



**LUANA FERREIRA MENDES**

**INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS CONDIÇÕES  
HIDROMORFOLÓGICAS DO RIBEIRÃO DA ONÇA EM ELÓI MENDES, MG.**

**TRÊS CORAÇÕES – MG  
2020**

**LUANA FERREIRA MENDES**

**INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS CONDIÇÕES  
HIDROMORFOLÓGICAS DO RIBEIRÃO DA ONÇA EM ELÓI MENDES, MG.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à  
Universidade Vale do Rio Verde (UninCor) como  
parte das exigências do programa de Mestrado  
Profissional em Sustentabilidade e Recursos Hídricos  
para obtenção do título de mestre.  
Área de Concentração: Recursos Hídricos

Orientadora: Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

Coorientadora: Dra. Eliana Alcantra

**TRÊS CORAÇÕES  
2020**

577.4  
M538p

MENDES, Luana Ferreira

Influência do uso e ocupação do solo nas condições hidromorfológicas do Ribeirão da Onça em Elói Mendes – Três Corações : Universidade Vale do Rio Verde, 2020.  
115 fls. il.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosângela Francisca de Paula V. Marques  
Coorientadora : Prof<sup>a</sup> Eliana Alcântara

Dissertação – Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações/  
Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos.

1. Método Bávaro. 2. Condições hidromorfológicas. 3. APP. I. Prof<sup>a</sup>.  
Dr<sup>a</sup>. Rosângela Francisca de Paula V. Marques, Orientadora. II.  
Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações. III. Título.

Catálogo na fonte

Bibliotecária responsável: ERNESTINA MARIA PEREIRA CAMPOS DANTAS CRB6: 2.101

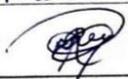
**ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE MESTRADO APRESENTADA POR LUANA FERREIRA MENDES, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE NO PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE EM RECURSOS HÍDRICOS.**

Aos vinte dias do mês de agosto de dois mil e vinte, reuniu-se, remotamente, a Comissão Julgadora, constituída pelos professores doutores Profa. Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques (UninCor), Profa. Dra. Eliana Alcantra (UninCor), Prof. Dr. Alisson Souza de Oliveira (UninCor) e Profa. Dra. Camila Silva Franco (UFLA), para examinar o(a) candidato(a) Luana Ferreira Mendes na defesa de seu trabalho de conclusão de curso intitulado: "AVALIAÇÃO MACROSCÓPICA E O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO RIBEIRÃO DA ONÇA". O(A) Presidente da Comissão, Profa. Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques, iniciou os trabalhos às 14:03 h solicitando ao(a) candidato(a) que apresentasse, resumidamente, os principais pontos do seu trabalho. Concluída a exposição, os examinadores arguíram alternadamente o(a) candidato(a) sobre diversos aspectos da pesquisa e da dissertação. Após a arguição, que terminou às 17:08 h a Comissão reuniu-se para avaliar o desempenho do(a) candidato(a), tendo chegado ao seguinte resultado: Profa. Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques ( aprovada ), Profa. Dra. Eliana Alcantra ( aprovada ), Prof. Dr. Alisson Souza de Oliveira ( aprovada ) e Profa. Dra. Camila Silva Franco ( aprovada ). Em vista deste resultado, o(a) candidato(a) Luana Ferreira Mendes foi considerado(a) aprovada, fazendo jus ao título de Mestre pelo Programa de Mestrado Profissional em Sustentabilidade em Recursos Hídricos. Sendo verdade, eu, Prof. Francislaine Santos Silva do Rosário, Secretária Geral da UninCor, confirmo e lavro a presente ata, que assino juntamente com os Membros da Banca Examinadora.

Três Corações, 20 de agosto de 2020.

Novo título (sugerido pela banca):

Influência do uso e ocupação do solo nas condi  
ções hidromorfológicas do Ribeirão da Onça em  
Olá Mendes - MG.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques (UninCor)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Eliana Alcantra (UninCor)

Alisson Souza de Oliveira  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alisson Souza de Oliveira (UninCor)

Camila Silva Franco  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Camila Silva Franco (UFLA)

Francislaine Santos Silva do Rosário  
\_\_\_\_\_  
Prof. Francislaine Santos Silva do Rosário  
Secretária Geral - UninCor

Dedico este trabalho à minha família,  
orientadora e amigos, por todo apoio e suporte  
para que fosse possível sua conclusão.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Antônio e Ieda, pelo apoio e incentivo para vencer mais esta etapa.

Ao meu irmão Leonardo, pela confiança transmitida.

A orientadora Dra. Rosângela Marques, pelos ensinamentos passados, pela amizade, pela compreensão e pela brilhante orientação.

A coorientadora Dra. Eliana Alcantra, pela amizade, pelo incentivo e ensinamentos transmitidos durante o curso.

Aos amigos Otto e Marianne, pelo convívio de vários anos, pelas palavras carinhosas de incentivo e ajuda para conclusão deste trabalho.

À Universidade Vale do Rio Verde (UninCor) e a todos colegas professores.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o meu êxito profissional.

“A educação é a arma mais poderosa que se pode usar para mudar o mundo.” Nelson Mandela

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Coordenadas geográficas dos pontos de aplicação do Método Bávaro para o Ribeirão da Onça. ....	38
<b>Tabela 2</b> – Estrutura do corpo hídrico, de acordo com o Método Bávaro.....	42
<b>Tabela 3</b> - Distribuição dos pontos transversal ao canal para medição da velocidade do fluxo de água entre as seções verticais.....	44
<b>Tabela 4</b> – Áreas correspondentes ao uso e ocupação do solo na sub bacia do ribeirão da Onça. ....	49
<b>Tabela 5</b> – Massa e percentual retidos nas peneiras superiores e inferiores a 2 mm no ensaio de granulometria das amostras de solo.....	64
<b>Tabela 6</b> – Velocidades médias de fluxo dos pontos amostrais do Ribeirão da Onça.....	66
<b>Tabela 7</b> – Coordenadas geográficas da proposição de pontos de monitoramento para o Ribeirão da Onça. ....	94

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Ciclo Hidrológico.....	19
<b>Figura 2</b> – Componentes de uma bacia hidrográfica.....	21
<b>Figura 3</b> – Estrutura de avaliação de corpos hídricos pelo Método Bávaro.....	27
<b>Figura 4</b> – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, e conseqüentemente, da Bacia Hidrográfica do Rio Verde .....	33
<b>Figura 5</b> – Delimitação da sub bacia Hidrográfica do Ribeirão do Onça, Elói Mendes, MG. 2020 .....	34
<b>Figura 6</b> – Extensão do Ribeirão do Onça e seus afluentes, Elói Mendes, MG. 2020.....	35
<b>Figura 7</b> – Estrutura de barramento num trecho da extensão do Ribeirão da Onça, Elói Mendes, MG. 2020 .....	36
<b>Figura 10</b> – Delimitação dos pontos amostrais no Ribeirão da Onça.....	37
<b>Figura 9</b> – Ordem de execução do Método Bávaro.....	39
<b>Figura 11</b> – Exemplo de preenchimento para a determinação da estrutura de classe .....	41
<b>Figura 12</b> – Amostras de solo do fundo do leito do Ribeirão da Onça .....	43
<b>Figura 13</b> – Estufa e peneiras para o ensaio de granulometria por peneiramento do solo retirado do fundo do leito do Ribeirão da Onça .....	43
<b>Figura 14</b> – Uso e Ocupação do Solo na sub bacia do Ribeirão da Onça, Elói Mendes, MG. 2020 .....	48
<b>Figura 15</b> – Paisagem das características hidromorfológicas do Ponto 1 .....	50
<b>Figura 16</b> – Características da vegetação da área de influência do Ponto 1.....	50
<b>Figura 17</b> – Medidores de vazão na barragem do ribeirão da Onça.....	51
<b>Figura 18</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 2 .....	52
<b>Figura 19</b> – Barragem no Ribeirão da Onça sob o Ponto 2.....	52
<b>Figura 20</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 3 .....	53
<b>Figura 21</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 4 .....	54
<b>Figura 22</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 5 .....	54
<b>Figura 23</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 6 .....	55
<b>Figura 24</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 7 .....	56
<b>Figura 25</b> – Transbordamento de resíduos sólidos das caçambas próximo ao Ponto 7 .....	56
<b>Figura 26</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 8 .....	57
<b>Figura 27</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 9 .....	57

<b>Figura 28</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 10 .....	58
<b>Figura 29</b> – Aparência da água no Ponto 10 .....	58
<b>Figura 30</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 11 .....	59
<b>Figura 31</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 12 .....	60
<b>Figura 32</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 13 .....	61
<b>Figura 33</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 14 .....	61
<b>Figura 34</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 15 .....	62
<b>Figura 35</b> – Características hidromorfológicas do Ponto 16 .....	63
<b>Figura 36</b> – Poços de irrigação à jusante da nascente do ponto 16 .....	63
<b>Figura 37</b> – Tipo de curvatura do Ribeirão da Onça .....	67
<b>Figura 38</b> – Comprometimento do leito do rio do Ribeirão da Onça.....	68
<b>Figura 39</b> – Comprometimento da margem do Ribeirão da Onça .....	69
<b>Figura 40</b> – Estrutura transversal do Ribeirão da Onça.....	70
<b>Figura 41</b> – Padrão de fluxo do Ribeirão da Onça .....	71
<b>Figura 42</b> – Seção transversal do Ribeirão da Onça.....	73
<b>Figura 43</b> – Profundidade do perfil do Ribeirão da Onça .....	74
<b>Figura 44</b> – Bueiros presentes no Ribeirão da Onça .....	75
<b>Figura 45</b> – Canalização do Ribeirão da Onça .....	76
<b>Figura 46</b> – Variação da profundidade do Ribeirão da Onça .....	77
<b>Figura 47</b> – Variação da largura no Ribeirão da Onça .....	78
<b>Figura 48</b> – Largura da erosão no Ribeirão da Onça.....	79
<b>Figura 49</b> – Deposição de sólidos no Ribeirão da Onça.....	80
<b>Figura 50</b> – Mata ciliar no Ribeirão da Onça .....	81
<b>Figura 51</b> – Estruturas especiais do leito no Ribeirão da Onça.....	83
<b>Figura 52</b> – Faixas de vazão no Ribeirão da Onça .....	84
<b>Figura 53</b> – Diversidade do substrato no Ribeirão da Onça.....	85
<b>Figura 54</b> – Dinâmica do leito do Ribeirão da Onça .....	86
<b>Figura 55</b> – Estruturas de controle de cheias no Ribeirão da Onça.....	87
<b>Figura 56</b> – Capacidade de transbordamento o Ribeirão da Onça .....	88
<b>Figura 57</b> – Uso das margens do Ribeirão da Onça .....	89
<b>Figura 58</b> – Uso das várzeas no Ribeirão da Onça.....	90
<b>Figura 59</b> – Dinâmica da várzea do Ribeirão da Onça.....	91
<b>Figura 60</b> – Estrutura de classe global do Ribeirão da Onça, pelo Método Bávaro.....	92
<b>Figura 61</b> – Condição hidromorfológica do Ribeirão da Onça .....	93

<b>Figura 62</b> – Proposição de pontos de monitoramento para o Ribeirão da Onça .....	96
<b>Figura 63</b> – Demarcação das Áreas de Preservação Permanentes no Ribeirão da Onça .....	99
<b>Figura 64</b> – Análise de áreas de conflito do uso e ocupação do solo e Áreas de Preservação Permanentes no Ribeirão da Onça.....	101

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGA	Instituto de Geociências Aplicadas
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
UninCor	Universidade Vale do Rio Verde

## RESUMO

O uso e ocupação do solo aliado as atividades antropogênicas comprometem a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos. A avaliação dos impactos de tais interferências podem ser diagnosticados por meio da avaliação macroscópica do uso e ocupação do solo e sua relação com a qualidade da água. Este estudo visou avaliar em aspectos macroscópicos o uso e ocupação do solo na sub bacia hidrográfica do Ribeirão da Onça, na cidade de Elói Mendes (MG) bem como designar as suas condições hidromorfológicas, a fim de apresentar um Plano Diretor de preservação para o ribeirão. Para este intento, utilizou-se o método Bávaro para o mapeamento da estrutura da qualidade dos cursos d'água como medida da sua integridade ecológica. Assim, foram utilizadas as imagens da plataforma de informações geográficas *Google Earth Pro*® e visitas *in loco* com avaliação visual e fotográfica das características qualitativas quanto ao uso e ocupação do solo na sub bacia do Ribeirão da Onça, distinguidas por: áreas edificadas, área industrial, projeção de novos loteamentos, plantações de café, uva e lichia, granja viária, pastagens e plantações de eucalipto. Para avaliação quantitativa do fluxo de água foram realizadas 16 medições de vazões na extensão do Ribeirão da Onça utilizando o método flutuador. Foram determinados pontos amostrais para análise dos 26 parâmetros do Método Bávaro. A estrutura de classe global do Ribeirão da Onça que resulta da avaliação e classificação da análise hidromorfológica dos trechos do ribeirão conforme o Método Bávaro, apresentou 6,25% dos pontos amostrais foram classificados como pouco alterado, recebendo pontuação 1; 31,25% dos pontos amostrais foram classificados como consideravelmente alterados, recebendo pontuação 4; e 62,5% dos pontos amostrais foram classificados como muito alterados, recebendo pontuação 5. As condições hidromorfológicas identificadas no Ribeirão da Onça remetem a necessidade de proposição de nove pontos de monitoramento da qualidade e quantidade de água para o Ribeirão da Onça e suas nascentes. Foram contabilizadas 45,57 ha de APPs no entorno do Ribeirão do Onça. Em se tratando do conflito de uso e ocupação do solo, a área de uso indevido correspondeu a 38,02 ha (83,44%), com utilização para plantações de eucalipto, lichia, áreas edificadas por chacreamentos e pastagens. Os resultados demonstram que a ausência de mapas contendo os limites das Áreas de Preservação Permanentes dificulta, se não impede, tanto o agricultor, quanto os órgãos fiscalizadores de fazerem cumprir o Código Florestal brasileiro.

