estruturais. Posteriormente, esses valores foram referenciados de forma sequencial, de acordo com o resultado obtido nas funções hidromorfológicas e, com isso, obteve-se o valor do grau de modificação da dinâmica do leito do rio (FIGURA 8). O valor final, que pode variar de 1 a 7, foi contabilizado no campo estrutura de classe.

Figura 8 – Exemplo de preenchimento para a determinação da estrutura de classe.

Avaliação da dinâmica do leito

Estrutura de classe: **3**

Determinação da dinâmica do leito do rio
 Caso especial se: $1.9 = 7$ (Canalização > 50%), => Avaliação do subsistema do leito do rio = 7 (completamente modificado)

1 Forma do rio **3** Potencial de modificação **3** Potencial de desenvolvimento **1** Aspectos estruturais

Forma do rio	1																
Potencial de modificação	1			3				5				7					
Potencial de desenvolvimento	1	3-5	7	1	3-5	7	1	3-5	7	1	3-5	7	1-4	5-7			
Aspectos estruturais	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1	4-7	1-7	1	4-7	1-4	7	1	4-7	1-4	7
Dinâmica do leito do rio	1	2	3	2	3	3	4	3	3	4	4	5	3	4	4	5	

Fonte: Adaptado de Meira (2014).

Na avaliação das funções hidromorfológicas e parâmetros individuais da dinâmica do leito do rio, o parâmetro individual “canalização do curso d’água” é o que tem mais peso na avaliação porque, se o trecho avaliado apresentar mais

de 50% de sua extensão canalizada, ele é considerado totalmente alterado. Assim, foram descartadas todas as outras informações dos parâmetros individuais do trecho avaliado. Em seguida, a função hidromorfológica “forma do rio” é a que tem maior peso na avaliação porque, pelo valor encontrado no trecho, é possível saber em qual local da determinação da dinâmica do leito do rio deverá começar a avaliação do grau de modificação do leito do rio (SILVA, 2013).

Na sequência foram avaliados o subsistema “dinâmica de várzea” e suas funções hidromorfológicas, retenção, estruturas das margens e potencial de retenção da matéria. Assim, entre os parâmetros relacionados com a retenção têm-se a estrutura de controle de cheia e a capacidade de transbordamento. Para as estruturas das margens, o parâmetro relacionado é o uso das margens dos rios. Para o parâmetro relacionado com o item potencial de retenção de matéria tem-se o uso das várzeas. Ainda, como título informativo, foram assinaladas informações relacionadas com o tipo de uso da margem e as águas armazenadas nas várzeas, ou seja, tais informações servem apenas para ter conhecimento de algumas informações que possam existir na várzea, mas que não alteram as suas características (ANEXO A).

Na avaliação da dinâmica da várzea, as funções hidromorfológicas foram preenchidas por completo com o levantamento de campo, e foi computado o maior valor para cada uma. Contudo, esses valores variam dependendo exclusivamente da resposta encontrada em campo.

Para se chegar ao valor final do grau de modificação da dinâmica de várzea, os valores foram referenciados de forma sequencial, de acordo com o resultado obtido. E, para se chegar ao valor do grau de modificação, ou seja, na dinâmica da várzea, seguiu-se a mesma lógica no preenchimento das informações (Figura 8), para obter o grau de modificação da dinâmica do leito

do rio, sendo que o valor final varia de 1 a 7, e foi adicionado no campo estrutura de classe.

Por fim, para obter o valor global foi feita a mesma combinação dos resultados dos dois subsistemas – dinâmica do leito do rio e dinâmica de várzea – de forma sequencial, tendo o valor global sido computado no campo estrutura de classe.

Com essa combinação, foram analisados os níveis de degradação de um trecho do rio, tendo essa degradação passado a ser apresentada em forma de valores numéricos de uma escala que varia de 1 – inalterado – a 7 – totalmente alterado –, como se observa na Tabela 6.

Tabela 6 – Estrutura do corpo hídrico, de acordo com o Método Bávaro.

Dinâmica do rio	Estrutura de classe
Inalterado	1
Pouco alterado	2
Moderadamente alterado	3
Consideravelmente alterado	4
Muito alterado	5
Substancialmente alterado	6
Totalmente alterado	7

Fonte: Adaptado de BAYLFW (2002).

Para a aplicação do Método Bávaro, o ribeirão Espera foi dividido em 22 pontos e, apesar da dificuldade de acesso, todos esses pontos foram percorridos. Assim, 100% dos trechos foram visitados *in loco* e caracterizados.

O ribeirão Araras foi dividido 25 pontos e, apesar da sua mata ciliar estar bem presente após cruzar o município de Três Pontas, 100% dos pontos foram percorridos e analisados. Com a demarcação cartográfica definida e o preenchimento das fichas de cadastro do Método Bávaro, a coleta das amostras

de solo do ribeirão Espera e do ribeirão Araras ocorreu no mês de agosto de 2017.

Desse modo, para organizar os dados obtidos em campo com o preenchimento da ficha de cadastro do Método Bávaro, foi utilizado o *software* Excel[®] Versão 2013, para uma melhor organização dos dados de cada trecho de ambos os ribeirões, Espera e Araras, e também para a montagem dos gráficos.

Foi analisado cada um dos trechos em relação à condição hidromorfológica do ribeirões Espera e Araras. Com isso, foram criados mapas temáticos com a caracterização dos ribeirões pelo Método Bávaro. E, para uma melhor concepção espacial desses dados alçados, utilizou-se a plataforma de informação geográfica Google Earth[®] Versão 7.3.1.4505.

3.5 Delimitação dos pontos amostrais

Para a aplicação do Método Bávaro foi necessária a delimitação dos ribeirões Espera e Araras em trechos. Contudo, tanto para um quanto para outro não foi levada em consideração a determinação do Método Bávaro para trechos a cada 100 metros, pois ambos os recursos hídricos são de grande extensão e apresentam boa parte de sua margem envolta por mata ciliar e, por isso, apresentam trechos de difícil acesso.

Assim, a partir da plataforma Google Earth[®], os recursos hídricos ribeirão Espera e ribeirão Araras foram previamente estudados e analisados para a instalação de possíveis pontos, e posteriormente ocorreu uma visita a campo para a confirmação.

Os pontos foram determinados a partir de características físicas que demonstravam alguma alteração ambiental, seja de forma antrópica, seja de forma natural, para ocorrer o preenchimento das fichas de cadastro do Método

Bávaro e o recolhimento de amostras de solo do fundo do leito do rio para análises.

Em relação à nomeação dos pontos, para aqueles em que foi possível a análise de solo, a determinação ocorreu por meio de números. Já para os locais em que não foi possível a análise de solo, a determinação ocorreu por meio de letras e estes pontos foram levados em consideração devido à sua importância no contexto do recurso hídrico e também do trabalho.

Para o ribeirão Espera, com extensão de quase 47 km, foram delimitados 22 pontos (FIGURA 9) e, para o ribeirão Araras, com quase 62 km de extensão, foram delimitados 25 pontos (FIGURA 10), localizados de acordo com as coordenadas apresentadas na Tabela 5.

Além da plataforma Google Earth[®], foram utilizados dois aplicativos de *smartphone*, o GPS Essentials para a determinação dos pontos geográficos e o gravador de voz. Além disso, utilizaram-se também uma câmera fotográfica e uma trena métrica para fazer algumas medições necessárias. Desse modo, ocorreram a confirmação dos dados pré-preenchidos em escritório e o preenchimento do restante dos dados *in loco*.

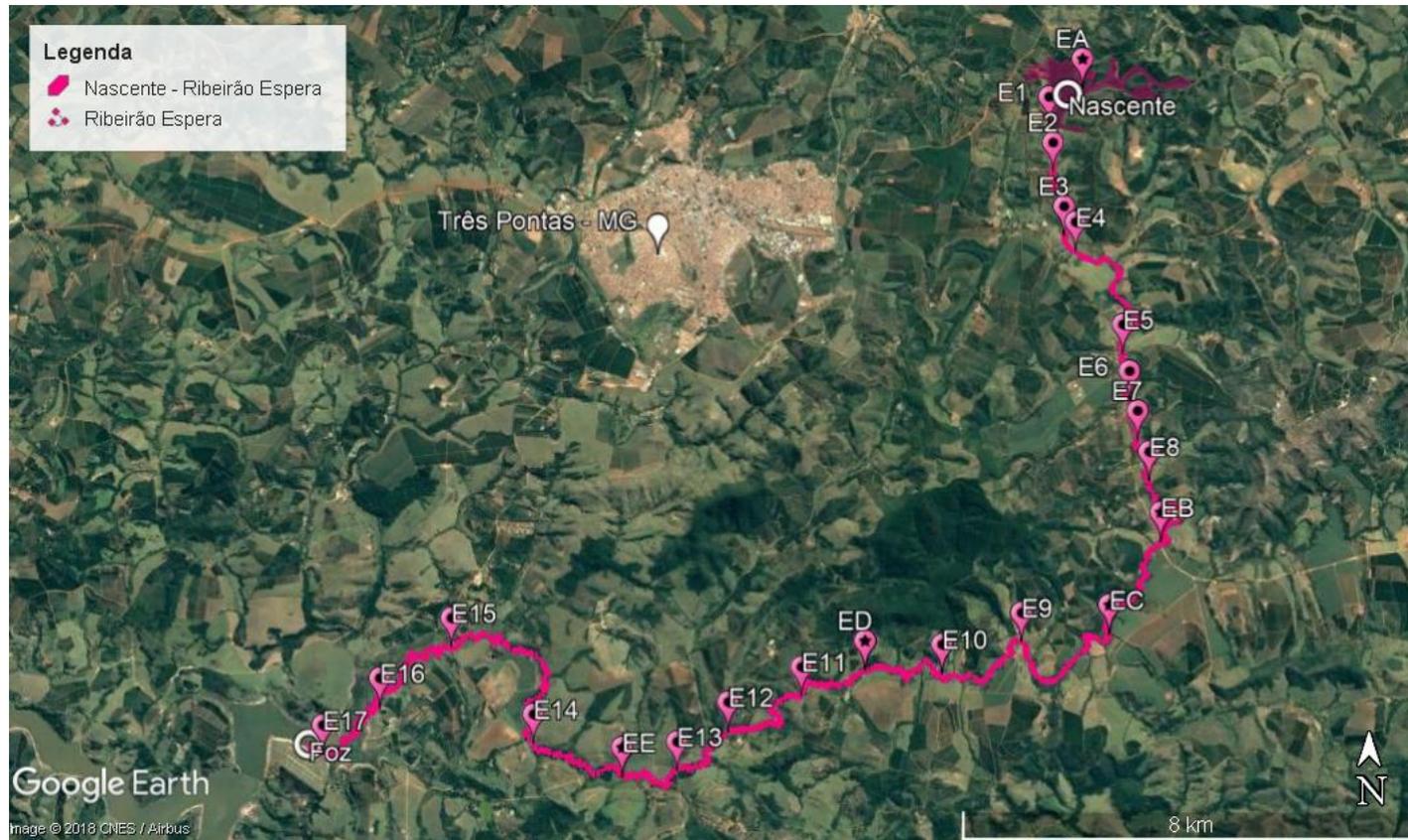
3.6 Análises de solo

O Método Bávaro necessita das informações de solo do leito dos ribeirões para o preenchimento de alguns parâmetros, como o tipo de sedimento do leito do rio (item 0.4) e também a diversidade do substrato (item 1.17), além dos parâmetros padrão de fluxo, seção transversal, deposição e faixas de vazão.

Para isso, as amostras foram coletadas de dentro do leito dos ribeirões e realizadas juntamente com o preenchimento da ficha de cadastro nos pontos definidos anteriormente. Assim, foram armazenadas em sacos plásticos, etiquetadas para identificação e encaminhadas para análise no Laboratório de Geotecnia Ambiental e Gestão de Resíduos Sólidos, no Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

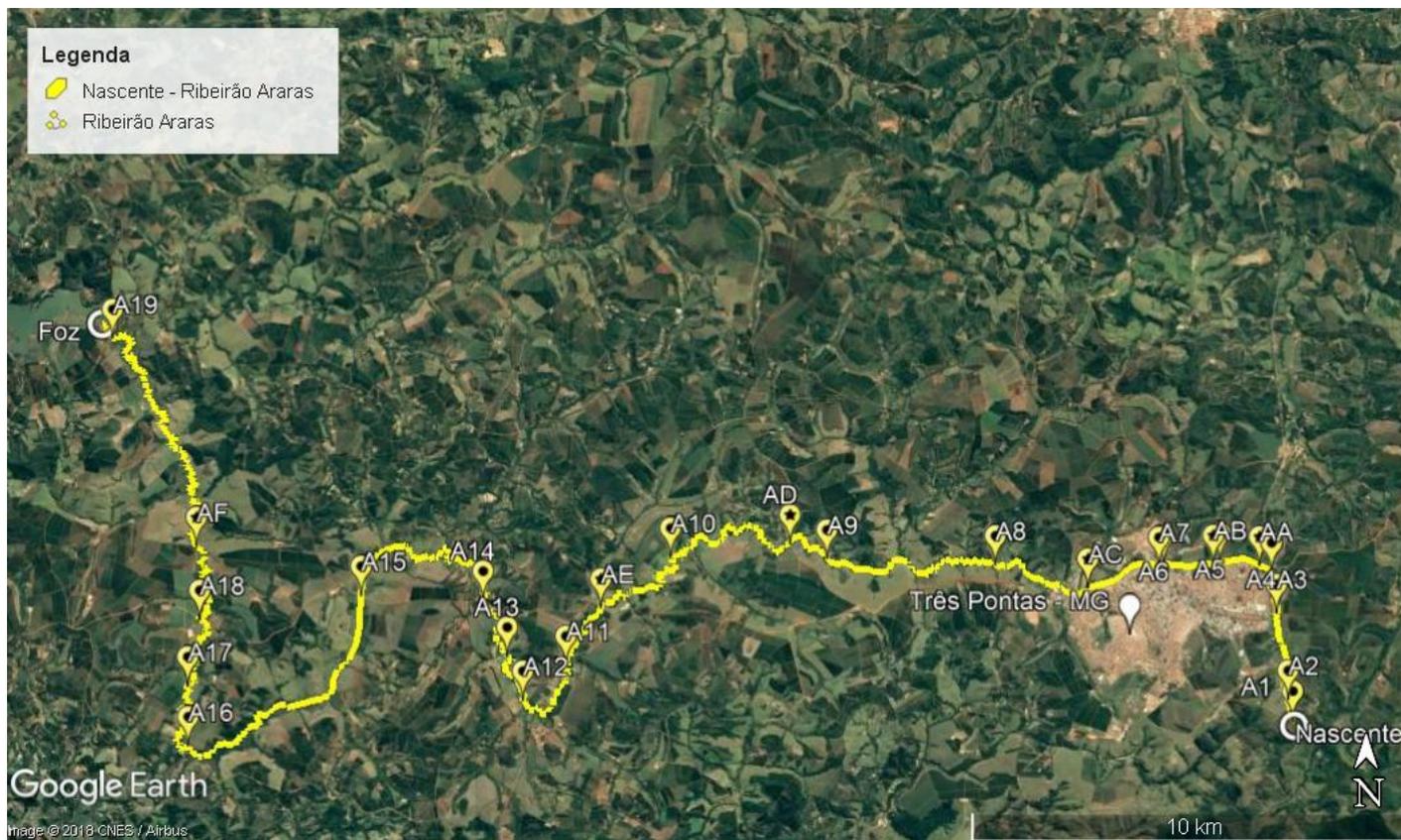
As amostras de solo do fundo do leito do rio foram secas ao ar e passadas por processo de peneiramento em agitador mecânico de peneiras, sendo quantificada a granulometria do material nos extratos percentual da massa de solo retida em malha superior a 2 mm (sedimentos grossos) e inferior a 2 mm (sedimentos finos).

Figura 9 – Delimitação dos pontos de trabalho no ribeirão Espera.



Fonte: Adaptado Google Earth (2018).

Figura 10 – Delimitação dos pontos de trabalho no ribeirão Araras.



Fonte: Adaptação Google Earth (2018).

Tabela 5 – Coordenadas geográficas dos pontos de aplicação do Método Bávaro para o ribeirão Espera e para o ribeirão Araras.

Ribeirão Espera			Ribeirão Araras		
Ponto	Longitude*	Latitude*	Ponto	Longitude*	Latitude*
A	453640.00 m E	7639093.00 m S	1	449840.93 m E	7634252.09 m S
1	453050.00 m E	7638425.00 m S	2	449733.85 m E	7634713.14 m S
2	453119.00 m E	7637623.00 m S	3	449465.25 m E	7636635.31 m S
3	453313.00 m E	7636506.00 m S	4	449352.17 m E	7637561.23 m S
4	453515.00 m E	7636234.00 m S	A	449079.98 m E	7637695.09 m S
5	454346.00 m E	7634445.00 m S	5	448194.52 m E	7637778.82 m S
6	454462.00 m E	7633631.00 m S	B	448042.89 m E	7637723.53 m S
7	454604.80 m E	7632938.27 m S	6	446936.58 m E	7637723.45 m S
8	454804.00 m E	7632227.00 m S	7	446821.00 m E	7637672.00 m S
B	455005.00 m E	7631171.00 m S	C	445229.00 m E	7637187.00 m S
C	454103.00 m E	7629558.00 m S	8	443150.56 m E	7637694.85 m S
9	452564.00 m E	7629417.00 m S	9	439368.85 m E	7637811.71 m S
10	451174.00 m E	7628864.00 m S	D	438538.00 m E	7638145.00 m S
D	449824.00 m E	7628923.00 m S	10	435859.50 m E	7637838.87 m S
11	448712.00 m E	7628465.00 m S	E	434301.00 m E	7636700.00 m S
12	447432.00 m E	7627853.00 m S	11	433517.43 m E	7635422.75 m S
13	446539.00 m E	7627162.00 m S	12	432557.00 m E	7634638.00 m S
E	445579.00 m E	7627061.00 m S	13	432200.96 m E	7635615.39 m S
14	444024.00 m E	7627630.00 m S	14	431655.01 m E	7636862.55 m S
15	442576.00 m E	7629297.00 m S	15	428917.50 m E	7636960.88 m S
16	441329.00 m E	7628249.00 m S	16	425045.18 m E	7633587.13 m S
17	440334.00 m E	7627429.00 m S	17	425030.43 m E	7634925.84 m S
			18	425294.57 m E	7636410.55 m S
			F	425216.00 m E	7638038.00 m S
			19	423315.43 m E	7642673.33 m S

* Zona UTM 23K

Fonte: Do Autor (2018).

3.7 Vazão

Apesar de o Método Bávaro necessitar das informações de vazão para o preenchimento de alguns parâmetros (padrão de fluxo e faixas de vazão), não foi possível realizar tal medição devido às condições estruturais de ambos os ribeirões na maioria da sua extensão.

Assim, foi calculada a velocidade da água e, para tal, foram utilizadas estacas de madeira, cordas, trena, bolas de *pingue-pongue* e um cronômetro. E, em campo, seguiram-se os seguintes passos para a realização da medição da velocidade da água:

- a) fixação das estacas na distância de 1 metro e esticou-se a corda através da seção do rio;
- b) o tempo medido – por meio de um cronômetro – ocorreu pelo deslocamento da bola de pingue-pongue da estaca superior até à estaca inferior;
- c) a medição do tempo foi feita, no mínimo, por três vezes, sendo que, quanto maior o número de repetições mais precisos serão os resultados.

Assim, foi possível calcular a velocidade da água por meio da equação 2.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (2)$$

em que

- v: é a velocidade encontrada, medida em metros por segundo (m/s);
- Δs : é a distância entre as estacas, medida em metros (m);
- Δt : é a média dos tempos encontrados, medido em segundos (s).

Contudo, foi calculada a velocidade da água presente nos trechos e tais valores foram utilizados para o preenchimento da ficha de cadastro no local da vazão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualidade da água

A partir do banco de dados montado pela série histórica de 2011 a 2016 do ribeirões Espera e Araras, foi possível analisar quais variáveis estavam em conformidade e quais estavam alteradas, ou seja, acima do valor máximo permitido para a Classe 2 de qualidade de água, segundo as exigências da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1 (MINAS GERAIS, 2008) para tratamento convencional para o consumo humano, de forma a alcançar a qualidade estabelecida pela Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

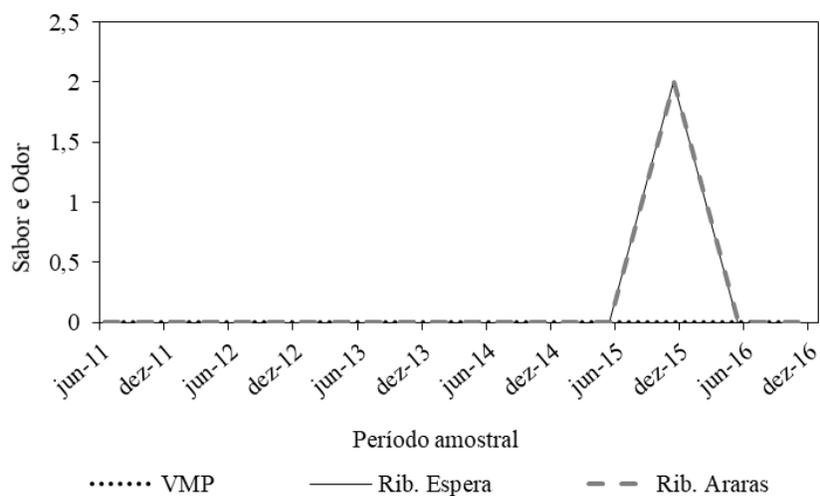
Sendo assim, quando se utiliza o termo qualidade de água, é necessário compreender que ele não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas (MERTEN; MINELLA, 2002).

De acordo com os dados das tabelas do Apêndice A, pôde-se avaliar o comportamento das variáveis consideradas gerais e de rotina para a qualidade da água do ribeirão Espera ao longo da série histórica e também as variáveis que estavam acima do valor máximo permitido para o enquadramento de recursos hídricos na Classe 2 (MINAS, 2008).

Foram avaliadas todas as variáveis relacionadas com a qualidade da água, além das variáveis orgânicas e inorgânicas que estavam acima do valor máximo permitido durante o período estudado (2011 a 2016). Destaca-se que, nos períodos relativos ao primeiro semestre de 2012 e segundo semestre de 2014, não houve análise e que a amostragem faz referência à água encontrada no ponto de captação dos ribeirões Espera e Araras.

Na Figura 11 observa-se que a variável relacionada com o sabor e o odor da água foi detectada em ambos os ribeirões, na amostra de dezembro/2015.

Figura 11 – Variação dos resultados das análises de sabor e odor nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº1/2008.



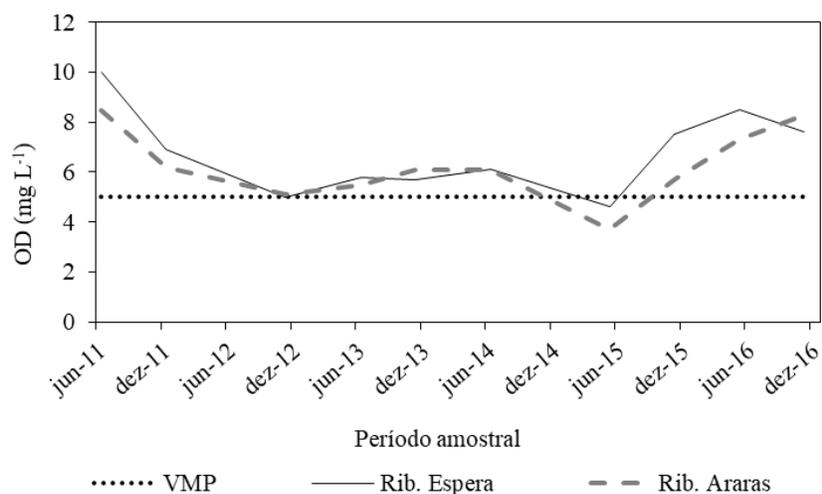
Fonte: Do Autor (2018).

Para o ribeirão Espera essa alteração pode estar relacionada com a alteração de duas outras variáveis, o ferro dissolvido que, em concentrações elevadas na água, causa alteração do sabor e do odor, inviabilizando o seu consumo (RAMOS et al., 2006), e os fenóis totais, que também adicionam sabor e odor à água (VIEIRA et al., 2004; ABE et al., 2007). Para o ribeirão Espera, isso pode estar relacionado com as variáveis que também sofreram alteração, coliformes totais e fenóis totais. Os fenóis totais conferem odor e sabor desagradáveis à água (VIEIRA et al., 2004; ABE et al., 2007). Os coliformes totais podem estar relacionados, visto que estão presentes em esgotos domésticos, que acabam adicionando gosto e odor à água, tanto pelas

substâncias presentes quanto pela liberação de gases durante a degradação, principalmente anaeróbia.

Na Figura 12 é mostrada a alteração do oxigênio dissolvido para ambos os ribeirões e todas as alterações ocorreram na mesma amostra, em dezembro/2015 e junho/2016.

Figura 12 – Variação dos resultados das análises de oxigênio dissolvido nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água, estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.



Fonte: Do Autor (2018).

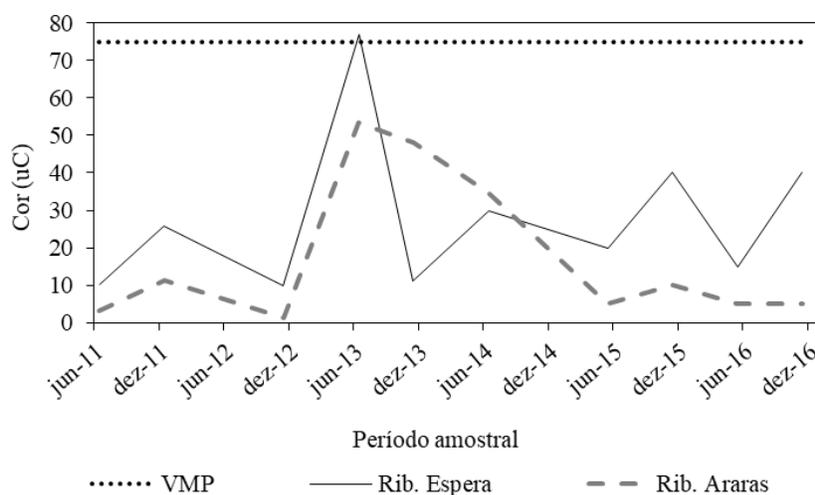
Sendo assim, mesmo estando bem próximo do necessário, faz jus ao destaque por ser uma das variáveis mais importantes na demonstração da qualidade da água, pois o oxigênio dissolvido é indispensável aos organismos aeróbios para a estabilização da matéria orgânica. Logo, esse valor abaixo do indicado sugere que os ribeirões receberam algum tipo de matéria orgânica biodegradável, sendo que, para a estabilização desta matéria orgânica, as

bactérias fizeram uso desse oxigênio nos seus processos respiratórios, causando a redução da concentração.

Ainda no ribeirão Espera, nesse mesmo período, o ferro estava acima do valor máximo permitido e, para Pereira e Freire (2005), o ferro, na forma reduzida, é um agente redutor relativamente forte, frente a uma série de substâncias, assim como o oxigênio, consumindo-o no meio líquido. Já no ribeirão Araras, a matéria orgânica é, provavelmente, originária de esgotos domésticos que recebeu, vindos das residências que estão localizadas no entorno ou, até mesmo, do esgoto provindo de uma indústria alimentícia.

A Figura 13 refere-se à alteração da cor nos ribeirões em estudo, sendo que o ribeirão Espera teve essa variável alterada em junho/2013, enquanto o ribeirão Araras manteve-a dentro do valor máximo permitido para a Classe 2 (75uC).

Figura 13 – Variação dos resultados das análises de cor nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.

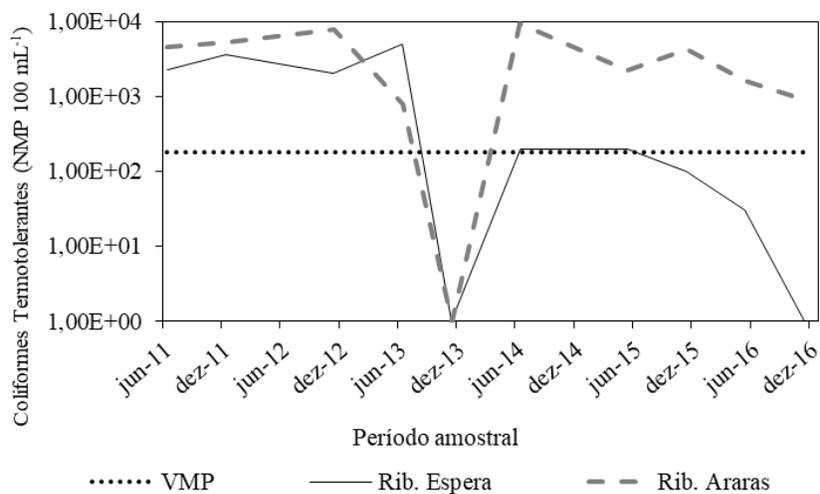


Fonte: Do Autor (2018).

O valor acima do permitido pode estar relacionado com a alteração de duas outras variáveis, que são o ferro e o manganês que, em altas concentrações, provoca, principalmente, alterações na cor da água (AMÂNCIO et al., 2017). Contudo, a cor, geralmente, não tem significado sanitário, porém, afeta esteticamente a qualidade da água, implicando na rejeição por parte da população.

A variável coliformes termotolerantes foi a que mais sofreu alteração, tanto no ribeirão Espera, quanto no ribeirão Araras, como demonstrado na Figura 14.

Figura 14 – Variação dos resultados das análises de coliformes termotolerantes nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.