**Palavras-chave:** Método Bávaro. Condições hidromorfológicas. APP.

## ABSTRACT

*Land use and occupation combined with anthropogenic activities compromise the quality and availability of water resources. The assessment of the impacts of such interferences can be diagnosed by means of a macroscopic assessment of the use and occupation of the soil and its relationship with water quality. This study aimed to evaluate in macroscopic aspects the use and occupation of the soil in the sub-hydrographic basin of Ribeirão da Onça, in the city of Elói Mendes (MG) as well as to designate its hydromorphological conditions, in order to present a Conservation Master Plan for the stream. . For this purpose, the Bavarian method was used to map the quality structure of water courses as a measure of their ecological integrity. Thus, images from the Google Earth Pro® geographic information platform and on-site visits were used with visual and photographic evaluation of the qualitative characteristics regarding land use and occupation in the Ribeirão da Onça sub-basin, distinguished by: built areas, industrial area , projection of new subdivisions, coffee, grape and lychee plantations, road farm, pastures and eucalyptus plantations. For quantitative assessment of the water flow, 16 flow measurements were made in the Ribeirão da Onça extension using the flotator method. Sample points were determined for analysis of the 26 parameters of the Bavarian Method. The global class structure of Ribeirão da Onça that results from the evaluation and classification of the hydromorphological analysis of stretches of the stream according to the Bavarian Method, presented 6.25% of the sample points were classified as little changed, receiving a score of 1; 31.25% of the sample points were classified as considerably altered, receiving a score of 4; and 62.5% of the sample points were classified as very altered, receiving a score of 5. The hydromorphological conditions identified in Ribeirão da Onça refer to the need to propose nine monitoring points for the quality and quantity of water for Ribeirão da Onça and its springs. 45.57 ha of APPs were accounted for around Ribeirão do Onça. In the case of conflict of land use and occupation, the area of misuse corresponded to 38.02 ha (83.44%), used for plantations of eucalyptus, lychee, areas built by chacreações and pastures. The results demonstrate that the absence of maps containing the limits of the Permanent Preservation Areas makes it difficult, if not prevented, both the farmer and the inspection bodies to enforce the Brazilian Forest Code.*

**Keywords:** *Bavarian method. Hydromorphological conditions. APP.*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1	Ciclo Hidrológico.....	19
2.2	Escoamento superficial e infiltração em bacia hidrográficas .....	20
2.3	Uso e ocupação do solo e poluição hídrica .....	22
2.4	Método bávaro.....	25
2.5	Áreas de Preservação Permanentes (APP's) .....	28
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
3.1	Caracterização da área de estudo.....	32
3.2	Delimitação dos pontos amostrais, procedimentos e delineamento metodológico ..	36
3.3	Análise hidromorfológica .....	39
3.4	Análise do solo .....	42
3.5	Vazão .....	44
3.6	Proposição de pontos amostrais para monitoramento da qualidade da água.....	45
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
4.1	Uso e ocupação do solo na sub bacia do Ribeirão da Onça.....	47
4.2	Análise hidromorfológica .....	49
4.2.1	Descrição dos pontos do Ribeirão da Onça.....	49
4.3	Análise de Solo do leito do Ribeirão da Onça.....	63
4.4	Vazão e velocidade de fluxo.....	65
4.5	Resultados dos parâmetros individuais no Método Bávaro.....	66
4.5.1	Dinâmica do leito do rio.....	67
4.5.2	Dinâmica da várzea .....	86
4.5.3	Estrutura de classe global.....	92
4.6	Proposição de pontos amostrais para monitoramento da qualidade da água.....	94
4.7	Proposição de projeto para delimitação de Áreas de Preservação Permanentes (APPs) no Ribeirão da Onça.....	97

<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>112</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A degradação dos ecossistemas aquáticos tornou-se uma das grandes preocupações ecológicas e é consequência das atividades antropogênicas. A inapropriada, e muitas vezes inexistente gestão do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, aliada ao crescimento da população e das atividades industriais e agrícolas são causadoras do depauperamento da qualidade da água de rios, córregos, lagos e reservatórios (ALLAN, 2004; MENEZES *et al.*, 2014; DUPASA *et al.*, 2015; FIA *et al.*, 2015; MENEZES, *et al.*, 2016).

A qualidade da água (superficial e subterrânea) e dos ecossistemas aquáticos de uma bacia hidrográfica são influenciados pelos padrões de uso de solo daquela bacia (BU *et al.*, 2014; DUPASA *et al.*, 2015; FIA *et al.*, 2015; MENEZES *et al.*, 2016). As intervenções da urbanização e das atividades industriais e agrícolas nos padrões de solo tem refletido em inúmeros problemas relacionados com a qualidade da água (MENEZES *et al.*, 2016).

A qualidade da água ganha destaque nas preocupações ecológicas devido a sua importância sobretudo no abastecimento público, que ao captar a água de mananciais contaminados tem-se um encarecimento no tratamento da mesma para torná-la apta à ser utilizada pela população. Ressalta-se, que em alguns casos o ponto de captação das águas para abastecimento público é modificada ao longo do tempo devido à contaminações que ocorrem ao longo do corpo d'água, demonstrando a importância de um plano de gestão do uso e ocupação do solo e a proteção das áreas de preservação permanentes (APP's).

As áreas de preservação permanentes (APP's) são consideradas estratégicas para a manutenção e conservação dos recursos naturais, principalmente dos recursos hídricos (ALVES *et al.*, 2015). A cobertura florestal influi positivamente sobre a hidrologia no solo, melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água, além de diminuir o escoamento superficial (STARZYNSKI; SIMÕES, 2015).

Dadas as circunstâncias de haver interferências na qualidade da água devido ao uso e ocupação do solo, bem como das atividades antropogênicas, é necessário estabelecer áreas de preservação permanentes no entorno dos cursos d'água como preconiza o Código Florestal de 2012 e a Lei Estadual de Minas Gerais de Proteção da Flora de 2013, face a crescente demanda pelo uso d'água e uma possível situação de escassez.

No município de Elói Mendes o Ribeirão da Onça é de suma importância para o abastecimento de água público da população (28.076 habitantes) se localiza na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Onça, possui uma área de drenagem de 16,22 km<sup>2</sup>, inserta dentro

da Bacia Hidrográfica do Rio Verde, que compõe a Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Rio Verde (UPGRH – GD4) e que está integrada à bacia hidrográfica do Rio Grande (CBH Grande, 2017). Nas últimas décadas, no entorno do Ribeirão da Onça, ocorreram um aumento significativo de crescimento populacional, intensificação das atividades agrícolas e desenvolvimento industrial, tornando-se visíveis as interferências no uso e ocupação do solo provocando danos a quantidade e qualidade da água do ribeirão.

Objetivou-se com este trabalho avaliar em escala macroscópica o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão da Onça, na cidade de Elói Mendes (MG) bem como para designar as suas condições hidromorfológicas, a fim de apresentar um Plano Diretor de preservação para o ribeirão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

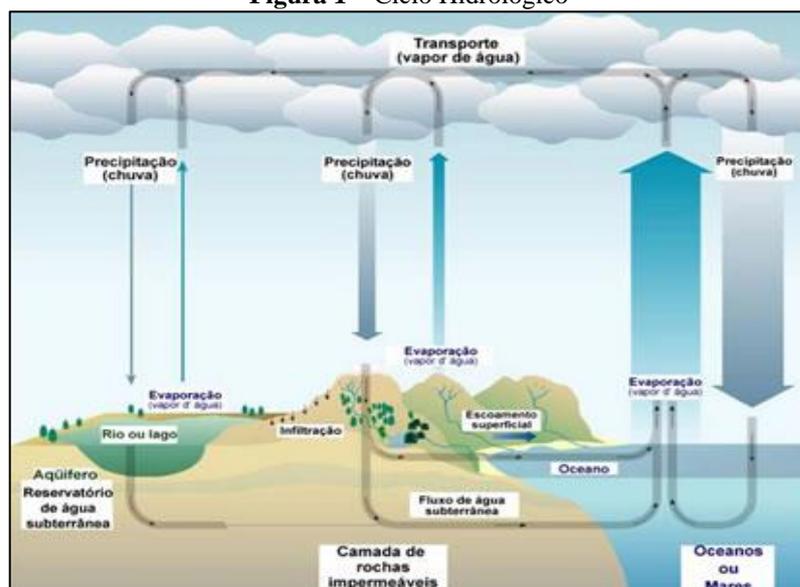
### 2.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico pode ser definido por um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (TUCCI, 2001).

O conceito de ciclo hidrológico é tido como aquele percorrido em frações das águas da chuva, sendo suas fases, a precipitação, escoamento subterrâneo, evaporação e condensação. (WILKEN, 1978).

Após a precipitação na atmosfera, parte da água infiltra e percola no solo, dando origem à aquíferos que se formam na superfície, como nascentes que podem vir a nutrir lagos, rios, reservatórios e até oceanos. Parte da precipitação retorna à atmosfera pelo processo de evaporação, ocasionando posteriormente a condensação e o armazenamento de água na atmosfera (Figura 1). Nem todo o volume de água precipitado escorre pela superfície, pois parte fica retido pela vegetação e outros obstáculos e através da evaporação volta para a atmosfera. O volume restante que atinge a superfície do solo, parte retorna à atmosfera por meio da transpiração dos vegetais e da evaporação do solo e também de superfícies líquidas, parte é infiltrada e o restante escoam livremente pela superfície (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

**Figura 1 – Ciclo Hidrológico**



Fonte: Serviço Geológico do Brasil, 2011.

Conforme Tucci (2001), os volumes evaporados em um determinado local do planeta não precipitam necessariamente no mesmo local, porque há movimentos contínuos, com dinâmicas diferentes na atmosfera e também da superfície terrestre. Da precipitação que ocorre nos continentes, por exemplo, somente parte é evaporada no próprio continente, sendo o restante escoado para os oceanos. A medida que se avalia áreas menores de drenagem, fica mais evidente essa movimentação, concluindo-se portanto que o ciclo hidrológico só é fechado a nível global, sendo caracterizado como um ciclo aberto a nível local.

Após algum tempo de precipitação inicia-se o escoamento superficial, o qual inicialmente forma uma lâmina superficial que recobre as pequenas depressões da superfície. Tendo a continuação da chuva, essa película laminar vai se transformando em uma lâmina mais grossa, sendo este volume escoado a diferença entre a precipitação total e os volumes retidos, infiltrados, evaporados e acumulados nas depressões. O escoamento segue o sentido da linha do terreno com maior declive (GARCEZ; ALVAREZ, 1988)

## **2.2 Escoamento superficial e infiltração em bacia hidrográficas**

Para análises hidromorfológicas, o conceito e as características da bacia hidrográfica são fundamentais para avaliar principalmente o comportamento do escoamento superficial das águas precipitadas, e a influência das superfícies do solo na quantidade e qualidade das águas.

Conceitua-se a área de uma bacia hidrográfica (Figura 2) como sendo sua área superficial, medida em projeção horizontal, levando em conta toda a área localizada entre os divisores de água, sendo obtidas através de cartas topográficas, imagens aéreas ou uso de *software*. O conjunto de vertentes de uma rede de drenagem que é composta por cursos de água que afluem resultam em um único ponto de saída, que também é chamado de foz ou exultório (TUCCI, 2001).

**Figura 2** – Componentes de uma bacia hidrográfica



Fonte: Centro de ensino Guroo, 2018.

O papel hidrológico de uma bacia hidrográfica é o de transformar uma entrada de água em volume concentrada no tempo (precipitação) em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo (TUCCI, 2001).

Portanto, o escoamento superficial representa a resposta aos processos hidrológicos que ocorrem na bacia que variam no espaço e no tempo. Outros fatores também influenciam nos resultados dos processos hidrológicos tais como, topografia, solo, geologia, vegetação, uso do solo e drenagem natural (TUCCI, 2001).

Conforme Pinheiro (2019) o planejamento e gestão dos recursos hídricos são importantes para o ciclo hidrológico local, sendo fundamentais no entendimento dos processos erosivos e na recarga de água no solo, cujos resultados interferem decisivamente na qualidade e regularidade dos recursos hídricos.

### 2.3 Uso e ocupação do solo e poluição hídrica

Devido ao acelerado crescimento urbano e avanço das atividades industriais sobre as bacias hidrográficas, a qualidade da água de córregos, rios e lagos para fins de abastecimento público são comprometidas em decorrência da poluição causadas por diferentes fontes, tais como efluentes domésticos, efluentes industriais e escoamento superficial urbano e agrícola (MERTEN; MINELLA, 2002). Desse modo, mesmo com a abundância de água no planeta, a sua deterioração da qualidade e sua distribuição irregular acarretam limitações em termos de desenvolvimento para algumas regiões, restringindo o atendimento às necessidades humanas (PINHEIRO, 2019).

Rutkoski (1999) afirma que a capacidade de cada localidade de sustentar as atividades antrópicas que são dependentes dos recursos hídricos, é determinada pelo comportamento local do ciclo hidrológico. Por consequência, o desenvolvimento social e econômico de um determinado local está diretamente relacionado a potencialidade de suas atividades antrópicas, sendo em grande parte estas, dependentes da disponibilidade de água dos recursos hídricos.

Assim, o gerenciamento dos recursos hídricos por meio do manejo de bacias hidrográficas, deve se tornar cada vez mais uma questão estratégica para o desenvolvimento local, sendo imprescindível o estudo dos possíveis impactos sobre os recursos hídricos decorrentes da ocupação territorial desordenada (GUIMARÃES, 2000).

À medida que o processo de ocupação de uma bacia torna-se mais acentuado, a deterioração da quantidade e da qualidade da água tende a tornar-se crítica (SHUELER, 1994; BOOTH; JACKSON, 1997; MAY *et al.* 1999; PINHEIRO, 2019). Freitas *et al.* (2013) ressaltam que a cobertura florestal tem grande importância dentro do contexto do balanço hídrico e pode alterar o mecanismo de entrada de água na superfície do solo. A remoção da floresta prejudica a capacidade de infiltração e de armazenamento de água no solo, na zona das raízes, além de diminuir a interceptação e a evapotranspiração. Como resultado disto, o escoamento superficial tende a aumentar ocasionando incrementos no deflúvio e escoamento de base (Jipp *et al.*, 1998).

Bacias hidrográficas que possuem grandes proporções de cobertura vegetal e áreas ripárias protegidas proporcionam uma melhor qualidade da água (RHODES *et al.*, 2001), sendo que a posição de tais áreas vegetadas também influi na quantidade da água (PINHEIROS, 2019). Santos; Hernandez (2013) concluíram para a sua área de pesquisa que as reduzidas áreas de preservação permanente, a má conservação do solo e a expansão das áreas urbanas,

implicaram na deterioração da qualidade e disponibilidade hídrica, gerando impactos socioeconômicos e ambiental para a região.

A qualidade da água é um reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS; MEYBECK, 2000). De acordo com Lima (2001), a qualidade da água não se traduz apenas pelas suas características físicas e químicas, mas pela qualidade de todo o funcionamento do ecossistema. Enquanto grandes rios são bons indicadores de impactos cumulativos, rios menores apresentam maiores variabilidades na qualidade e quantidade de água, dependendo da estação do ano e do grau de distúrbio da bacia (CADA; HUNSAKER, 1990).

Segundo Ranzini e Lima (2002), a erosão é tida como responsável por 80% dos problemas de alteração da qualidade e da regulação temporal da água em microbacias. Tem-se nas bacias hidrográficas em função das atividade antrópicas considerável assoreamento de sedimentos provenientes das áreas a montante do corpos hídricos, tendo como grande influência de poluição dos cursos d'águas o uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras (PINHEIRO, 2019).

Ainda conforme Pinheiro (2019) a urbanização de uma bacia hidrográfica contribui significativamente quanto aos impactos de poluição nos cursos d'água, principalmente devido a inexistência de tratamento de esgotos, sendo estes efluentes lançados diretamente no corpo hídrico. Tem-se também o desmatamento, o manejo inadequado do solo, atividades industriais e agrícolas, fontes poluidoras dos cursos d'água, e contínuo processo de assoreamento dos leitos dos rios das bacias.

Uma das grandes preocupações ecológicas dos últimos anos, diz respeito à poluição dos recursos hídricos em função das atividades antrópicas. O crescimento urbano e da população, a expansão das atividades agrícolas e industriais, aliadas à falta de gestão e planejamento do uso do solo, tem provocado o decréscimo da qualidade da água dos recursos hídricos (ALLAN, 2004; MENEZES *et al.*, 2014; DUPASA *et al.*, 2015; FIA *et al.*, 2015).

A elevada taxa de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, juntamente com as atividades antrópicas e a degradação da cobertura vegetal têm promovido mudanças significativas em suas características e funções (GOMES *et al.*, 2007), contribuindo com o aumento da poluição, erosão, carreamento de sedimentos e, conseqüentemente, perda de qualidade da água dos corpos hídricos (VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010).

Segundo Takeda (2013), o uso e ocupação do solo é o conjunto de atividades e práticas de uma sociedade sobre uma aglomeração urbana ou rural, combinadas com seus padrões ou

tipos de assentamentos, do ponto de vista da regulação espacial. Pode-se dizer que o uso do solo é a representação da sociedade naquele determinado local e a ocupação do solo, por sua vez, é a maneira pela qual a edificação pode ocupar o terreno, ou seja, é uma combinação de um tipo de atividade e de um tipo de assentamento.