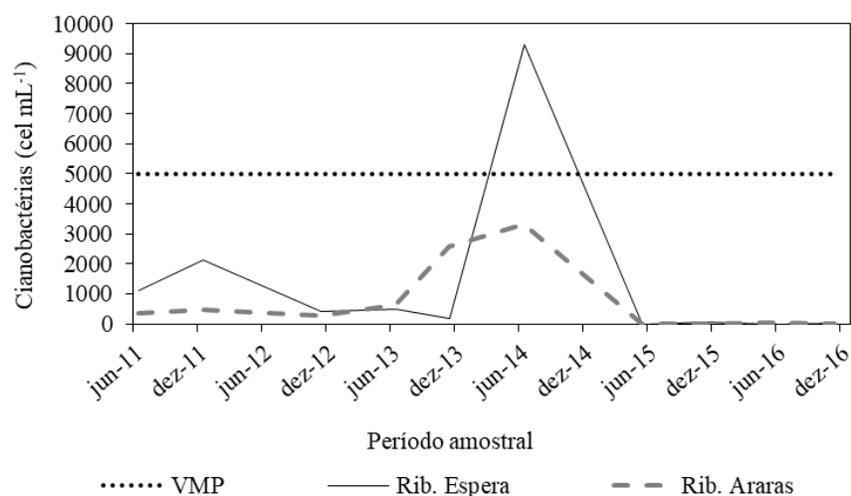
Fonte: Do Autor (2018).

Assim, pode-se apontar que houve contaminação fecal, pois estes microrganismos são provenientes do intestino de animais homeotermos, incluindo o homem, e cuja presença na água indica a possibilidade da existência

de organismos patogênicos. O índice de coliformes termotolerantes no ambiente aquático é reflexo do descaso com o saneamento básico nas áreas urbanas, e o lançamento indiscriminado de esgoto doméstico no manancial (TABORDA, 2017).

A alteração da densidade de cianobactérias somente para o ribeirão Espera, no período de junho/2014, na qual houve também uma alteração no nitrogênio amoniacal total, pode ser observada na Figura 15.

Figura 15 – Variação dos resultados das análises de densidade de cianobactérias nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.



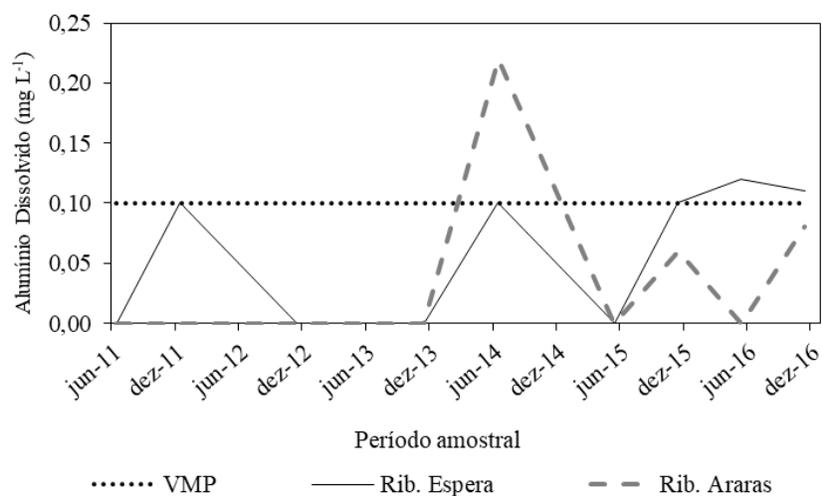
Fonte: Do Autor (2018).

Lembrando que este grupo de seres procarióticos tem, no entanto, uma característica que pode se tornar um grande problema para os ambientes aquáticos, as cianotoxinas, toxinas que podem ser letais em grandes concentrações. O crescimento excessivo de algas é consequência do processo de eutrofização, causado, principalmente, pela presença excessiva de fósforo e

nitrogênio (FERRAZ, 2012), apesar de não ter havido alteração nas concentrações de fósforo, principal nutriente responsável pela proliferação excessiva de algas.

Dos metais que podem estar presentes nas águas, os que estavam alterados, ou seja, acima do valor máximo permitido para a Classe 2 de qualidade das águas doces, foram o alumínio (FIGURA 16) e o zinco (FIGURA 17).

Figura 16 – Variação dos resultados das análises de alumínio nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.

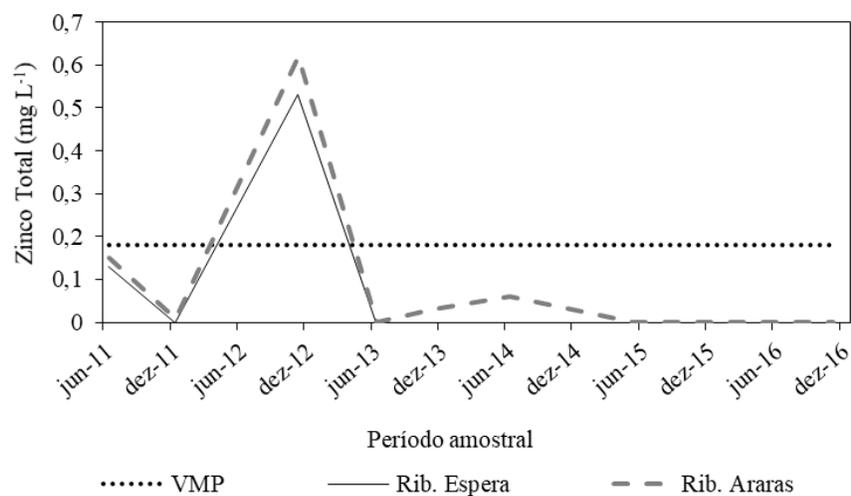


Fonte: Do Autor (2018).

A alteração do alumínio e do zinco ocorreu tanto para o ribeirão Espera quanto para o ribeirão Araras. Não se pode afirmar ao certo a origem do alumínio para o ribeirão Espera, por se tratar de uma localização rural, mas sua origem pode ter sido o esgoto doméstico de algumas casas localizadas próximo ao ponto de coleta da água. Em relação ao zinco, ele pode ter se originado de

fertilizantes e fezes de animais, como o gado, que estão presentes no entorno do ponto de análise.

Figura 17 – Variação dos resultados das análises de zinco nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº1/2008.



Fonte: Do Autor (2018).

As alterações ocorridas no ribeirão Araras podem ter sido provocadas pelo despejo de uma indústria do ramo alimentício responsável por atividades, como

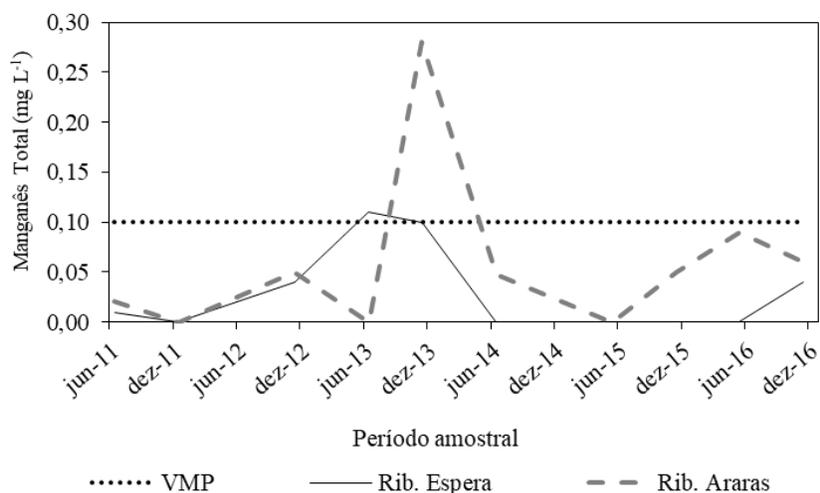
- a) comércio varejista de produtos alimentícios em geral não especificados, especializadas em produtos de determinados segmentos, como dietéticos, orgânicos e naturais;
- b) comércio atacadista de produtos de higiene, limpeza e conservação domiciliar, com atividade de fracionamento e acondicionamento associada;

- c) fabricação de temperos e condimentos, cujo processo de fabricação pode ser tanto artesanal como industrializado;
- d) comércio atacadista de produtos alimentícios em geral, com atividades de fracionamento e acondicionamento associadas.

Não se sabe, de fato, como ocorre o descarte do despejo dos resíduos gerados por esta indústria, mas é possível afirmar que, devido à proximidade com o ribeirão Araras, algum resquício desses resíduos pode entrar em contato, contaminando a água. Todavia, esses micropoluentes inorgânicos tóxicos resultam num grande perigo para os organismos, pois se acumulam na cadeia alimentar e se movem nos níveis tróficos, contaminando a todos.

Outro metal que foi identificado além do valor máximo foi o manganês (Figura 18), cuja característica é causar alteração na cor da água.

Figura 18 – Variação dos resultados das análises de manganês nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.



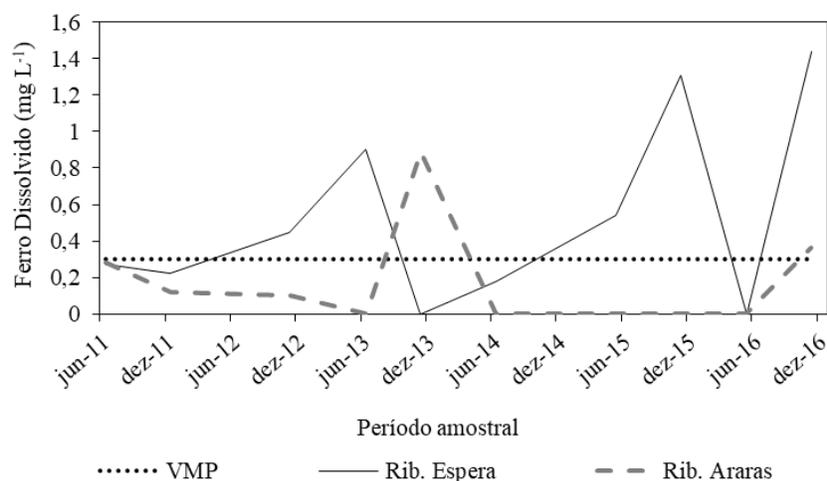
Fonte: Do Autor (2018).

Na alteração do ribeirão Espera, como não há despejos industriais próximos ao local de coleta da água para análise, o manganês pode ser proveniente de esgotos domésticos lançados ou, ainda, ter origem nos processos de intemperismos do solo, pois são naturalmente encontrados nele (SOUZA et al., 2003). No Ribeirão Araras, sua origem pode estar relacionada com os efluentes gerados pela indústria alimentícia citada anteriormente.

Cruz (2012), em estudo realizado no rio Subaé (Lagoa Salgada e Lagoa Subaé) na Bahia, reportou valores de manganês de $0,20 \text{ mg L}^{-1}$, em suas amostragens de água em escala espacial e temporal, e identificou valores que estavam acima do limite permitido pela legislação vigente da CONAMA nº357/2005 (BRASIL, 2005a).

A alteração dos valores de ferro, para os ribeirões Espera e Araras, em várias análises estudadas, pode ser observada na Figura 19.

Figura 19 – Variação dos resultados das análises de ferro dissolvido nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº1/2008.

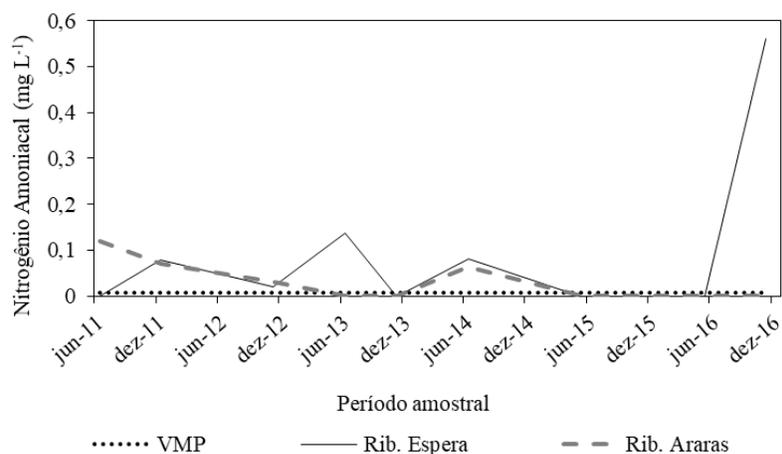


Fonte: Do Autor (2018).

Desse modo, o ferro presente no ribeirão Espera pode ser proveniente tanto das más condições da bomba (encanamento enferrujado) como da própria natureza das rochas, com a sua dissolução pelo gás carbônico da água. Ainda, nas águas superficiais, o ferro pode ocorrer com a erosão das margens (SCORSÁFAVA et al., 2010), o que é bem frequente no local de captação. No ribeirão Araras sua origem também pode estar nos efluentes gerados pela indústria alimentícia, porém, apesar de não ser tóxico, como os metais alumínio e zinco, geralmente causa alteração na cor da água, assim como o manganês.

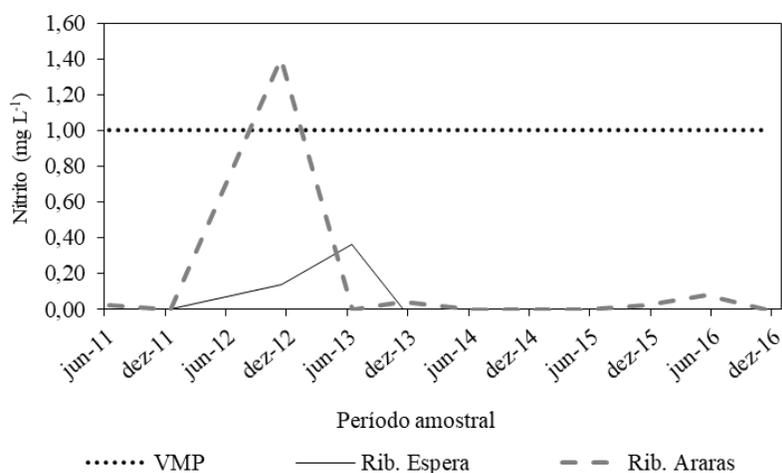
O nitrogênio estava alterado em duas formas, amoniacal (FIGURA 20) e nitrito (FIGURA 21). O nitrogênio amoniacal, por ser uma forma reduzida do nitrogênio, pode se associar à idade da poluição, ou seja, se for coletada uma amostra de água e as análises demonstrarem predominância nessas formas, significa que o foco de poluição se encontra próximo. Para a alteração na sua forma oxidada, nitrito, significa que as descargas de poluição se encontram distantes (SÁ FILHO, 2010).

Figura 20 – Variação dos resultados das análises de nitrogênio amoniacal nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.



Fonte: Do Autor (2018).

Figura 21 – Variação dos resultados das análises de nitrito nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.



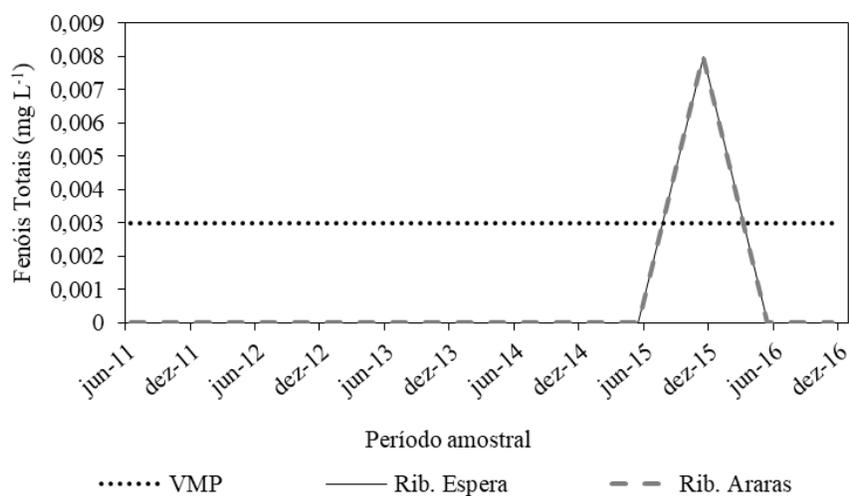
Fonte: Do Autor (2018).

O nitrogênio, juntamente com o fósforo, provoca o enriquecimento do meio, tornando-o mais fértil, processo que é chamado de eutrofização, e possibilita o crescimento, em maior extensão, dos seres vivos que o utilizam, especialmente as algas (MINAS GERAIS, 2008; SÁ FILHO, 2010). Dessa forma, a contaminação presente por nitrogênio, em ambos os ribeirões, se dá por meio da contaminação do recurso hídrico pelo lançamento inadequado de esgoto doméstico, provavelmente com a mesma origem do nitrito no ribeirão Araras.

Uma das substâncias orgânicas que se apresentaram alteradas para ambos os ribeirões foram os fenóis totais (FIGURA 22) que, quando presentes na água, podem causar problemas relacionados à toxicidade aos seres humanos e aos organismos aquáticos, sendo que, em água tratadas, reagem com o cloro livre, formando clorofenóis, que causam sabor e odor (MOTA, 2012). Além disso, um dos maiores problemas relacionados a eles é a resistência à degradação ambiental, o que leva à sua acumulação na cadeia alimentar (NONATO et al., 2007).

A provável origem dessa substância orgânica para o ribeirão Espera é a descarga de esgotos sanitários, enquanto no caso do ribeirão Araras, podem ter sido os efluentes industriais localizados no entorno.

Figura 22 – Variação dos resultados das análises de fenóis totais nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH nº 1/2008.



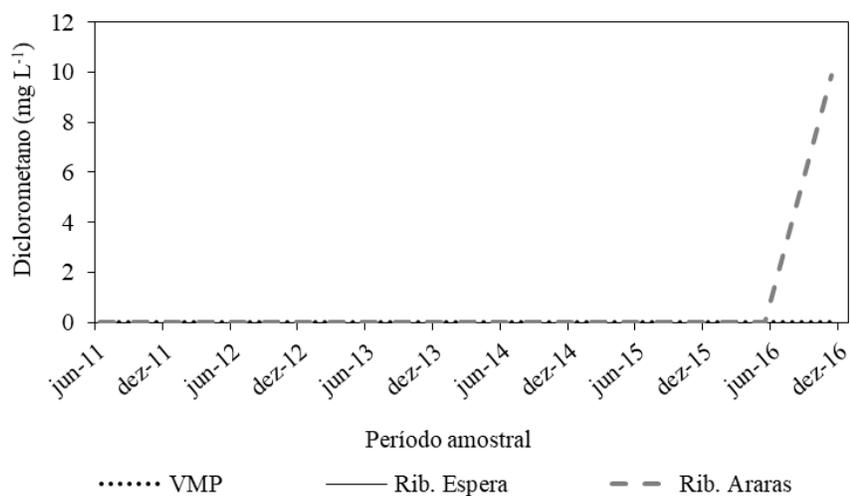
Fonte: Do Autor (2018).

Na Figura 23 é possível observar a alteração do diclorometano, que estava muito acima do valor máximo permitido na amostra do ribeirão Araras. Este é um hidrocarboneto clorado, fórmula química CH_2Cl_2 , com peso molecular $84,93 \text{ g mol}^{-1}$, na forma de um líquido incolor e volátil, imiscível em água, podendo contaminar esgotos, rios, córregos e outras correntes de água. Ele dissolve a maioria dos solventes orgânicos, o que o torna um solvente ideal para muitos processos químicos, sendo amplamente utilizado como decapante e desengordurante (CETESB, 2017).

Dessa forma, o diclorometano pode ter origem em uma garagem onde ficam guardados diversos maquinários agrícolas especializados em café, localizada em área anexa do ribeirão Araras, muito próximo ao ponto de coleta da água para análise. O uso de diclorometano deve ser frequente na

manutenção desses maquinários e sem qualquer prevenção chega ao recurso hídrico, contaminando-o.

Figura 23 – Variação dos resultados das análises de diclorometano nos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e valor máximo permitido (VMP), de acordo com a Classe 2 de qualidade de água estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n°1/2008.



Fonte: Do Autor (2018).

Por fim, muitas variáveis analisadas não se situaram acima do valor máximo permitido em nenhuma das amostras realizadas durante o período estudado, para o ribeirão Espera e Araras, como demonstrado a seguir.

- a) Padrões de qualidade da água: materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais, óleos graxos, corantes provenientes de fontes antrópicas, resíduos sólidos objetáveis, DBO, DQO, turbidez, pH, sólidos dissolvidos totais e clorofila *a*.
- b) Substâncias inorgânicas: antimônio, arsênio total, berílio total, boro total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre, cloro residual total (combinado + livre), cobalto total, cobre dissolvido, cromo total, fósforo

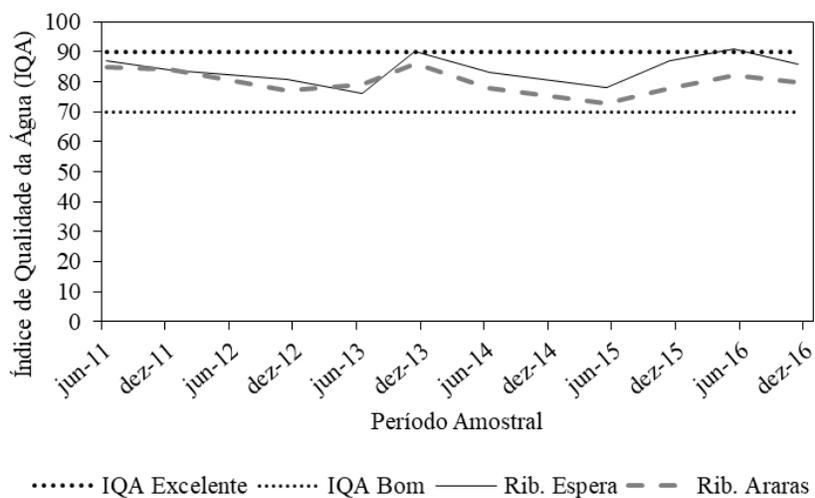
total, lítio total, mercúrio total, níquel total, prata total, selênio total, sulfeto (H_2S não dissociado) e vanádio total.

- c) Substâncias orgânicos: acrilamida, alacloro, aldrin + dieldrin, atrazina, benzeno, benzidina, benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, carbril, clordano (cis+trans), 2 clorofenol, criseno, 2,4 D, demeton (demeton-o+demeton-s), dibenzo (ah) antraceno, 1,2 dicloroetano, 1,1 dicloroetano, 2,4 diclorofenol, DDT, dodecacloro pentaciclodecano, endossulfan (a+b+sulfato), endrin, estireno, etilbenzeno, glifosato, heptacloro epóxido + heptacloro, hexaclorobenzeno, indeno (1,2,3-cd) pireno, lindano (γ -HCH), malation, metacloro, metoxicloro, paration, PCBs-bifenilas policloradas, pentaclorofenol, simazina, substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno, 2,4,5 T, tetracloroeto de carbono, tetracloroetano, tolueno, toxafeno, 2,4,5 TP, tributilestanho, triclorobenzeno, tricloroetano, 2,4,6 triclorofenol, trifluralina e xileno.

4.2 Índice de qualidade da água

De acordo com as informações contidas nas análises realizadas pelo SAAE de Três Pontas, foi possível calcular o índice de qualidade da água (IQA) do ribeirão Espera (APÊNDICE A) durante o período estudado, cujos valores estão apresentados na Figura 24.

Figura 24 – Índice de qualidade de água dos ribeirões Espera e Araras, no período de 2011 a 2016, e referências de qualidade.



Fonte: Do Autor (2018).

O ribeirão Espera teve suas águas classificadas, durante o período estudado, de boa a excelente. Assim, as amostras de junho e dezembro de 2011, junho de 2012, junho de 2013 e 2014, junho e dezembro de 2015 e dezembro de 2016 tiveram classificação boa, pois o IQA variou de 76 a 87. Em dezembro de 2013 e junho de 2016, a classificação foi excelente, tendo o IQA entre 91 a 96.

Assim, a média do ribeirão Espera para o IQA, durante o período estudado, foi igual a 84, o que equivale a uma qualidade boa. Os resultados obtidos estão de acordo com a realidade do local atualmente, pois é um recurso hídrico que tem praticamente toda a sua extensão com presença de mata ciliar, que atua como proteção das margens.

O ribeirão Araras teve suas águas classificadas como boas durante todo o período estudado, pois variou de 73 a 86. Não foi verificada tendência de melhora ou piora de qualidade, em função dos semestres avaliados, ou seja, não

houve interferência nos valores médios de IQA, devido às variações das estações do ano.

Desse modo, a média do IQA do ribeirão Araras foi 80, classificado assim como de boa qualidade. Contudo, essa realidade não condiz com a realidade encontrada até o ponto de captação. Isso ocorre porque, logo após o ribeirão Araras se tornar caudaloso, ele sofre grande impacto em relação à perda de qualidade, pois entra em contato com a área urbana do município de Três Pontas e recebe, de forma pontual, os esgotos domésticos de algumas residências que estão à sua margem. É justamente neste trecho que o SAAE tem uma estação de recolhimento de água para o abastecimento de uma parte do município de Três Pontas e é também neste trecho que ocorre a retirada da água para posterior análise.

Todavia, quando, finalmente, o ribeirão Araras corta o município de Três Pontas é que a situação muda consideravelmente, pois acaba tendo uma parte de sua extensão canalizada, além de receber água de vários afluentes – Bambus, Candongas e Quatis –, que também recebem esgoto gerado pela cidade, além do que é diretamente descartado nele.

Quando o ribeirão Araras sai da zona urbana e adentra na zona rural de Três Pontas, fica claro perceber que a sua realidade, principalmente a sua qualidade, não condiz com as classificações do IQA obtidas pelas águas dos seus trechos iniciais, pois, até mesmo uma pessoa sem qualquer conhecimento técnico as classificaria como muito ruins, até mesmo afirmando que essas águas seriam apenas esgoto.

Dessa forma, para o ribeirão Araras, que acaba sofrendo com o desenvolvimento de toda uma população, há ainda um ponto positivo em toda a sua extensão após cruzar o município de Três Pontas, que é a presença da mata ciliar. Mas, mesmo com a presença dessa mata e toda a sua densidade fica impossível que ocorra a autodepuração de toda a matéria orgânica depositada

por toda a cidade e assim, até o seu encontro com as águas de Furnas, no município de Campos Gerais, MG, suas águas têm o aspecto de esgoto doméstico.

Em relação aos valores de IQA encontrados para ambos os ribeirões, a variável que pesou negativamente nos piores valores foi o oxigênio dissolvido, mesmo não havendo aumento dos valores de matéria orgânica no meio (DBO). Sabe-se que, em rios, o principal fator que contribui para a inserção de oxigênio dissolvido nas águas é a turbulência causada pela movimentação das águas e, provavelmente, a redução de vazão nos períodos contribuiu para a redução do OD nas águas.

Os valores de coliformes termotolerantes também pesaram negativamente no cálculo do IQA, em ambos os ribeirões. Estes organismos devem ter se originado do despejo de esgoto doméstico de residências localizadas no trecho urbanizado que antecede o ponto de captação de água. Logo, esta variável no cálculo do IQA tem o segundo maior peso e, conseqüentemente, interfere nos resultados obtidos.

O trabalho realizado por Pinto et al. (2009), no Ribeirão Lavrinhas, em Alto Rio Grande, MG, demonstrou que, no geral, o IQA apresentou-se em um nível bom, o que está relacionado à predominância de ocupação por mata e regeneração natural nas margens do ribeirão, como observado ao longo do ribeirão Espera. Pimenta et al. (2009) afirmam que a avaliação da qualidade da água deve considerar a ação antrópica no meio físico e nos recursos naturais, como os usos da água e a conservação de suas matas ciliares, sendo este último fator uma importante justificativa para os índices positivos da qualidade da água do ribeirão Espera.

Affonso (2016), observando a disposição das variáveis e sua consolidação pelo cálculo do IQA, concluiu que, em 87,5% dos resultados encontrados no ponto de estudo, a classificação foi boa ($70 < \text{IQA} < 90$). Este

resultado com preponderância positiva tem seu reflexo constatado pelo predomínio de condições favoráveis à legislação na interpretação individual dos parâmetros que compõem o cálculo deste índice no ponto avaliado. No presente trabalho, apenas coliformes termotolerantes, para a maioria das amostragens e OD em uma amostragem (2015/1), apresentaram valores divergentes daqueles estabelecidos pela legislação ambiental, para as águas classe 2 (BRASIL, 2005).

Minella (2005) demonstrou que a qualidade da água dos ribeirões do Lajeado e das Pedras Grandes em São Paulo foi classificada como sendo média, muito próxima ao bom, constatando, a partir dos dados obtidos, que a ocupação populacional está diretamente ligada à qualidade da água dentro dos limites de estudo e, ainda, que as maiores interferências sobre os resultados são os despejos domésticos e as áreas de pastagem, apesar de as indústrias também serem uma possível fonte de contaminação.

Wu et al. (2018) afirmam que, embora a avaliação geral do estudo desenvolvido na bacia do Lago Taihu, na China, tenha sido "moderada", a qualidade da água exibiu uma diferença significativa entre os sistemas fluviais estudados, visto que as influências antropogênicas e o uso da terra são, provavelmente, responsáveis por variações na qualidade da água daquela bacia. Segundo os autores, a degradação da qualidade da água ocorre das regiões a montante para as regiões a jusante, o que é afetado pela poluição da fonte pontual industrial, dos esgotos domésticos e da poluição difusa da agricultura.

Medeiros et al. (2017) confirmam que os valores de IQA apurados para a água dos rios Arapiranga e Murucupi, localizados no Pará, revelaram condições de qualidade semelhantes às de outros corpos d'água localizados nas proximidades de grandes centros urbanos. A falta de serviços adequados e eficazes de saneamento e processos de tratamento tem sido a principal razão para condições de qualidade negativa, que comprometem a qualidade da água.

4.3 Análise hidromorfológica

A aplicação do Método Bávaro ocorre por meio do levantamento de dados, inicialmente, em escritório e, posteriormente, em campo, por meio do preenchimento da ficha de cadastro. Para isso, os ribeirões Espera e Araras foram divididos em pontos estratégicos, a fim de originar um resultado leal ao encontrado atualmente.

4.3.1 Descrição dos pontos do ribeirão Espera

O ribeirão Espera é formado por um conjunto de nascentes localizado na Fazenda Aracaçu, a nordeste do município de Três Pontas, MG e tem cerca de 1,1 km² de área de preservação permanente.

No entorno da nascente foi determinado o ponto EA (FIGURA 25), mas não foi possível visualizar nenhum trecho de água, devido à característica do local. Trata-se de uma nascente difusa que, em alguns locais, tem a formação de brejos e, em outra, a mata é bastante fechada e densa, com características bem naturais, sem a ação antrópica. Ao redor dessa área, o uso e a ocupação de solo ocorrem pela cultura de café, muito comum no município.