O uso inadequado do solo vem acarretando diversos problemas ambientais, tais como, o comprometimento de fontes e mananciais de água, degradação de habitats naturais, erosão, enchentes e assoreamento do solo. Estes estão diretamente ligados a um mau gerenciamento do espaço que, por estar desprovido de algum critério técnico ou projeto ambiental, tal como um zoneamento do solo, não respeitam a capacidade de suporte da natureza (LEITE *et al.*, 2010 apud WEISS *et al.* 2013).

Inúmeros são os impactos na qualidade da água devido ao mau uso do solo, como expansão da urbanização, atividades agrícolas e industriais (NGOYE; MACHIWA, 2004; KANG *et al.*, 2010; DUPASA *et al.*, 2015). Em áreas urbanas e industriais o uso e a ocupação do solo têm sido associados com a poluição orgânica, bem como metais pesados e nutrientes (LI *et al.*, 2009; KANG *et al.* 2010). Geralmente, o uso e o manejo das terras agrícolas têm forte influência sobre as concentrações de nutrientes na água, como o nitrogênio e o fósforo (NGOYE; MACHIWA, 2004; WOLI *et al.*, 2004; BU *et al.*, 2014).

Dessa forma, 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 (ALLAN, 2004; PICKETT *et al.*, 2011).

Nesse contexto, tem-se a importante influência dos padrões de uso do solo sobre a qualidade da água dentro de uma bacia hidrográfica (LEE *et al.*, 2009; TRAN *et al.* 2010; ROTHWELL *et al.*, 2010; BU *et al.*, 2014, MENEZES *et al.*, 2014; DUPASA *et al.*, 2015; FIA *et al.*, 2015). Tucci (2001) afirmou que os principais impactos decorrentes do processo de urbanização sobre o ciclo hidrológico resultam da ocupação do solo. No espaço urbano as atividades antrópicas diversificadas, contribuem para redução a porcentagem da água que infiltra no solo, diminuição da rugosidade das superfícies, substituição de pequenos canais da drenagem natural por tubulações subterrâneas, retificação dos canais de drenagem natural, entre outras

Logo, pode-se considerar que a qualidade da água pode ser determinada pelo uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Desse modo, as atividade antrópicas podem alterar estruturas físico-químicas e biológicas de ecossistemas naturais, assim como afetar o ciclo

hidrológico, o que conseqüentemente diminui a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos (ALVARENGA *et al.*, 2012).

## 2.4 Método bávaro

O método alemão (Bavária), também denominado por método bávaro, é baseado na implementação do Quadro da Diretiva da Água da Comissão Europeia (*Water Framework Directive – 2000/60/CE*), da União Europeia, e utiliza o mapeamento da estrutura da qualidade dos cursos d'água como medida da sua integridade ecológica. Também indica se o rio é capaz de suportar os processos dinâmicos em seu leito e permite a constituição de habitat ideal para organismos aquáticos e anfíbios (BAYLFW, 2002). Originalmente, o método Bávaro é intitulado: “*Mapping and assessment methods for the structure of waters* (BAYLFW, 2002)”.

Com relação à restauração dos corpos hídricos, a Alemanha tem aplicado o método Bávaro para avaliação das condições hidromorfológicas de rios desde 1995, em todos os corpos hídricos da Baviera na Alemanha para o planejamento e gestão das águas (BAYLFW, 2002; LAWA, 2004; SILVA, 2015).

Países como: Ucrânia, República Tcheca, Eslovênia e Croácia, elaboraram e aplicaram métodos locais de avaliação hidromorfológica de acordo com a WFD, como também, aplicaram o método Bávaro para compararem o resultado dos métodos com relação à condição hidromorfológica de cada país. A partir dos resultados, concluíram que o método Bávaro, em relação aos métodos aplicados pelos países citados anteriormente, foi conservador em sua classificação, pois não atendeu às demandas individuais de cada localidade. Contudo, o método se mostrou uma excelente fonte de informação para a proteção integrada dos corpos hídricos e possíveis medidas de restauração de rios (MAH; MIKOŠ; BIZJAK, 2010; NIELS *et al.*, 2010; REH; KRAUS, 2009; ŠÍPEK; MATOUŠKOVÁ; DVORÁK, 2010; SCHEIFHACKEN *et al.*, 2012).

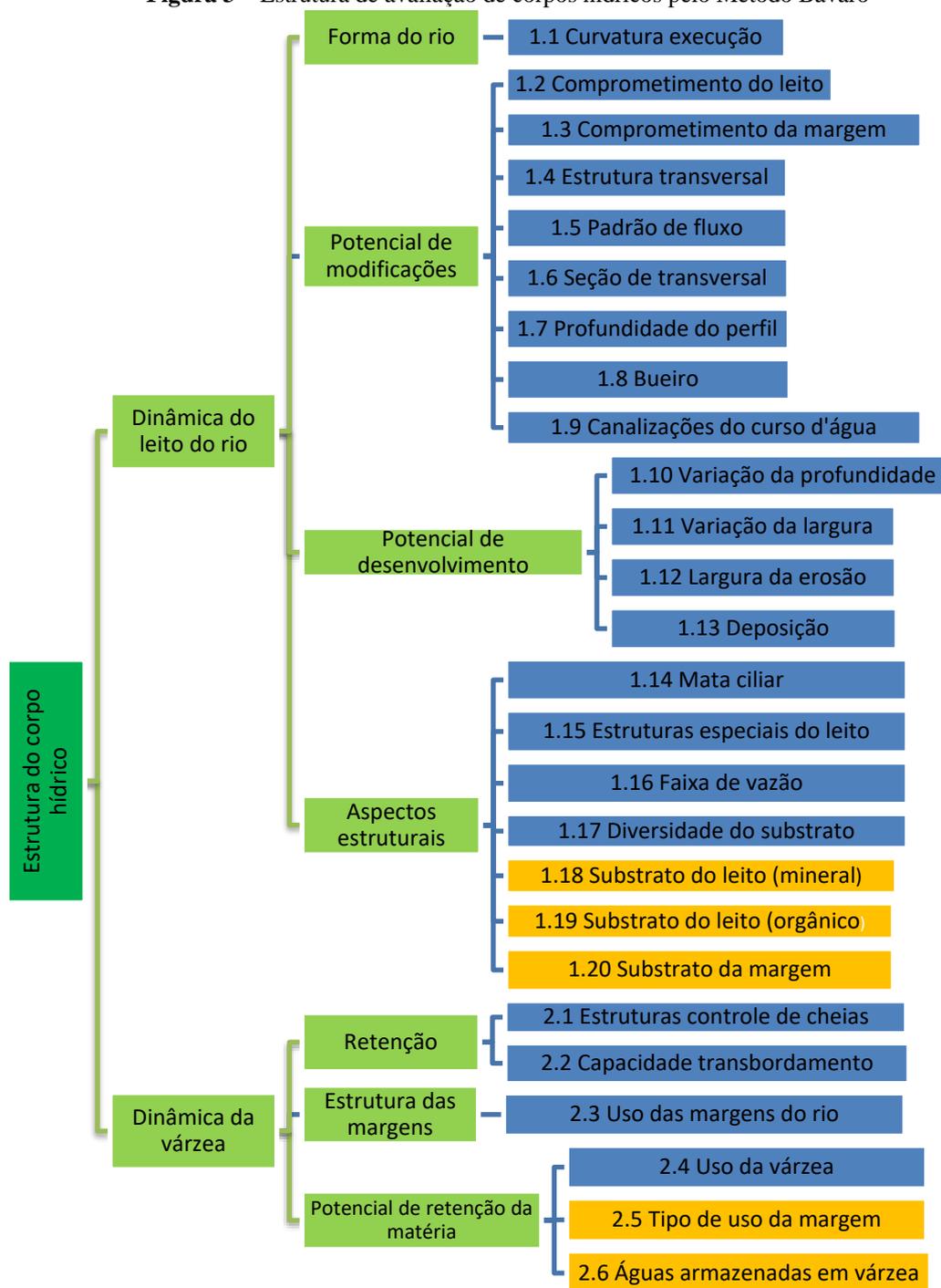
Conforme Meira (2014) o modelo implantado na Bavária é caracterizado por um conjunto de critérios hidromorfológicos pré-definidos e usados como base para analisar e diagnosticar as áreas degradadas. Contribui para o enquadramento dos corpos d'água nas classes estruturais do mapeamento da estrutura do curso d'água, visando os processos de planejamento de ações de restauro de rios e do desenvolvimento sustentável das bacias hidrográficas.

O método Bávaro apresenta módulos relativos à morfologia fluvial, qualidade da água e à biota aquática. O objetivo do mapeamento de qualidade estrutural é a avaliação objetiva 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 (BAYLFW, 2002).

O método se mostrou uma excelente fonte de informação para a proteção integrada dos corpos hídricos e possíveis medidas de restauração de rios (REH; KRAUS, 2009; MAH; MIKOS; BIZJAK, 2010; NIELS *et al.*, 2010; SIPEK; MATOUSKOVÁ; DVORÁK, 2010; SCHEIFHACKEN *et al.*, 2012; SILVA; ALMEIDA, 2015).

Com o método Bávaro são coletados e avaliados 26 parâmetros individuais, sendo cinco destes parâmetros, incluídos para auxiliar no momento de preenchimento da ficha de coleta de dados em campo. Assim, maiores detalhes nas medições, baseados nos objetivos, podem ser feitos por parâmetros adicionais. Na Figura 3 são apresentados em cor azul os parâmetros diretamente incluídos na avaliação, enquanto que os parâmetros opcionais são apresentados em cor laranja. Em cor verde, são apresentados a divisão dos tópicos da ficha de avaliação (SILVA, 2013; CARNEIRO, 2018).

**Figura 3** – Estrutura de avaliação de corpos hídricos pelo Método Bávaro



Fonte: MEIRA (2014).

De acordo com Meira (2014) a 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; e estes dois subsistemas são compostos por sete funções hidromorfológicas complexas.

Conforme Carneiro (2018) a definição das funções hidromorfológicas são:

#### 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.

#### Subsistema da dinâmica da várzea

e) retenção: estruturas de controle das cheias;

f) estrutura das margens: o uso das margens do rio;

g) 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 (CARNEIRO, 2018).

De acordo com Meira (2014) a avaliação dos subsistemas é realizada com o auxílio dos quadros contidos no formulário e seguem critérios de avaliação distintos, pois recebem pesos diferenciados de acordo com a sua importância dentro da estrutura de análise do rio. Os valores atribuídos a cada tópico são computados e aplicados a cada estrutura de classe conforme a pontuação obtida. Ao final, tem-se o valor global da classificação da estrutura da qualidade do rio quanto às condições hidromorfológicas.

Em sequência é necessário a combinação dos resultados dos subsistemas, dinâmica do rio e dinâmica da várzea para determinação do valor global, ou seja, do sistema total da estrutura do corpo hídrico. Tal combinação permite observar os níveis de degradação de um trecho do rio (SILVA, 2013; CARNEIRO, 2018).

## **2.5 Áreas de Preservação Permanentes (APP's)**

As Áreas de Preservação Permanente (APP's) são áreas protegidas por lei, que visam resguardar a integridade dos recursos hídricos, a estabilidade geológica, a paisagem e a biodiversidade facilitando o fluxo gênico da fauna e flora, protegendo o solo e assegurando o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Devido à importância, sua preservação é prevista na Lei federal nº. 12.651/12 (Código Florestal), sendo estabelecidas as faixas marginais de cursos d'água que são consideradas como áreas ambientais protegidas. As coberturas vegetais no entorno das APP's reduzem o carreamento de substâncias para o corpo d'água, diminuindo o assoreamento dos rios.

A Lei nº 12.651/2012 que instituiu o Novo Código Florestal, em seu Capítulo II, Seção I e IV, estabeleceu limites para as faixas marginais de qualquer curso d'água e nascentes ou olhos d'água, em zonas rurais ou urbanas, considerando uma largura mínima de 30 (trinta) metros para os cursos d'água que tenham menos de 10 (dez) metros de largura e raio mínimo de 50 (cinquenta) metros para as áreas no entorno das nascentes e olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica.

Dessa forma, no âmbito do Novo Código Florestal, não é permitida a intervenção e a supressão de vegetação em área de preservação permanente. Excepcionalmente nos casos em que a intervenção se enquadrar como de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental (BRASIL, 2012).

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 369, de 29 de março de 2006, “dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente – APP”. Esta resolução define como casos excepcionais, situações como atividades de proteção sanitária, obras de infraestrutura de serviços públicos, atividades de pesquisa e intervenção ou supressão de vegetação eventual e de baixo impacto ambiental, desde que atenda as condições e padrões aplicáveis aos corpos de água, e que haja inexistência de risco de agravamento de processos de enchentes, erosão ou movimentos acidentais de massa rochosa.

Em tese, a Lei nº 12.651/2012 e a Resolução do CONAMA nº 369, de 29 de março de 2006, estabelecem uma proteção total e definitiva para as utilizações estritamente privadas dos ecossistemas classificados como APP's. No entanto, nas áreas que se aplicam a proteção ambiental permanente, a legislação permite a intervenção em casos de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental.

Tem-se ainda, na Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal), em seu Capítulo XIII, Seção II, no Art. 61, nos §§ 1º ao 5º, a autorização para continuidade das atividades agrossilvipastoris,

de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008, respeitando a recomposição das respectivas faixas marginais em consonância com o tamanho da área consolidada do imóvel, sendo que para imóveis rurais de até 1 (um) módulo fiscal será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais de 5 metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água e em casos da nascentes ou olhos d'água será obrigatória a recomposição do raio mínimo de 15 metros.

A intervenção antrópica em áreas de preservação permanente resulta em diversos impactos ambientais. O desmatamento de áreas de mata ciliar provoca a interferência no ciclo hidrológico natural: a proporção de infiltração é reduzida, a evaporação aumenta, o que ocasiona a concentração de deflúvios e favorece as inundações (GORSKI, 2010).

A supressão de vegetação ciliar também interfere diretamente na qualidade das águas. A vegetação ripária é importante para retenção da erosão laminar que provoca o carreamento de sedimentos e assoreamento do rio. Quando um curso d'água recebe sedimentos em demasia, ocorre a diminuição do leito, propiciando a incidência de inundações (RODRIGUES E LEITAO FILHO, 2004).

As atividades antrópicas aliada ao crescimento urbano decorre no comprometimento e desmatamento de APP's, não somente nas áreas urbanas, como também em áreas rurais. Esta exploração inadequada dos recursos naturais, causam inúmeros problemas ambientais e afetam em especial as nascentes (ROCHA; FONSECA; SOUSA, 2017).

Diversos fatores podem alterar a quantidade e a qualidade da água das nascentes de uma bacia hidrográfica, como por exemplo, a declividade, o tipo e o uso do solo, principalmente das zonas de recarga, responsáveis pela drenagem da água do divisor natural até a nascente. Essa captação influencia o armazenamento da água subterrânea e o regime da nascente e dos cursos d'água. A conservação dessa água depende da conservação dos outros recursos naturais existentes no sistema (PINTO *et al.*, 2004).

Conforme definição de Felipe e Magalhães (2012) nascentes são sistemas ambientais em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente de modo temporário ou perene, integrando à rede de drenagem superficial, e são imprescindíveis para a manutenção das bacias hidrográficas. Dessa forma, constituem-se em importantes sistemas para a manutenção do equilíbrio hidrológico e ambiental *lato sensu* das bacias hidrográficas, pois marcam o início dos canais de drenagem e, assim, são as responsáveis pela existência das águas superficiais (PINTO; ROMA; BALIEIRO, 2012).