Figura 25 – Imagens do Ponto EA do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E1 (FIGURA 26) é o primeiro ponto visual de água localizado em meio à vegetação onde se encontram as nascentes e, próximo ao ponto, nota-se a presença de algumas residências. Isso justifica a aparência oleosa da água, no entanto, sem cheiro aparente. Foi possível notar que o leito do ribeirão tem a presença de uma grande quantidade de partículas finas e, ao redor desse ponto, há uma área de brejo e, cerca 3 a 4 metros à frente, há a formação de uma lagoa, devido à constituição do terreno. Ainda há a presença de cafezal e de uma área de pastagem.

Figura 26 – Imagens do Ponto E1 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E2 (FIGURA 27) é caracterizado pela presença de uma pequena represa, que é utilizada para a dessedentação de animais. A água é, aparentemente, sem cheiro, mas com uma tonalidade um pouco esverdeada, provavelmente pela presença de algas, devido ao acúmulo de nutrientes carreado das áreas do entorno cultivadas com café e pastagem. Há também a formação de uma leve correnteza, havendo, no fundo do leito do ribeirão, a presença de partículas bem finas.

Figura 27 – Imagens do Ponto E2 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E3 (FIGURA 28) está localizado sob uma estrada vicinal e por isso é caracterizado pela presença de um bueiro. Além disso, há a presença de um afluente e a sua nascente se encontra bem próxima. A água tem aparência mais límpida e não tem odor; há uma correnteza considerável devido à presença de uma grande quantidade de rochas no leito do ribeirão e também devido a uma pequena declividade. A mata ao redor foi bastante modificada, sendo possível perceber a presença de uma vegetação com composição bastante variável e que algumas foram trazidas de outras localidades, além também da presença de local de pastagem de animais, como nos pontos anteriores.

Figura 28 – Imagens do Ponto E3 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E4 (FIGURA 29) é um local utilizado para a dessedentação de animais, sendo possível visualizar aumento na vazão do curso d'água, pois há a presença de uma nascente próxima ao local. Visualizou-se também uma bomba de água e embalagens que continham, provavelmente, combustível. Água tem a aparência um pouco esverdeada, mas sem cheiro. No leito do ribeirão foi verificada a presença de partículas bem finas, algumas pedras pequenas e também matéria orgânica provinda da mata ciliar. Na margem pôde-se notar uma grande quantidade de bambu, planta da subfamília *Bambusoideae*, e a utilização do solo ao redor é para pastagem de animais.

Figura 29 – Imagens do Ponto E4 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

No Ponto E5 (FIGURA 30) há a presença de uma ponte feita de concreto e também foi encontrada uma bomba de água. Pode-se perceber que, visualmente, a água está com a aparência mais escura, o que é explicado pela quantidade de esgoto que ela, provavelmente, recebe das casas desde o ponto anterior, exalando um cheiro peculiar, mas fraco. No leito do ribeirão foram visualizadas rochas com tamanhos consideráveis, conseqüentemente com um fundo mais pedregoso, mas há a presença de partículas mais finas. Por causa da presença dessas grandes rochas há a formação de correnteza. No entorno deste ponto há a presença de casas, área de pastagem e plantação de café.

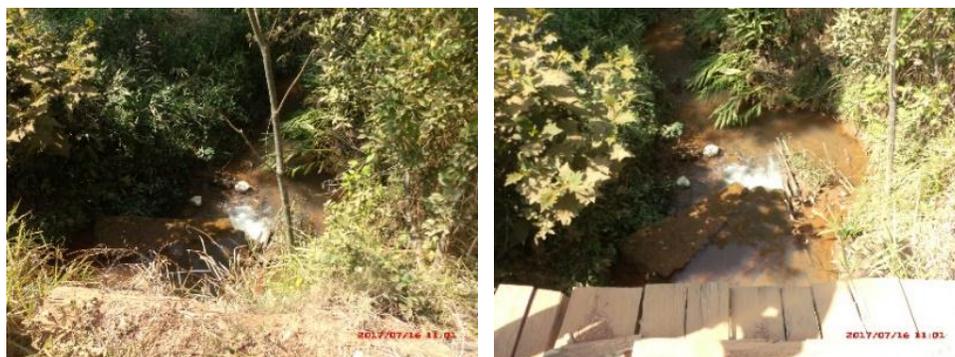
Figura 30 – Imagens do Ponto E5 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E6 (FIGURA 31) tem características muito próximas às do ponto anterior, pois também é um local de passagem, mas a ponte construída é de madeira. A aparência da água um pouco barrenta, mas com tonalidades esverdeadas, sem percepção de cheiro. No leito do ribeirão pode-se visualizar uma grande peça de concreto, que é oriunda de uma ponte anterior, que caiu. Ao redor do ponto pode-se perceber uma grande quantidade de mata, mas com características de brejo e área de pastagem de animais.

Figura 31 – Imagens do Ponto E6 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E7 (FIGURA 32) também é um local de passagem e é uma ponte que dá acesso à entrada de um sítio. A aparência da água é de um cinza-esverdeado, mas não tem odor. O leito do rio é raso e podem ser algumas pedras que se aglomeram abaixo da ponte e formam correnteza. Ao redor tem-se a presença de mata ciliar com características de vegetação nativa, contudo, pode-se observar a presença de limoeiros anexos a essa mata ciliar, indicando a interferência humana no local.

Figura 32 – Imagens do Ponto E7 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E8 (FIGURA 33) é situado logo abaixo de uma escola municipal e tem por característica também a presença de casas no seu entorno. A aparência da água continua como nos pontos anteriores, na tonalidade cinza-esverdeada, mas sem a presença de cheiro perceptível. O leito do ribeirão ainda é raso e percebe-se a formação de bancos de areia e serapilheira proveniente da mata ciliar. Esta mata encontra-se densa e com vegetação bem característica, sem muitas alterações, mas ainda é uma faixa estreita.

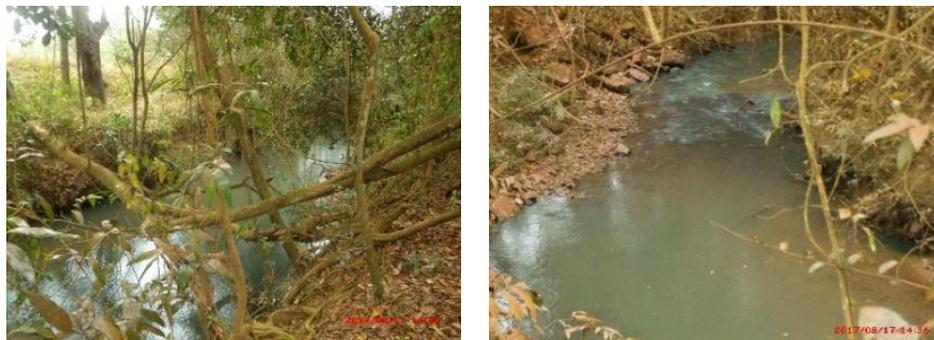
Figura 33 – Imagens do Ponto E8 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto EB (FIGURA 34) é um local de passagem e está localizado em uma estrada vicinal que liga Três Pontas a Carmo da Cachoeira, MG. Tem como característica principal ser um trecho com bastante sinuosidade e, em alguns pontos, ser mais fundo e acumular mais água e, em outros pontos, ser raso. A água tem aparência bem poluída e em tom cinza-esverdeado, como no ponto anterior, mas com mau cheiro perceptível. O leito do rio é mais arenoso, mas é possível ver a presença de pedras de vários tamanhos e, até mesmo, restos de veículos. Ao redor desse ponto há mata ciliar mais densa e é possível visualizar trilhas que ligam a mata formada em anexo. Esses trilhos indicam caminhos que servem para a caça, principalmente de capivaras. O uso e a ocupação do solo são de pastagem e também há locais de lavouras anuais de milho e soja, além da formação da mata citada.

Figura 34 – Imagens do Ponto EB do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

No Ponto EC (FIGURA 35), por ser uma área de mata bastante fechada e de difícil acesso, não foi possível chegar próximo do leito do ribeirão, mas pode-se afirmar que se trata de um trecho com características bem naturais e sem ação antrópica no entorno. Devido às características do local, pode-se afirmar também que a água sofre poucas alterações e continua com aparência e características de poluição dos pontos observados anteriormente.

Figura 35 – Imagens do Ponto EC do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E9 (FIGURA 36) está localizado na entrada de um sítio e, por ser local de passagem, também tem uma ponte de madeira. Percebe-se também que esse trecho é bem sinuoso. A aparência da água continua bem parecida com a do ponto EB, com cor cinza-esverdeado, mas com cheiro pouco perceptível. O leito do rio apresenta pedras de variados tamanhos, mas ainda é possível perceber um fundo com partículas mais arenosas e, até mesmo, partículas finas. Há uma mata ciliar com características naturais, mas pode-se perceber vegetação variável também. Ao redor do ponto há a presença de resquícios de mata e de locais de pastagem, além, também, de lavouras de café.

Figura 36 – Imagens do Ponto E9 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E10 (FIGURA 37), assim como os pontos anteriores, está localizado na entrada de uma fazenda e, por isso, há a construção de uma ponte, esta de madeira, sendo um ponto bastante sinuoso. Percebe-se a água com tonalidade cinza-esverdeada mais clara que a do ponto anterior, mas sem odor. Em alguns locais a água é rasa e, em outros, formam-se piscinas. Nos pontos de menor profundidade, pode-se visualizar o fundo do leito do ribeirão, onde há a presença de algumas rochas de maior tamanho, mas, a maior parte dele tende a ser mais arenosa. Devido ao período de estiagem, notou-se a formação de banco de areia debaixo da ponte. Registrou-se a existência mata ciliar densa e bem

presente, e o uso e a ocupação do solo ocorrem por pastagem, mas sem uso, e, mais acima na paisagem, há lavouras de café.

Figura 37 – Imagens do Ponto E10 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto ED (FIGURA 38) está localizado próximo à entrada da fazenda Sete Cachoeiras e tem como característica principal o fato de ser um dos locais de captação de água do SAAE, o Sistema de Abastecimento Sete Cachoeiras, responsável por abastecer a Estação de Tratamento de Águas Paraíso (ETA II). Esse ponto apresenta água com características bem barrentas, mas com ausência de cheiro, fundo do leito mais arenoso e presença de uma mata ciliar densa, além de uma considerável correnteza. Próxima a esse ponto há uma maior quantidade de lavouras de café e, na entrada da fazenda, pode-se perceber a formação de represas e também a presença de bombas hidráulicas, provavelmente para captação de água para irrigação.

Figura 38 – Imagens do Ponto ED do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E11 (FIGURA 39) é o local conhecido como Sete Cachoeiras. Apresenta formação rochosa bastante intensa e uma pequena declividade, o que garante a formação das quedas d'água. A aparência da água ainda continua cinza-esverdeada e sem cheiro, e o leito do ribeirão é de pedras de grande tamanho, mas, em certos pontos, pode-se perceber a presença de areia. A mata ciliar ainda é densa e bem presente, e, ao redor, ocorre área de pastagem e alguns resquícios de mata.

Figura 39 – Imagens do Ponto E11 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E12 (FIGURA 40) está bem próximo à rodovia MG-167 e tem como característica a presença de casas na margem e também por apresentar bastante sinuosidade. A aparência da água não sofreu alterações perceptíveis, em comparação com os pontos anteriores, mas o leito tem a presença de pedras, que formam correntezas. Também apresenta mata ciliar bastante densa.

Figura 40 – Imagens do Ponto E12 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E13 (FIGURA 41) está localizado na rodovia MG-167, na altura do km 28, sendo um ponto com bastante mata ciliar e de difícil acesso. A água, fisicamente, está nas mesmas condições anteriores, mas com maior vazão, pois recebe as águas do afluente córrego Taboão. Devido à presença da rodovia, pode-se perceber, no leito do rio, muito cascalho, além também da formação de bancos de areia. Ao redor desse ponto há a presença de lavoura de café e também de área de pastagens.

Figura 41 – Imagens do Ponto E13 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

No Ponto EE (FIGURA 42) não foi possível chegar próximo ao leito do Ribeirão, pois no seu entorno existe uma grande área de pastagem, além de a sua mata ciliar ser bem estreita, comparada com os pontos vizinhos, mas é muito densa, fechada e com características bem naturais. Contudo, devido à semelhança nas propriedades visuais da água nos pontos vizinhos, pode-se afirmar que não houve mudanças consideráveis na sua aparência física.

Figura 42 – Imagens do Ponto EE do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E14 (FIGURA 43) é local de acesso para uma área de pastagem. Sua principal característica é ser um trecho bastante sinuoso e com uma mata ciliar bastante fechada. A água continua com a aparência dos pontos anteriores, com tonalidade cinza-esverdeada, mas com um tom mais barrento, talvez por ser um trecho bastante raso e por formar vários bancos de areia. Contudo, não há cheiro perceptível.

Figura 43 – Imagens do Ponto E14 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E15 (FIGURA 44) é um trecho sem mata ciliar. Desse ponto em diante se trata de um local de inundação em épocas de cheia, e há livre acesso de animais e uso da água para dessedentação. A aparência da água ainda é de “poluída”, com uma tonalidade cinza-esverdeada e, como nos pontos anteriores, sem odor. O leito do rio tende a ser mais arenoso, mas com a presença de partículas mais finas em alguns pontos, e também há a presença de cascalho e algumas pedras de maior tamanho. Além disso, por estar em período de seca, era possível detectar que ocorre processo erosivo nas margens, resultado do período das cheias.

Figura 44 – Imagens do Ponto E15 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E16 (FIGURA 45), assim como os anteriores, é usado para a dessedentação de animais e é um trecho bastante sinuoso. Contudo, devido à seca, é possível ver claramente o curso do ribeirão, pois esse trecho também é um local de inundação em períodos chuvosos. A água continua com a mesma tonalidade e sem cheiro, e não há a presença de mata ciliar.

Figura 45 – Imagens do Ponto E16 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto E17 (FIGURA 46) é o último ponto determinado para o ribeirão Espera, é o local onde deságua na represa de Furnas. Devido à aparência física, é um local conhecido como Barrancão, sendo comum a pesca. Há pastagem de

animais margeando o curso d'água. Assim como no ponto anterior, por ser um local de inundação e estar em período extremamente seco, foi possível ver todo o percurso do ribeirão, que é bem sinuoso, até chegar à foz. A água, nesse trecho, tem aparência barrenta, com bastante sólidos em suspensão provenientes das atividades de cultivo e criação de gado às margens do curso d'água, e sem nenhum cheiro aparente.

Figura 46 – Imagens do Ponto E17 do ribeirão Espera.



Fonte: Do Autor (2018).

4.3.2 Descrição dos pontos do ribeirão Araras

O ribeirão Araras, ao contrário do ribeirão Espera, não é formado por um conjunto de nascentes, mas tem sua origem em uma nascente pontual, localizada na fazenda Mato Virgem, próximo à Rodovia MG-167, na altura do km 8. Esta nascente está localizada em um vale, cujas vertentes são cultivadas com a cultura do café, sem qualquer proteção.

O Ponto A1 (FIGURA 47) foi determinado em anexo à mata em que está localizada a nascente. Pôde-se observar um pequeno feixe de água que escorria em meio a pouca mata que havia no local. A água tinha aparência límpida e sem odores. Contudo a, aproximadamente, cerca de 100 metros a

jusante desse local, há um moinho de água que estava desativado devido à pouca quantidade de água e em seu entorno havia lavoura de café.

Figura 47 – Imagens do Ponto A1 do ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A2 está em um local alagadiço e ao lado dele, próximo a uma residência, tem-se a formação de uma pequena represa para a criação de peixes. Nessa represa é possível ver a existência de uma bomba hidráulica que, possivelmente, é utilizada para a irrigação da lavoura de café que está ao lado. Ainda foi possível identificar um encanamento que é utilizado em épocas de cheia, para que a represa não transborde (FIGURA 48).

Figura 48 – Imagens do Ponto A2 do ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A3 (FIGURA 49) cruza a estrada que liga Três Pontas a Carmo da Cachoeira, MG, mas logo no seu início. Pode-se perceber um pequeno fluxo de água, pois, em torno de 700 m antes desse local, há outra nascente que encorpa mais vazão ao curso d'água principal. Nesse trecho esse recurso hídrico também é conhecido como córrego Custodinho. A água tem a aparência suja, provavelmente devido ao esgoto doméstico das casas ao redor que é depositado nele, mas sem odor aparente. O leito do ribeirão tem aparência mais arenosa e a mata ciliar está presente, mesmo que em pouquíssima quantidade, e, como nos pontos anteriores, há a presença da cultura do café nas proximidades.

Figura 49 – Imagens do Ponto A3 do ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Do ponto anterior até o Ponto A4 tem-se uma grande área de brejo que está localizada antes de o ribeirão Araras cruzar a rodovia MG-265, que liga Três Pontas ao município de Santana da Vargem, MG. A pouca água que é visualizada está em meio ao solo, contudo, a aparência dessa água é suja, além de estar oleosa, mas sem odor. Essas características possivelmente se devem ao esgoto doméstico de moradias existentes no trecho desse ponto. Além disso, o leito do ribeirão é formado por partículas mais finas (FIGURA 50).

Figura 50 – Imagens do Ponto A4 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto AA está localizado após o cruzamento do ribeirão Araras na rodovia MG-265 e é caracterizado por ser também uma grande área de brejo onde há uma nova nascente no local. Bem próximo ao local pode-se perceber um processo erosivo e também a presença da cultura de café. Além disso, ali o ribeirão tem o primeiro contato com a zona urbana (FIGURA 51).

Figura 51 – Imagens do Ponto AA no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A5 (FIGURA 52) está em contato com a zona urbana do município de Três Pontas e o ribeirão Araras vai tomando forma e adquirindo uma correnteza considerável. Pouco antes desse ponto, ainda há uma mata, mas,

nesse trecho não há quase que nenhuma vegetação, somente algumas árvores protegendo o curso d'água. Nesse local, a água começa a ter uma aparência suja, com uma tonalidade cinza-esverdeada bem clara, indicando a presença de esgoto doméstico, mas sem odor aparente. O leito do ribeirão tem a aparência de partículas mais finas e neste ponto ocorre a dessedentação de animais; como nos pontos anteriores, há também a presença de lavoura de café.

Figura 52 – Imagens do Ponto A5 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto AB está localizado dentro de uma estação de captação de água do SAAE que, por ser automatizado, estava fechada, impossibilitando o acesso ao leito do ribeirão. No seu entorno tem-se a presença de residências e, na outra margem, a presença de uma pequena mata ciliar e, posteriormente, de uma lavoura de café (FIGURA 53).

Figura 53 – Imagens do Ponto AB no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A6 (FIGURA 54) é o primeiro ponto onde o ribeirão Araras adentra na zona urbana e tem contato direto com as residências. É a partir desse ponto que o ribeirão começa a ser canalizado, além também de ter início o seu ponto crítico de poluição, pois pode-se observar a presença do despejo de esgoto. Neste ponto o aspecto da água é de bastante poluída, com a aparência cinza-esverdeada em tonalidades bem escuras, e com um odor perceptível e característico de esgoto doméstico.

Figura 54 – Imagens do Ponto A6 do ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A7 continua cortando a área urbana de Três Pontas e está canalizado. Logo no início recebe águas do córrego Ramos e também do córrego dos Bambus, sendo que primeiro tem origem rural e o segundo, origem urbana e recebe resíduos líquidos de uma parte da cidade, aumentando a poluição. No fundo do leito há pedras de diversos tamanhos e também muitos resíduos sólidos domiciliares. Há mata ciliar somente na margem direita. A água tem cor cinza-esverdeada e pode ser sentido o odor característico de esgoto doméstico (FIGURA 55).

Figura 55 – Imagens do Ponto A7 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto AC (FIGURA 56) está localizado também na zona urbana e tem como característica o término da canalização e também o fato de ser o local onde recebe o afluente córrego Candongas. É um local bem poluído por resíduos sólidos e a aparência da água dos dois ribeirões é de esgoto doméstico. Além disso, ambos exalam odor e o trecho segue com pouca mata ciliar. O leito do ribeirão é bem pedregoso, com a presença de grandes pedras e cascalhos. Também há a formação de bancos de areia que servem de suporte para a vegetação.

Figura 56 – Imagens do ponto AC no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Poucos metros à frente deste ponto, o ribeirão Araras recebe mais um afluente, o córrego Formiga, que atravessa outra parte da cidade, onde estão sendo construídos novos loteamentos e este, conseqüentemente, acaba recolhendo o esgoto dessas residências, além dos detritos da movimentação de solo do local. Ao redor desse ponto, pode-se perceber que não há qualquer cuidado com o curso d'água, pois há grande quantidade de resíduos sólidos, além de a água estar com aparência bem poluída, com odor forte e a formação de espuma (FIGURA 57).

Figura 57 – Imagens do encontro do córrego Formiga com o ribeirão Araras no Ponto AC.



Fonte: Do Autor (2018).

Em um dos últimos pontos de contato com a zona urbana, o ribeirão Araras recebe outro afluente, o córrego Quatis que, por cruzar a parte sudoeste de Três Pontas, recebe esgoto doméstico de outra parte da cidade. Assim, este córrego também chega ao ribeirão Araras com a aparência suja e o odor característico de esgoto e acaba se juntando com um recurso hídrico de mesmas características. No ponto de encontro, pode-se perceber que há uma grande quantidade de mata ciliar densa e de difícil acesso (FIGURA 58).

Figura 58 – Imagens do encontro do córrego Quatis com o ribeirão Araras no Ponto AC.



Fonte: Do Autor (2018).

Ainda próximo a esse local, o SAAE tem outra central de captação de água, o Sistema de Abastecimento Quatis-Formiga, que abastece a Estação de Tratamento de Água Ipiranga (ETA I), captando água na junção dos dois córregos no ribeirão Araras (FIGURA 59).

Figura 59 – Imagens do Sistema de Abastecimento Quatis-Formiga.



Fonte: Do Autor (2018).

Após o término da zona urbana, tem-se o Ponto A8 (FIGURA 60), que demonstra claramente o quanto a água do ribeirão Araras foi poluída, pois apresenta, visualmente, características indesejáveis para as águas de boa qualidade, como aparência bem escura, odor forte, presença de espuma e também de resíduos sólidos. Com isso, percebem-se, somente, as pedras de grande tamanho, pois o leito do ribeirão não é visível devido à má qualidade da água. O trecho não apresenta qualquer mata ciliar, mas, a partir deste ponto, está presente novamente e, até mesmo, de forma bem densa. Além disso, no seu entorno existem algumas fazendas, com pastagem e cultura de café.

Figura 60 – Imagens do Ponto A8 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A9 (FIGURA 61) é, sem dúvida, um dos piores pontos visitados ao longo do ribeirão Araras e está localizado na entrada de uma fazenda. A diferença em relação ao ponto anterior é ainda pior, pois a água tem cor muito escura e é até mesmo espessa, sendo o odor praticamente insuportável e com a presença de resíduos sólidos. Devido ao período seco, pôde-se verificar que as margens se encontravam “marcadas” com a poluição da água. Devido a essas características, não foi possível ver o leito do ribeirão, contudo, esse trecho segue com a presença da mata ciliar e, neste ponto, pode-se constatar a presença de bambus. Além disso, o seu entorno é caracterizado pela presença de uma área de pastagem, na qual existe uma nascente, afluente do ribeirão Araras.

Figura 61– Imagens do Ponto A9 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto AD apresenta características muito semelhantes às do ponto anterior e também está cercado de mata ciliar densa e a água sem qualquer melhora. Além disso, percebe-se a presença de muita matéria orgânica sobre a água, além da presença de espuma (FIGURA 62).

Figura 62 – Imagens do Ponto AD no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

No Ponto A10 o trecho segue com a presença de mata ciliar, mas a água sem qualquer melhora, apenas sem a aparência espessa que ela demonstrava. Mas a cor escura e o cheiro extremamente forte ainda são perceptíveis, e o fundo do leito ainda não pode ser visto, mas é possível perceber a poluição marcada no barranco e a presença de matéria orgânica. Nas margens do local havia animais pastando, mas sem qualquer aproximação com a água, pois era de difícil acesso devido à grande quantidade de galhos presentes, como mostrado a Figura 63.

Figura 63 – Imagens do Ponto A10 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Na Figura 64 observam-se imagens do Ponto AE, que está localizado na estrada que liga Três Pontas ao município de do Ouro – MG, a água que passa nesse trecho sofreu uma pequena melhora em sua aparência, mesmo que ainda muito poluída e com odor aparente. É um local com presença de resíduos sólidos e também de grandes rochas, e como nos pontos anteriores ocorre a presença da mata ciliar bastante densa, e no seu entorno algumas áreas de pastagens.

Figura 64 – Imagens do Ponto AE no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A11 está localizado na entrada do Sítio São Dimas. Este ponto é caracterizado pelas suas curvas sinuosas. Em relação a água, esta continua com aparência como nos pontos anteriores, com uma cor bem escura o que impede a visualização do leito do rio, e o odor ainda muito forte. Ao redor tem-se uma mata ciliar bem fechada e áreas de pastagem (FIGURA 65).

Figura 65 – Imagens do Ponto A11 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A12 (FIGURA 66) está localizado logo após o Distrito do Quilombo Nossa Senhora do Rosário, distrito do município de Três Pontas – MG, o ponto é caracterizado por estar bem próximo à Estação de Tratamento de Esgoto do distrito. Além disso ao redor desse ponto há a presença de animais que utilizam dessa água para a dessedentação, contudo, está ainda continua em estado degradado em relação à cor e ao cheiro, mas é possível visualizar o leito do rio em alguns trechos devido à pouca água, sendo este com a aparência de partículas bem finas. Ao redor há a presença de mata ciliar e no seu entorno temos área de pastagens e cultivo de café.

Figura 66 – Imagens do Ponto A12 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A13 está localizado no fundo da fazenda Bubalina e tem características bem próximas às do ponto anterior. Contudo, foi possível perceber visualmente uma leve melhora da água, embora continuasse com a aparência escura, com odor perceptível e a presença da mata ciliar ao redor. No seu entorno, existem alguns açudes, formados para a criação de peixes, mas a água utilizada vem de outro curso d'água, sem qualquer contato com o ribeirão Araras (FIGURA 67).

Figura 67 – Imagens do Ponto A13 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A14 está localizado na estrada que liga Três Pontas a Córrego do Ouro. Nele, a água ainda continua com as mesmas características, cor escura e odor perceptível, mas também foi possível caracterizar o leito do rio, devido à pouca quantidade de água, que é bem pedregoso, com a presença de cascalho e algumas pedras de tamanhos maiores, o que pode ser explicado pela grande movimentação da estrada e a mata ciliar ainda densa (FIGURA 68).

Figura 68 – Imagens do Ponto A14 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A15 (Figura 69) está localizado em um trecho com pouquíssima mata ciliar e, neste ponto, o ribeirão Araras surge como um pequeno filete de água, mas com as características ainda bem marcadas, tanto de cor quanto de odor. Ao redor há uma área de pastagem, a presença de animais que também utilizam essa água para a sua dessedentação e também uma nascente que deságua no ribeirão Araras, a jusante do ponto. Ao cruzar a estrada, o ribeirão Araras encontra novamente uma mata ciliar densa e bem presente.

Figura 69 – Imagens do Ponto A15 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A16 está localizado aos fundos da fazenda Araras e, devido à distância do último ponto, neste local percebe-se visualmente uma melhora da água, mas, mesmo assim, ela ainda apresenta cor escura. O odor na água não é perceptível, pois o cheiro dos excrementos dos animais que estão ao redor é mais evidente. A água é utilizada para dessedentação de animais. O leito rio é formado por partículas finas e há a presença de mata ciliar densa (FIGURA 70)

Figura 70 – Imagens do Ponto A16 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Ao redor do Ponto A17 há pouca mata ciliar e um trecho sem qualquer tipo de vegetação. A água continua com características de poluição, tanto pela cor, quanto pelo odor. Ao redor deste local também há área de pastagem e, conseqüentemente, os animais ali presentes utilizam essa água para dessedentação. Por causa da pouca água foi possível visualizar o fundo do leito do rio, no qual se nota desde a presença de cascalho até partículas bem finas (FIGURA 71).

Figura 71 – Imagens do Ponto A17 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Na estrada que liga Três Pontas a Córrego do Ouro, a trajetória no Ponto A18 (FIGURA 72) é bem sinuosa. Verificaram-se, neste ponto, resquícios de atividade de pesca, como redes e também um peixe, uma traíra (*Hoplias malabaricus*). Porém, não se sabe se o peixe é natural do local ou se chegou ao ribeirão Araras pela ligação com açudes de criação de peixes localizados nas proximidades. As características estão bem próximas às dos pontos anteriores em relação à cor da água, mas o odor agora é pouco perceptível. O leito do ribeirão, em alguns locais, é visível e nele notou-se presença de areia e de partículas mais finas. No seu entorno, a mata ciliar está bem presente e é densa.

Figura 72 – Imagens do Ponto A18 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto AF (FIGURA 73) está localizado em uma região de plantações e pastagem muito intensas e por isso perdeu boa parte da sua mata ciliar, restando apenas um filete no seu entorno. Devido à existência uma cerca no local, que provavelmente divide propriedades rurais, não foi possível o acesso ao leito do ribeirão Araras, mas, pela similaridade dos pontos vizinhos, pode-se afirmar que a água continua com as mesmas características.

Figura 73 – Imagens do Ponto AF no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O Ponto A19 é o último ponto determinado no ribeirão Araras onde deságua no Lago de Furnas, localizado no município de Campos Gerais. As características visuais ainda são preocupantes, pela pouca quantidade e também pela má qualidade da água que deságua, pois a cor ainda apresenta tonalidades bem escuras, além do odor, que volta a ser perceptível. O entorno do ponto é uma grande área de inundação, mas, como era período de estiagem, foi possível ver claramente o leito margeado por vegetação aquática, caracterizando o processo de eutrofização (FIGURA 74).