Entre as inúmeras formas de degradação das nascentes, é possível afirmar que o desmatamento das matas ciliares tem a maior expressividade, pois seus efeitos podem promover a poluição, o assoreamento, a redução da vazão e até mesmo o seu desaparecimento (DAVIDE *et al.*, 2004).

É comum que ocorra o desmatamento da mata ciliar em torno da nascente, além da atividade agrícola, pecuária e antrópica em suas proximidades, principalmente em pequenas propriedades rurais (SILVA *et al.*, 2018), não havendo preocupação com a sua conservação, ou com a importância que elas exercem no fornecimento de água para toda a região (SANTOS, 2019).

Algumas alternativas podem ser realizadas para promoção da preservação das nascentes e de suas funções, como o seu mapeamento, cercamento da área de preservação permanente e ações de educação ambiental (SILVA *et al.*, 2018; FERREIRA *et al.*, 2016). Assim, é necessária a realização de um levantamento detalhado quanto ao nível de degradação e quais ações que são prioritárias e possíveis para revitalizar e/ou conservar as nascentes (SANTOS, 2019).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

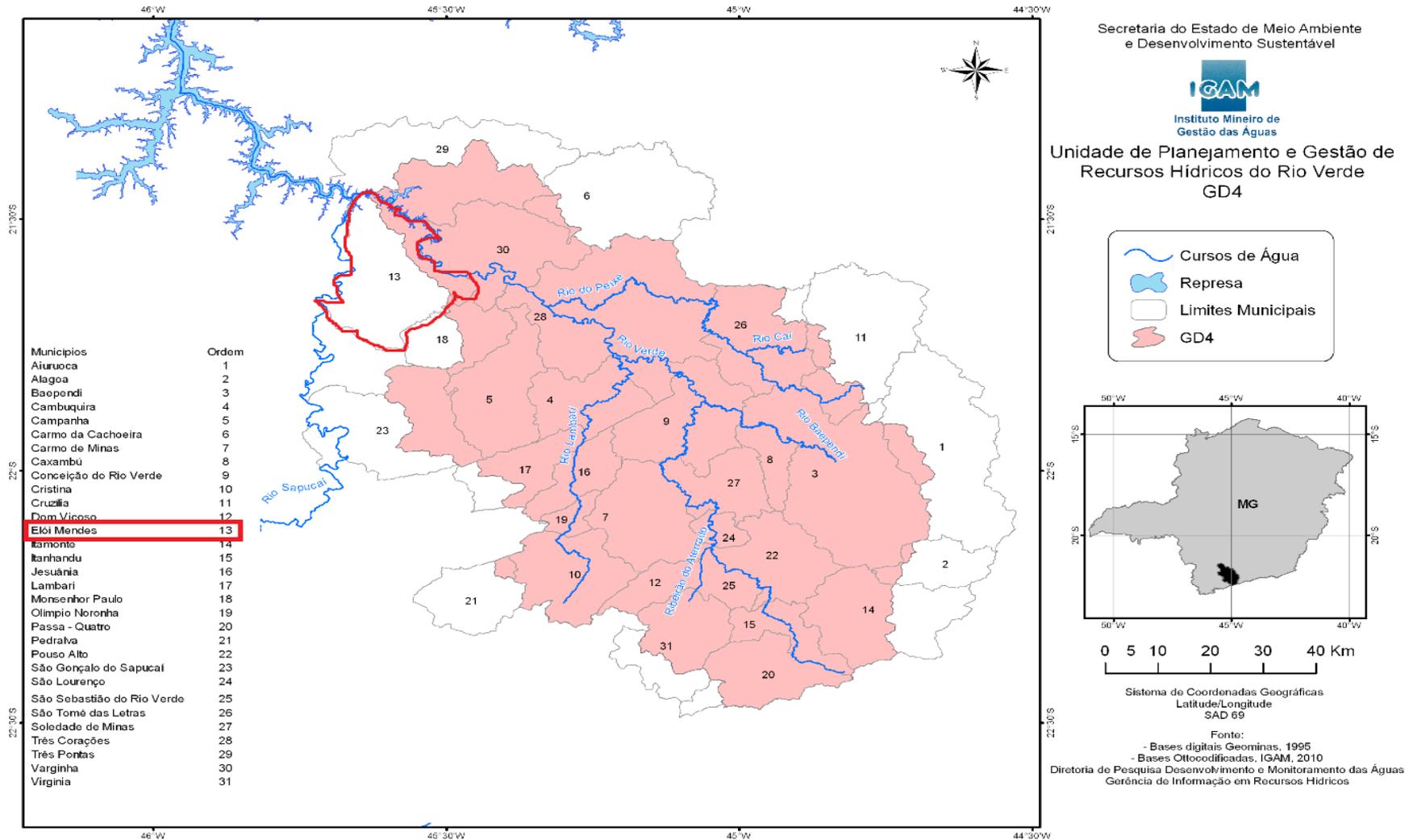
Localizada na mesorregião sul-sudoeste de Minas Gerais, Elói Mendes é um município que apresenta 87,6% de domicílios com rede coletora de esgotamento sanitário adequado, contudo não há uma estação de tratamento de esgoto (ETE) que atenda a cidade. Com uma área de 499,53 km<sup>2</sup>, o município tem aproximadamente 28.076 habitantes, dos quais 80% residem na zona urbana. (IBGE, 2010).

De acordo Nimer (1989) o clima também é classificado como mesotérmico brando e úmido com 3 meses secos. Predominam temperaturas amenas durante todo o ano (média anual em torno de 18 a 19°C) devido, principalmente, à orografia. O verão é brando, com média inferior a 22°C; e, no inverno, em que ocorre uma queda sensível de temperatura, porém com média nunca descendo abaixo de 10°C.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Elói Mendes (ELÓI MENDES, 2015) o município possui, em seu território, relevo formado por 10% plano, 65% ondulado e 25% montanhoso, resultante do contraste entre relevos planos, ondulados, montanhosos, gerando paisagens naturais bem diversificadas.

A rede de drenagem do município pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Verde, no trecho Alto Rio Verde (Figura 4), que compõe a Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Rio Verde (UPGRH – GD4) e que está integrada à bacia hidrográfica do Rio Grande. A delimitação da sub bacia hidrográfica do Ribeirão da Onça (Figura 5) se deu pelos divisores de água em função da topografia do local, utilizando o *software Global Mapper*® versão 20.1, obtendo-se a área correspondente à 16,22 km<sup>2</sup>.

**Figura 4** – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, e conseqüentemente, da Bacia Hidrográfica do Rio Verde



Fonte: Adaptado de IGAM, 2010.

**Figura 5** – Delimitação da sub bacia Hidrográfica do Ribeirão do Onça, Elói Mendes, MG. 2020



Fonte: Adaptado de *Google Earth*®, 2020.

O Ribeirão da Onça se inicia a leste na zona rural no município, no encontro de seus afluentes que se configuram por nascentes espalhadas na área da sub-bacia, no ponto de coordenadas geográficas  $21^{\circ} 37'23''$  S e  $45^{\circ}31'58''$  O (Figura 6) e segue em direção oeste para a zona urbana, com uma extensão de aproximadamente 3 km até o ponto de captação de água para abastecimento público do SAAE determinados para este trabalho.

**Figura 6** – Extensão do Ribeirão do Onça e seus afluentes, Elói Mendes, MG. 2020



Fonte: Adaptado de *Google Earth*®, 2020.

O Ribeirão da Onça é o responsável pelo abastecimento de água de todo o município, e conta com uma vazão outorgada para captação de  $76 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ , autorizada em 26 de janeiro de 2007 e com validade para 20 anos (20/01/2027), conforme outorga emitida pela Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Sul de Minas, por Delegação de Competência do IGAM. No período de estiagem o sistema de abastecimento enfrenta problemas para atender toda a população devido ao baixo volume de vazão que ocorre no ribeirão da Onça.

Ao longo da extensão do ribeirão, o SAAE executou uma estrutura de barramento com vertedouro (Figura 7) para suprimir a demanda de água nos períodos de estiagem.

**Figura 7** – Estrutura de barramento num trecho da extensão do Ribeirão da Onça, Elói Mendes, MG. 2020



Fonte: Autor, 2020.

Conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico de Elói Mendes (ELÓI MENDES, 2015), a vegetação predominante é a tropical, campo-cerrado, com matas tropicais nas encostas das nascentes. Contudo, com o crescimento populacional, intensificação agropecuária e das atividades industriais, o uso do solo na sub-bacia do Ribeirão da Onça foi sendo modificada nas últimas décadas em decorrência do desenvolvimento.

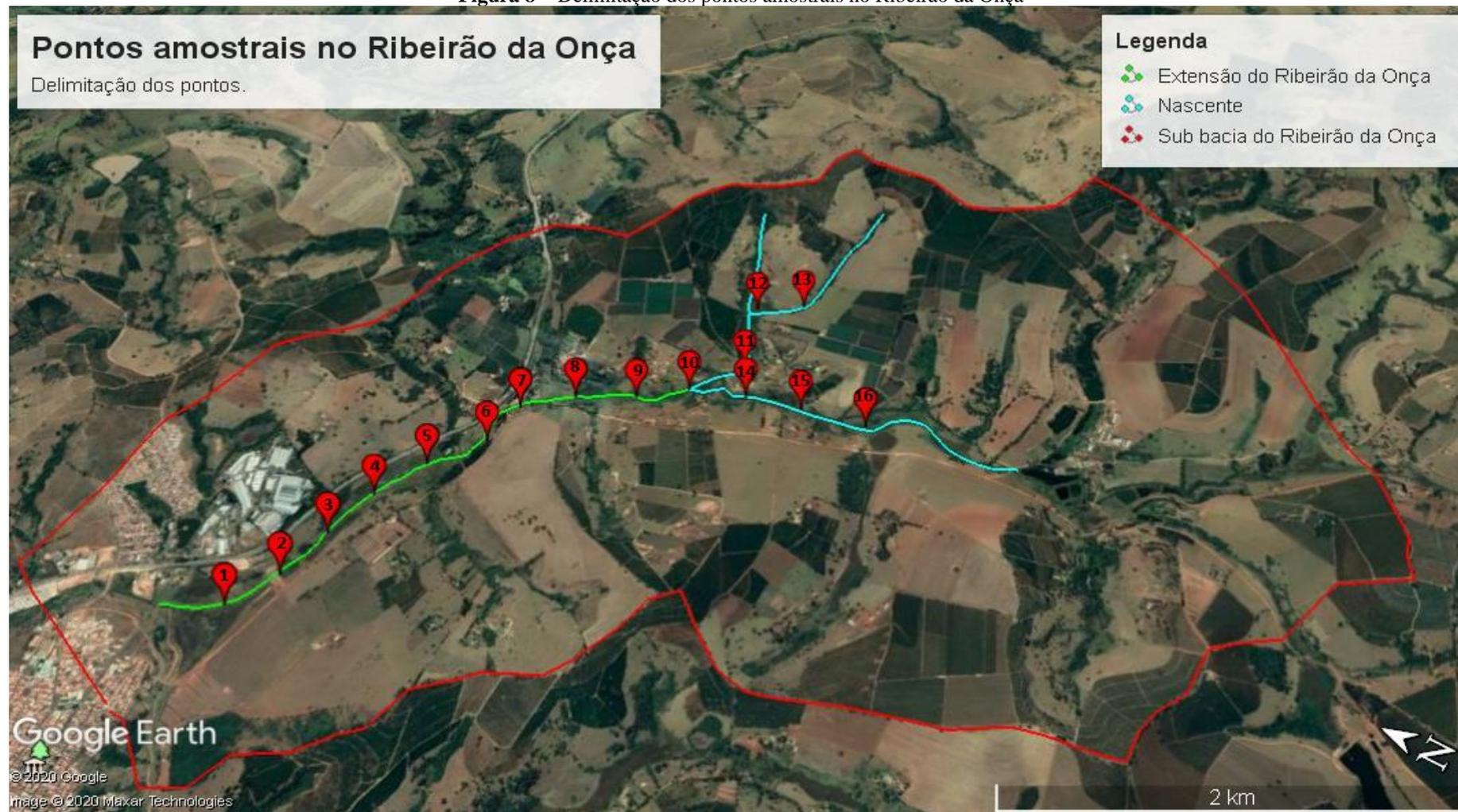
### 3.2 Delimitação dos pontos amostrais, procedimentos e delineamento metodológico

Para aplicação do Método Bávaro, o Ribeirão da Onça foi dividido em 16 pontos com espaçamento aproximado de 300 m e, apesar da dificuldade de acesso, todos esses pontos foram percorridos *in loco* e caracterizados quanto aos parâmetros de avaliação do método.

A determinação dos pontos a cada 300 m ocorreu por representarem as características físicas do solo, vegetação, margem e leito do ribeirão 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 de granulometria.

Os pontos foram numerados para auxiliar também na identificação das amostras de solo. Foram delimitados 10 pontos em toda a extensão do Ribeirão da Onça e 06 pontos nas nascentes do ribeirão (sendo dois pontos na primeira nascente, um ponto na segunda nascente e três pontos na terceira nascente), totalizando 16 pontos amostrais (Figura 8), localizados de acordo com as coordenadas apresentadas na Tabela 1.

Figura 8 – Delimitação dos pontos amostrais no Ribeirão da Onça



Fonte: Autor, 2020.

**Tabela 1** – Coordenadas geográficas dos pontos de aplicação do Método Bávaro para o Ribeirão da Onça

Ribeirão da Onça		
Ponto	Longitude*	Latitude*
1	21°36'41" S	45°33'12" O
2	21°36'45" S	45°33'03" O
3	21°36'47" S	45°32'53" O
4	21°36'49" S	45°32'43" O
5	21°36'53" S	45°32'34" O
6	21°36'59" S	45°32'25" O
7	21°37'00" S	45°32'16" O
8	21°37'07" S	45°32'09" O
9	21°37'16" S	45°32'04" O
10	21°37'23" S	45°31'58" O
11	21°37'29" S	45°31'49" O
12	21°37'25" S	45°31'36" O
13	21°37'32" S	45°31'32" O
14	21°37'32" S	45°31'55" O
15	21°37'42" S	45°31'52" O
16	21°37'53" S	45°31'50" O

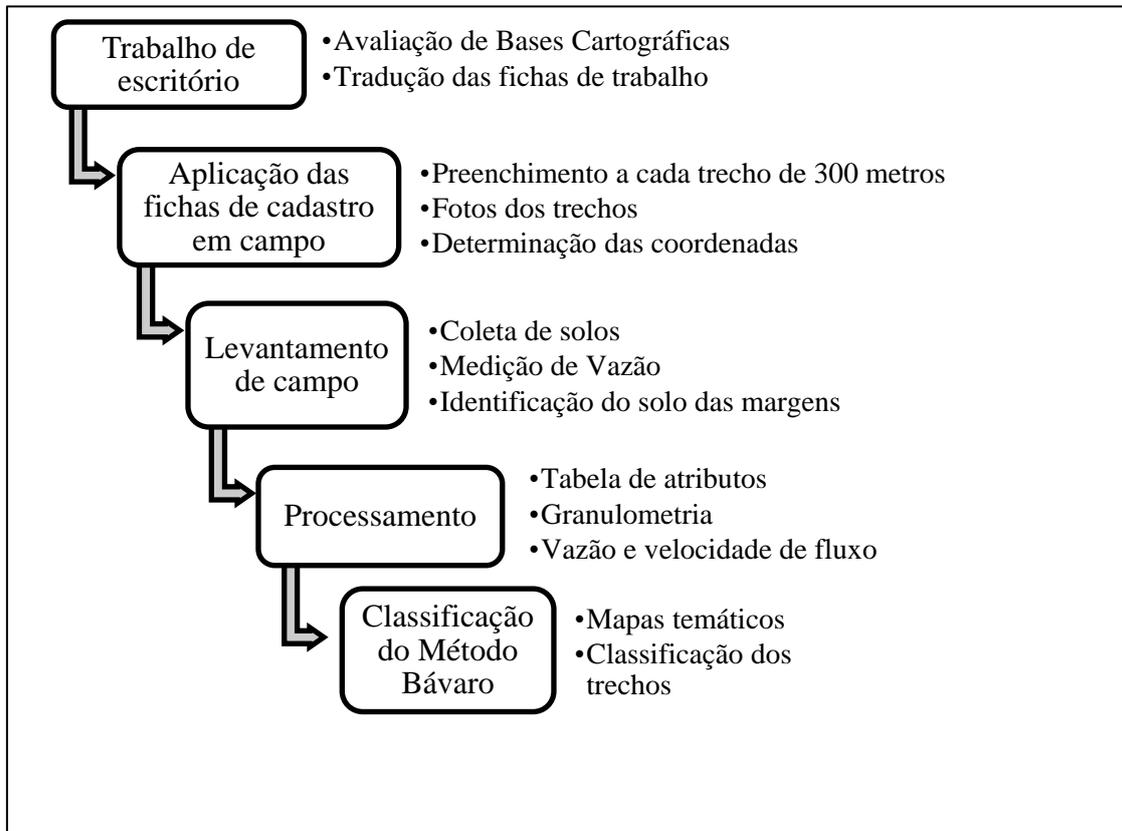
\*coordenadas geográficas em graus, minutos e segundos. Datum WGS84.  
Fonte: Autor, 2020.