Figura 74 – Imagens do Ponto A19 no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

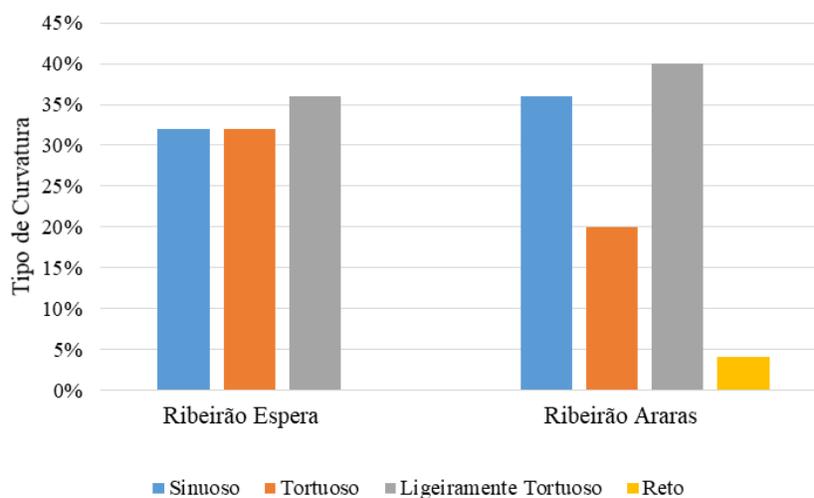
4.3.3 Resultados dos parâmetros individuais do Método Bávaro

Como já mencionado anteriormente, o ribeirão Espera foi dividido em 22 pontos e o ribeirão Araras foi dividido em 25 pontos, e, neste tópico, a aplicação e o diagnóstico foram divididos de acordo com a ficha de cadastro.

Assim, na dinâmica do leito do rio são estudadas quatro funções hidromorfológicas e 20 parâmetros individuais, sendo 17 diretamente contidos na avaliação e três para subsídio da avaliação. Desse modo, é admissível alcançar um diagnóstico do leito do rio com relação à sua estrutura.

O primeiro parâmetro é a forma do rio, função hidromorfológica que sugere o grau de naturalidade do curso de água, pois representa os parâmetros de avaliação mais representativos do rio. É, ainda, o ponto de partida da árvore de avaliação e recebe o maior peso na averiguação. O parâmetro individual que está associado a esta função hidromorfológica é o tipo de curvatura, analisada para saber se houve mudanças no seu curso natural (SILVA, 2013). Em relação ao tipo de curvatura, na Figura 75 encontram-se os resultados obtidos para os ribeirões Espera e Araras.

Figura 75 – Tipo de curvatura do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.



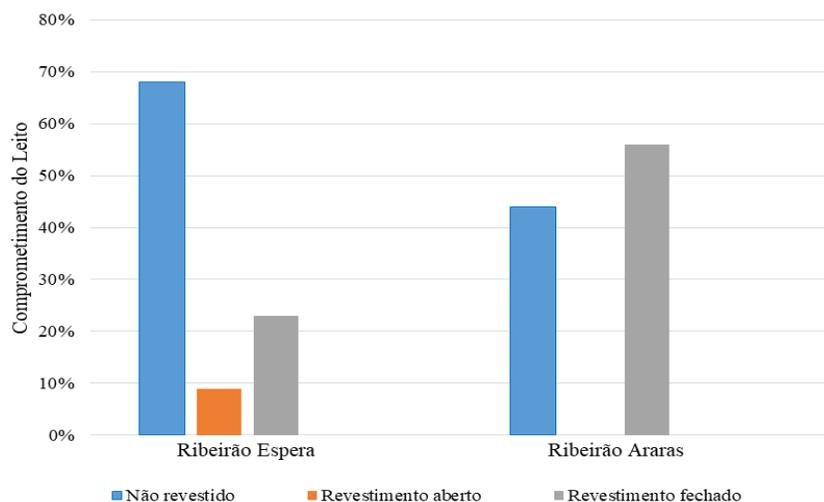
Fonte: Do Autor (2018).

De maneira geral, ambos os ribeirões mantêm sua curvatura sem alterações antrópicas, por isso, este parâmetro recebeu pontuação 1, que se refere à característica inalterada. Contudo, o Ponto A6 do ribeirão Araras recebeu a classificação reto, isso porque o trecho foi canalizado e, conseqüentemente, recebeu pontuação 5, muito alterado.

No trabalho desenvolvido por Kuerten (2009), no leito do rio Ivaí, no Paraná, o autor constatou que a identificação das mudanças das formas do leito pode servir de ponto de partida para o desenvolvimento de estudos mais detalhados, além da quantificação de sedimentos transportados.

Em relação ao comprometimento do leito do rio são avaliadas as ações antrópicas de revestimento e estabilização do leito e os resultados obtidos estão demonstrados na Figura 76.

Figura 76 – Comprometimento do leito do rio do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

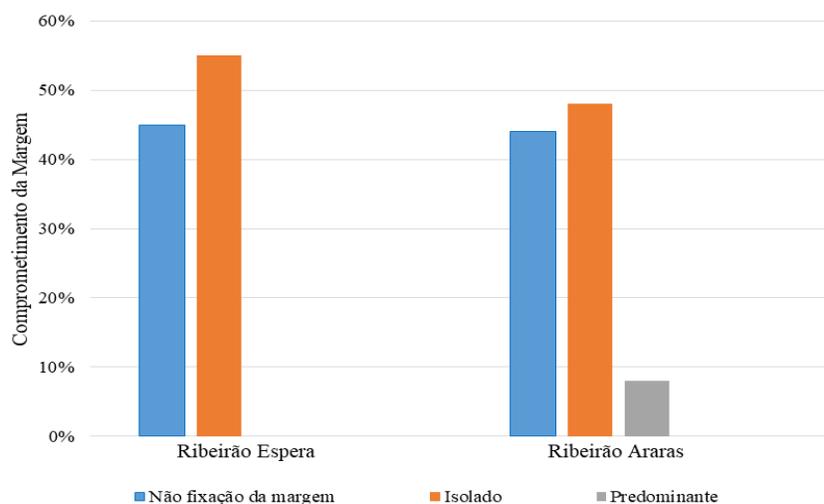
Os pontos classificados como não revestidos estavam em condições naturais, sem a interferência antrópica e, por isso, receberam pontuação 1, inalterado. Os pontos caracterizados como revestimento aberto continham revestimento de madeira para instalações de pontes e, com isso, receberam pontuação 3, moderadamente alterado. Já os pontos considerados como revestimento fechado continham a presença de revestimento de concreto para instalações de pontes localizadas em estrados e rodovias, bueiro de greide e a canalização do ponto A6 e A7 no Ribeirão Araras. Receberam pontuação 3, moderadamente alterado, pois, em comparação com o trecho total, localizavam-se apenas em pontos específicos.

Vicente e Cordeiro (2017) verificaram, no ribeirão Candidópolis em Itabira, MG, que o revestimento de praticamente todo o canal era em solo natural, em leito irregular. Dessa forma, com relação a esse indicador, considerou-se um nível baixo de degradação do ribeirão em relação à sua

condição natural, característica esta também observada nos 68% dos pontos considerados como inalterados.

No parâmetro comprometimento da margem são estimadas todas as construções e materiais introduzidos para estabilizar as margens do rio. A avaliação é realizada separadamente para a margem esquerda e a direita, para ser possível observar o grau de modificação, e as classificações são sem revestimento, isolado, moderado e predominante (SILVA, 2013). Os resultados obtidos para ambos os ribeirões nesse parâmetro estão demonstrados na Figura 77.

Figura 77 – Comprometimento da margem do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Nesse sentido, os pontos considerados como não fixação da margem estavam em condições naturais, sem o comprometimento da margem e, assim, receberam pontuação 1, inalterado. Os pontos que foram considerados como tendo um comprometimento isolado foi devido à presença das pontes feitas em

concreto ou madeira e receberam pontuação 3, moderadamente alterados. Logo, os pontos nos quais o comprometimento foi caracterizado como predominante referem-se à canalização de trecho A6 e A7 do ribeirão Araras, que receberam pontuação 5, muito alterados.

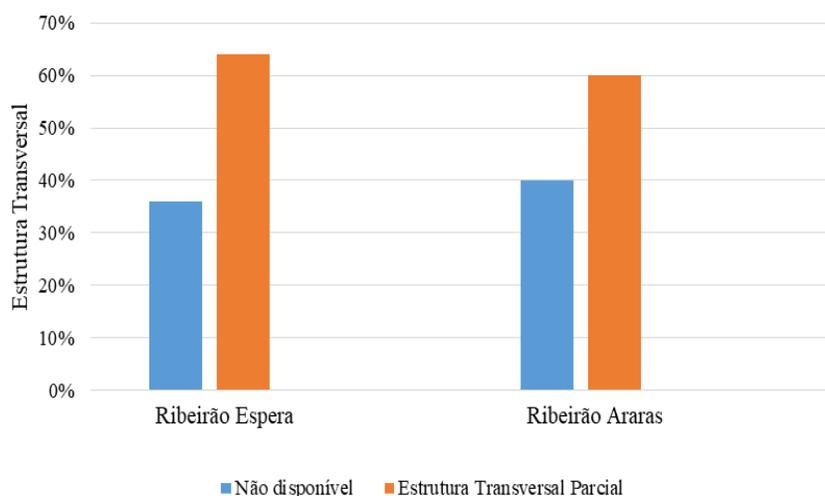
A estabilização é necessária em situações de intenso trabalho erosivo na margem, seja pela baixa coesão do solo constituinte, seja pela proximidade do canal principal ou pelo fluxo mais intenso da água à margem do rio, seja também por modificações antrópicas (HOLANDA et al., 2009).

Feitosa e Almeida (2002) afirmam que as atividades e as estruturas humanas implantadas nas margens e no leito do rio Itapecuru, em Codó, MA, indiscriminadamente, comprometeram o equilíbrio ambiental. No caso do ribeirão Araras esta também é uma realidade, principalmente no trecho que corta a área urbana de Três Pontas.

Pelo Método Bávaro, nas estruturas transversais são analisadas todas as construções instaladas pelo homem no leito do rio e que interrompem, transversalmente ou obliquamente, a direção do escoamento. Elas são classificadas em não disponíveis, estrutura transversal parcial e estrutura transversal total (SILVA, 2013). Na Figura 78 está demonstrada a caracterização deste parâmetro para os ribeirões Espera e Araras.

Desse modo, para o preenchimento desse parâmetro na ficha de cadastro foi considerado o tamanho da estrutura transversal em relação ao tamanho do trecho em que estava localizado e nenhuma dessas estruturas – pontes, estradas, rodovias, bueiro de greide – era maior que 30% do trecho total e, conseqüentemente, não há uma pontuação no Método Bávaro para essa condição. Já os pontos que não apresentavam nenhum tipo de estrutura transversal foram avaliados com a pontuação 1, inalterado.

Figura 78 – Estruturas transversais do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.

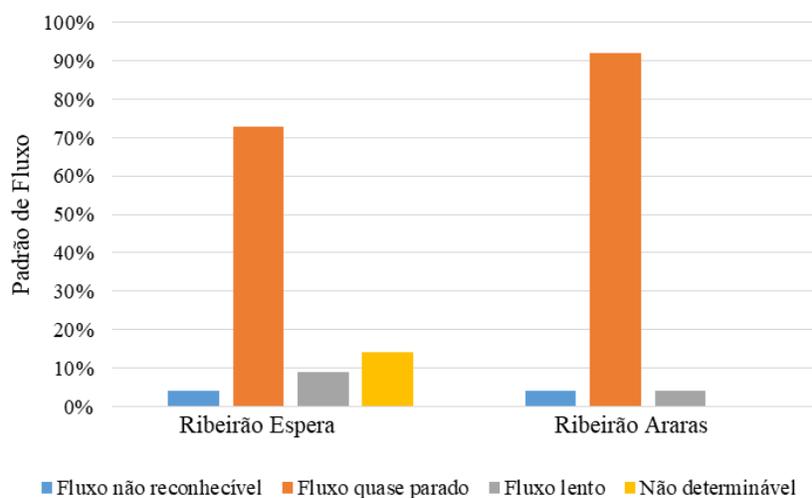


Fonte: Do Autor (2018).

Para Bortoluzzi (2012), a escolha da estrutura ideal para ser instalada em um determinado recurso hídrico depende, principalmente, da sua capacidade, implantando a estrutura transversal que, teoricamente, possa suportar o volume de água escoada pelo corpo d'água. Assim, a implantação de estruturas pré-moldadas é feita devido à sua fácil instalação e, quando a capacidade do canal é geralmente baixa, como ocorre com o ribeirão Espera.

Em relação ao padrão de fluxo, ele faz referência à vazão e é qualificado de acordo com o tipo de sedimento do leito do rio e o fluxo que o trecho demonstra, podendo ser classificado em fluxo não reconhecível ($<30 \text{ L s}^{-1}$), fluxo quase parado (entre 30 e 100 L s^{-1}) e fluxo lento (entre 100 e 300 L s^{-1}). Contudo, para esse parâmetro, como citado anteriormente, não foi possível o cálculo da vazão e, assim, foi realizado o cálculo da velocidade das águas, aplicada à mesma classificação da vazão. Na Figura 79 mostram-se os resultados obtidos.

Figura 79 – Padrão de fluxo do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Os pontos que receberam classificação do padrão de fluxo como não reconhecível foram assim determinados devido às características físicas dos locais onde as condições brejeiras do local fazia com que o escoamento fosse insignificante. Os pontos analisados como fluxo quase parado apresentavam um fluxo muito fraco, mas perceptível, o que pode ser considerado como característica do período em que foi feito o estudo – final do período de estiagem, em agosto de 2017, período em que a vazão estava extremamente baixa. Os pontos analisados como lento ocorreram, principalmente, nas características do fundo do leito do ribeirão Espera, que tem grandes pedras que, conseqüentemente, acabam criando uma correnteza considerável. Por fim, em alguns pontos do ribeirão Espera não foi possível ter acesso até o leito do rio para determinar o padrão de fluxo e, assim, eles foram classificados como de fluxo não determinável. A pontuação desse parâmetro, segundo Método Bávaro, varia de acordo com o tipo de sedimento, mas a pontuação aplicada variou de 3,

moderadamente alterado a 5, muito alterado, tanto para o ribeirão Espera quanto para o ribeirão Araras.

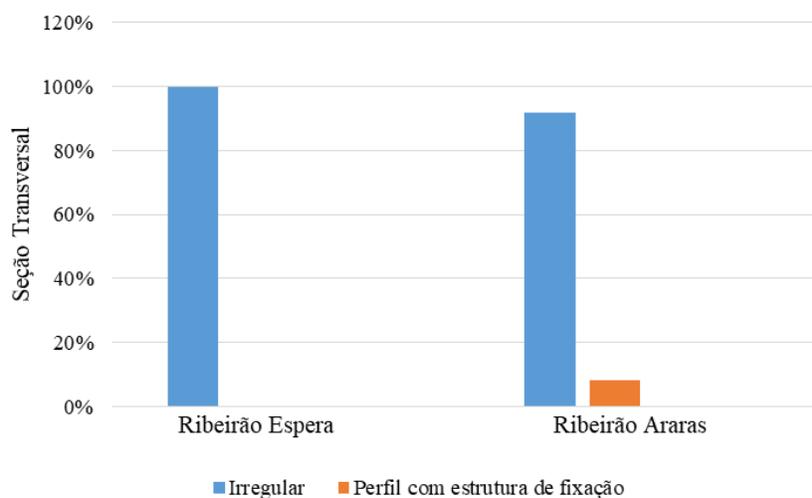
A textura dos sedimentos de fundo, a razão largura/profundidade e a presença de barras transversais e de talvegues múltiplos são indicativos de canais de alta energia, e as velocidades de fluxo estão ligadas às condições de energia no sistema. Entretanto, Silva et al. (2008) não verificaram diferença significativa nos padrões de fluxo entre o trecho fluvial superior e o inferior em Cáceres, MT, apesar da existência da variação de sedimentos no fundo do leito.

Rocha e Souza Filho (2005) demonstraram que a distribuição relativa das frações areia grossa e areia fina não combina com a velocidade de fluxo nas seções estudadas, pois houve diminuição da quantidade relativa de areia grossa e aumento da areia fina, justamente no período de aumento de velocidade, determinação também levada em consideração pelo Método Bávaro.

Segundo Silva (2013), a seção transversal no Método Bávaro avalia o grau de modificação referente à estabilização da seção transversal. As principais formas de classificação são perfil trapezoidal, perfil trapezoidal duplo, perfil com estrutura de fixação, perfil sem estrutura de fixação e irregular. Os resultados obtidos para a seção transversal estão demonstrados na Figura 80.

A caracterização da seção transversal como irregular indica que não havia interferências antrópicas, mesmo nos locais onde foram instaladas as pontes ou bueiros, pois esta característica foi conservada. Assim, receberam pontuação 1, inalterados. Os pontos que apresentavam perfil com estrutura de fixação foram aqueles com a presença da canalização no ribeirão Araras – Pontos A6 e A7 e, por isso, receberam pontuação 5, muito alterado.

Figura 80 – Seção transversal do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.

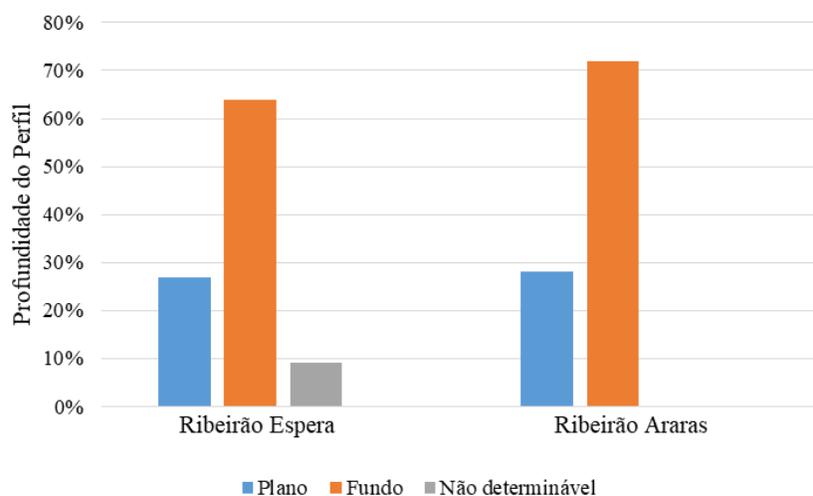


Fonte: Do Autor (2018).

O parâmetro profundidade de perfil é a diferença média de altura entre a borda superior da encosta e do nível médio da lâmina d'água (do bordo livre) e pode ser classificado em plano (<1 m) ou fundo (>1 m). Na Figura 81 são mostrados os resultados obtidos para ambos os ribeirões.

Assim, os pontos analisados como plano tinham uma diferença menor que 1 metro e receberam a pontuação 1, inalterado. Os pontos classificados como fundo demonstram a capacidade dos ribeirões em épocas de cheia. Na classificação do Método Bávaro, essa característica é pontuada com 3, moderadamente alterado. Mas, em alguns pontos não foi possível determinar essa diferença devido à dificuldade de chegar ao leito do ribeirão Espera e eles foram classificados como não determináveis.

Figura 81 – Profundidade do perfil do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.

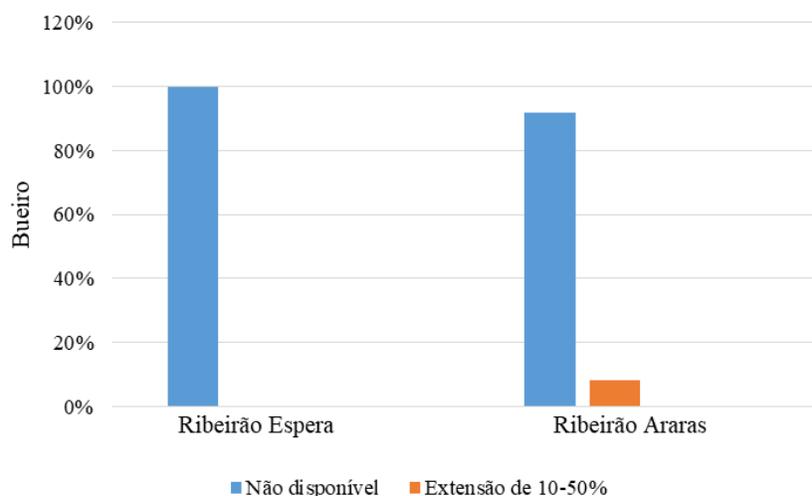


Fonte: Do Autor (2018).

Os bueiros, também conhecidos por valetas ou sarjetas, são valas comumente localizadas ao longo das vias pavimentadas, para onde escoam as águas da chuva drenadas pelo meio-fio/lancil. No Método Bávaro eles são avaliados como modificações antrópicas ao longo do rio e são classificados de acordo com a sua extensão (SILVA, 2013). A presença dessas estruturas pode ser analisada na Figura 82, para ambos os ribeirões.

No ribeirão Espera não foi encontrada a instalação de nenhum bueiro, visto que toda a sua extensão se encontra em área rural e as suas vias próximas não são pavimentadas, exceto quando cruza a rodovia MG-265, onde não havia a presença dessa estrutura e, por isso, receberam a pontuação 1, inalterado. Já no ribeirão Araras, apesar de ele cruzar a zona urbana no município de Três Pontas, grande parte da sua extensão localiza-se na zona rural e, com isso, recebe pontuação 1, inalterado. Mas os pontos que apresentaram a instalação de bueiros estavam todos localizados no trecho em que havia canalização e, conseqüentemente, recebem pontuação 5, muito alterado.

Figura 82 – Bueiros presentes no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.

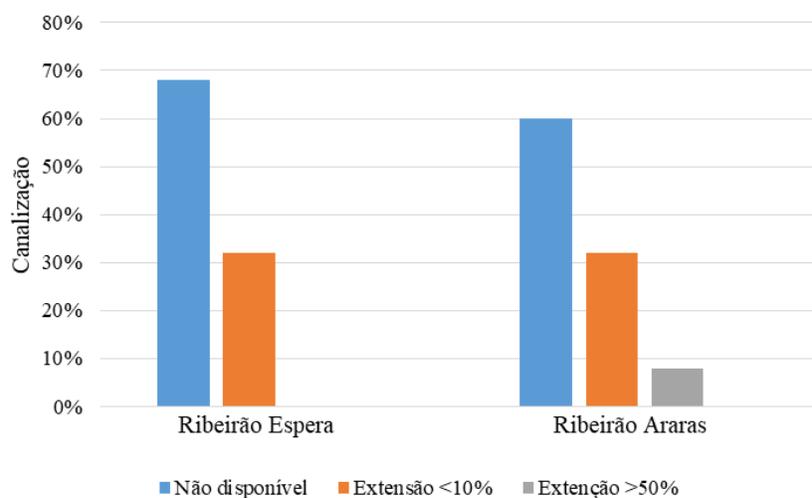


Fonte: Do Autor (2018).

Roberts (2009) concluiu que quanto mais estreita a seção transversal dos bueiros, mais instável se torna o canal. Desse modo, recomendam-se bueiros com grandes seções transversais e, sendo assim, há melhor opção para a manutenção da estabilidade dos canais.

A canalização dos recursos hídricos é um método comum em centros urbanos do Brasil. Porém, sempre que possível, deve ser evitada, já que a retificação do rio e a aplicação de revestimento liso, como o concreto, aumentam a velocidade de escoamento da água, que aumenta também os picos de vazão, causando um grande impacto a jusante. Ainda, o método propõe que a canalização muda drasticamente as características naturais do rio, quando descarta 20 parâmetros individuais da sua dinâmica, ao avaliar que o trecho tem canalização (bueiro de greide) maior que 50%, classificando-se como totalmente alterado. Por meio da análise na Figura 83 pode-se chegar à conclusão deste parâmetro para os ribeirões Espera e Araras.

Figura 83 – Canalização no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Assim, os pontos classificados como não disponíveis, nos ribeirões Espera e Araras, estão em condições naturais sem a presença de canalização e, por isso, recebem pontuação 1, inalterados. Em contrapartida, os pontos que apresentam algum tipo de canalização acabam recebendo tal classificação pela presença das pontes feitas de concreto e pelos bueiros de greide, mas todos eles, por terem uma extensão menor que 10%, comparada ao tamanho do trecho, recebem pontuação 3, moderadamente alterado. Os pontos em que havia canalização em uma extensão >50% – pontos A6 e A7 do ribeirão Araras – estavam totalmente canalizados e receberam pontuação 7, totalmente alterado.

Almeida (2010) afirma que, em virtude da poluição industrial e do lançamento de esgotos residenciais, os rios brasileiros se tornaram focos de insalubridade, resíduos sólidos, entre outros. No intuito de resolver o problema, o poder público utiliza medidas paliativas, como a canalização, a retificação e o tamponamento de rios e córregos.

De acordo com Morcef (2014), a infraestrutura verde é conhecida como boas práticas na drenagem urbana ou medidas de desenvolvimento de baixo impacto, sendo considerada uma alternativa às práticas convencionais de drenagem urbana, que são baseadas em obras estruturais de controle do fluxo do escoamento superficial, como, por exemplo, a canalização de rios, que tem como objetivos o transporte e o despejo do escoamento urbano o mais rápido possível a jusante nos corpos d'água mais próximos.

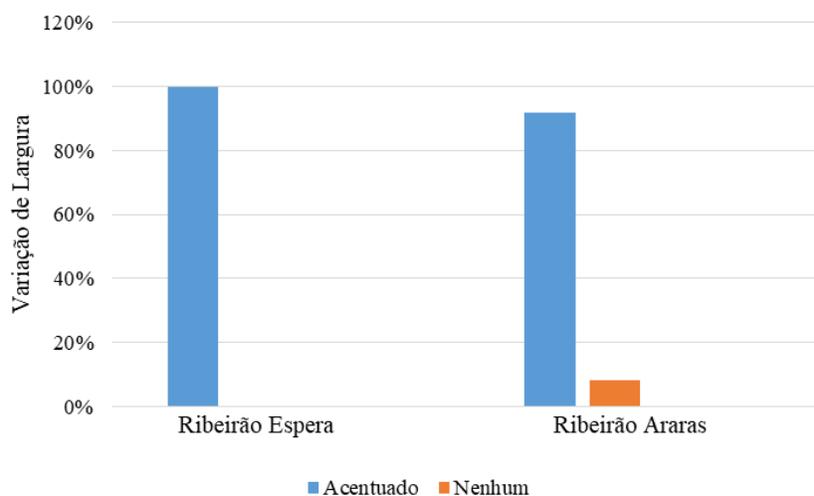
A função hidromorfológica potencial de desenvolvimento pondera os sinais de desenvolvimento que distinguem as complexas atividades antrópicas que agem sobre o leito do rio. Desse modo, quatro parâmetros individuais estão subordinados a essa função.

Para Silva (2013), o parâmetro variação de profundidade avalia a frequência da alteração na profundidade do rio – depende fortemente da forma do rio – e a formação do leito, além de serem observados a sinuosidade do rio e o tipo de sedimento para determinar a extensão e a frequência de variabilidade. Classifica-se em acentuado, moderado, nenhum e não determinável.

Logo, esse parâmetro, tanto no ribeirão Espera quanto no ribeirão Araras, foi avaliado como não determinável em cem por cento dos pontos, pois a variação de profundidade que ocorria em relação à altura da lâmina d'água quase não sofria modificações. Além disso, no Método Bávaro essa avaliação não é pontuada.

A variação da largura identifica a mudança natural da largura das seções transversais do rio e representa as médias das condições de fluxo das águas superficiais, sendo bastante visível, por exemplo, nas margens onde se localizam as raízes das árvores ou da vegetação ciliar (SILVA, 2013). São classificadas em acentuadas, moderadas e nenhuma. Os resultados obtidos para a variação de largura podem ser vistos na Figura 84.

Figura 84 – Variação da largura no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

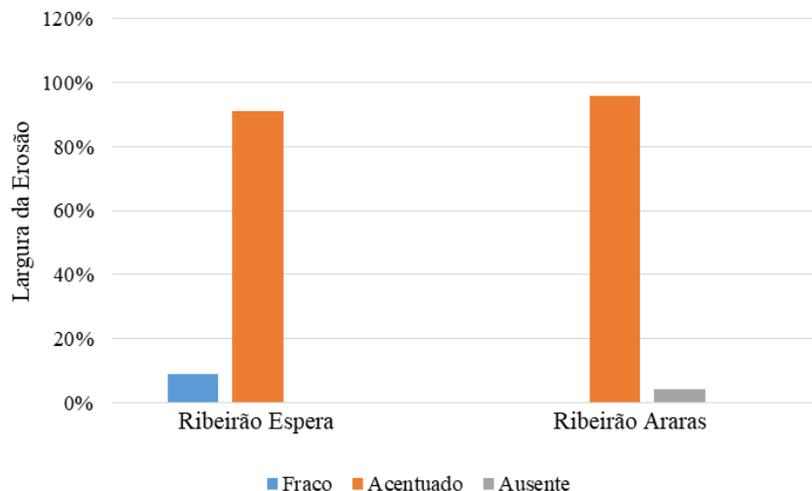
Os pontos classificados como acentuados devem-se à característica das seções transversais, que são irregulares e também pela presença da mata ciliar e de mudança nos padrões de fluxo. Por isso, receberam pontuação 1, – inalterados. Mas, os pontos canalizados, devido a essa característica, foram classificados como nenhuma variação de largura e foram pontuados como 7, totalmente alterados.

No trabalho realizado por Padovani et al. (2001), no rio Taquari, localizado no Pantanal Mato-grossense, confirmou-se a hipótese de instabilidade do rio, pois o estudo das variações ocorridas no seu leito permitiu uma melhor interpretação da paisagem atual, facilitando o discernimento entre os processos naturais e os de origem antrópica, que atualmente se confundem, tal como observado no ribeirão Araras.

A largura da erosão é facilmente identificada nas margens através das rachaduras, falhas e pelas raízes das plantas que estão evidentes. No Método

Bávaro ela pode ser classificada em acentuada, implícita e nenhuma. Na Figura 85 mostram-se os resultados obtidos para este parâmetro.

Figura 85 – Largura da erosão no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Em relação a esse parâmetro, os pontos analisados como fracos se relacionam à preservação da mata que havia no entorno deles. Já os pontos classificados como tendo largura da erosão acentuada ocorreu, pois, na extensão dos trechos, os sinais de erosão nas margens eram visíveis. Porém, todos os pontos, segundo o Método Bávaro, receberam a pontuação 1, –inalterado.

É importante ressaltar que no ponto A7, localizado no ribeirão Araras, que está canalizado, mesmo com essa característica, as margens que estavam em contato com o concreto da canalização sofriram erosão, pois a canalização não foi bem feita.