Com a demarcação cartográfica definida e o preenchimento das fichas de cadastro do Método Bávaro (Anexo A), a coleta das amostras de solo foram extraídas do Ribeirão da Onça, organizadas e analisadas utilizando o *software* Excel Versão 2013®, também utilizado para montagem dos gráficos dos resultados dos parâmetros do método.

A determinação dos pontos a serem avaliados no Ribeirão da Onça foi realizado por meio das imagens da plataforma *Google Earth Pro*® Versão 7.3.2.5776, com imagens da região em estudo atualizadas em 03 de março de 2020.

O fluxograma apresentado na Figura 9 mostra um resumo da aplicação do Método Bávaro, conforme sua ordem de execução.

**Figura 9** – Ordem de execução do Método Bávaro



Fonte: Autor (2020).

Além da plataforma Google Earth Pro®, foram utilizados o aplicativo GPS campeiro para a aferição dos pontos geográficos. Também fez-se necessário a utilização de câmera fotográfica e uma trena métrica.

### 3.3 Análise hidromorfológica

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

Segundo a itemização da ficha de cadastro do Método Bávaro, os parâmetros para avaliação são:

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

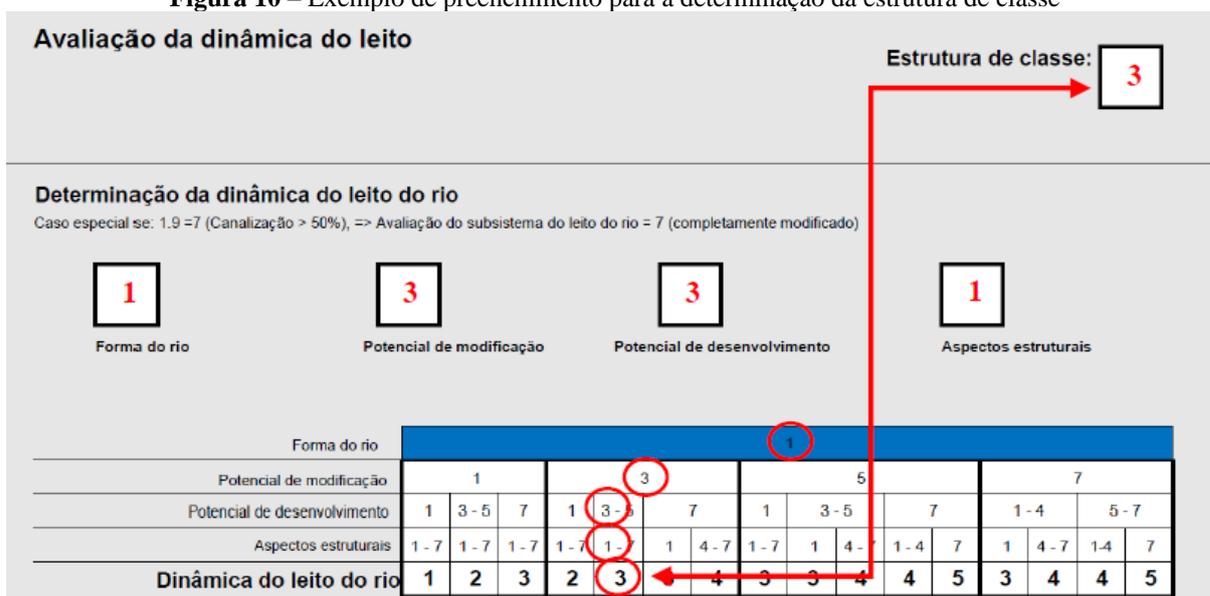
A partir do preenchimento dos parâmetros individuais, avaliou-se o grau de modificação do corpo hídrico dentro das funções hidromorfológicas. Na avaliação da dinâmica do leito do rio foi inserido o valor obtido para a forma do rio e, para o potencial de modificação, inserido o maior valor, porque ele 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 10). O valor final, que pode variar de 1 a 7, foi contabilizado no campo estrutura de classe.

**Figura 10** – Exemplo de preenchimento para a determinação da estrutura de classe



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 11), 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 2.

**Tabela 2** – Estrutura do corpo hídrico, de acordo com o Método Bávaro

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

Fonte: Adaptado de BAYLFW (2002).

### 3.4 Análise do solo

Como parâmetro de preenchimento para o método Bávaro é necessário informações do solo do leito do ribeirão como o tipo de sedimento do leito do rio e também a diversidade do substrato, além dos parâmetros padrão de fluxo, seção transversal, deposição e faixas de vazão.

Para isso, as amostras deformadas foram coletadas de dentro do leito do ribeirão, utilizando uma colher de solo DER quadrada em todos os pontos delimitados no Ribeirão da Onça. Foi necessário adentrar na margem do ribeirão para realizar a coleta das amostras priorizando os trechos mais retilíneos. As amostras, foram armazenadas em recipientes plásticos em porções de 500 g e etiquetadas para identificação (Figura 11) e encaminhadas para análise no laboratório de materiais de construção e mecânica dos solos do curso de Engenharia Civil da Universidade Vale do Rio Verde. Juntamente a coleta das amostras foi realizado com o preenchimento da ficha de cadastro nos pontos amostrais do Ribeirão da Onça.

**Figura 11** – Amostras de solo do fundo do leito do Ribeirão da Onça



Fonte: Autor, 2020.

As amostras de solo úmidas do fundo do leito do Ribeirão da Onça foram secas em estufa à temperatura de 105°C durante 24 horas e posteriormente analisadas no ensaio de granulometria por peneiramento (Figura 12).

**Figura 12** – Estufa e peneiras para o ensaio de granulometria por peneiramento do solo retirado do fundo do leito do Ribeirão da Onça



Fonte: Autor, 2020.

Para a determinação das curvas de distribuição granulométrica foi realizado o peneiramento das amostras, seguindo as normas estabelecidas pela NBR 7181 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984) e NBR 7217 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1987). As amostras de solo foram colocadas no agitador mecânico de peneiras, sendo quantificada a granulometria do material nos extratos percentual da massa de solo retidas em malha superior a 2 mm (sedimentos grossos) e inferior a 2 mm (sedimentos finos).

### 3.5 Vazão

Para medição da vazão no Ribeirão da Onças foi utilizado o método flutuador, embora simples, pois as condições locais não permitiam a medição com micromolinete.

Com o uso de uma trena foi medida a largura da seção transversal do ribeirão, em cada ponto amostral, dos quais foram subdivididos em pequenas larguras, de 0,3 metros à 0,50 metros, em função da largura do ribeirão naquele ponto, conforme metodologia indicada por Gomes e Santos (2003) na Tabela 3, enquanto que para determinar a profundidade nas larguras foi utilizada uma simples vara de bambu devidamente marcada em escala métrica, denominada régua métrica, configurando-se assim a aplicação do método da uma batimetria.

**Tabela 3** - Distribuição dos pontos transversal ao canal para medição da velocidade do fluxo de água entre as seções verticais

Largura do canal (m)	Distância entre as seções verticais (m)
< 3	0,30
3 a 6	0,50
6 a 15	1,0
15 a 30	2,0
30 a 50	3,0
50 a 80	4,0
80 a 150	6,0
150 a 250	8,0
> 250	12,0

Fonte: Adaptado de Gomes e Santos (2003).

Para a determinação da velocidade média do fluxo, utilizou-se a equação 1:

$$V = \frac{d}{t}$$

(Equação 1)

Onde:

V é a velocidade do fluxo da água (metros/segundos);

d é igual distância (metros);

t é o (segundos).

A velocidade média foi estimada como sendo 85% da velocidade superficial (Equação 2):

$$V_m = 0,85 \times V \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$V_m$  é a velocidade média (metros/segundos);

V é a velocidade do fluxo da água (metros/segundos).

Em seguida, procedeu-se ao cálculo da vazão multiplicando- a velocidade média pela área molhada (área da seção transversal por onde está ocorrendo o escoamento) determinada na batimetria pela velocidade média (Equação 3):

$$Q = V_m \times A_m \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

Q é a vazão (metros cúbicos/segundos);

$V_m$  é a velocidade média (metros/segundos);

$A_m$  é a área molhada (metros quadrados).

### **3.6 Proposição de pontos amostrais para monitoramento da qualidade da água**

Para demarcação das APPs da sub bacia do Ribeirão da Onça foi utilizada a ferramenta Google Earth Pro®, que permitiu o processo de extração de imagem, bem como a Lei Federal nº. 12.651/12 (Código Florestal) para delimitação das áreas correspondentes.

Para as nascentes, foi demarcado a APP com um raio de 50 m a partir do centro da nascente, conforme indicado no Código Florestal (2012), no Art. 4º, alínea “b”.

Ao longo dos cursos d'água, a demarcação da APP foi proporcional à largura aproximada do Ribeirão da Onça, tal qual preconiza o Código Florestal (2012) no seu Art. 4º, alínea “a”, para curso d'água com menos de 10 metros de largura.

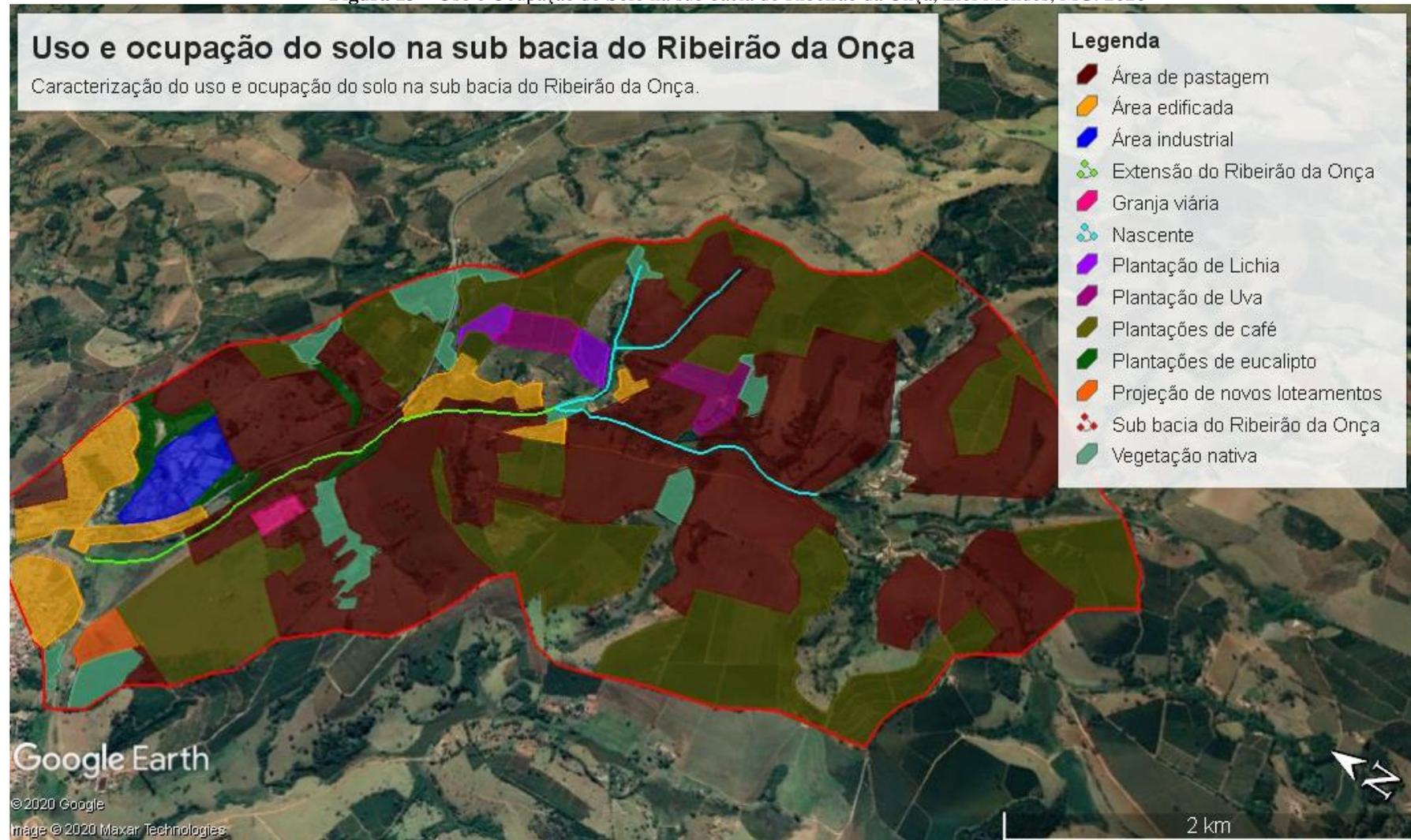
Posteriormente, com base no mapa de uso e ocupação do solo da sub bacia hidrográfica do Ribeirão da Onça, foi sobreposto o mapa das demarcações das Áreas de Preservação Permanentes – APPs para identificação de áreas de conflito do uso do solo.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Uso e ocupação do solo na sub bacia do Ribeirão da Onça**

O uso e ocupação do solo na sub bacia do Ribeirão da Onça compõem-se por classes de uso e coberturas de solo como demonstra a Figura 13, caracterizadas com a utilização de imagens do Google Earth® e visita *in loco*, destacando-se áreas edificadas, área industrial, projeção de novos loteamentos, plantações de café, uva e lichia, granja viária, pastagens, plantações de eucalipto e vegetação nativa.

**Figura 13** – Uso e Ocupação do Solo na sub bacia do Ribeirão da Onça, Elói Mendes, MG. 2020



Fonte: Adaptado de Google Earth®, 2020.

Para a área total de 16,22 km<sup>2</sup> os usos e ocupações do solo da sub bacia do ribeirão da Onça são apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4** – Áreas correspondentes ao uso e ocupação do solo na sub bacia do ribeirão da Onça

Uso e ocupação do solo	Área correspondente (km <sup>2</sup> )	%
Área edificada	0,72	4,42
Área industrial	0,25	1,51
Projeção de novos loteamentos	0,30	1,90
Plantações de café	4,20	25,90
Plantações de uva	0,25	1,55
Plantações de lichia	0,12	0,75
Granja viária	0,052	0,32
Plantações de eucalipto	0,15	0,98
Pastagens e cultivos de outras culturas	9,73	60,0
Vegetação nativa	0,43	2,67
Área total da bacia	16,22	100,0

Fonte: Autor (2020).

Grande parte da sub bacia hidrográfica do Ribeirão da Onça encontra-se consolidada, tratando-se de áreas industriais, agrícolas, pastagens e urbanizadas e apenas 2,67% ainda em vegetação nativa.

A ocupação por chacreamentos que ocorre na sub bacia se dá de forma irregular, visto que a prefeitura não permitiu a edificação destas áreas, por não atender as legislações vigentes ao ordenamento urbano.

Nota-se ainda, a inexistente delimitação ou informação quanto as áreas de preservação permanentes necessárias no entorno do Ribeirão da Onça e suas nascentes, sendo o entorno ocupado em alguns trechos por áreas edificadas, plantações de eucaliptos, plantações de lichia e pastagens.

## 4.2 Análise hidromorfológica

### 4.2.1 Descrição dos pontos do Ribeirão da Onça

O Ribeirão da Onça é formado por um conjunto de três nascentes localizadas em propriedades particulares da zona rural no município de Elói Mendes, que a partir do ponto de encontro das águas das nascentes, percorre uma extensão de 3 km até chegar no ponto de captação do SAAE – Elói Mendes.

A caracterização hidromorfológica iniciou-se no Ponto 1 (Figura 14), determinado há 300 metros do pontos de captação do SAAE – Elói Mendes. A área apresenta vegetação rasteira, sem muitas alterações, porém, não apresenta nenhuma vegetação nativa característica da região (Figura 15). Não há delimitação de áreas de preservação permanente no local, nem indicação que trata-se de uma área para captação de água para abastecimento público.

**Figura 14** – Paisagem das características hidromorfológicas do Ponto 1



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 15** – Características da vegetação da área de influência do Ponto 1



Fonte: Autor, 2020.

No ponto 1 o escoamento do fluxo da água no ribeirão ocorre em forma de correnteza, com aparência barrenta, pouca transparência e com presença de partículas suspensas. O fluxo

em correnteza se deve ao fato da água passar por dois bocais com medidores de vazão (Figura 16) devido a barragem de água no ribeirão da Onça realizada pelo SAAE – Elói Mendes.

**Figura 16** – Medidores de vazão na barragem do ribeirão da Onça



Fonte: Autor, 2020.

As obras para construção da barragem de água no Ribeirão da Onça ocorreram no ano de 2017 e desde então a água é represada para captação. Não foi possível obter informações quanto as outorgas relacionadas a barragem.

É pertinente ainda atentar-se ao fato de que a rodovia BR-381 está muito próximo ao local, sendo necessário a elaboração de planos de contenção e emergenciais em casos de acidentes com cargas químicas e tóxicas no local. Há também, algumas edificações próximas ao local que não realizam tratamento de esgoto e lançam seus efluentes em fossas sépticas para fazer o tratamento de esgoto e posteriormente seus efluentes são lançados no ribeirão.

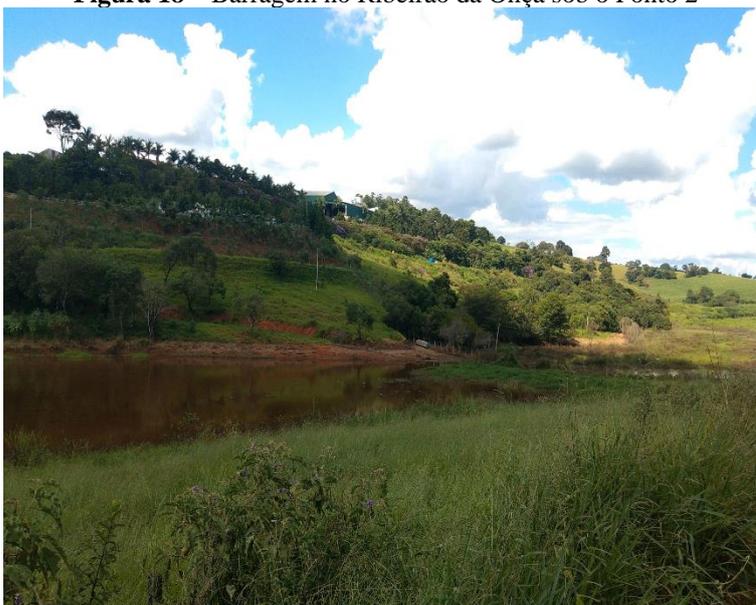
O Ponto 2 determinado sobre a barragem apresenta uma área sem alterações, com vegetação nativa e características brejosas (Figura 17). A água do Ribeirão da Onça represada neste ponto, apresenta-se barrenta, sem odor e partículas finas. Na barragem há uma estrutura de vertedouro e os taludes não se encontram estabilizados com gramas, sendo suscetíveis a erosão (Figura 18).

**Figura 17** – Características hidromorfológicas do Ponto 2



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 18** – Barragem no Ribeirão da Onça sob o Ponto 2



Fonte: Autor, 2020.

O ponto 3 foi determinado em uma área com características de vegetação nativa, brejosa, e sem alterações perceptíveis (Figura 19). Contudo, na área de influência deste ponto está localizada uma granja viária, que devido a topografia do local, pode assorear sedimentos para o Ribeirão da Onça. Foi possível identificar a água com tonalidade esverdeada, com partículas suspensas, mas sem odor.

Não foi possível no empreendimento identificar se há sistema de tratamento de esgoto e sistema de tratamento dos resíduos. Os proprietários somente informaram que possuem uma

Licença Ambiental Simplificada, emitida em 18 de janeiro de 2019, pela Superintendência Regional de Meio Ambiente do Sul de Minas.

**Figura 19** – Características hidromorfológicas do Ponto 3



Fonte: Autor, 2020.

Nos pontos 4 e 5 (Figuras 20 e 21) não foi possível identificar o leito do Ribeirão da Onça por se tratar de uma área brejosa com vegetação densa. Contudo, foi possível identificar alterações na área como plantações de eucalipto e edificações de sitiantes. A área encontra-se cercada devido a presença de animais no local. A água nestes pontos apresenta cor de tonalidade esverdeada com partículas suspensas e sem odor, provavelmente em função da presença da vegetação.

**Figura 20** – Características hidromorfológicas do Ponto 4



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 21** – Características hidromorfológicas do Ponto 5



Fonte: Autor, 2020.

O Ponto 6 (Figura 22) foi determinado em uma área que apresenta inúmeras alterações em seu uso e ocupação do solo. Há áreas de plantio de café, áreas edificadas, e plantações de eucaliptos inseridos na área de influência deste ponto. A água apresenta-se em tonalidade esverdeada, oleosa, e com presença de algas no fundo do leito do ribeirão.

**Figura 22** – Características hidromorfológicas do Ponto 6



Fonte: Autor, 2020.

No Ponto 7 (Figura 23) o ribeirão se localiza muito próximo à estrada rural e das áreas edificadas no seu entorno. As áreas de pastagens também são bastante significativas em seu entorno. O grande destaque para este ponto é a atividade industrial que ocorre na edificação ao lado do ribeirão de lavagem de laranjas para extração do suco e comercialização, utilizando da água do ribeirão para esta atividade. Foi possível identificar açudes e poços na propriedade durante as atividades de campos, mas não foi informado qual a função destes dentro da propriedade. A água se apresenta um pouco barrenta, mas com tonalidade esverdeada, sem a percepção de odor e com presença de partículas suspensas finas.

**Figura 23** – Características hidromorfológicas do Ponto 7



Fonte: Autor, 2020.

Próximo ao Ponto 7 há uma área com caçambas para que os moradores da zona rural possam depositar seus lixos, e posteriormente, serem coletadas pela prefeitura. Contudo, o lixo acumula nas caçambas (Figura 24) e ocorre o transbordamento destes que, na ocorrência de chuvas, carregam o lixo para o leito do ribeirão.

**Figura 24** – Transbordamento de resíduos sólidos das caçambas próximo ao Ponto 7



Fonte: Autor, 2020.

Os Pontos 8 (Figura 25) e 9 (Figura 26) estão localizados numa área de brejo, cercadas por pastagens onde os animais tem acesso direto para dessentação no leito do ribeirão. Há ao

redor também áreas edificadas (chacreamentos/loteamentos irregulares) e composição de uma vegetação bastante variada. A água apresenta cor cinza esverdeada, não muito transparente, e sem cheiro.

**Figura 25** – Características hidromorfológicas do Ponto 8



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 26** – Características hidromorfológicas do Ponto 9

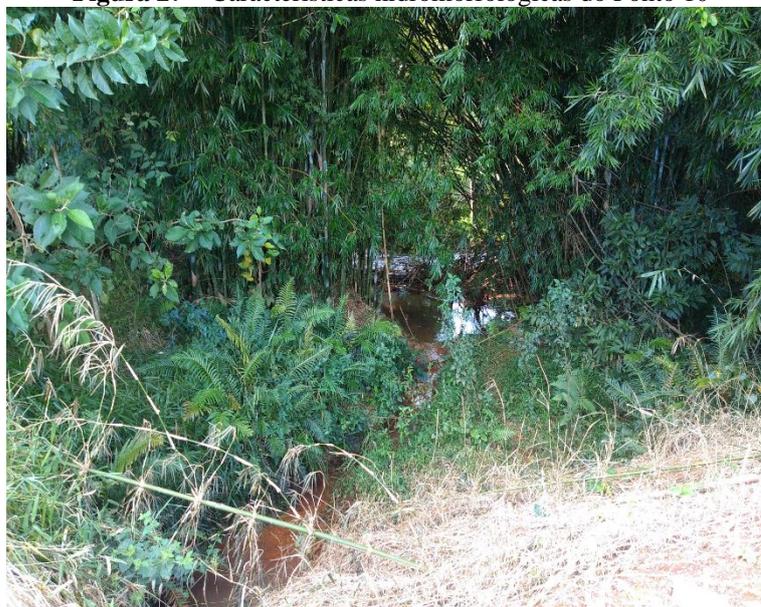


Fonte: Autor, 2020.

Foi determinado o Ponto 10 (Figura 27) do Ribeirão da Onça, que está localizado no encontro das águas das suas respectivas nascentes. Apresenta características de vegetação mais densa e bambueiro, porém muito próximo a estrada rural e das áreas edificadas (chacreamentos/loteamentos irregulares). A água apresentava aparência turva (Figura 28) e com

mau odor bastante significativo. Há também a formação de uma leve correnteza, havendo, no fundo do leito do ribeirão, a presença de partículas bem finas.

**Figura 27** – Características hidromorfológicas do Ponto 10



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 28** – Aparência da água no Ponto 10



Fonte: Autor, 2020.

A determinação do Ponto 11 (Figura 29) na primeira nascente ocorreu devido a sua proximidade com áreas edificadas (chacreamentos/loteamentos irregulares), áreas de pastagens e plantações de café, uva e lichia, muito próximas ao trecho da água. A vegetação em seu entorno é densa de difícil acesso, não sendo possível visualizar o trecho da água. Contudo, foi possível visualizar a água com aparência oleosa e com mau odor. Não há no local delimitação

de áreas de preservação permanentes e há o acesso livre de animais para dessedentação na nascente.

**Figura 29** – Características hidromorfológicas do Ponto 11



Fonte: Autor, 2020.

Foi determinado também na primeira nascente o Ponto 12 (Figura 30) em um açude que interliga a primeira nascente, a segunda nascente e suas águas difusas, caracterizando intervenções antrópicas nas nascentes. A água se apresenta de esverdeada a turva, provavelmente pela presença de algas devido ao acúmulo de nutrientes carreado das áreas do entorno. Não apresentou partículas suspensas e sem odor. Na área não há delimitação de áreas de preservação permanente.

**Figura 30** – Características hidromorfológicas do Ponto 12



Fonte: Autor, 2020.

Na segunda nascente do Ribeirão da Onça está localizado o Ponto 13 (Figura 31) sob uma área de pastagens e com características ainda naturais ao redor do trecho da água, que se apresenta com bastante transparência, sem a presença de partículas suspensas e sem odor, devido a declividade e a presença de rochas no leito. Não são delimitadas áreas de preservação permanentes no entorno do trecho da água.

Há uma cerca ao lado da nascente como mostrado na Figura 32 para delimitação da propriedade privada e da estrada rural que dá acesso a uma edificação localizada à 100 metros acima do ponto da nascente.

**Figura 31** – Características hidromorfológicas do Ponto 13



Fonte: Autor, 2020.

Na extensão da terceira nascente do Ribeirão da Onça foi possível determinar três pontos amostrais, sendo que no Ponto 14 (Figura 32) não foi possível visualizar o trecho da água por ser tratar de uma área com vegetação densa, com a formação de brejos, ainda com características naturais e sem a ação antrópica. Há ao redor muitas árvores, mas não há delimitação de áreas de preservação permanente.

**Figura 32** – Características hidromorfológicas do Ponto 14



Fonte: Autor, 2020.

A área brejosa se manteve nos 300 m a jusante onde foi delimitado o Ponto 15 (Figura 33), identificando-se nesse ponto a substituição da vegetação densa por área de pastagem e plantio de uva, não sendo delimitadas áreas de preservação permanente. Mesmo se tratando de uma área mais aberta, não foi possível distinguir o trecho da água no ponto. Uma boa quantidade de água fica armazenada em açudes localizados num raio de 10 m do ponto de amostra.

**Figura 33** – Características hidromorfológicas do Ponto 15



Fonte: Autor, 2020.

No Ponto 16 (Figura 34) foi possível visualizar o trecho da água, tratando-se de uma nascente difusa que, em alguns locais, tem a formação de brejos e pastagens, com características naturais. Ao redor dessa área, o uso e ocupação de solo ocorrem pelas pastagens, plantações de café e por edificações próximas as nascentes, não sendo possível distinguir áreas de preservação permanente. Isso justifica a aparência oleosa da água, no entanto, sem odor e partículas suspensas, com cor aparente esverdeado.

**Figura 34** – Características hidromorfológicas do Ponto 16



Fonte: Autor, 2020.

Há jusante do ponto 16 não foi possível determinar outros pontos amostrais da nascente por não ser possível distinguir o leito do ribeirão. Trata-se de uma área em que o uso e ocupação do solo demonstram grandes poços de irrigação (Figura 35) para utilização da água nas plantações de café ao redor, bem como áreas extensas de pastagem.

**Figura 35** – Poços de irrigação à jusante da nascente do ponto 16



Fonte: Autor, 2020.

#### 4.3 Análise de Solo do leito do Ribeirão da Onça

Conforme os resultados da análise granulométrica apresentados na Tabela 5, de um modo geral, as amostras apresentam uma dominância de granulometria superior a 2mm (>2mm), ocorrendo, portanto, a classificação como sedimentos grossos das amostra de todos os pontos determinados no Ribeirão da Onça, caracterizando-o como solo argiloso, sendo também identificados durante a análise que os pontos/amostras 6, 7, 8, 9 e 10 possuem significativa quantidade de matéria orgânica.