Casado et al. (2002) afirmam que os malefícios da erosão das margens de um recurso hídrico são diversos, como causa a destruição das áreas

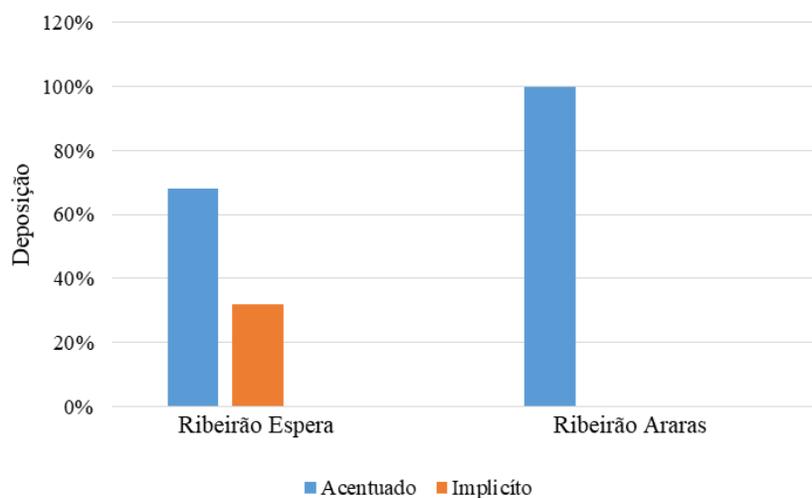
ribeirinhas, contribui para a degradação de grandes áreas e produz efeitos catastróficos para o ambiente, ocorrendo a ruptura do equilíbrio ambiental.

Vicente e Cordeiro (2018) afirmam que a ausência, em alguns trechos, de vegetação ciliar, vem aumentando as vazões de pico e favorecendo a erosão das margens e o assoreamento do canal, realidade também encontrada no ribeirão Espera.

De acordo com Silva (2013), as deposições são as acumulações de sedimentos que podem ser observadas nos cursos médios e baixos de um rio. A deposição atua em conjunto com a erosão, para as mudanças espaciais e temporais das estruturas e do curso do leito do rio. As deposições ocorrem, principalmente, durante eventos de cheia, quando o material é depositado no rio, devido ao cisalhamento como margem, formando alguns bancos de sedimentos ou algumas ilhas. Pode ser também proveniente do despejo de efluentes domésticos e industriais ricos em sólidos, formando bancos de lodo no fundo dos cursos d'água. Na Figura 86 observa-se a classificação dos pontos quanto a esse parâmetro, em ambos os ribeirões.

Desse modo, a deposição classificada como implícita significa que havia pelo menos uma aterragem, sob a forma de tiras estreitas de menos de 10% da largura média do canal, o que pode ser observado no período de estiagem durante a amostragem. Os pontos classificados com deposição acentuada indicam que pelo menos uma área com deposição claramente visível no trecho é mais larga do que 10% da largura média do canal. A pontuação, segundo Método Bávaro, varia de acordo com o tipo de sedimento, o tipo de execução e, ainda, com o tipo de vale, mas, para a deposição, a pontuação ficou entre 1, inalterado a 5, muito alterado.

Figura 86 – Deposição no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

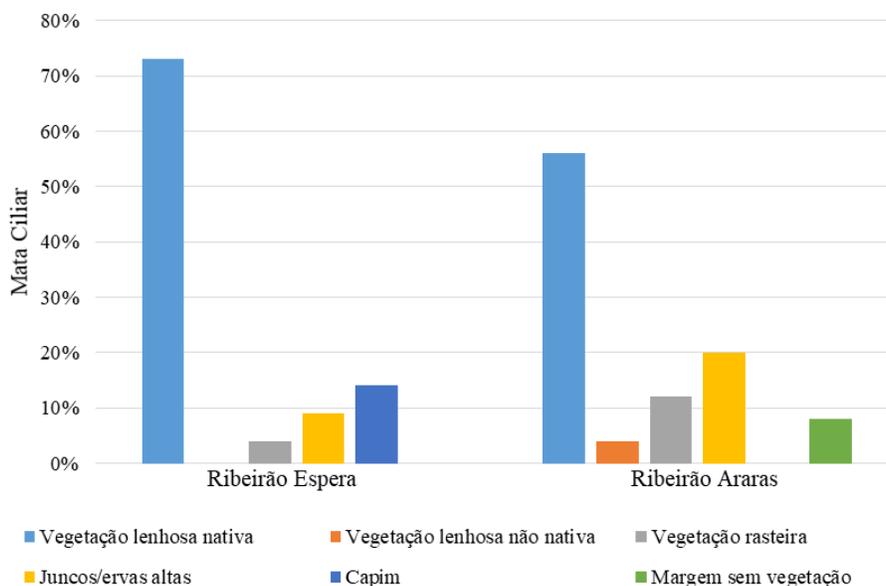
Santos e Hernandez (2013) alegam que as áreas de pastagem e de cultivo sem manejo do solo ficam propícias ao carreamento de partículas sólidas para os mananciais, alterando a qualidade das águas pela deposição de sedimentos contendo cargas orgânicas e inorgânicas, ocorrendo a contaminação da água dos mananciais e tornando seu uso restrito.

Os aspectos estruturais estão relacionados com a condição da vegetação de encosta, as estruturas especiais presentes no leito do rio e a diversidade de fluxo e também do substrato. Essa função tem papel secundário na hierarquia, no que tange ao grau de modificação do rio. A classificação é baseada na avaliação de quatro parâmetros individuais e, também, de outros três parâmetros que não são pontuados e, por isso, não foram avaliados, pois servem apenas de apoio (SILVA, 2013).

O parâmetro que pondera a mata ciliar avalia a vegetação que se apresenta nas margens de rios, observando o grau de modificação antrópica, além, também, de ajudar a sedimentação, o controle e a redução dos efeitos

danosos das enchentes. Assim, os resultados obtidos para o parâmetro da Mata Ciliar são observados na Figura 87.

Figura 87 – Mata ciliar no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Conseqüentemente, pode-se confirmar que os pontos ainda tinham uma mata ciliar com características de vegetação lenhosa nativa, ou seja, estavam em condições naturais e receberam pontuação 1, inalterados; os pontos que apresentavam vegetação lenhosa não nativa estavam localizados próximos a áreas agricultáveis e sua mata não era natural e, por isso, receberam pontuação 4, consideravelmente alterado. Nos pontos em que havia mata ciliar classificada como vegetação rasteira, eles foram assim classificados, pois haviam perdido grande parte da sua mata ciliar pelo desmatamento e receberam pontuação 4, consideravelmente alterado. Os pontos que tiveram sua mata ciliar caracterizada como juncos/ervas altas receberam pontuação 1, -inalterados; os que tinham

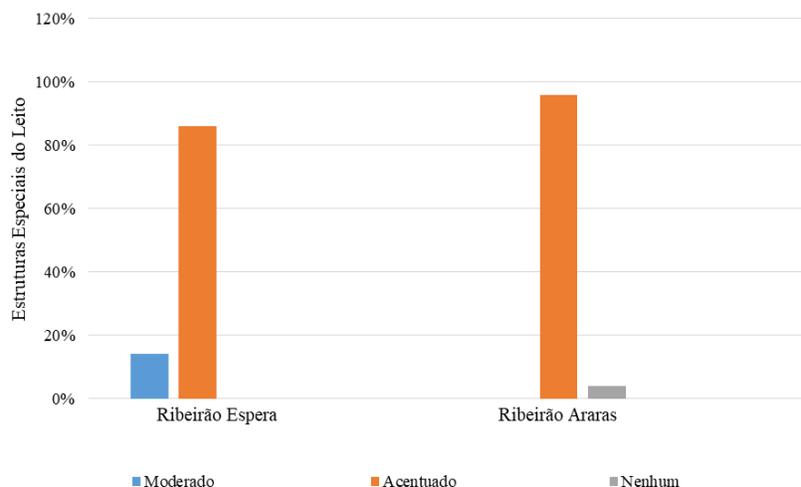
capim no lugar da mata ciliar estavam localizados no local de inundação do ribeirão Espera e receberam pontuação 4, consideravelmente alterado. Por fim, os pontos nos quais não havia vegetação em sua margem, sendo aqueles que sofreram com a canalização no ribeirão Araras, receberam pontuação 7, totalmente alterados.

Adair e Joly (2003) concluíram, em seu trabalho, que a contaminação dos cursos d'água originados de atividades agropecuárias (biocidas, fertilizantes, agroquímicos, resíduos, vinhaça, etc.) e urbanas (efluentes domésticos) poderia ser minimizada com a recuperação das matas ciliares, reestabelecendo a capacidade tamponante e contribuindo para o controle da qualidade da água de deflúvio na bacia hidrográfica.

O próximo parâmetro avalia as estruturas especiais do leito que demonstram o grau de modificação existente no leito do rio, no que se refere à presença de estruturas, como baía, abrigo, queda de árvore, coleta de madeira, raízes e vegetação dominante. Com isso, são avaliadas em acentuadas (três ou mais estruturas especiais), moderadas (uma ou duas estruturas especiais) e não disponíveis (sem estruturas especiais). Na Figura 88 demonstram-se os resultados obtidos para esse parâmetro, em ambos os ribeirões.

Portanto, os pontos que foram considerados como acentuados foi devido à presença de três ou mais estruturas no leito do rio e, com isso, receberam a pontuação 1, inalterado. Os pontos classificados como moderados, onde havia até duas estruturas especiais presentes, são os trechos que acabam sofrendo inundação em épocas de cheia, receberam pontuação 4 – consideravelmente alterados. Contudo, apenas um ponto, o Ponto A6, foi classificado como não tendo nenhuma estrutura especial presente no leito, pois, devido à canalização, não foi possível identificar e, assim, recebeu pontuação 7, totalmente alterado. Lembrando que, devido à má canalização do Ponto A7, foi possível identificar estruturas especiais, como queda de galhos, raízes e vegetação.

Figura 88 – Estruturas especiais do leito no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



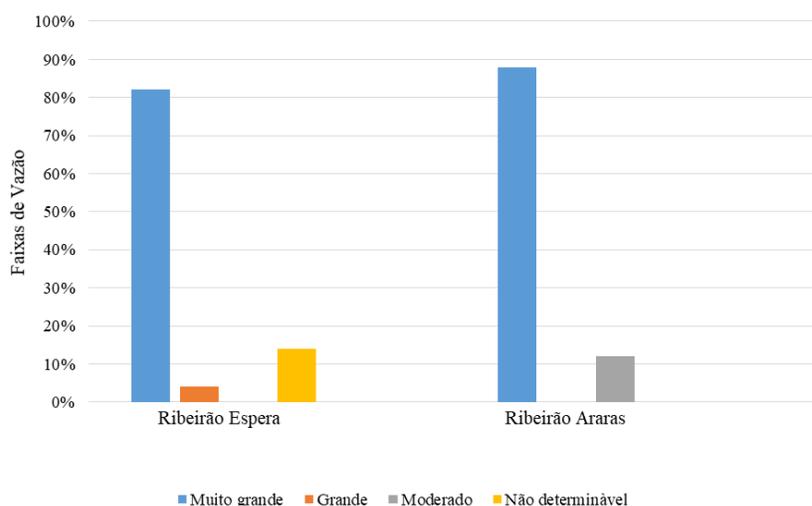
Fonte: Do Autor (2018).

Segundo Silva (2013), o parâmetro faixas de vazão avalia a diferenciação espacial dos padrões de fluxo, de acordo com as características de solo, em diferentes locais do canal, nas margens e no meio. É classificada em muito grande (quatro ou mais padrões de fluxo), grande (três padrões de fluxo), moderada (dois padrões de fluxo) e nenhuma (padrão de fluxo uniforme). Na Figura 89 são mostrados os resultados obtidos para os ribeirões Espera e Araras, referentes às faixas de vazão.

Assim, os pontos classificados como muito grandes apresentam grandes quantidades de deposições e estruturas especiais do leito, o que interfere nas diferentes faixas de vazão. O ponto EA no Ribeirão Espera foi classificado como tendo uma faixa de vazão grande, pois, devido à condição pantanosa do local, não foi possível identificar mais que três padrões de fluxo. Nos pontos classificados como moderados foram identificados apenas dois padrões de fluxo. Isso ocorreu devido à forma física do local, que tinha muita vegetação rasteira em meio ao leito e, também, devido à canalização do Ponto A6, não foi possível

fazer maiores distinções. Nos outros pontos não foi possível determinar as faixas de vazão, devido à dificuldade de chegar próximo do leito. Contudo, esse parâmetro é avaliado de acordo com o tipo de sedimento e recebeu pontuação que variou de 1, inalterado até 7, totalmente alterado.

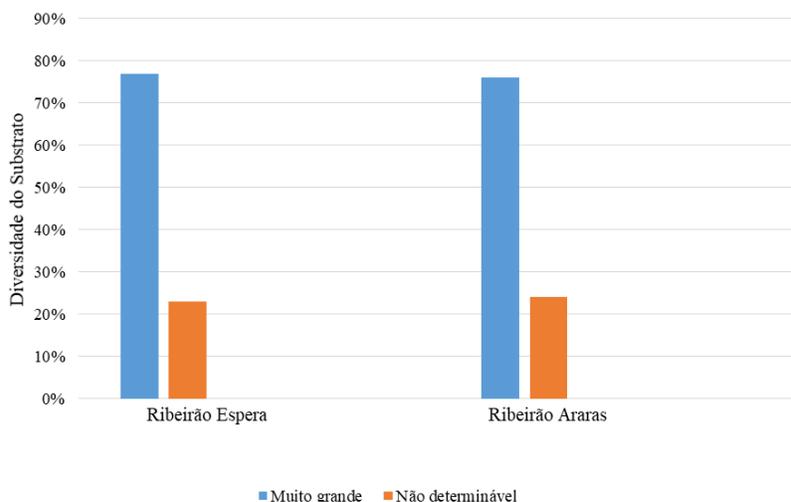
Figura 89 – Faixas de vazão no ribeirão Espera e no Ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

O parâmetro diversidade do substrato avalia a frequência e a magnitude da mudança dos diferentes tipos de substratos existentes no recurso hídrico e pode ser classificado, de acordo com o tipo de solo, em muito grande (quatro ou mais tipos de substratos), grande (três tipos de substratos), moderado (dois tipos de substratos), nenhum (um padrão de substrato) e não determinável. Além disso, esse parâmetro tem o auxílio de três parâmetros individuais que não recebem pontuação e são utilizados para caracterizar e quantificar a diversidade do substrato. São eles substrato do leito mineral, substrato do leito orgânico e substrato das margens. Os resultados obtidos podem ser analisados na Figura 90, para ambos os ribeirões.

Figura 90 – Diversidade do substrato no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Logo, quanto à diversidade dos substratos presentes, os pontos foram classificados como muito grandes, ou seja, todos os pontos tiveram cinco ou mais tipos de substratos presentes no solo e receberam pontuação 1, inalterados. Mas, em alguns pontos não foi possível o recolhimento do solo para análise e, conseqüentemente, não foi possível determinar a diversidade de substrato.

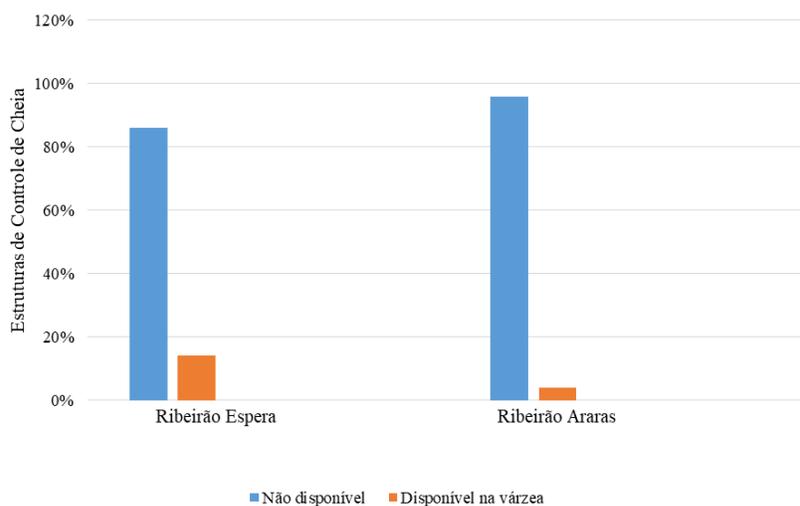
No subsistema dinâmica de várzea são aplicadas e avaliadas três funções hidromorfológicas e seis parâmetros individuais, estando quatro diretamente incluídos na avaliação e dois para auxílio da avaliação. Assim, é possível consolidar uma análise da várzea com relação à sua estrutura (SILVA, 2013).

Ainda segundo Silva (2013), a retenção é a função hidromorfológica mais importante da dinâmica da várzea, pois ela atenua as inundações, diminuindo a taxa de escoamento e, assim, mitiga os picos de cheias. Por isso, são locais para o desenvolvimento essencial da dinâmica do leito.

O parâmetro estrutura de controle de cheias mede a existência de estruturas de controle de enchentes que restringem as várzeas e é classificado em

não disponível, disponível na várzea e não disponível na várzea. Os resultados para este parâmetro, para os ribeirões Espera e Araras, podem ser observado na Figura 91.

Figura 91 – Estruturas de controle de cheias no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Conseqüentemente, os pontos que não apresentaram estruturas para o controle de cheias receberam pontuação 1, inalterado, mas os pontos onde foi perceptível a presença de uma estrutura natural (barragens) de controle de cheias na várzea receberam pontuação 4, consideravelmente alterado.

Vale ressaltar que, no ponto A7 do ribeirão Araras existe uma estrutura de controle de cheia de forma, como mostrado na Figura 92. Essa estrutura foi construída no ano de 2015, pois esta região, por estar dentro da zona urbana do município de Três Pontas, sofria muito com as inundações e no barranco foi “construído” para que o transbordo da água ocorresse para o lado de dentro do

ribeirão Araras, não prejudicando, assim, a avenida que passa ao redor do trecho desse ponto.

Figura 92 – Estrutura de controle de cheia localizado no Ponto A7 do ribeirão Araras.

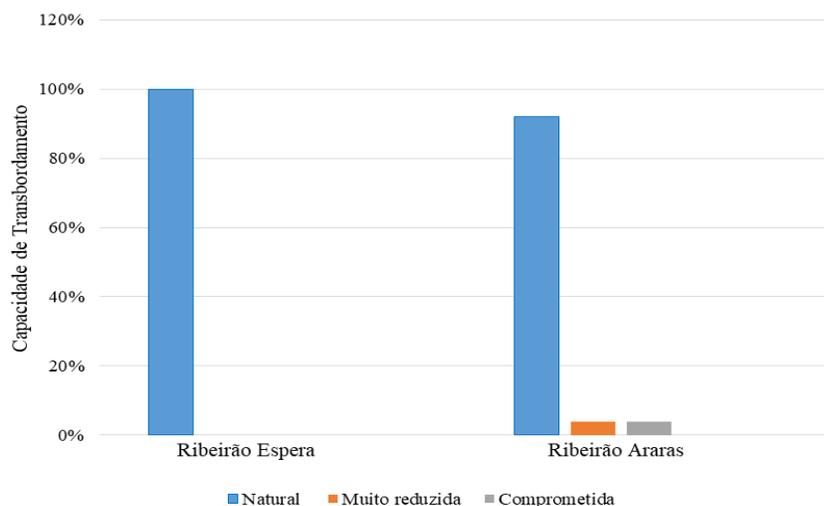


Fonte: Do Autor (2018).

O trabalho desenvolvido por Tasca et al. (2017) expõe que, em geral, as ações em drenagem e controle de cheias em áreas urbanas são emergenciais, esporádicas e quase sempre definidas após a ocorrência de desastres. Contudo, a maioria dos gestores não considera um problema a ausência desse instrumento nos municípios. Isso pode demonstrar o não (re)conhecimento da importância desse instrumento para a drenagem urbana e para o controle de cheias por parte gestores que atuam na administração direta.

A capacidade de transbordamento avalia a capacidade de transbordamento do recurso hídrico, por meio de séries históricas ou levantamentos de campo, e está relacionada com o tipo de vale, sendo classificada em natural, comprometida e muito reduzida. Desse modo, na Figura 93 encontram-se os resultados obtidos para este parâmetro, em ambos os ribeirões.

Figura 93 – Capacidade de transbordamento no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Portanto, nos pontos em que foi determinado que a capacidade de transbordamento é natural, a vegetação estava inclinada e isso demonstra sua capacidade de transbordamento natural, ou seja, inalterado e, por isso, receberam pontuação 1, inalterado. O ponto classificado como tendo uma capacidade muito reduzida foi o Ponto A6 do ribeirão Araras, pois, devido à canalização e à existência de residências no seu entorno, o transbordamento tem uma capacidade realmente muito reduzida e recebeu pontuação 4, consideravelmente alterado. Por fim, com relação ao Ponto A7 do ribeirão Araras, ele tem a capacidade comprometida, pois, devido à instalação da estrutura de controle de cheia, em caso de chuvas fortes, ela terá a capacidade afetada e transbordará e, por isso, recebeu a pontuação 7, totalmente alterado.

De acordo com o trabalho realizado por Reckziegel et al. (2006) na dinâmica fluvial da Vila Urlândia, a pouca profundidade, o assoreamento presente e os barramentos existentes em vários locais dificultam o escoamento

normal da água e são responsáveis pelo entulhamento do canal. Assim, estes fatores fazem com que a capacidade de escoamento seja reduzida, aumentando a possibilidade de transbordamento e de inundação das margens, realidade também encontrada em alguns pontos do ribeirão Espera.

Segundo Silva (2013), a função hidromorfológica estrutura das margens faz parte da área de várzea e serve como uma área de retenção, e também satisfaz funções ecológicas referentes à hidromorfologia. Assim, a intensidade de uso das margens fornece informações sobre a adequação da área para o desenvolvimento do rio. Desse modo, no uso das margens são avaliados os tipos de usos do solo nas margens direita e esquerda, e que ocupam mais de 50% de cada trecho. De acordo com o método, o uso das margens se dá da seguinte forma:

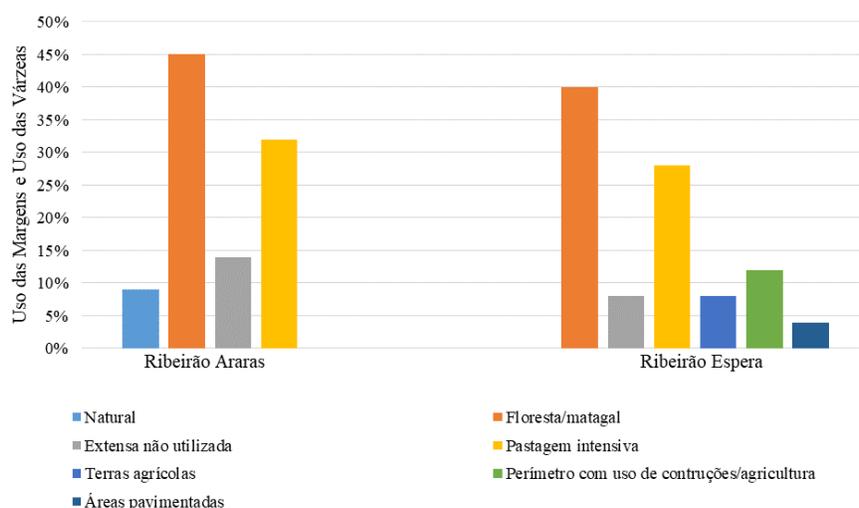
- a) largura inferior a 10 m: avaliação de 10 m em ambas as margens;
- b) largura entre 10 e 80 m: avaliação de 20 m em ambas as margens;
- c) largura maior que 80 m: avaliação de 40 m em ambas as margens.

Para a função hidromorfológica potencial de retenção de matéria, o uso de terra é considerado um indicador da capacidade de retenção da matéria e, assim, essa função desempenha papel importante para a retenção de sólidos, já que o tipo de uso do solo também afeta o escoamento. Logo, a capacidade de retenção da matéria é utilizada como uma característica para a avaliação do complexo funcionamento da várzea (SILVA, 2013). Assim, o uso das várzeas estima a predominância no uso do solo e, assim como no parâmetro uso das margens, os principais tipos de uso são distinguidos pela utilização de 50% do solo da várzea, em cada uma das margens, esquerda e direita.

Desse modo, os parâmetros uso das margens e uso das várzeas estão intimamente ligados, visto que é muito difícil determinar um e outro em campo.

Na Figura 94 observa-se o resultado do uso das margens e do uso das várzeas, pois não houve distinção em suas características estruturais.

Figura 94 – Uso das margens e uso das várzeas no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Com isso, nos pontos caracterizados como naturais, não há problema com o uso, pois estão conservados e são área de preservação permanente (APP). Conseqüentemente, receberam pontuação 1, inalterado; os pontos classificados como florestas/matagal apresentam matas em condições naturais e, por isso, recebem a pontuação 2, pouco alterados; os pontos analisados como extensos/não utilizados fazem referência aos pontos que sofrem inundação e, por isso, receberam pontuação 3, moderadamente alterados; os pontos caracterizados como pastagem intensiva mostram o quanto a mata ciliar foi degradada para a inserção do agronegócio e, conseqüentemente, receberam pontuação 5, muito alterados; os pontos analisados como terras agrícolas possuíam no seu entorno, principalmente, a cultura do café e receberam pontuação 6, substancialmente

alterados; no Ponto A6 foi identificado o perímetro com uso de construção devido à presença de residências e, por isso, recebeu pontuação 6, substancialmente alterado e, por fim, o Ponto A7 do ribeirão Araras tem no seu entorno áreas pavimentadas e, devido a isso, recebeu pontuação 7, totalmente alterado. Portanto, as considerações que foram feitas no uso das margens são as mesmas do uso da várzea, pois não foi possível separá-las. Logo, a pontuação aplicada também foi a mesma.

Zahed Filho (2009) assegura que a solução para os rios urbanos, normalmente, é a sua renaturalização, ou seja, fazer com que a biodiversidade das matas ciliares se recupere, ocorrendo um desassoreamento, ou seja, que os rios tenham a possibilidade de uma melhor qualidade da água, principalmente pela inexistência de esgotamento sanitário e a retirada da pressão de populações nas áreas marginais.

Mocellin (2014) afirma que a mata que se forma às margens dos rios serve de abrigo para os animais, facilitando a sua reprodução e alimentação. Desse modo, é preciso levar em consideração a manutenção deste recurso natural tão valioso. Mas isso não depende só de donos de terras que vivem nas proximidades das matas em situação de risco, mas também de as autoridades darem assistência aos moradores para uma conscientização sobre as perdas naturais e técnicas de reflorestamentos eficazes.

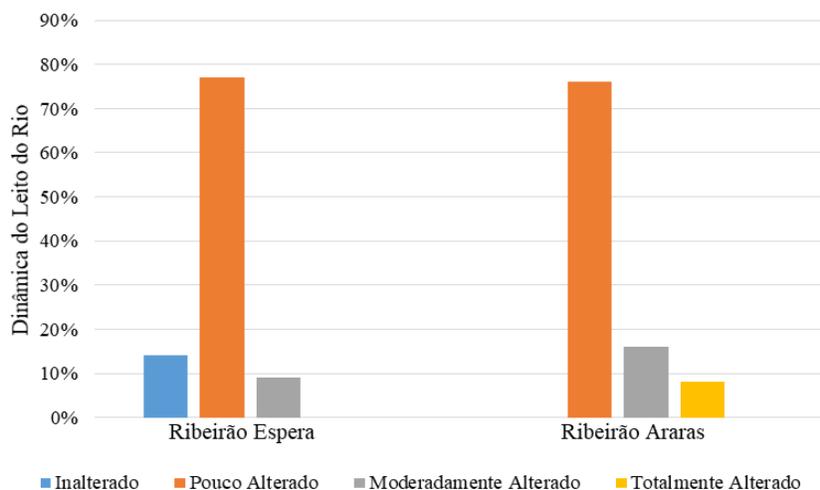
4.3.4 Resultados das estruturas de classe do Método Bávaro

O Método Bávaro permite, além de avaliar os parâmetros de forma individual, fazê-lo por meio dos dois subsistemas – dinâmica do leito do rio e dinâmica de várzea – e também de forma global, que leva em consideração todas as informações.

No Apêndice A apresentam-se, de forma conjunta, os resultados obtidos pelo Método Bávaro para o ribeirão Espera e para o ribeirão Araras, analisando-se a estrutura de classe referente à dinâmica do leito do rio, que considera os parâmetros forma do rio, potencial de modificação, potencial de desenvolvimento e os aspectos estruturais; a estrutura de classe, referente à dinâmica da várzea, que analisa os parâmetros retenção, estrutura das margens e o potencial de retenção da matéria, e a estrutura de classe global, que analisa ambas as dinâmicas.

O resultado obtido para a dinâmica do leito do rio é apresentado na Figura 95.

Figura 95 – Dinâmica do leito do rio no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

Assim, para o ribeirão Espera, na estrutura de classe referente à dinâmica do leito do rio, 77% dos pontos foram classificados como pouco alterados, pois as modificações antrópicas foram pequenas e ocorreram, principalmente, para as instalações nos pontos de passagem e, por isso, receberam pontuação 2; 14% foram classificados como inalterados, ou seja, mantinham condições naturais, sem qualquer interferência antrópica e receberam pontuação 1 e 9% foram classificados como moderadamente alterados, principalmente pelo fato de não terem mais sua mata ciliar presente, que acabou sendo retirada para a instalação de áreas de pastagens e instalação de lavouras, consequentemente recebendo pontuação 3.