**Tabela 5** – Massa e percentual retidos nas peneiras superiores e inferiores a 2 mm no ensaio de granulometria das amostras de solo

Ponto amostral no Ribeirão da Onça/ amostra coletada	Massa retida na peneira inferior a 2mm (g)	% retida na peneira inferior a 2mm	Massa retida na peneira superior a 2mm (g)	% retida na peneira superior a 2mm	Tipos de sedimentos (Método Bávaro)
Ponto 1	58,60	11,72	441,40	88,28	Grossos
Ponto 2	141,55	28,31	358,40	71,68	Grossos
Ponto 3	108,20	21,64	391,75	78,35	Grossos
Ponto 4	112,90	22,58	387,10	77,42	Grossos
Ponto 5	103,45	20,69	396,55	79,31	Grossos
Ponto 6	26,60	5,32	473,34	94,68	Grossos
Ponto 7	30,25	6,05	469,75	93,95	Grossos
Ponto 8	220,55	44,11	279,40	55,88	Grossos
Ponto 9	228,55	45,71	271,45	54,29	Grossos
Ponto 10	30,55	6,11	469,45	93,89	Grossos
Ponto 11	90,55	18,11	409,45	81,89	Grossos
Ponto 12	88,35	17,67	411,65	82,33	Grossos
Ponto 13	154,94	30,99	345,06	69,01	Grossos
Ponto 14	224,40	44,88	275,60	55,12	Grossos
Ponto 15	225,15	45,03	274,85	54,97	Grossos
Ponto 16	214,05	42,81	285,95	57,19	Grossos

Fonte: Autor (2020).

No estudo realizado por Meurer, Bravard e Stevaux (2011) no Rio Ivaí, que discorre sobre a análise da granulometria dos sedimentos marginais depositados ao longo do curso d'água para compreensão da dinâmica hidrológica e sedimentar, auxiliando na identificação das condições hidromorfológicas dos sistemas fluviais, utilizando de interpretação de dados granulométricos dos sedimentos marginais depositados ao longo do Rio Ivaí, concluíram que a análise das seções visitadas mostrou que a vegetação marginal é responsável pela retenção dos materiais mais grossos, de forma que a quantidade de materiais finos tende a aumentar à medida em que a distância da vegetação marginal também aumenta.

Os resultados granulométricos do solo do Ribeirão da Onça refletem a situação descrita anteriormente, visto que os pontos amostrais que apresentaram maior quantidade de sedimentos grossos, foram aqueles que possuíam vegetação nativa mais densa próxima as margens do ribeirão, sendo nas amostras destes pontos, também identificadas significativa quantidade de matéria orgânica presente junto ao solo coletado.

Conforme Brito (2009), as características dos sedimentos transportados por um rio dependem, principalmente, de fatores como a velocidade média da corrente (produto da declividade média), tipo de material fonte, clima e cobertura vegetal da bacia de drenagem, especialmente da mata ciliar imediatamente adjacente aos cursos de água. Estes fatores estão bastante interligados e em estudos geomorfológicos e hidrológicos se torna difícil a compreensão destas relações quando vários destes fatores variam espacial e temporalmente dentro da bacia de drenagem.

Os resultados granulométricos mostram que, para todos os pontos amostrais do Ribeirão da Onça, o principal tamanho de grão transportado pelo ribeirão é argiloso grosso ( $> 2\text{mm}$ ), condicionado pelas velocidades de corrente típicas do ribeirão, que inclusive, permitem que estes sedimentos sejam transportados por longas distâncias, principalmente no período de cheias, acumulando-se em outros pontos do ribeirão, contribuindo para mudanças no sistema fluvial.

Os estudos de Brito (2009) apontaram que uma grande variabilidade dos parâmetros granulométricos, estão associados a degradação da vegetação por ação antrópica, elevando o grau de erodibilidade das margens do rio. Esta condição faz com que os sedimentos das margens sejam inseridos no canal.

Tal situação pode ser analisada no Ribeirão da Onça, visto que, nos pontos amostrais das nascentes e áreas brejosas, houve baixo percentual de massa retida de solo, enquanto que nos demais, os percentuais se mostraram como valores mais elevados.

Tais análise das amostras de solo se fizeram necessárias para preenchimento da ficha de cadastro de campo do Método Bávaro, nos parâmetros estrutura do leito do rio e dinâmica do rio.

#### **4.4 Vazão e velocidade de fluxo**

Nota-se que a área da seção transversal para o ponto 2 não foi possível de ser estabelecida devido ao ponto estar delimitado sobre a barragem do Ribeirão da Onça.

**Tabela 6** – Velocidades médias de fluxo dos pontos amostrais do Ribeirão da Onça

Descrição	Área da seção transversal (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
Ponto 1	3,50	0,11	0,38
Ponto 2	-	-	-
Ponto 3	1,48	0,21	0,31
Ponto 4	1,51	0,22	0,33
Ponto 5	1,67	0,22	0,36
Ponto 6	1,83	0,22	0,40
Ponto 7	2,47	0,24	0,59
Ponto 8	2,72	1,27	3,45
Ponto 9	3,05	2,06	6,28
Ponto 10	4,75	2,12	10,07
Ponto 11	0,80	0,56	0,44
Ponto 12	1,10	0,56	0,61
Ponto 13	1,25	0,08	0,10
Ponto 14	1,84	0,09	0,16
Ponto 15	1,79	0,10	0,17
Ponto 16	1,64	0,10	0,16

Fonte: Autor (2020).

No ponto 2, não houve valores associados, devido ao ponto amostral estar delimitado sobre a estrutura de barramento de água no Ribeirão da Onça, sendo o fluxo de escoamento restabelecido no ponto 1, uma vez que a água passa pelo orifício da barragem e retoma seu escoamento em conformidade com a área e declividade do ribeirão. No entanto, no ponto 10 tem-se a maior velocidade de fluxo e vazão identificadas para o ribeirão, uma vez que o ponto foi delimitado no encontro das nascentes do ribeirão. Essas velocidades e vazões se mantêm com valores aproximados ainda nos pontos 9 e 8, e ao passar para os pontos a montante (7, 6, 5, 4, 3) tem uma queda brusca de valor em função da área do ribeirão estar localizada numa região de fundo de vale aberto e brejosa. Quanto às nascentes, os pontos 11 e 12, apresentaram valores superiores às velocidades de fluxo dos demais pontos (13, 14, 15 e 16) das outras nascentes, em função da declividade do trechos, por se tratar de áreas de planícies brejosas.

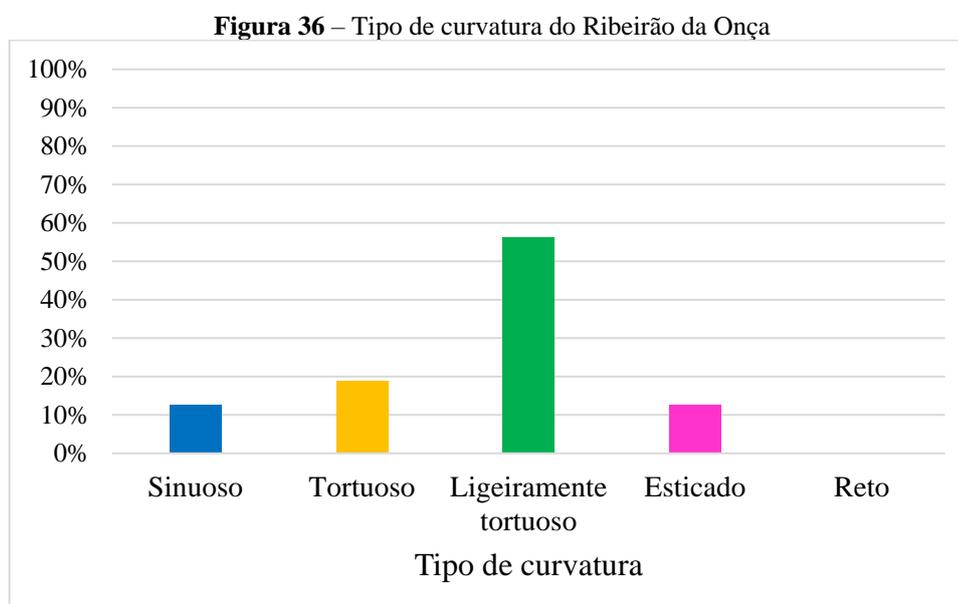
Nota-se que as vazões dos pontos amostrais 11, 12, 13, 14, 15 e 16 possuem valores aproximados e correspondem ao pontos delimitados sobre as nascentes do Ribeirão da Onça.

#### 4.5 Resultados dos parâmetros individuais no Método Bávaro

#### 4.5.1 Dinâmica do leito do rio

O primeiro parâmetro avaliado é a forma do rio, função hidrológica que sugere o grau de naturalidade do curso d'água, e está relacionado às informações da estrutura do leito do rio como tipo de vale, de curvatura, de execução, sedimentos, tipo de regime e potencial de largura 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). Na Figura 36 apresenta-se o resultado obtido em relação ao tipo de curvatura do Ribeirão da Onça.

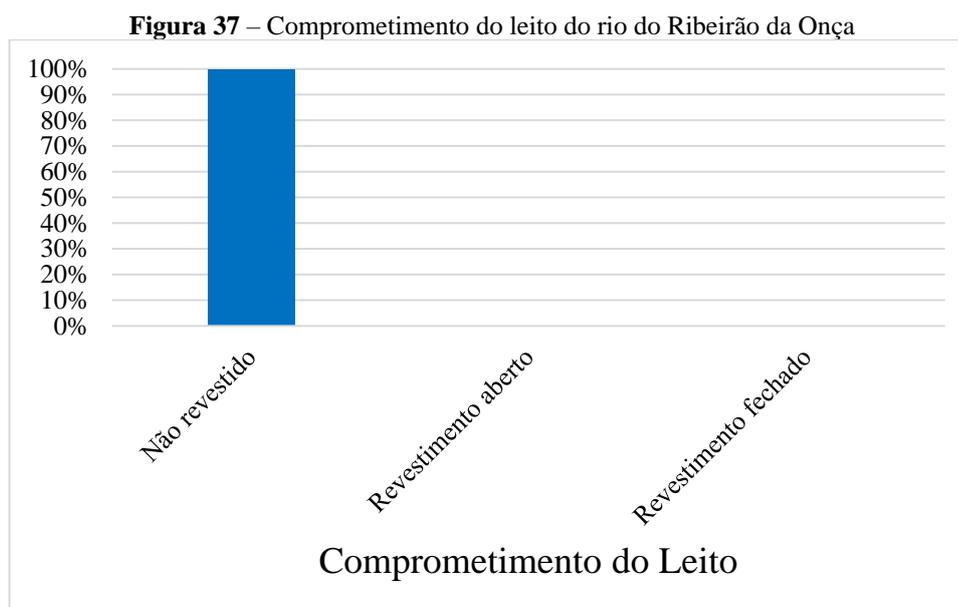


Fonte: Autor (2020).

Neste parâmetro, pode-se observar que pouco mais de 10% foi classificado como trecho esticado, o que apresenta uma característica de concentração do fluxo de água superficial, correspondendo aos pontos 1 e 2 delimitados anteriormente. Assim, quanto mais concentrados os fluxos d'água, maior seu potencial de erosão pluvial. A erosão torna-se mais efetiva, pois o material colocado em suspensão nas águas passa a ser transportado vertente abaixo com uma energia capaz de desagregar maiores porções de solo e produzir sulcos de erosão (BIGARELLA, 2003). Nos pontos 1 e 2 tem-se o barramento do fluxo das águas e posteriormente seu direcionamento para o ponto de captação de água do SAAE – Elói Mendes, próximo as áreas edificação e projeção de novos loteamentos.

No trabalho desenvolvido por Meira (2014), a autora realiza a avaliação hidromorfológica do rio Jaguaribe em consonância com o projeto Orla, desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil, com o intuito de diagnosticar a situação atual de degradação ambiental e quais trechos haveria a necessidade de intervenção buscando a restauração e requalificação das áreas marginais do baixo rio Jaguaribe. Os resultados da autora apontaram trechos do rio variando do estado totalmente alterado a pouco alterado, contraponto ainda a análise do Projeto Orla, não sendo apresentados resultados em porcentagens dos trechos avaliados quanto aos tipos de curvaturas. A autora constatou ainda, que a ocupação urbana tem sido a responsável pelo estado do grau de modificação dos cursos d'água na cidade. Reforça ainda, que as condições gerais do rio refletem a ocupação das áreas em que está inserido.

Em relação ao comprometimento do leito do rio, são avaliadas as ações antrópicas de revestimento e estabilização do leito e os resultados obtidos estão apresentados na Figura 37.

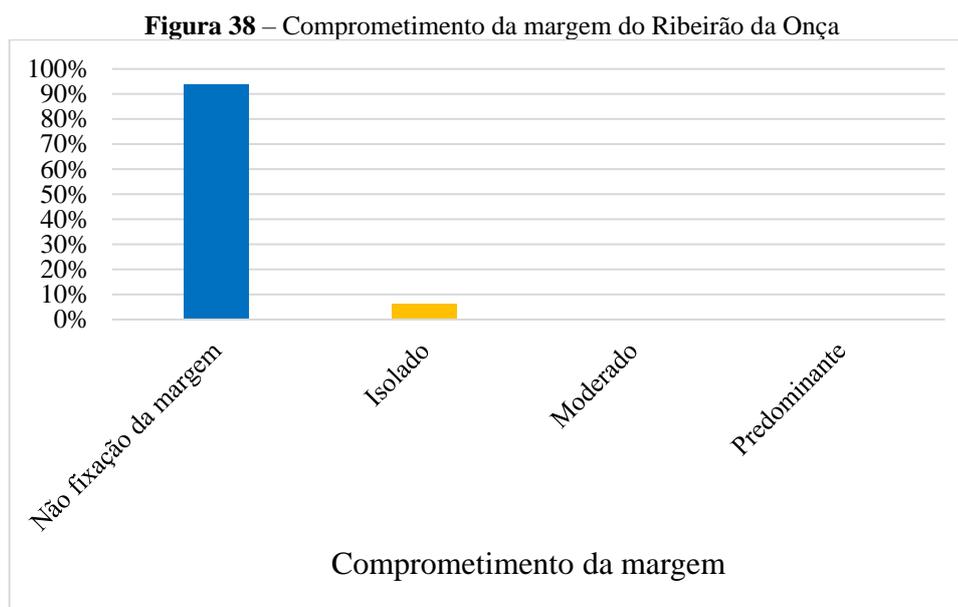


Fonte: Autor (2020).

Verificou-se que todos os pontos avaliados (100%) neste estudo no Ribeirão da Onça não possuem revestimento no leito do rio, portanto, não revestido, em condições naturais, e sem a interferência antrópica neste parâmetro, e por isso, receberam a pontuação 1. Nota-se na extensão de todo o Ribeirão da Onça que não foi necessário desvio ou modificação de seu traçado natural, e na estrutura de barragem até o ponto de captação, tal trajetória de escoamento se manteve inalterada, não sendo necessária a aplicação de revestimento no leito do rio.

Vicente e Cordeiro (2017) avaliando a seção transversal e as condições do ribeirão Candidópolis em Itabira, MG, sendo representados pela configuração do leito e margens, conectividade entre a calha, planície fluvial e o lençol freático e o tipo de revestimento utilizado no curso hídrico verificaram, 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.

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: não comprometimento da margem, isolado, moderado e predominante (SILVA, 2013). Os resultados obtidos para o Ribeirão da Onça nesse parâmetro estão demonstrados na Figura 38.



Fonte: Autor (2020).