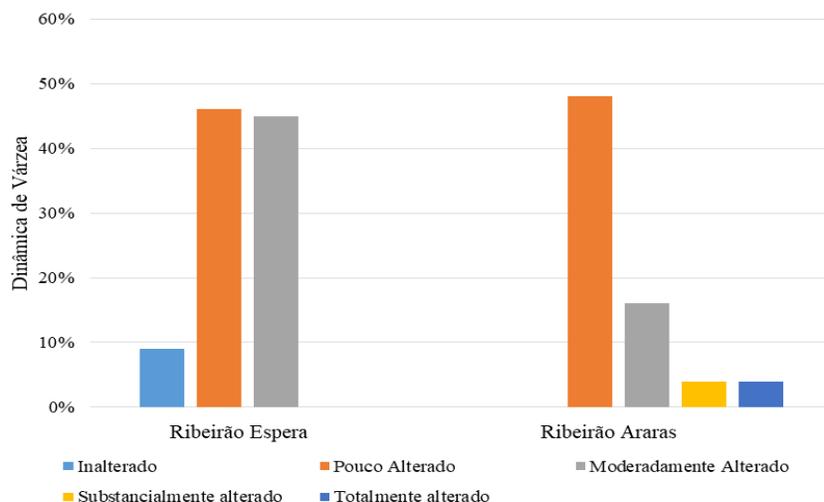
No ribeirão Araras, 88% dos pontos tiveram a dinâmica do leito do rio classificada como pouco alterada, pois teve alterações em pontos específicos, como as instalações das pontes (concreto ou madeiro) e, até mesmo, a pavimentação do trecho na rodovia MG-265. Assim, receberam pontuação 2; já, 4% dos pontos, ou seja, o ponto A2 foi caracterizado como moderadamente

alterado, principalmente pelo padrão do fluxo da água que, devido à formação física do local, foi classificado com muito lento, mesmo tendo a construção de uma pequena represa ao redor e, portanto, receberam pontuação 3. Ainda, 4% dos pontos, ou seja, o Ponto A7, foram avaliados como consideravelmente alterados, pelo fato de ser um trecho canalizado e ter em sua extensão a presença de bueiros, mas que, de certa forma, respeita o percurso do ribeirão Araras e, assim, recebeu pontuação 4. Por fim, 4% dos pontos, ou seja, o Ponto A6 foram classificados como totalmente alterados, pois, além de ser um trecho canalizado e ter a presença de bueiros, ele tem a forma reta e, no Método Bávaro, essas características mereceram a pontuação 7.

Na Figura 96 são mostrados os resultados obtidos para a estrutura de classe da dinâmica de várzea para os ribeirões Espera e Araras.

Na estrutura de classe referente à dinâmica da várzea, para o ribeirão Espera, 46% dos pontos foram classificados como pouco alterados, pois mantêm boa parte das condições naturais, principalmente a mata ciliar nativa nas suas margens e várzeas. Sofreram apenas modificações em pontos específicos para a instalação das pontes, sejam elas de madeira ou concreto e, desse modo, receberam pontuação 2; 45% dos pontos foram classificados como moderadamente alterados, devido à perda da mata ciliar por ações antrópicas que modificaram o uso das margens do leito e das várzeas, seja para pastagem ou agricultura nos pontos iniciais, seja devido à inundação dos últimos pontos e, assim, receberam a pontuação 3; 9% dos pontos foram classificados como inalterados, pois eram trechos bastantes preservados e com mata bastante densa e natural e, por isso, receberam pontuação 1.

Figura 96 – Dinâmica de várzea no ribeirão Espera e ribeirão Araras.



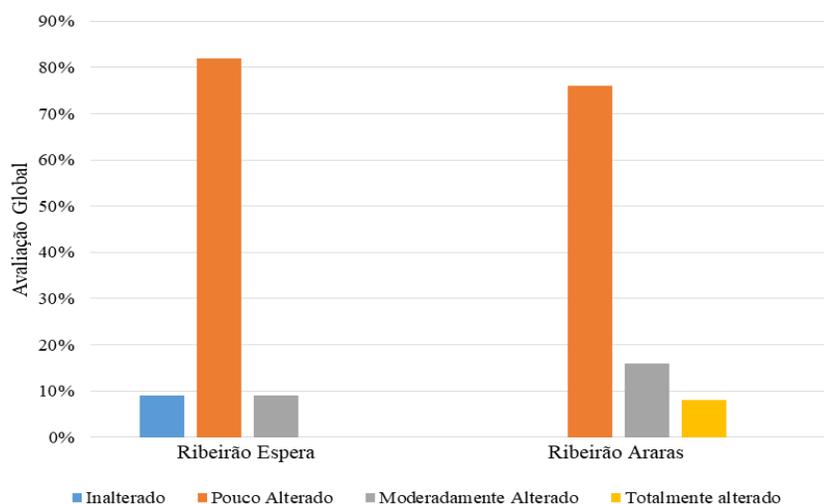
Fonte: Do Autor (2018).

Portanto, a classificação da dinâmica de várzea, para o ribeirão Araras, teve 48% dos pontos avaliados como pouco alterados, pois, apesar das modificações antrópicas pontuais, mantinham suas margens e várzeas com características bem naturais e, por conseguinte, receberam pontuação 2. Já 28% dos pontos foram analisados como moderadamente alterados principalmente pelas condições do uso de suas margens e várzeas, que são pastagens atualmente e, desse modo, receberam pontuação 3. Ainda, 16% dos pontos foram caracterizados como muito alterados, pois, além de não mais apresentarem mata ciliar no seu entorno, ainda tinham áreas agricultáveis no uso das margens e várzeas e, logo, receberam pontuação 4. Outros 4% dos pontos foram classificados como substancialmente alterados e fazem referência ao Ponto A6, que está localizado em uma área com uso de construções e, assim, receberam pontuação 6. Por fim, 4% dos pontos, ou seja, o Ponto A7 foi avaliado como totalmente alterado, pois sua margem esquerda está em contato com a pavimentação de uma via pública e, por isso, recebeu pontuação 7.

Comparando-se os dois subsistemas – dinâmica do leito do rio e dinâmica de várzea – percebe-se um acréscimo muito grande em relação aos pontos classificados como moderadamente alterados de um para o outro. Isso ocorre porque as condições das margens e das várzeas sofreram alterações antrópicas consideráveis, principalmente com o desmatamento, para a inserção de pastagens e cultivos agrícolas.

Assim, na Figura 97 mostra-se o resultado obtido para a análise global que demonstra a condição hidromorfológica para o ribeirão Espera e para o ribeirão Araras.

Figura 97 – Análise hidromorfológica do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

A avaliação global das estruturas de classe do ribeirão Espera informada nas dinâmicas do leito do rio e de várzea classifica os trechos analisados de forma geral demonstra que 82% dos pontos são classificados como pouco alterados e receberam pontuação 2. Já 9% dos pontos foram classificados como moderadamente alterados, recebendo pontuação 3 e os 9% restantes foram

classificados como inalterados e receberam pontuação 1, por motivos citados anteriormente.

A estrutura global do ribeirão Araras avalia os dois subsistemas e foi possível concluir que 76% dos pontos tiveram a classificação final como pouco alterados e receberam pontuação 2; 16% dos pontos foram avaliados como moderadamente alterados e receberam pontuação 3; 4% dos pontos foram caracterizados como muito alterados e receberam pontuação 5, e os 4% dos pontos restantes foram avaliados como totalmente alterados e receberam pontuação 7.

Portanto, os dados obtidos a partir de todo o levantamento de campo foram inseridos na plataforma do Google Earth e, por meio das informações da avaliação global dos trechos avaliados, foi possível criar um mapa temático que demonstrasse a condição hidromorfológica do ribeirão Espera (FIGURA 98) e do ribeirão Araras (FIGURA 99) segundo o Método Bávaro.

Não obstante, é necessário comparar ambos os métodos, IQA e Método Bávaro, e isso só é possível no ponto ED, pois os métodos só podem ser analisados juntos nesse local. Assim, para o ribeirão Espera tem-se uma média da série histórica do valor do IQA avaliada como boa e a análise do Método Bávaro resultado, neste ponto, como pouco alterada. Desse modo, pode-se concluir que, para o ponto ED, o ribeirão Araras se encontra em situação boa, pois tanto a condição da água como as condições hidromorfológicas sofreram poucas alterações no local.

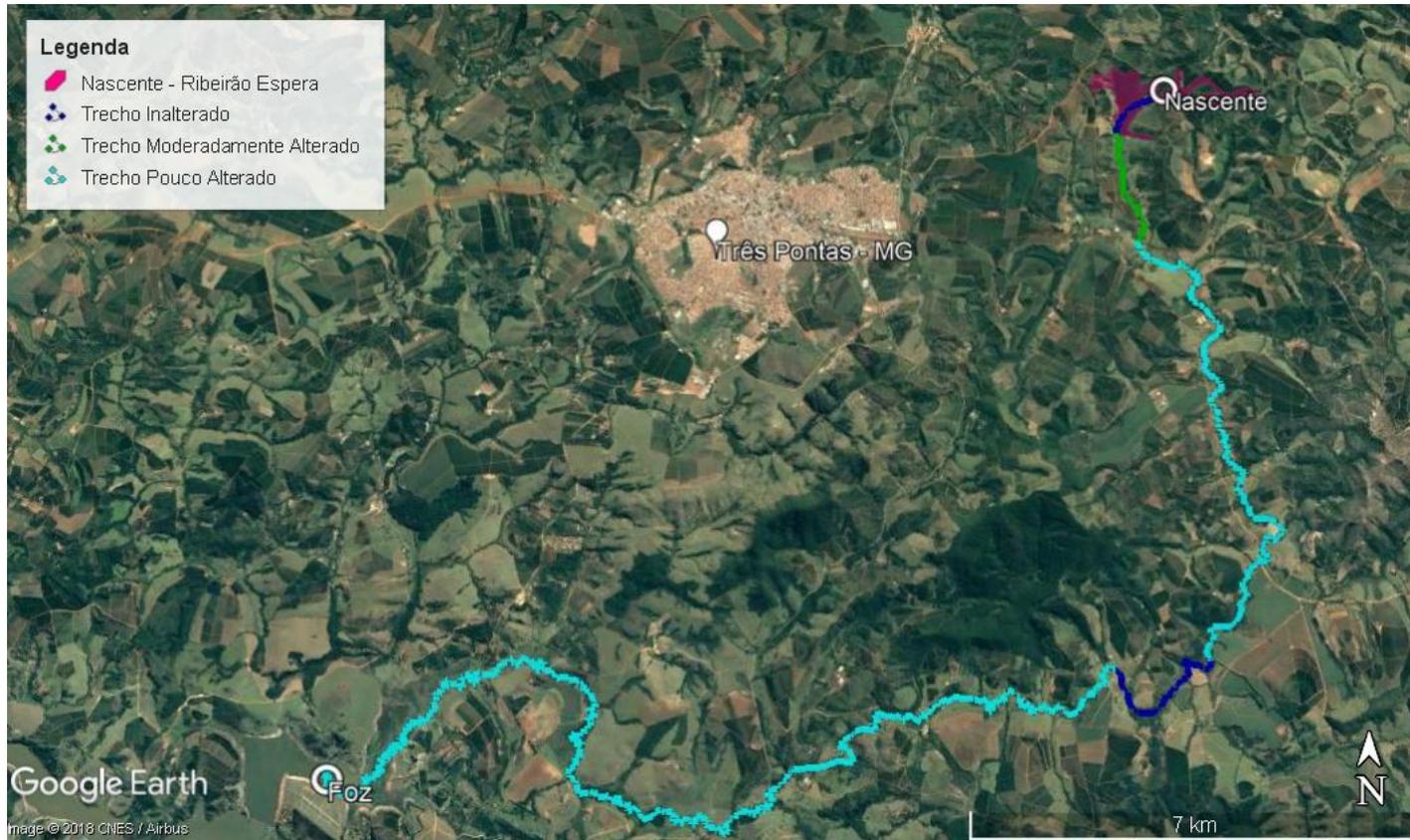
Para o ribeirão Araras, essa mesma avaliação só é possível no ponto AB, pois os métodos só podem ser analisados juntos nesse local. Assim, tem-se uma média da série histórica do valor do IQA avaliado como bom e a análise do Método Bávaro neste ponto como pouco alterado. Assim, pode-se concluir que, para o ponto AB, assim como o ribeirão Espera, o ribeirão Araras se encontra

em situação boa, pois, tanto a condição da água como as condições hidromorfológicas sofreram poucas alterações no local.

Contudo, de forma geral, pode-se afirmar que o ribeirão Espera, segundo o Método Bávaro, sofreu poucas alterações ao longo de sua extensão, o que equivale à sua realidade atualmente, mesmo estando inserido em uma área rural de grande atividade.

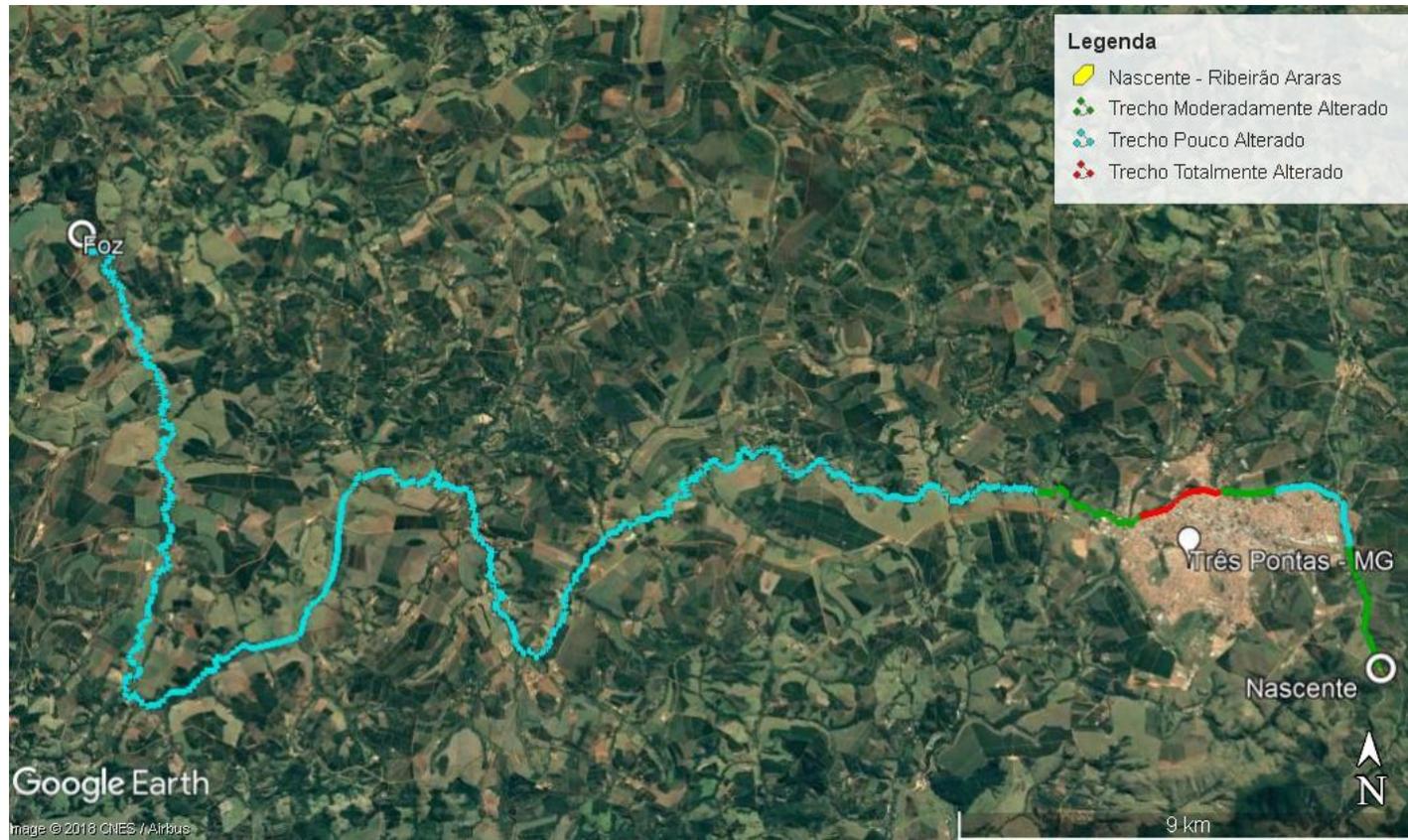
O Ribeirão Araras, segundo o Método Bávaro, sofreu algumas alterações consideráveis ao longo de sua extensão na zona urbana do município de Três Pontas, que culminou em considerações relevantes para a sua hidromorfologia. Mas, em comparação, todo o ribeirão Araras que cruza a zona rural, assim como o ribeirão Espera, sofreu poucas alterações. Portanto, o resultado obtido equivale à sua realidade atualmente.

Figura 98 – Condição hidromorfológica do ribeirão Espera.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2018).

Figura 99 – Condição hidromorfológica do ribeirão Araras.



Fonte: Adaptado Google Earth (2018).

5 CONCLUSÃO

O índice de qualidade da água do ribeirão Espera teve classificação excelente, em dezembro de 2013 e em junho de 2016, obtendo valores 90 e 91, respectivamente. Nos demais períodos – junho e dezembro de 2011, dezembro de 2012, junho de 2013, junho de 2014, junho e dezembro de 2015 e dezembro de 2016 –, obteve classificação boa, atingindo valores na faixa de 76 até 87. Já as águas do ribeirão Araras foram classificadas como boas em toda a série histórica de 2011 a 2016, atingindo valores entre 73 a 86.

Para o ribeirão Araras, o resultado do IQA teve classificação boa para toda a série histórica trabalhada, mas este resultado não pode ser aplicado a todo o corpo hídrico, pois este ribeirão, após servir para a captação da água e cruzar toda a zona urbana de Três Pontas, recebe o esgoto produzido por toda uma população, sem qualquer tratamento. Assim, o IQA determinado para o ribeirão Araras condiz com a realidade encontrada até o local da captação.

Em relação aos resultados encontrados para o Método Bávaro, o ribeirão Espera teve trechos classificados de inalterados a moderadamente alterados; já o ribeirão Araras teve trechos classificados de pouco alterados a totalmente alterados.

No ribeirão Espera, a construção de pontes e passarelas, a inserção de bueiros de greide e o uso do entorno do recurso hídrico foram os fatores mais prejudiciais ao ambiente e de maior modificação ambiental, tornando este aspecto alterado.

Para o ribeirão Araras, a canalização do trecho que corta a zona urbana do município de Três Pontas foi o fato mais lesivo ao ambiente e de maior alteração ambiental, tornando alterado o trecho do Ponto E6 e profundamente alterado o trecho do Ponto E7.

A avaliação conjunta dessas duas metodologias – IQA e Método Bávaro – permitiu avaliar os recursos hídricos de forma abrangente, pois oferece elementos para o planejamento de medidas que podem ser estabelecidas para melhorar a qualidade da água, principalmente para o ribeirão Araras, após cruzar a área urbana e receber o esgoto doméstico do município, como também na restauração das áreas degradadas de ambos os ribeirões. Assim, o Método Bávaro e a avaliação do IQA se complementam, de forma a favorecer a gestão dos recursos hídricos.

O trabalho abre as portas para o desenvolvimento de uma nova metodologia que aborde o IQA, amplamente utilizado para a avaliação da qualidade da água e que demanda análises laboratoriais com custo elevado, e o Método Bávaro, com menores custos e mais simples de ser aplicado, pois a junção dessas duas metodologias aborda de forma ampla todo o recurso hídrico e o seu entorno, dando origem a resultados que podem ser utilizados para geração de ações concretas relacionadas com a melhoria da qualidade da água e também da restauração de áreas degradadas. Ainda demonstra lacunas a serem preenchidas quanto aos demais recursos hídricos que cortam a área urbana do município de Três Pontas, como os córregos Bambus, Candongas, Formigas, Parreiral, Quatis, Vila Rosa e Lavadeiras, que são utilizados para o lançamento do esgoto gerado por toda a população trespontana.

REFERÊNCIAS

ABE, L. T. et al. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca L.* e *Vitis vinifera L.* **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 394-400, abr./jun. 2007.

ADAIR, M. P.; JOLY, C. A. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. - Fabaceae) em um mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 193-202, jun. 2003.

AFFONSO, D. F. de S. **Avaliação da qualidade hídrica pelo Índice de Qualidade de Água (IQA) e seus indicadores segmentados**: um estudo de caso do rio Piranga nos trechos urbanos da cidade de Ponte Nova (MG). 2016. 114 p. Monografia (Graduação em Geografia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.

AGUIAR, M. R. M. P. de; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6, p. 1145-1154, 2002.

ALMEIDA, L. Q. de. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos**. 2010. 310 p. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade do Estado Paulista, Rio Claro, 2010.

ALMEIDA FILHO, G. S. de. Processos erosivos lineares urbanos. In: TELLES, D. D. (Org.). **Ciclo ambiental da água**: da chuva à gestão. São Paulo: Blucher, 2013. p. 337-346.

ALVES, E. C. et al. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó - Maringá, Maringá, Maringá, Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos. **Acta Scientiarum**. Technology, Maringá, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

ALVES, M. T. R.; TERESA, F. B.; NABOUT, J. C. A global scientific literature of research on water quality indices: trends, biases and future directions. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 26, n. 3, p. 245-253, jul./set. 2014.

AMÂNCIO, D. V. et al. Caracterização do lodo gerado numa estação de tratamento de água. **Sustentare**, Três Corações, v. 1, n. 1, p. 29-44, ago./dez. 2017.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: APHA, 2012.

ANDRADE, E. M. D. et al. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 683-690, set./dez. 2007.

AUGUSTO, L. G. da S. et al. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1511-1522, jun. 2012.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT. **Kartier-und Bewertungsverfahren Gewässerstruktur**: mapping and assessment methods for the struture of waters. München, 2002.

BORGES, M. S. **Tratamento de água e efluentes industriais**. Curitiba: Ed. UFPR, 2013. Disponível em: <http://www.tecnicodepetroleo.ufpr.br/apostilas/petrobras/tratamento_de_aguas.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2016.

BORTOLUZZI, L. N. **Avaliação da estabilidade do canal fluvial em trechos adjacentes a pontes, pontilhões e bueiros na bacia hidrográfica do Paraná III, Oeste do Paraná**. 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos do Brasil**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura2012.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade: contaminação por tóxicos**. Brasília, DF, 2017a. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-contaminacao.aspx>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade**: introdução. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-introducao.aspx>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357/05**, de 17 de março de 2005. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, DF, 2005a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2016.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2017.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Comunicação nacional inicial do Brasil à convenção**: quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima. Brasília, DF, 2004. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5586.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 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, DF, 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 11 dez. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **A água**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao_09062009025910.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Justificativas técnicas para alterações do parâmetro cianeto**. Brasília, DF, 2017b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/DD773F47/PropCianeto357_Fosfertil.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manual de educação para o consumo sustentável**. Brasília, DF, 2005b. Disponível em:

<http://www.idec.org.br/uploads/publicacoes/publicacoes/Manual_completo.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2016.

BUCCI, M. H. S.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Índices de qualidade da água e de estado trófico na represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 9, n. 1, p. 130-148, jan./mar. 2014.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. D. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CALDERON, M. R. et al. Assessment of the environmental quality of two urbanized lotic systems using multiple indicators. **River Research and Applications**, San Luis, v. 33, n. 7, p. 1119-1129, May 2017.

CAMPOS, K. B. de G.; RAMIRES, I.; PAULA, S. M. de. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos de quatro córregos na região de Caarapó-MS. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 5, n. 2, p. 77-92, 2011.

CAMPOS, P. C. **Dicionário histórico e geográfico de Três Pontas**. [S.l.: s.n.], 2004.

CASADO, A. P. B. et al. Evolução do processo erosivo na margem direita do Rio São Francisco, Perímetro Irrigado Cotinguiba/Pindoba, SE. **Revista Brasileira de Ciência no Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 231-239, 2002.

CBH GRANDE. **A bacia**. Disponível em:

<<http://www.grande.cbh.gov.br/Bacia.aspx>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. dos. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 922-930, 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Ficha de informação de produto químico: diclorometano**. São Paulo, 2017. Disponível em:

<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=DICLOROMETANO>. Acesso em: 26 dez. 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002**. São Paulo, 2003.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2008/CETESB**. São Paulo, 2009.

CORAZZA, R. **Identificação de florações de algas no Lago Guaíba com uso de imagens de satélite e espectrorradiometria de campo**. 2015. 226 p. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

CRUZ, M. A. S. **Avaliação da geoquímica dos sedimentos superficiais das nascentes do Rio Subaé-BA**. 2012. 103 p. Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e Ambiente)-Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012.

FARIA, D. A. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água da bacia hidrográfica do ribeirão Guaratinguetá (SP)**. 2012. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98296/faria_da_me_bauru.pdf?sequence=1>. Acesso em: 8 jul. 2016.

FEITOSA, A. C.; ALMEIDA, E. P. de. A degradação ambiental do rio Itapecuru na sede do município de Codó-MA. **Caderno de Pesquisa**, São Luís, v. 13, n. 1, p. 31-45, jan./jun. 2002.

FERNANDES, M. M. et al. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé, RJ. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 2, p. 105-116, abr./jun. 2011.

FERRAZ, H. D. A. **Associação da ocorrência de cianobactérias às variações de parâmetros de qualidade da água em quatro bacias hidrográficas de Minas Gerais**. 2012. 95 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

FIA, R. et al. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 267-275, jan./mar. 2015.

FIGUEIRÊDO, A. C. **Avaliação e diagnóstico da qualidade da água do açude de Apipucos**. 2008. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

FRAZÃO, P.; PERES, M. A.; CURY, J. A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 45, n. 5, p. 964-973, out. 2011.

FURTADO, D. A.; KONIG, A. **Gestão integrada de recursos hídricos**. Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008.

FURTADO, J. G. C. **Estudo de impactos ambientais causados por metais pesados em água do mar na Baía de São Marcos: correlações e Níveis Background**. 2007. 80 p. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal do Paraíba, João Pessoa, 2007.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. 2016.

Disponível em:

<http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35427518/Apostila_-_Tratamento_de_efluentes_industriais.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1471032879&Signature=jO0%2FTIv5tqqogRYR5kOFmWKg%2BM8%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTRATAMENTO_E_CONTROLE_DE_EFLUENTES_INDUS.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2016.

GOOGLE MAPS. **Três Pontas**. Disponível em:

<<http://www.googlemap.com.br>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

GUEDES, J. de A.; LIMA, R. F. de S.; SOUZA, L. C. de. Metais pesados em água do rio Jundiaí, Macaíba/RN. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 18, n. 2, p. 131-142, 2005.

HA, P. T. T. et al. Assessing and selecting interventions for river water quality improvement within the context of population growth and urbanization: a case study of the Cau River basin in Vietnam. **Environment, Development and Sustainability**, Dordrecht, v. 19, n. 5, p. 1701-1729, Oct. 2017.

HOLANDA, F. S. R. Controle da erosão em margens de cursos d'água: das soluções empíricas à técnica de bioengenharia de solos. **Revista Raega**, Curitiba, n. 17, p. 93-101, 2009.

HUSSAIN, J. et al. Studies on heavy metal contamination in Godavari river basin. **Applied Water Science**, Berlin, v. 7, n. 8, p. 4539-4548, Dec. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/clima.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Minas Gerais: Três Pontas**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=316940&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **GD4 - CBH do Rio Verde**. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/mapoteca/Mapas/PNG/gd4-rio-verde.png>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013: resumo executivo**. Belo Horizonte, 2014.

KOÇER, M. A. T.; SEVGILI, H. Parameters selection for water quality index in the assessment of the environmental impacts of land-based trout farms. **Ecological Indicators**, Cheltenham, v. 36, p. 672-681, Jan. 2014.

KUERTEN, S. et al. Variação das características hidrosedimentares e geomorfologia do leito do Rio Ivaí - PR, em seu curso inferior. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 143-151, 2009.

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER. **Gewässerstrukturgüte kartierung in der Bundesrepublik Deutschland, Verfahren für kleine bis mittelgroße Fließgewässer**. Berlin, 2000.

LEITÃO, V. de S. et al. Utilização do índice de qualidade de água (IQA) para monitoramento da qualidade de água em uma área de preservação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 794-803, set./dez. 2015.

LEITE, T. A. et al. Delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) com uso de geoprocessamento como subsídio à gestão dos recursos hídricos na bacia do Rio Jacaré. In: ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 3., 2012, Sergipe. **Anais...** Aracaju, 2012. p. 34-38.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomos, 2010.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim Instituto da Pesca**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

MACHADO, C. J. S. Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 121-136, jul./dez. 2003.

MEDEIROS, A. C. et al. Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, Oxford, v. 123, n. 1/2, p. 156-164, Oct. 2017.

MEIRA, M. S. R. **Avaliação hidromorfológica e paisagística do Baixo Rio Jaguaribe na Zona Costeira do Estado da Paraíba**. 2014. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental)-Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

MENDONÇA, H. V. de et al. Constructed wetlands systems batch: removal of biochemical oxygen demand and pH regulation for treatment dairy effluent. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, n. 2, p. 442-453, abr./jun. 2015.

MENEZES, J. P. C. et al. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 519-534, jul./set. 2016.

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

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1**, de 5 de maio de 2008. 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. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

MINELLA, L. **Índice de qualidade da água ao longo de rios e ribeirões, município de Brusque**. 2005. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MOCELLIN, G. M. **Conscientização da importância da mata ciliar no ensino fundamental na região rural do município de Colombo-PR**. 2014. 57 p. Monografia (Pós-Graduação em Ensino de Ciências)-Universidade Tecnológica do Paraná, Medianeira, 2014.

MORCEF, C. B. **Infraestrutura verde como medida de prevenção e mitigação de desastres naturais: estudo de caso Muriaé/MG**. 2014. 47 p. Monografia (Graduação em Gestão Ambiental)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2012.

NEVES, F. F.; SILVA, F. das G. B. da; CRESTANA, S. Uso do modelo AVSWAT na avaliação do aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P) aos mananciais de uma microbacia hidrográfica contendo atividade avícola. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 311-317, out./dez. 2006.

NONATO, E. A. Tratamento estatístico dos parâmetros da qualidade das águas da Bacia do Alto Curso do Rio das Velhas. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 797-804, 2007.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **2,5 bilhões de pessoas não têm acesso a saneamento básico em todo o mundo, alerta ONU**. 2014. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/25-bilhoes-de-pessoas-nao-tem-acesso-a-saneamento-basico-em-todo-o-mundo-alerta-onu/>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World population prospects the 2017 revision**. Disponível em:

<https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf>.

Acesso em: 18 out. 2017.

PADOVANI, C. R. et al. Mudanças recentes de leito no baixo curso do Rio Taquari, no pantanal mato-grossense. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 49, p. 33-38, 2001.

PEREIRA, P. C. G.; SILVEIRA, A. P. P. da. Qualidade da água: propriedades, exames, indicadores, transmissão de doenças e potabilidade. In: TELLES, D. D. (Org.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher, 2013. p. 143-176.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-36, 2004.

PEREIRA, W. S.; FREIRE, R. S. Ferro zero: uma nova abordagem para o tratamento de águas contaminadas com compostos orgânicos poluentes. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 130-136, jan./fev. 2005.

PIASENTIN, A. M. et al. Índice de Qualidade da Água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): análise sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo. **Geociências**, São Paulo, v. 28, p. 305-317, 2009.

PIMENTA, S. et al. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do Rio São Tomás, Município de Rio Verde, Goiás. **Natureza e Sociedade**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 393-412, 2009.

PINHEIRO, A. et al. Relação entre o uso do solo e a qualidade da água em bacia hidrográfica rural no bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 127-139, jul./set. 2014.

PINTO, D. B. F. et al. Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande, MG, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1145-1152, jul./ago. 2009.

PIVELI, R. **Aspectos físico-químicos**. São Paulo: EEUSP, 2001. Notas de aula, “curso qualidade das águas e poluição”.

PIVELI, R. P.; CAMPOS, F. Poluição das águas por efluentes urbanos, industriais e agrícolas. In: TELLES, D. D. (Org.). **Ciclo Ambiental da Água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher, 2013. p. 217-236.

PRESOTI, A. E. P. **Avaliação de impactos ambientais da sojicultura em um ecossistema aquático da Microrregião de Chapadinha, MA**. 2008. 117 p. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas)-Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.

RAMOS, M. V. V. et al. Veredas do triângulo mineiro: solos, água e uso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 283-293, mar./abr. 2006.

RECKZIEGEL, B. W. et al. Hierarquização das moradias em situação de risco geomorfológico associado à dinâmica fluvial na Vila Urlândia, Santa Maria, Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. **GEOMORFOLOGIA TROPICAL E SUBTROPICAL: PROCESSOS, MÉTODOS E TÉCNICAS**, 6., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2006. 1 CD-ROM.

REINKE, M.; MARSCHALEK, H. **Comparison of different hydromorphological assessment methods on the example of Croatian surface water bodies**. 2009. 197 p. Thesis (Master in Fach Landschaftsplanung)-Fachhochschule Weihenstephan, Freising, 2009.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.

ROBERTS, J. T. **Field assessment of culvert impacts on stream channel morphology**. 2009. 245 p. Thesis (Master in Science, Biological and Agricultural Engineering)-North Carolina State University, Raleigh, 2009.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E. de. Interações dinâmicas entre os materiais do leito de um canal secundário com o canal principal no trecho multicanal do Alto Rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, DF, v. 6, n. 1, p. 19-32, 2005.

SÁ FILHO, J. A. R. de. **Avaliação qualitativa das águas no sistema de macrodrenagem da bacia do Tabuleiro dos Martins, Maceió/AL**. 2010. 165 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento)-Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

- SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO. **Mananciais de abastecimento**. Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <http://www.saaetpo.mg.gov.br/Materia_especifica/6500/Mananciais-que-abastecem-o-SAAE-de-Tres-Pontas>. Acesso em: 14 jul. 2016.
- SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 60-68, 2013.
- SCHNEIDER, R. M. et al. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 295-303, 2011.
- SCORSARAVA, M. A. Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 229-232, 2010.
- SHIKLOMANOV, I. World fresh water resources. In: GLEICK, P. H. (Ed.). **Water in Crisis: a guide to the world's fresh water resources**. Stockholm: Pacific Institute to Studies in Development, Environment and Security, Stockholm Environmental Institute, 1998. p. 13-24.
- SILVA, A. et al. Padrões de canal do rio Paraguai na região de Cáceres (MT). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 167-177, mar. 2008.
- SILVA, A. F. da. **Avaliação das condições hidromorfológicas do Riacho Guaraíra, PB pelo método Bávaro**. 2013. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental)-Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.
- SIMPLÍCIO, N. de C. S. **Ecotoxicidade de fertilizantes: uma análise comparativa entre produtos a base de nitrogênio, fósforo e potássio e seus ingredientes ativos isoladamente**. 2015. 81 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural)-Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015.
- SOUZA, M. M. de; GASTALDINI, M. do C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 263-274, jul./set. 2014.

SOUZA, W. F. L. et al. Geoquímica e fluxos de nutrientes, ferro e manganês para a costa leste do Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, Belém, v. 17, n. 2, p. 130-144, 2003.

SPERLING, M. von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2014.

STRIEDER, M. N. et al. Medidas biológicas e índices de qualidade da água de uma microbacia com poluição urbana e de curtumes no Sul do Brasil. **Acta Biológica Leopoldensia**, Porto Alegre, v. 28, n. 1, p. 17-24, jan./abr. 2006.

TABORDA, J. **Avaliação dos aspectos físico-químicos e microbiológicos para determinação do Índice de Qualidade da Água - IQA no Rio Toledo, PR**. 2017. 63 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)-Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2017.

TASCA, F. A. et al. O papel da drenagem urbana na prevenção de desastres hidrológicos na bacia hidrográfica do Rio Itajaí Açu. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 1, p. 129-142, jan./fev. 2017.

TELLES, D. D.; GÓIS, J. S. de. Usos da água e suas características. In: TELLES, D. D. (Org.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher, 2013. p. 177-216.

TRINTADE, S. P.; RODRIGUES, R. de A. Uso do solo na microbacia do Ribeirão Samambaia e sua relação com a suscetibilidade à erosão laminar. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 10, n. 1, p. 163-181, 2016.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

URBINI, G. Internationalization, education and technological innovation: three key factors to improve the quality of the environment and public health. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, n. 1, p. 1-8, jan./mar. 2015.

VAEZA, R. F. et al. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 23-29, 2010.

VASCONCELOS, D. V.; GOMES, A. Tratamento de efluentes de postos de combustíveis para o reúso usando processos oxidativos avançados. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, n. 11, p. 35-46, dez. 2009.

VICENTE, I. T.; CORDEIRO, J. Diagnóstico de degradação do Ribeirão Candidópolis, Itabira (MG): uma contribuição para propostas de restauração. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 7, n. 2, p. 1-28, 2018.

VIEIRA, I. C. et al. Titulação amperométrica de compostos fenólicos usando polifenol oxidase de vegetal como titulante. **Eclética Química**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 7-14, 2004.

WU, J. et al. Case study on rehabilitation of a polluted urban water body in Yangtze River Basin. **Environmental Science and Pollution Research**, London, v. 20, p. 7038-7045, 2013.

WU, Z. Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 612, p. 914-922, Jan. 2018.

ZAHED FILHO, K. et al. **Água em ambientes urbanos: renaturalização de rios em ambientes urbanos**. São Paulo: EDUSP, 2009.

ZANINI, H. L. H. T. et al. Water quality of rico stream micro-basin evaluated by water quality index and trophic state index. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 732-741, jul./ago. 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A



RELATÓRIO TÉCNICO

**ANÁLISE HIDROMORFOLÓGICA E DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS
RIBEIRÕES ESPERA E ARARAS LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE
TRÊS PONTAS-MG**

Relatório apresentado ao SAAE de Três Pontas (MG)

**LAVRAS - MG
Março de 2018**

INTRODUÇÃO

A manutenção de uma vida de melhor qualidade é, muitas vezes, frustrada pelo crescimento, devido ao aumento do consumo de recursos e energia para atender à demanda e às expectativas de desenvolvimento socioeconômico. Nos últimos anos, a mancha urbana se expandiu por todas as regiões que concentram importantes mananciais de abastecimento de água.

Neste contexto, o município de Três Pontas, localizado no sul de Minas Gerais, é uma cidade rica em recursos hídricos, pois é banhada por diversos córregos e ribeirões, além de sua divisa com os municípios de Paraguaçu e Elói Mendes ser banhada pelos rios Verdes e Sapucaí, que deságuam na represa de Furnas.

Para o município de Três Pontas há dois ribeirões de suma importância para o seu desenvolvimento, que são o Espera e o Araras. A importância deles está intimamente ligada ao abastecimento de água da população trespontana (56 mil habitantes), que é realizado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE).

A inquietação com a qualidade da água do município de Três Pontas produz a procura pelo conhecimento da atual situação ambiental, por meio da identificação e do entendimento dos problemas de degradação. Desse modo, torna-se importante um diagnóstico sistêmico que possa contribuir para a melhoria das condições hídricas e também do seu entorno. E é nesse cenário que se insere a importância do monitoramento da água como instrumento para controle ambiental e gestão dos recursos hídricos.

Neste trabalho, o objetivo geral foi o de avaliar a situação da qualidade em que se encontram o ribeirão Espera e o ribeirão Araras, utilizando-se análise das variáveis presentes nas amostras de água bruta na série histórica de 2011 a 2016 e, posteriormente, gerando o índice de qualidade da água (IQA), e pela

aplicação do Método Bávaro em pontos específicos de ambos os ribeirões, para designar as condições hidromorfológicas.

Assim, as análises das variáveis ocorreram por meio da tabulação de dados disponibilizados pelo SAAE de Três Pontas e são compostas pelas seguintes variáveis: pH, sólidos, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, nitrogênio, fosforo, coliformes totais e termotolerantes, metais pesados, poluentes persistentes e recalcitrantes no meio. Com isso, almeja-se criar um banco de dados a partir da avaliação espaço-temporal por meio das variáveis que estavam acima do valor máximo permitido para recursos hídricos enquadrados na Classe 2, inferindo sobre os aspectos que têm degradado a qualidade das águas no local e, posteriormente, determinar o IQA para ambos.

A determinação das condições hidromorfológicas dos ribeirões Espera e Araras ocorreu pelo Método Bávaro (*Mapping and assessment methods for the structure of Waters*), empregado para o mapeamento da estrutura da qualidade dos cursos d'água, como avaliação da sua probidade ecológica, demonstrando se o mesmo é capaz de suportar os processos dinâmicos de seu leito.

QUALIDADE DA ÁGUA

A partir do banco de dados montado pela série histórica de 2011 a 2016 dos ribeirões Espera e Araras, pode-se analisar quais variáveis estavam em conformidade e quais estavam alteradas, ou seja, que estavam acima do valor máximo permitido para a Classe 2 de qualidade de água, segundo as exigências da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1 (MINAS GERAIS, 2008), para tratamento convencional para o consumo humano, de forma a alcançar a qualidade estabelecida pela Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Ao perceber o comportamento das variáveis de qualidade da água semestralmente, ao longo da série histórica de 2011 a 2016, verifica-se a não realização de campanhas amostrais no primeiro semestre de 2012 e no segundo semestre de 2014. Na Tabela 7 pode-se avaliar o comportamento das variáveis consideradas gerais e de rotina para a qualidade da água do ribeirão Espera, ao longo da série histórica, enquanto e na Tabela 8, os resultados para o ribeirão Araras.

De forma geral, em relação às variáveis de rotina, a maioria se encontra dentro dos padrões para a Classe 2 (MINAS, 2008), tanto para o ribeirão Espera quanto para o ribeirão Araras e, por isso, pode-se considerar que as águas dos locais de captação para o abastecimento público do município de Três Pontas se encontram em boas condições. Contudo, não se pode deixar de citar os altos valores de coliformes termotolerantes encontrados nas amostras do período estudado (2011 a 2016), os quais indicam a contaminação por esgoto doméstico.

Tabela 7 – Variáveis de análises de rotina para o ribeirão Espera no período de 2011 a 2016.

RELATÓRIO DE ANÁLISES	RESULTADOS			RIBEIRÃO ESPERA									
	Unidade de Medida	Limite de Qualificação	Valor Máximo Permitido	jun/11	dez/11	nov/12	jun/13	nov/13	jun/14	mai/15	nov/15	mai/16	nov/16
Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais	-	-	VA	<LQ	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
Óleos graxos	mg/l	1	VA	<LQ	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
Substâncias que comuniquem gosto e odor	-	-	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	2	VA	VA
Corantes provenientes de fontes antrópicas	-	-	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
Resíduos sólidos objetáveis	-	-	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
DBO	mg/l O ₂	3	5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,8	2,9	3,06
DQO	mg/l O ₂	5	-	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC	NC	NC	NC
Oxigênio dissolvido	mg/l O ₂	0,1	Mínimo: 5	10	6,9	5	5,8	5,7	6,1	4,6	7,5	8,5	7,6
Turbidez	UNT	1	100	1	17	7	17	0,8	11	9,6	15	16,8	13
Cor verdadeira	mg Pt/L	1	75	10,3	25,7	10	77	11,2	29,7	20	40	15	40
pH	NA	0,1	-	6,9	7,1	6,9	6,9	7,2	6,5	6,8	6,8	7,3	7,2
Coliformes termotolerantes	MNP/mL	1,8 NMP/100mL	1000	2,3 x 10 ³	3,6 x 10 ³	2 x 10 ³	4,9 x 10 ³	-	2 x 10 ²	2 x 10 ²	1 x 10 ²	0,3 x 10 ²	-
Clorofila α	ug/L	10	30	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<10	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Densidade de cianobactérias	cel/mL	1	50000	1134	2115	420	483	194,7	9310,2	0	51,8	0	45,1
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1	500	12	14	17	20	18	16	20,4	41,0	33,7	30

VA = Virtualmente ausente <LQ = Menor que o limite de qualificação NC = Não consta

Fonte: Do Autor (2018).

Tabela 8 – Variáveis de análises de rotina para o ribeirão Araras para o período de 2011 a 2016.

RELATÓRIO DE ANÁLISES	RESULTADOS			RIBEIRÃO ARARAS									
	Unidade de Medida	Limite de Qualificação	Valor Máximo Permitido	jun/11	dez/11	nov/12	jun/13	nov/13	jun/14	mai/15	nov/15	mai/16	nov/16
Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais	-	-	Virt. Ausente	<LQ	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
Óleos graxos	mg/l	1	Virt. Ausente	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
Substâncias que comuniquem gosto e odor	-	-	Virt. Ausente	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	2	VA	VA
Corantes provenientes de fontes antrópicas	-	-	Virt. Ausente	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
Resíduos sólidos objetáveis	-	-	Virt. Ausente	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
DBO	mg/l O ₂	3	5	3,5	<LQ	<LQ	<3	2,1	<LQ	2,7	2,6	2,95	3,04
DQO	mg/l O ₂	5	-	<LQ	26	<LQ	<LQ	NC	<LQ	NC	NC	NC	NC
Oxigênio dissolvido	mg/l O ₂	0,1	Valor Mínimo: 5	8,5	6,2	5,1	5,5	6,1	6,1	3,7	5,7	7,3	8,3
Turbidez	UNT	1	100	<LQ	7	5	11	2,2	14	8,96	11,4	9,57	6,85
Cor verdadeira	mg Pt/L	1	75	3,3	11,3	1,3	53,5	48,2	34,7	5	10	5	5
pH	NA	0,1	-	6,8	7,01	6,7	7,02	6,74	6,5	6,98	6,9	7,05	7,04
Coliformes termotolerantes	MNP/mL	1,8 NMP/100mL	1000	4,5 x 10 ³	5,3 x 10 ³	7,9 x 10 ³	7,9 x 10 ²	-	9,2 x 10 ³	2,2 x 10 ³	4,3 x 10 ³	1,64 x 10 ³	0,9 X 10 ²
Clorofila α	ug/L	10	30	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Densidade de cianobactérias	cel/mL	1	50000	357	490	280	651	2566,5	3309,9	0	0	36,75	0
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1	500	21	21	22	12	27	24	23,8	48,78	57	36

VA = Virtualmente ausente

<LQ = Menor que o limite de qualificação

NC = Não consta

Fonte: Do Autor (2018).

Já na Tabela 9 estão dispostas as variáveis que estavam acima do valor máximo para o ribeirão Espera e, na Tabela 10, o mesmo resultado para o ribeirão Araras.

Em relação às diferentes variáveis de qualidade de água avaliadas, foram observadas alterações em alguns pontos e em algumas amostragens. Tais alterações estão diretamente relacionadas ao uso e à ocupação do solo da bacia hidrográfica drenada pelos ribeirões em análise.

De forma geral, a principal contribuição para a alteração da qualidade da água está relacionada ao despejo de esgoto doméstico, com alteração característica do sabor e odor, aos coliformes e ao oxigênio dissolvido.

Os coliformes termotolerantes foram a variável que mais sofreu alteração, tanto para o ribeirão Espera quanto para o ribeirão Araras. Verificou-se alteração da densidade de cianobactérias somente para o ribeirão Espera, no período de junho/2014, no qual houve também uma alteração no nitrogênio amoniacal total. Lembrando que este grupo de seres procarióticos tem, no entanto, uma característica que pode se tornar um grande problema para os ambientes aquáticos, que são as cianotoxinas, toxinas que podem ser letais, em grandes concentrações. O crescimento excessivo de algas é consequência do processo de eutrofização, causado, principalmente, pela presença excessiva de fósforo e nitrogênio, provenientes dos despejos domésticos, industriais e dos campos agricultáveis.

Dos metais que podem estar presentes nas águas, os que estavam alterados, ou seja, acima do valor máximo permitido para a Classe 2 de qualidade das águas doces, foram o alumínio e o zinco. Essa alteração ocorreu tanto para o ribeirão Espera quanto para o ribeirão Araras. Mas, não se pode afirmar ao certo a origem do alumínio para o ribeirão Espera, por se tratar de uma localização rural. Mas sua origem pode ser o esgoto doméstico de algumas casas localizadas próximo ao ponto de coleta da água. Em relação ao zinco, ele

pode ter sido originado de fertilizantes e fezes de animais, como o gado, que estão presentes no entorno do ponto de análise.

As alterações ocorridas no ribeirão Araras podem ter sido originadas de despejos de uma indústria do ramo alimentício, responsável por atividades como

- e) comércio varejista de produtos alimentícios em geral não especificados, especializadas em produtos de determinados segmentos, como dietéticos, orgânicos e naturais;
- f) comércio atacadista de produtos de higiene, limpeza e conservação domiciliar, com atividade de fracionamento e acondicionamento associada;
- g) fabricação de temperos e condimentos, sendo que o processo de fabricação desses produtos pode ser tanto artesanal como industrializado;
- h) comércio atacadista de produtos alimentícios em geral, com atividades de fracionamento e acondicionamento associadas.

Não se sabe, de fato, como ocorre o descarte do despejo dos resíduos gerados por esta indústria, mas pode-se afirmar que, devido à proximidade com o ribeirão Araras, algum resquício dos resíduos gerados pode entrar em contato, contaminando a água. Todavia, esses micropoluentes inorgânicos tóxicos resultam num grande perigo para os organismos, pois se acumulam na cadeia alimentar e se movem nos níveis tróficos, contaminando a todos.

Outro metal que foi identificado como estando além do valor máximo foi o manganês, cuja característica é causar alteração na cor da água. Na alteração do ribeirão Espera, como não há despejos industriais próximos ao local de coleta da água para análise, o manganês pode ser proveniente de esgotos domésticos lançados ou, ainda, ter origem nos processos de intemperismos do solo, pois são naturalmente encontrados nele. No ribeirão Araras, sua origem

pode estar relacionada com os efluentes gerados pela indústria alimentícia citada anteriormente.

O nitrogênio estava alterado em duas formas, amoniacal e nitrito. O nitrogênio amoniacal, por ser uma forma reduzida do nitrogênio, pode se associar à idade da poluição, ou seja, se for coletada uma amostra de água e as análises demonstrarem predominância nessas formas, significa que o foco de poluição se encontra próximo. Para a alteração na sua forma oxidada – nitrito –, significa que as descargas de poluição se encontram distantes.

Uma das substâncias orgânicas que estavam alteradas, para ambos os ribeirões, foram os fenóis totais e, quando presentes na água, podem causar problemas relacionados à toxicidade aos seres humanos e aos organismos aquáticos. Em água tratadas, eles reagem com o cloro livre formando clorofenóis, que causam sabor e odor. A provável origem dessa substância orgânica para o ribeirão Espera é a descarga de esgotos sanitários, enquanto para o ribeirão Araras, podem ser os efluentes industriais localizados no entorno.

A alteração do diclorometano estava muito acima do valor máximo permitido na amostra do ribeirão Araras. Trata-se de um hidrocarboneto clorado (CH_2Cl_2), um solvente ideal para muitos processos químicos e amplamente utilizado como decapante e desengordurante. O diclorometano pode ter origem em uma garagem onde ficam guardados diversos maquinários agrícolas especializados em café, localizada em área anexa do ribeirão Araras e muito próximo ao ponto de coleta da água para análise. Assim, o uso de diclorometano deve ser frequente na manutenção desses maquinários e, sem qualquer prevenção, chega ao recurso hídrico, contaminando-o.

Tabela 9 – Variáveis que se mostraram alteradas nas análises de água bruta do ribeirão Espera, nos anos de 2011 a 2016.

RELATÓRIO DE ANÁLISES	RESULTADOS			RIBEIRÃO ESPERA									
	Unidade de medida	Limite de qualificação	Valor máximo permitido	jun/11	dez/11	nov/12	jun/13	nov/13	jun/14	mai/15	nov/15	mai/16	nov/16
QUALIDADE DA ÁGUA													
Substâncias que comuniquem sabor ou odor	-	-	Virt. Ausente	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	0,1	>5	-	-	-	-	-	-	4,6	-	-	-
Cor verdadeira	uC	1	75	-	-	-	77	-	-	-	-	-	-
Coliformes termotolerantes	NMP 100 mL ⁻¹	1,8	1000	2,3x10 ³	3,6x10 ³	2x10 ³	4,9x10 ³	-	-	-	-	-	-
Densidade de cianobactérias	Cel mL ⁻¹	1	5000	-	-	-	-	-	9310,2	-	-	-	-
INORGÂNICAS													
Ferro dissolvido	mg L ⁻¹	0,02	0,3	-	-	0,5	0,9	-	-	0,5	1,3	-	1,4
Manganês total	mg L ⁻¹	0,01	0,1	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal total	mg L ⁻¹	0,008	-	-	0,1	0,1	0,1	-	0,1	-	-	-	0,6
Zinco total	mg L ⁻¹	0,01	0,18	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
ORGÂNICOS													
Fenóis totais*	mg L ⁻¹	0,003	0,003	-	-	-	-	-	-	-	0,008	-	-

* Substâncias que reagem com 4 aminoantipirina.

Fonte: Do Autor (2018).

Tabela 10 – Variáveis que se mostraram alteradas nas análises de água bruta do ribeirão Araras, nos anos de 2011 a 2016.

RELATÓRIO DE ANÁLISES	RESULTADOS			RIBEIRÃO ARARAS									
	Unidade de medida	Limite de qualificação	Valor máximo permitido	jun/11	dez/11	nov/12	jun/13	nov/13	jun/14	mai/15	nov/15	mai/16	nov/16
QUALIDADE DA ÁGUA													
Substâncias que comuniquem gosto ou odor	-	-	Virt. Ausente	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	0,1	>5	-	-	-	-	-	-	3,7	-	-	-
Coliformes termotolerantes	NMP 100 mL ⁻¹	1,8	1000	4,5.10 ³	5,3.10 ³	7,9.10 ³	-	-	9,2.10 ³	2,2.10 ³	4,3.10 ³	-	-
INORGÂNICAS													
Alumínio dissolvido	mg L ⁻¹	0,1	0,1	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-
Ferro dissolvido	mg L ⁻¹	0,02	0,3	-	-	-	-	0,9	-	-	-	-	0,4
Manganês total	mg L ⁻¹	0,01	0,1	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-
Nitrito	mg L ⁻¹	0,02	1	-	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal total	mg L ⁻¹ de N	0,008	-	0,1	0,1	0,1	-	-	0,1	-	-	-	-
Zinco total	mg L ⁻¹	0,01	0,18	-	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-
ORGÂNICOS													
Diclorometano	µg L ⁻¹	0,004	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,9
Fenóis totais*	mg L ⁻¹	0,003	0,003	-	-	-	-	-	-	-	0,008	-	-

* Substâncias que reagem com 4 aminoantipirina

Fonte: Do Autor (2018)

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

O índice de qualidade da água (IQA) foi calculado utilizando-se uma ferramenta disponibilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas IGAM, disponível no Portal InfoHidro⁹. Contudo, as variáveis DBO, nitrato e fósforo total não continham valores, mas havia a informação de que o valor seria menor que o limite de qualificação (<LQ).

Assim, para esses valores foi considerado o próprio limite de qualificação (LQ), pois, como era impossível determinar o valor correto, escolheu-se utilizar o limite de qualificação, já que seria um valor representativo, pois, qualquer que fosse o valor real, ele seria abaixo do LQ e, conseqüentemente, a qualificação da água poderia ser melhor, mas nunca pior. Com relação ao parâmetro coliformes termotolerantes, cujos valores não foram determinados exatamente (< 3), foi utilizado o valor 3,0 para os cálculos do IQA. Estes procedimentos também são adotados pelo IGAM, no monitoramento das águas superficiais de Minas Gerais.

De acordo com as informações contidas nas análises realizadas pelo SAAE de Três Pontas, foi possível calcular o IQA do ribeirão Espera (TABELA 11) e do ribeirão Araras (TABELA 12), durante o período estudado.

O Ribeirão Espera teve suas águas classificadas, durante o período estudado, de boas as excelentes. Assim, as amostras de junho e dezembro de 2011, junho de 2012, junho de 2013 e 2014, junho e dezembro de 2015 e dezembro de 2016 tiveram classificação boa, pois o IQA variou de 76 a 87. Em dezembro de 2013 e junho de 2016 a classificação foi excelente, tendo IQA entre 91 a 96.

Assim, a média do ribeirão Espera para o IQA, durante o período estudado, foi igual a 84, o que equivale a uma qualidade classificada como boa.

⁹ <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/calculadora-de-iqa-e-ct/calculadora-de-iqa>

Os resultados obtidos estão de acordo com a realidade atual do local, pois é um recurso hídrico existente em praticamente toda a sua extensão, a presença de mata ciliar, que atua como proteção das margens.

O ribeirão Araras teve suas águas classificadas como boas durante todo o período estudado, pois variou de 73 a 86. Não foi verificada tendência de melhora ou piora de qualidade em função dos semestres avaliados, ou seja, não houve interferência nos valores médios de IQA, devido às variações das estações do ano.

A média do IQA do ribeirão Araras foi 80, classificado, assim, como de boa qualidade. Contudo, essa realidade condiz com a realidade encontrada até o ponto de captação e isso ocorre porque, logo após o ribeirão Araras se tornar caudaloso, ele sofre grande impacto em relação à perda de qualidade, pois entra em contato com a área urbana do município de Três Pontas e recebe, de forma pontual, os esgotos domésticos de algumas residências que estão à sua margem. E é justamente neste trecho que o SAAE tem uma estação de captação de água para o abastecimento de uma parte do município e é também neste trecho que ocorre a retirada da água para posterior análise.

Tabela 11 – Índice de qualidade da água do ribeirão Espera.

RELATÓRIO DE ANÁLISES	Unidade de medida	RIBEIRÃO ESPERA									
		jun/11	dez/11	nov/12	jun/13	nov/13	jun/14	mai/15	nov/15	mai/16	nov/16
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	10,0	6,9	5,0	5,8	5,7	6,1	4,6	7,5	8,5	7,6
Temperatura	°C	17,2	17,4	20,2	16,9	19,9	16,7	17,2	20,4	17,6	21,2
Altitude	m	825	825	825	825	825	825	825	825	825	825
Coliformes termotolerantes	NMP 100 mL ⁻¹	2,3x10 ³	3,6x10 ³	2x10 ³	4,9x10 ³	3,0	2x10 ²	2x10 ²	1x10 ²	0,3x10 ²	3,0
pH	-	6,9	7,1	6,9	6,9	7,2	6,6	6,8	6,8	7,3	7,2
DBO	mg L ⁻¹	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,9	2,9	3,1
Nitrato	mg L ⁻¹ de N	1,1	0,1	0,9	1,4	0,1	0,1	0,1	0,5	0,7	0,9
Fósforo total	mg L ⁻¹	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Turbidez	UNT	1,0	17,0	7,0	17,0	0,8	11,0	9,6	15,0	16,8	13,0
Sólidos dissolvidos totais	mg L ⁻¹	12,0	14,0	17,0	20,0	18,0	16,0	20,4	41,0	33,8	30,0
IQA		87	84	81	76	90	83	78	87	91	86
IQA médio		84									

Fonte: Do Autor (2018).

Tabela 12 – Índice de qualidade da água do ribeirão Araras.

		RIBEIRÃO ARARAS										
RELATÓRIO DE ANÁLISES	Unidade de medida	jun/11	dez/11	nov/12	jun/13	nov/13	jun/14	mai/15	nov/15	mai/16	nov/16	
		Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	8,5	6,2	5,1	5,5	6,1	6,1	3,7	5,7	7,3
Temperatura	°C	17,0	20,3	21,8	16,3	21,6	16,8	16,0	20,5	17,2	19,8	
Altitude	m	875	875	875	875	875	875	875	875	875	875	
Coliformes termotolerantes	NMP 100 mL ⁻¹	4,5x10 ³	5,3.10 ³	7,9.10 ³	7,9.10 ²	3,0	9,2.10 ³	2,2.10 ³	4,3.10 ³	1,6.10 ³	0,9.10 ²	
pH	-	6,8	7,0	6,7	7,0	6,7	6,5	7,0	6,9	7,0	7,0	
DBO	mg L ⁻¹	3,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,7	2,6	3,0	3,0	
Nitrato	mg L ⁻¹ de N	1,4	0,1	1,6	0,1	0,4	0,5	0,1	0,5	0,8	2,5	
Fósforo total	mg L ⁻¹	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,2	0,2	0,02	
Turbidez	UNT	1,0	7,0	5,0	11,0	2,2	14,0	9,0	11,4	9,6	6,9	
Sólidos dissolvidos totais	mg L ⁻¹	21,0	21,0	22,0	12,0	27,0	24,0	23,8	48,8	57,0	36,0	
IQA		85	84	77	79	86	78	73	78	82	80	
IQA médio								80				

Fonte: Do Autor (2018).

Todavia, quando, finalmente, o Ribeirão Araras corta o município de Três Pontas é que a situação muda consideravelmente, pois acaba tendo uma parte de sua extensão canalizada, além de receber água de vários afluentes – Bambus, Candongas e Quatis –, que também recebem o esgoto gerado pela cidade, além do esgoto que é diretamente descartado nele.

Quando o ribeirão Araras sai da zona urbana e adentra a zona rural de Três Pontas, fica claro perceber que a sua realidade, principalmente a sua qualidade, não condiz com as classificações do IQA obtidas das águas presentes nos seus trechos iniciais. Até mesmo uma pessoa sem qualquer conhecimento técnico classificaria as águas do ribeirão Araras como muito ruins e, até mesmo, que as águas que correm por ali seriam apenas esgoto.

Assim, para o ribeirão Araras, que acaba sofrendo com o desenvolvimento de toda uma população, há, ainda, um ponto positivo em toda a sua extensão, após cruzar o município de Três Pontas, que é a presença da mata ciliar. Mas, mesmo na presença dessa mata e de toda a sua densidade, é impossível que ocorra a autodepuração de toda a matéria orgânica depositada por toda a cidade e, assim, até o seu encontro com as águas de Furnas, no município de Campos Gerais, MG, suas águas têm o aspecto de esgoto doméstico.

Em relação aos valores de IQA encontrados para ambos os ribeirões, a variável que pesou negativamente nos piores valores foi o oxigênio dissolvido, mesmo não havendo aumento dos valores de matéria orgânica no meio (DBO). Sabe-se que, em rios, o principal fator que contribui para a inserção de oxigênio dissolvido nas águas é a turbulência causada pela movimentação das águas e, provavelmente, a redução de vazão nos períodos contribuiu para a redução do oxigênio dissolvido nas águas.

Os valores de coliformes termotolerantes também pesaram negativamente no cálculo do IQA, em ambos os ribeirões. Estes organismos

devem ter se originado do despejo de esgoto doméstico de residências localizadas no trecho urbanizado que antecede o ponto de captação de água. Logo, esta variável no cálculo do IQA tem o segundo maior peso e, conseqüentemente, interfere nos resultados obtidos.

ANÁLISE HIDROMORFOLÓGICA: Método de Bávaro

Apesar de os índices de qualidade de água serem bastante utilizados para determinar a qualidade das águas superficiais, torna-se importante a avaliação do entorno dos mananciais, com vistas à redução das interferências antrópicas que degradam a qualidade das águas.

O objetivo do Método Bávaro, intitulado *Mapping and assessment methods for the structure of Waters*, é o mapeamento de qualidade estrutural, uma avaliação prática e compreensível, que leva à integridade ecológica do recurso hídrico e áreas úmidas, com base em indicadores selecionados (parâmetros estruturais), o que vai além da mera avaliação e documentação do estado da qualidade da água.

No módulo relativo à avaliação hidromorfológica do Método Bávaro são coletados e avaliados 26 parâmetros individuais. Entretanto, cinco parâmetros são incluídos para auxiliar no preenchimento de campo. Desse modo, forma-se um sistema total composto por dois subsistemas, a dinâmica do leito do rio e a dinâmica da várzea. Por sua vez, estes subsistemas são compostos por sete funções hidromorfológicas complexas.

A definição das funções hidromorfológicas que estão incluídas no formulário de aplicação do Método Bávaro é informada a seguir, determinando-se as particularidades, segundo cada um dos dois subsistemas.

Subsistema da dinâmica do leito do rio.

- e) Forma do rio: curvatura de execução, se sinuoso, tortuoso ou ligeiramente sinuoso ou retilíneo.
- f) Potencial de modificação: comprometimento do leito, das margens, as estruturas transversais, seção transversal, padrão de fluxo, profundidade do perfil, existência de bueiros, pontes, canalização do curso d'água.
- g) Potencial de desenvolvimento: variação da profundidade, variação da largura do leito, largura da erosão e deposição.
- h) Aspectos estruturais: mata ciliar, estruturas especiais do leito, faixa de vazão e a diversidade dos substratos.
No subsistema da dinâmica da várzea.
- d) Retenção: estruturas de controle das cheias.
- e) Estrutura das margens: o uso das margens do rio.
- f) Potencial de retenção da matéria: tipo de uso da várzea e das margens, além das águas armazenadas nas várzeas.

Para obter o resultado, foram analisados os níveis de degradação de cada trecho dos ribeirões, sendo que essa degradação passou a ser apresentada em forma de valores numéricos de uma escala que varia de 1, inalterado, a 7, totalmente alterado, como se observa na Tabela 13.

Tabela 13 – Estrutura do corpo hídrico de acordo com o Método Bávaro.

Dinâmica do rio	Estrutura de classe
Inalterado	1
Pouco alterado	2
Moderadamente alterado	3
Consideravelmente alterado	4
Muito alterado	5
Substancialmente alterado	6
Totalmente alterado	7

Fonte: Adaptado de Bayerisches Landesamt Für Wasserwirtschaft – BAYLFW (2002).

Para a aplicação do Método Bávaro, o ribeirão Espera foi dividido em 22 pontos e o ribeirão Araras, em 25 pontos e, apesar da dificuldade de acesso em alguns trechos, 100% dos pontos foram percorridos e analisados, em ambos os ribeirões.

O Método Bávaro permite, além de avaliar os parâmetros de forma individual, realizar a avaliação dos dois subsistemas, dinâmica do leito do rio e dinâmica de várzea, e também o global, que leva em consideração todas as informações.

Na Tabela 14 apresentam-se, de forma conjunta, os resultados para o ribeirão Espera, enquanto na Tabela 15 são mostrados esses mesmos resultados para o ribeirão Araras. Analisando-se a estrutura de classe referente à dinâmica do leito do rio, que considera os parâmetros forma do rio, potencial de modificação, potencial de desenvolvimento e aspectos estruturais; a estrutura de classe referente à dinâmica da várzea, que analisa os parâmetros retenção, estrutura das margens e potencial de retenção da matéria, e a estrutura de classe global, que analisa ambas as dinâmicas.

Tabela 14 – Resultado das estruturas de classe do Método Bávaro para o ribeirão Espera.

Pontos	Ribeirão Espera												
	Avaliação da dinâmica do leito do rio						Dinâmica de várzea				Global		
	Metragem	Forma do rio	Potencial de modificação	Potencial de desenvolvimento	Aspectos estruturais	Estrutura de classe	Retenção	Estrutura das margens	Potencial de retenção da matéria	Estrutura de classe	Dinâmica leito do rios	Dinâmica de várzea	Estrutura de classe
EA	1086	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E1	835	1	5	3	1	3	1	5	4	3	3	3	3
E2	1308	1	3	3	1	3	1	5	4	3	3	3	3
E3	400	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
E4	2926	1	3	1	1	2	1	5	4	3	2	3	2
E5	1097	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
E6	928	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
E7	1139	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
E8	2219	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
EB	2423	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
EC	2981	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E9	2885	1	3	1	1	2	1	5	4	3	2	3	2
E10	2594	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
ED	1433	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
E11	2062	1	3	1	1	2	1	5	4	3	2	3	2
E12	1901	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
E13	2059	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
EE	2687	1	1	1	1	1	1	5	4	3	1	3	2
E14	5221	1	3	1	1	2	1	5	4	3	2	3	2
E15	3721	1	3	1	1	2	4	3	3	3	2	3	2
E16	3004	1	1	1	1	1	4	3	3	3	1	3	2
E17	1190	1	3	1	1	2	4	3	3	3	2	3	2

Fonte: Do Autor (2018).

Legenda:

1 Inalterado	2 Pouco alterado	3 Moderadamente alterado	4 Consideravelmente alterado	5 Muito alterado	6 Substancialmente alterado	7 Totalmente alterado
-----------------	---------------------	-----------------------------	---------------------------------	---------------------	--------------------------------	--------------------------

Tabela 15 – Resultado das estruturas de classe do Método Bávaro para o ribeirão Araras.

Pontos	Metrage m	Ribeirão Araras											
		Avaliação da Dinâmica do Leito do Rio				Dinâmica de Várzea				Global			
		Forma do rio	Potencial de modificação	Potencial de desenvolvimento	Aspectos estruturais	Estrutura de classe	Retenção	Estrutura das margens	Potencial de retenção da matéria	Estrutura de classe	Dinâmica leito do rio	Dinâmica de várzea	Estrutura de classe
A1	487	1	3	1	1	2	1	6	5	5	2	5	3
A2	2061	1	5	1	1	3	1	6	5	5	3	5	3
A3	997	1	3	1	1	2	1	5	4	3	2	3	2
A4	305	1	3	1	1	2	1	5	4	3	2	3	2
AA	931	1	3	1	4	2	1	3	3	2	2	2	2
A5	166	1	3	1	4	2	1	5	4	3	2	3	2
AB	1114	1	3	1	1	2	1	6	5	5	2	5	3
A6	123	5	7	7	7	7	7	6	5	6	7	6	7
A7	1751	1	7	7	1	7	4	7	7	7	7	7	7
AC	2585	1	3	1	1	2	1	6	5	5	2	5	3
A8	4692	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
A9	1223	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
AD	4273	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
A10	3011	1	3	1	1	2	1	5	4	3	2	3	2
AE	1784	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
A11	2170	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
A12	1427	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
A13	1839	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
A14	5250	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
A15	6662	1	3	1	1	2	1	5	4	3	2	3	2
A16	2671	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
A17	2346	1	3	1	1	2	1	5	4	3	2	3	2
A18	2698	1	3	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2
AF	10233	1	3	1	1	2	1	5	4	3	2	3	2
19	437	1	3	1	1	2	1	3	3	2	2	2	2

Fonte: Do Autor (2018).

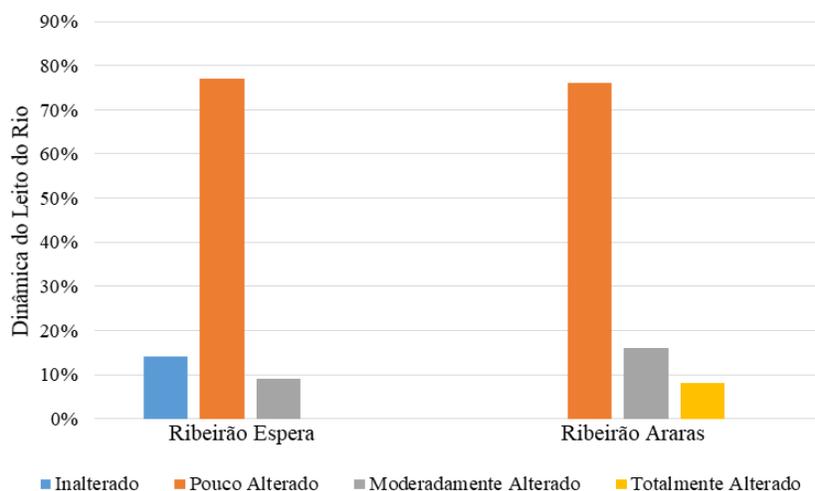
Legenda:

1 Inalterado	2 Pouco alterado	3 Moderadamente	4 Consideravelmente	5 Muito alterado	6 Substancialmente	7 Totalmente
-----------------	---------------------	--------------------	------------------------	---------------------	-----------------------	-----------------



O resultado obtido para a dinâmica do leito do rio é apresentado na Figura 100.

Figura 100 – Dinâmica do leito do rio no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

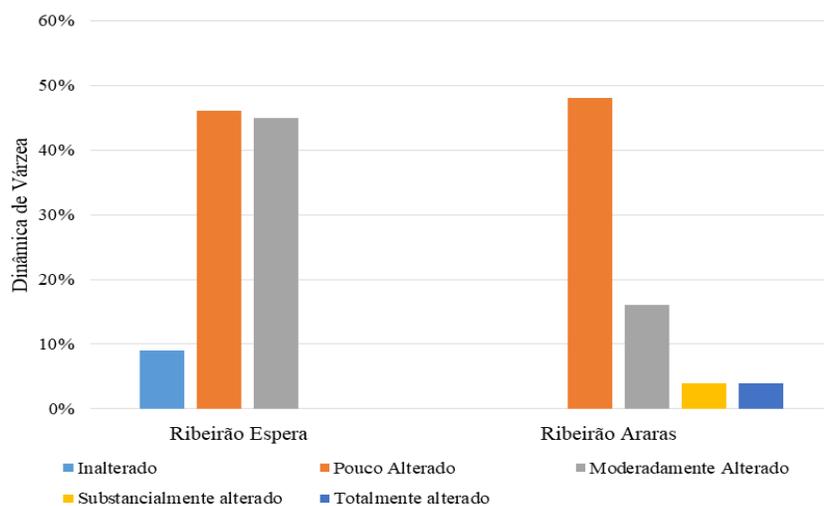
Assim, para o ribeirão Espera na estrutura de classe referente à dinâmica do leito do rio, 77% dos pontos foram classificados como pouco alterados, pois as modificações antrópicas foram pequenas e ocorreram, principalmente, para as instalações nos pontos de passagem e, por isso, receberam pontuação 2; 14% foram classificados como inalterados, ou seja, mantinham condições naturais sem qualquer interferência antrópica e receberam pontuação 1, e 9% foram classificados como moderadamente alterados, principalmente pelo fato de não terem mais sua mata ciliar presente, que acabou sendo retirada para a instalação de áreas de pastagens e de lavouras, consequentemente receberam pontuação 3.

No ribeirão Araras, 88% dos pontos tiveram a dinâmica do leito do rio classificada como pouco alteradas, pois apresentaram alterações em pontos específicos, como as instalações das pontes (de concreto ou de madeira) e, até

mesmo, para a pavimentação do trecho na rodovia MG-265 e, assim, receberam pontuação 2; já 4% dos pontos, ou seja, o ponto A2, foram caracterizados como moderadamente alterados, principalmente pelo padrão do fluxo da água que, devido à formação física do local, foi classificado como muito lento, mesmo tendo a construção de uma pequena represa ao redor e, portanto, receberam pontuação 3; ainda, 4% dos pontos, ou seja, o Ponto A7, foram avaliados como consideravelmente alterados pelo fato de ser um trecho canalizado e ter, em sua extensão, a presença de bueiros, mas que, de certa forma, respeitam o percurso do ribeirão Araras e, assim, receberam pontuação 4 e, por fim, 4% dos pontos, ou seja, o Ponto A6, foram classificados como totalmente alterados, pois, além de ser um trecho canalizado e ter a presença de bueiros, este trecho tem a forma reta e, no Método Bávaro, essas características deram origem à pontuação 7.

Na Figura 101 mostra-se o resultado obtido para a estrutura de classe da dinâmica de várzea para os ribeirões Espera e Araras.

Figura 101 – Dinâmica de várzea no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

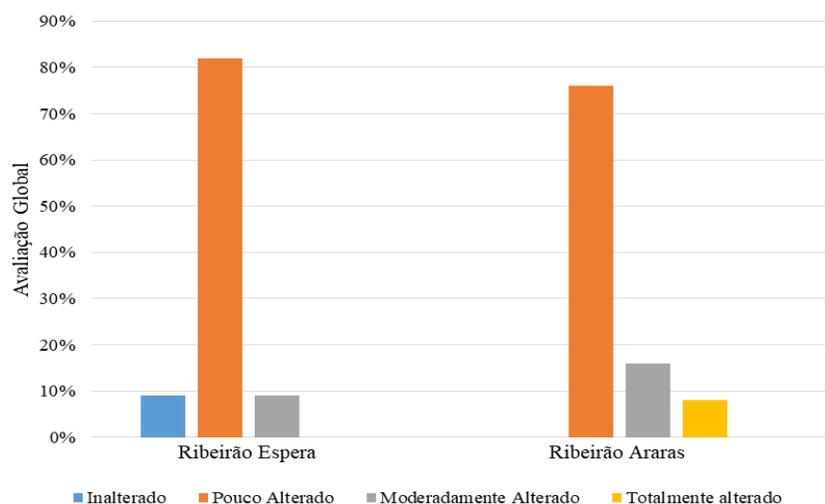
Na estrutura de classe referente à dinâmica da várzea, para o ribeirão Espera, 46% dos pontos foram classificados como pouco alterados, pois mantêm boa parte das condições naturais, principalmente a mata ciliar nativa nas suas margens e várzeas. Apenas houve modificações em pontos específicos para a instalação das pontes, sejam elas de madeira ou concreto e, desse modo, receberam pontuação 2; 45% dos pontos foram classificados como moderadamente alterados, devido à perda da mata ciliar por ações antrópicas que modificaram o uso das margens do leito e das várzeas, seja para pastagem ou agricultura nos pontos iniciais, seja pela sua ausência devido à inundação dos últimos pontos e, assim, receberam a pontuação 3, e 9% dos pontos foram classificados como inalterados, pois eram trechos bastante preservados e com um mata bastante densa e natural, e, por isso, receberam pontuação 1.

Portanto, segundo a classificação da dinâmica de várzea, para o ribeirão Araras, 48% dos pontos foram avaliados como pouco alterados, pois, apesar das modificações antrópicas pontuais, mantinham suas margens e várzeas com características bem naturais e, por conseguinte, receberam pontuação 2; já 28% dos pontos foram analisados como moderadamente alterados, principalmente pelas condições do uso de suas margens e várzeas, que são pastagens, atualmente e, desse modo, receberam pontuação 3; ainda, 16% dos pontos foram caracterizados como muito alterados, pois, além de não mais apresentarem mata ciliar no seu entorno, ainda tinham áreas agricultáveis no uso das margens e várzeas e receberam pontuação 4; outros 4% dos pontos foram classificados como substancialmente alterados, caso do Ponto A6, que está localizado em uma área com perímetro com uso de construções e, assim, recebeu pontuação 6, e, por fim, 4% dos pontos, ou seja, o Ponto A7 foram avaliados como totalmente alterados, pois sua margem esquerda está em contato com a pavimentação de uma via pública e, por isso, receberam pontuação 7.

Comparando-se os dois subsistemas – dinâmica do leito do rio e dinâmica de várzea – percebe-se um acréscimo muito grande em relação aos pontos classificados como moderadamente alterados de um para o outro. Isso ocorre porque as margens e as várzeas sofreram alterações antrópicas consideráveis, principalmente com o desmatamento para a inserção de pastagens e cultivos agrícolas.

Assim, na Figura 102 mostra-se o resultado obtido para a análise global que demonstra a condição hidromorfológica do ribeirão Espera e do ribeirão Araras.

Figura 102 – Dinâmica de várzea no ribeirão Espera e no ribeirão Araras.



Fonte: Do Autor (2018).

A avaliação global das estruturas de classe do ribeirão Espera informada nas dinâmicas do leito do rio e de várzea classifica os trechos analisados de forma geral. Assim, demonstra essa categorização e 82% dos pontos são classificados como pouco alterados e receberam pontuação 2; já 9% dos pontos foram classificados como moderadamente alterados, recebendo pontuação 3, e

os 9% restantes foram classificados como inalterados e receberam pontuação 1, por motivos citados anteriormente.

A estrutura global do ribeirão Araras avalia os dois subsistemas e pôde-se concluir que 76% dos pontos tiveram classificação final de pouco alterada e receberam pontuação 2; 16% dos pontos foram avaliados como moderadamente alterados e receberam pontuação 3; 4% dos pontos foram caracterizados como muito alterados e receberam pontuação 5 e os 4% dos pontos restantes foram avaliados como totalmente alterados e receberam pontuação 7.

Os dados obtidos a partir de todo o levantamento de campo foram inseridos na plataforma do Google Earth e, por meio das informações da avaliação global dos trechos avaliados, foi possível criar um mapa temático que demonstrasse a condição hidromorfológica do ribeirão Espera e do ribeirão Araras, segundo o Método Bávaro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É necessário comparar ambos os métodos – IQA e Método Bávaro – e isso só é possível no ponto ED, pois os métodos só podem ser analisados juntos nesse local. Assim, para o ribeirão Espera, tem-se uma média da série histórica do valor do IQA avaliada como bom e a análise do Método Bávaro neste ponto como pouco alterado. Desse modo, pode-se concluir que, para o ponto ED, o ribeirão Araras se encontra em situação boa, pois tanto a condição da água como as condições hidromorfológicas sofreram poucas alterações no local.

Para o ribeirão Araras essa mesma avaliação só é possível no ponto AB, pois os métodos só podem ser analisados juntos nesse local. Assim, tem-se uma média da série histórica do valor do IQA avaliado como bom e a análise do Método Bávaro neste ponto como pouco alterado. Desse modo, pode-se concluir que, para o ponto AB, assim como o ribeirão Espera, o ribeirão Araras se encontra em situação boa, pois tanto a condição da água como as condições hidromorfológicas sofreram poucas alterações no local.

De forma geral pode-se afirmar que o ribeirão Espera, segundo o Método Bávaro, sofreu poucas alterações ao longo de sua extensão, o que condiz com a sua realidade atualmente, mesmo estando inserido em uma área rural de grande atividade.

Contudo, pode-se afirmar que o ribeirão Araras, segundo o Método Bávaro, sofreu algumas alterações consideráveis, ao longo de sua extensão na zona urbana do município de Três Pontas, que culminou em considerações relevantes para a sua hidromorfologia. Mas, em comparação, todo o ribeirão Araras que cruza a zona rural, assim como o ribeirão Espera, sofreu poucas alterações, portanto, o resultado obtido é condizente com a sua realidade atualmente.

REFERÊNCIAS

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT. **Kartier-und Bewertungsverfahren Gewässerstruktur:** mapping and assessment methods for the struture of waters. München, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 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, DF, 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 11 dez. 2017.

REINKE, M.; MARSCHALEK, H. **Comparison of different hydromorphological assessment methods on the example of Croatian surface water bodies.** 2009. 197 p. Thesis (Master in Fach Landschaftsplanung)-Fachhochschule Weihenstephan, Freising, 2009.

Potencial de desenvolvimento

1.10 Variação de profundidade

Acentuado	1
moderado	4
nenhum	7
não determinável	x
valor:	<input type="text"/>

1.11 Variação de largura

Acentuado	1
moderado	4
nenhum	7
valor:	<input type="text"/>

1.12 Largura da erosão

Tipo de curvatura		
1	3	5
Acentuado	1	1
predominante	1	1
fraco	1	3
Ausente	1	5
valor:	<input type="text"/>	

1.13 Deposição

Tipo de Sed.	GF			T
Tipo de Exe.	V	U	E	
Tipo de vale	S			
Acentuado	1	1	1	1
implícito	5	3	1	1
nenhum	7	5	1	1
valor:	<input type="text"/>			

Aspectos Estruturais

1.14 Mata Ciliar

	E		D	
	>25%	≤25%	>25%	≤25%
Vegetação lenhosa nativa	1	x	1	x
Vegetação lenhosa não nativa	4	x	4	x
Juncos/ervas altas	1	x	1	x
Vegetação rasteira	4	x	4	x
Capim	4	x	4	x
Neófitos	4	x	4	x
Gramado	4	x	4	x
vegetação das juntas de construções	4	x	4	x
Margem sem vegetação	7	x	7	x
valor (menor num.):	<input type="text"/>			

1.15 Estruturas especiais do leito

	E	D
Acentuado	1	1
Moderado	4	4
Não disponível	7	7
Baia	x	x
Abriço	x	x
Queda de árvore	x	x
Coleta de madeira	x	x
raízes	x	x
Vegetação dominante	x	x
Valor (menor número):	<input type="text"/>	

1.16 Faixas de vazão

	Tipo de Sed.	
	G	FT
Muito grande	1	1
Grande	4	1
Moderado	7	4
Nenhum	7	7
Valor:	<input type="text"/>	

1.17 Diversidade do substrato

	Tipo de Sed.	
	G	FT
Muito grande	1	1
Grande	1	1
Moderado	4	1
Baixo	7	4
Nenhum	7	7
Não determinável	x	x
valor:	<input type="text"/>	

Apenas a título informativo, sem avaliação

1.18 Substratos do leito (mineral)

	5-25%	>25%	K
Barro/argila/silte	x	x	x
areia	x	x	x
Cascalho/médio fino	x	x	x
Cascalho grosseiro	x	x	x
Pedras	x	x	x
Blocos	x	x	x
Rocha	x	x	x
Nenhum substrato natural	x	x	x
Outros	x	x	x

1.19 Substratos do leito (orgânico)

	5-25%	>25%
Lama/lodo	x	x
Turfa	x	x
Dentritos finos	x	x
Queda de folhagem/Getreibsel	x	x
Madeira morta/árvore caída	x	x
Algas	x	x
Alca	x	x
Macrofitas, partes de plantas	x	x
outros	x	x

1.20 Substratos da margem

	E	D
Turfa	x	x
Barro/argila/silte	x	x
Areia	x	x
Cascalho/médio fino	x	x
Cascalho grosseiro	x	x
Pedras	x	x
Blocos	x	x
Rochas	x	x
Não identificado	x	x

Avaliação da dinâmica do leito A transferência dos valores na página a seguir

Potencial de desenvolvimento:

1.10

1.11

1.12

1.13

=maior número

Aspectos estruturais:

1.14

1.15

1.16

1.17

=número mais comum

(Na mesma frequência o menor num; Caso especial: combinação 1 1 7 7 => 4)

Fonte: Meira (2014).

Avaliação da dinâmica do leito Estrutura de classe:

Determinação da dinâmica do leito do rio
 Caso especial se: 1.9 =7 (Canalização > 50%), => Avaliação do subsistema do leito do rio = 7 (completamente modificado)

Forma do rio
 Potencial de modificação
 Potencial de desenvolvimento
 Aspectos estruturais

Forma do rio													1															
Potencial de modificação													1			3			5			7						
Potencial de desenvolvimento													1	3-5	7	1	3-5	7	1	3-5	7	1-4	5-7					
Aspectos estruturais													1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-4	7	1-4	7			
Dinâmica do leito do rio													1	2	3	2	3	3	4	3	3	4	4	5	3	4	4	5

Forma do rio													3														
Potencial de modificação													1			3			5			7					
Potencial de desenvolvimento													1	3-5	7	1-3	4-7	1-3	4-7	1	3-7						
Aspectos estruturais													1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-4	7	1-4	7		
Dinâmica do leito do rio													2	3	3	4	3	3	4	3	4	4	5	3	4	4	5

Forma do rio													5															
Potencial de modificação													1-3			5			7									
Potencial de desenvolvimento													1	3-7	7	1-5	7	1-4	5	7								
Aspectos estruturais													1	4-7	1-4	7	1-4	7	1-4	7	1-4	7	1-4	7	1-4	7	1-4	7
Dinâmica do leito do rio													3	4	4	5	4	5	5	6	4	5	5	6	4	5	6	7

Estrutura de classe	1	2	3	4	5	6	7
Significado	Inalterado	Pouco alterado	Moderadamente alterado	Consideravelmente alterado	Muito alterado	Substancialmente alterado	Totamente alterado

Campo de comentário (texto simples, como espécies de árvores dominantes na vegetação de encosta)

Fonte: Meira (2014).

2. Dinâmica de Várzea

Retenção

2.1 Estruturas de controle de cheias

não disponível	1
Disponível na várzea	4
Não disponível na várzea	7
Valor:	

2.2 Capacidade de transbordamento

	E	D
Natural	1	1
comprometida	3	1
muito reduzida	7	1
valor:		

Estruturas das margens

2.3 Uso das margens do rio

	Esquerda		Direita	
	margem	borda	margem	borda
Floresta/matagal	2	2		
Floresta de espécies não nativas	5		5	
Extensa/ não utilizada	3		3	
Pastagem intensiva	5		5	
Terras agrícolas	6		6	
Áreas pavimentadas	7		7	
Perímetro extensivo sem construções/agricultura	3		3	
Perímetro intensivo sem construções/agricultura	5		5	
Perímetro com uso de construções/agricultura	6		6	
Floresta fechada		1		1
Áreas pavimentadas		-1		-1
Valor (Área da margem com menos água)				
Natural, não há problemas com a margem	1		1	
Valor (maior número):				

Pot. de retenção da matéria

2.4 Uso das várzeas

	E	D
Floresta/matagal	1	1
Floresta de espécies não nativas	4	4
Extensa/ não utilizada	3	3
Pastagem intensiva	4	4
Terras agrícolas	5	5
Áreas pavimentadas	7	7
Sem uso extensivo de complexas construções/agricultura	3	3
Sem uso intensivo de complexas construções/agricultura	4	4
Perímetro com uso de construções/agricultura	5	5
Natural, não há problemas com a várzea	1	1
Valor (maior número):		

2.5 Tipo de uso da margem

	E	D
Área específica de floresta	x	x
Floresta de espécies não nativas	x	x
Mata nativa	x	x
Mata não nativa	x	x
Gramma 2-schürig	x	x
Gramma Streuwiesen	x	x
Capim	x	x
Ervas Altas	x	x
Juncos	x	x
Neófitos	x	x
Gramma Wiesen 3	x	x
Pasto	x	x
Gramma	x	x
Terras agrícolas	x	x
Áreas residenciais	x	x
Instalações industriais e comerciais	x	x
Áreas de tráfego	x	x
Aterros, escavações	x	x
Áreas de lazer e recreação	x	x

Apenas a título informativo, sem avaliação

2.6 Águas armazenadas em várzea

	E	D
Igarapé	x	x
Remanso	x	x
lagoa de cascalho	x	x
Nebolina	x	x
Igarapé(morto)	x	x
Tanque de passagem de peixe	x	x
Viveiro de peixe	x	x
Lagoa temporária	x	x
Canal de inundação	x	x

Avaliação da dinâmica de várzea

Estrutura de classe:

Retenção: = maior número

Estrutura das margens: = 2.3

Potencial de retenção da matéria: = 2.4

Retenção	1			2			3			4			5																		
Estrutura das margens	1	3	4	5-7	1-3	4	5-7	1-4	5	7	1-3	4	5-7	1-3	4	5	7	1-4	5	7	1-3	4-5	6-7	1-5	6-7						
Pot. de ret. da matéria	1	2	3	4	2	3	4	3	5	7	2	3	4	3	4	5	6	4	5	7	3	4	5	4	5	6	5	7	6	6	7

Global

Estrutura de classe:

Dinâmica do Leito do rio:

Dinâmica da Várzea:

Estrutura de classe da dinâmica do leito rio

Estrutura de classe da dinâmica de várzea

Estrutura de classe Global

	1	2	3	4	5	6	7
1	2-6	7	1-3	4-7	1	2-5	6-7
2	1	2-5	6-7	1	2-7	1	2-7
3	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1
4	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1
5	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1
6	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1
7	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1

Fonte: Meira (2014).