Neste parâmetro mais de 90% dos pontos amostrais estavam em condições naturais, sem o comprometimento da margem e, assim, receberam pontuação 1, inalterado. O único ponto amostral considerado como comprometimento isolado foi devido à barragem, que recebeu a pontuação 3, caracterizando como moderadamente alterado, o que significa dizer que menos de 10% estão comprometidas. A fixação da margem realizada no ponto amostral 2 do Ribeirão da Onça não recebeu vegetação e/ou outro material que promova sua estabilidade. Sendo assim,

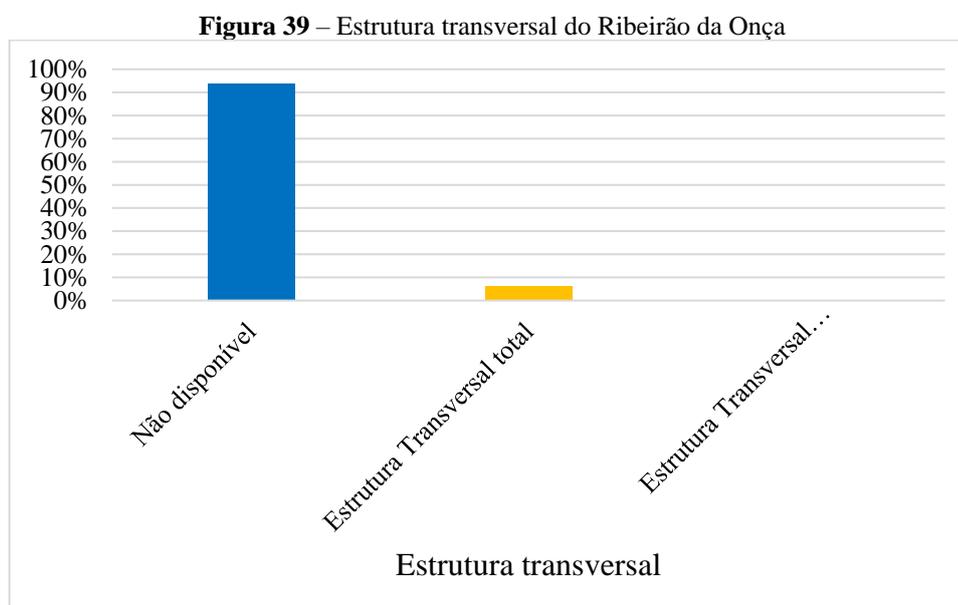
nas condições atuais de fixação da margem, na ocasião de chuvas intensas, estas poderão sofrer erosão e causar assoreamentos neste ponto amostral.

A integridade morfológica de um curso hídrico está relacionada às condições de estabilidade de suas margens, dada a sua relevância no contexto dos processos geomorfológicos e o nível de risco que pode proporcionar à ocupação marginal (CARDOSO, 2012).

Vicente e Cordeiro (2017) verificaram, no ribeirão Candidópolis em Itabira, MG, que localmente, é possível notar o desenvolvimento de processos erosivos nas vertentes próximas ao corpo hídrico, relacionadas, possivelmente, à ausência de cobertura vegetal e escoamento superficial intenso, os quais indicam uma degradação média em relação à condição natural.

No estudo desenvolvido por Silva (2013), considera-se que este comprometimento acontece devido à estabilização que fizeram com vegetação não nativa e com isso em alguns locais não é possível observar as margens.

No Método Bávaro, no parâmetro de avaliação quanto as estruturas transversais são analisadas todas as construções instaladas pelo homem no leito do rio, que atravessam transversalmente ou obliquamente a direção de fluxo. São classificados como: não disponível, estrutura transversal total, estrutura transversal parcial (SILVA, 2013). Na figura 39 são demonstrados os resultados da avaliação quanto ao parâmetro estrutura transversal.



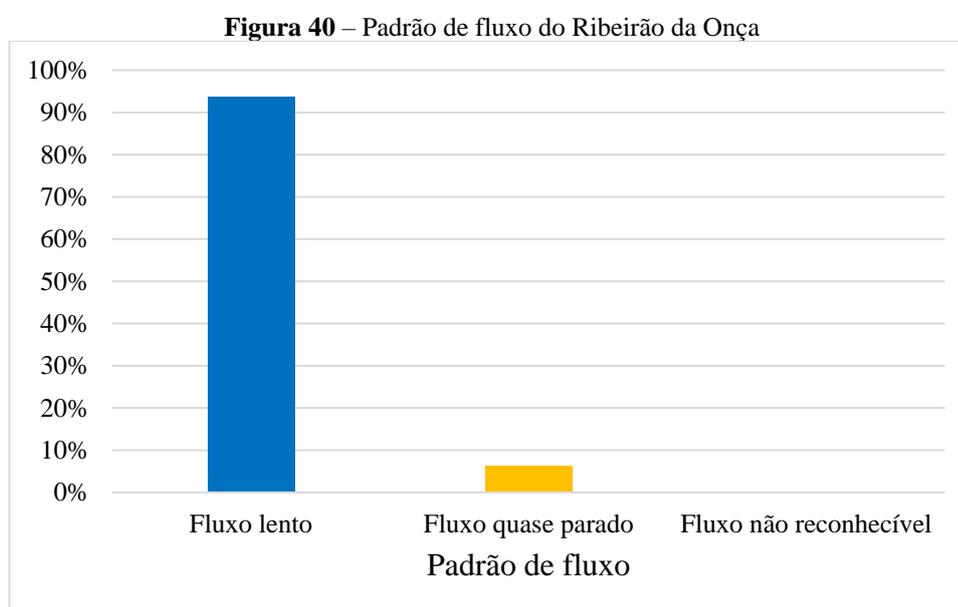
Fonte: Autor (2020).

Por meio das visitas aos pontos amostrais do Ribeirão da Onça, constatou-se que mais de 93,75% dos pontos avaliados não possuem estrutura transversal no leito do rio, recebendo a

pontuação de valor 1 (inalterado). E apenas, no ponto amostral 2, na barragem, tem-se a aplicação de uma estrutura transversal total no leito do ribeirão, atribuindo-se assim a pontuação, 5 (muito alterado).

Para Santana, Aguiar Netto e Mello Junior (2007) quando a esconsidade (definida pelo ângulo formado entre o eixo longitudinal da calha e a normal ao eixo longitudinal do ribeirão) do escoamento natural é intensa, estruturas transversais ao leito do rio, podem gerar focos de erosão, e a capacidade de escoamento das obras seria afetada devido às más condições hidráulicas e hidrológicas na entrada e na saída. Tem-se portanto, no ponto amostral 2, onde se localiza a estrutura de barramento no Ribeirão da Onça, há a possibilidade de agravamento de erosão e riscos de transbordamentos na margem.

Em relação ao padrão de fluxo, que 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 lento, fluxo quase parado e fluxo não reconhecível. Os resultados para as velocidades de escoamento correspondentes aos pontos amostrais encontram-se no item 4.3, e foram utilizadas para avaliação do parâmetro padrão de fluxo. Na Figura 40 mostram-se os resultados obtidos.



Fonte: Autor (2020).

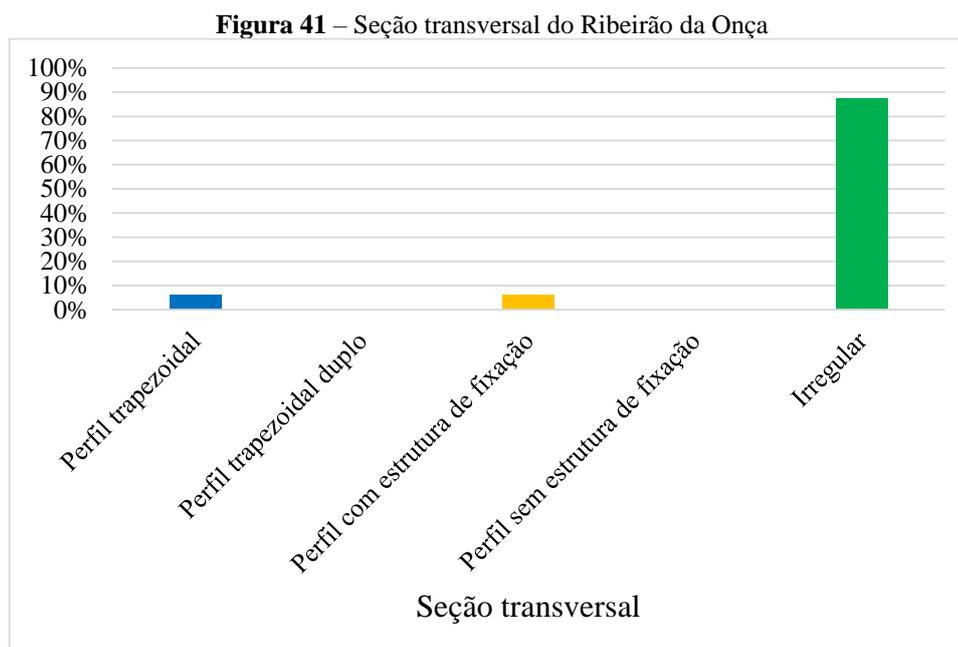
Apesar de alguns pontos amostrais (6, 7, 8 e 9) serem delimitados sobre locais com características brejosas, foi possível determinar a velocidade de escoamento, não ocorrendo portanto para o Ribeirão da Onça nenhum ponto com fluxo não reconhecível. O ponto amostral

2 foi avaliado como fluxo quase parado, uma vez que no período da avaliação a estrutura de barramento estava com o fluxo contínuo, não havendo fechamento do orifício e vertedouro. Os pontos avaliados como fluxo lento, correspondendo a 93,75% do ribeirão, foram assim considerados por apresentarem correnteza visualmente notável.

A pontuação desse parâmetro, segundo o Método Bávaro, variou de acordo com o tipo de sedimento, sendo aplicado o valor 3 (moderadamente alterado) e 5 (muito alterado) para o Ribeirão da Onça. Segundo Carneiro (2018) a textura dos sedimentos de fundo, a razão largura/profundidade e a presença de barras transversais e de talwegues múltiplos são indicativos de canais de alta energia, e as velocidades de fluxo estão ligadas às condições de energia no sistema que refletem na diferença significativa nos padrões de fluxo.

Vicente e Cordeiro (2017) concluíram em seu trabalho que alguns pontos de calha sofrem constantes alterações físicas devido ao carreamento de sedimentos, escoamento superficial, desbarrancamento das margens e principalmente devido às chuvas. Neste sentido, destaca-se que a chuva, além de aumentar a vazão de água de um ribeirão, proporciona mudanças na velocidade de escoamento, favorecendo modificações no leito do rio, principalmente por estarem desprovidos de vegetação ciliar (SILVA, *et al.*, 2013).

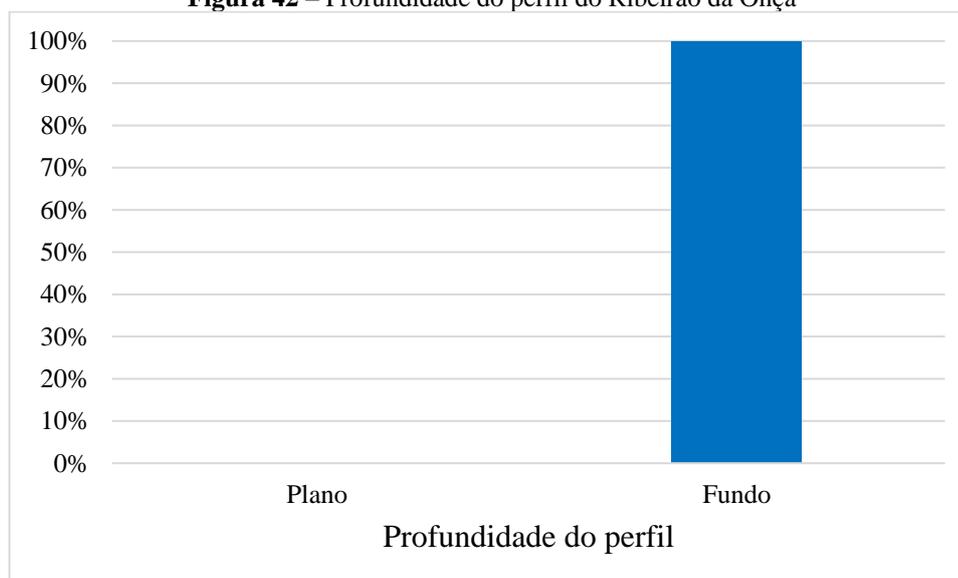
De acordo com Silva (2013), a seção transversal no Método Bávaro avalia o grau de modificação referente à estabilização da seção transversal. As principais formas de classificação são perfil trapezoidal, perfil trapezoidal duplo, perfil com estrutura de fixação, perfil sem estrutura de fixação, irregular. Os resultados obtidos para a seção transversal estão demonstrados na Figura 41.



Fonte: Autor (2020).

Na avaliação deste parâmetro no Ribeirão da Onça, identificou-se no ponto amostral 1 uma seção transversal de perfil trapezoidal não revestido, realizado por ações antrópicas com o intuito de direcionar melhor o fluxo até o ponto de captação da água do ribeirão para abastecimento, tendo um valor atribuído de 5 (muito alterado). No ponto amostral 2, tem-se na saída do barramento uma estrutura de seção transversal com perfil de fixação, atribuindo-se também um valor de 5 (muito alterado). Por fim, 87,5% dos pontos amostrais do Ribeirão da Onça foram avaliados como irregular (não alterado), que indica que não houve alterações antrópicas, ocorrendo a conservação da seção transversal.

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 42 são mostrados os resultados obtidos para o Ribeirão da Onça.

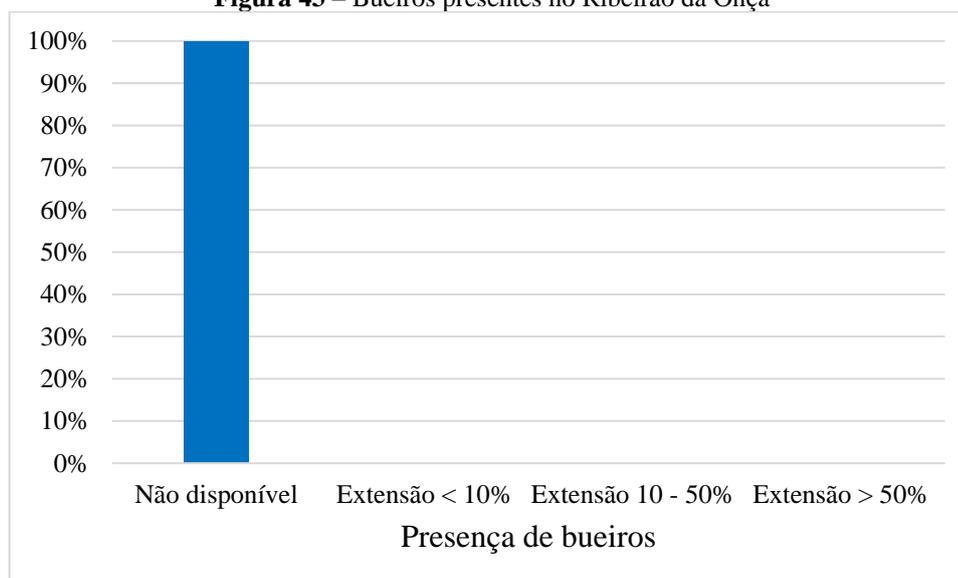
**Figura 42** – Profundidade do perfil do Ribeirão da Onça

Fonte: Autor (2020).

Assim, todos os pontos amostrais do Ribeirão da Onça foram classificados como fundo, em função da capacidade do ribeirão em épocas de cheias. Na classificação do método essa característica é pontuada com valor 3 (moderadamente alterado).

Entretanto, os resultados de profundidade de perfil no estudo desenvolvido por Silva (2013) constataam que quando forem considerados planos, o ribeirão é caracterizado por uma grande área de várzea; enquanto que a medida que vão se elevando e estreitando, tem-se vales em forma de V, ficando a avaliação deste parâmetro no presente estudo sem pontuação.

Os bueiros, também chamados de valetas, sarjetas, são as valas, geralmente localizadas ao longo das vias pavimentadas, para onde escoam as águas da chuva drenadas pelo meio-fio. No Método Bávaro eles são avaliados como modificações antrópicas ao longo do rio (SILVA, 2013). A presença dessas estruturas pode ser analisada na Figura 43 para o Ribeirão da Onça.

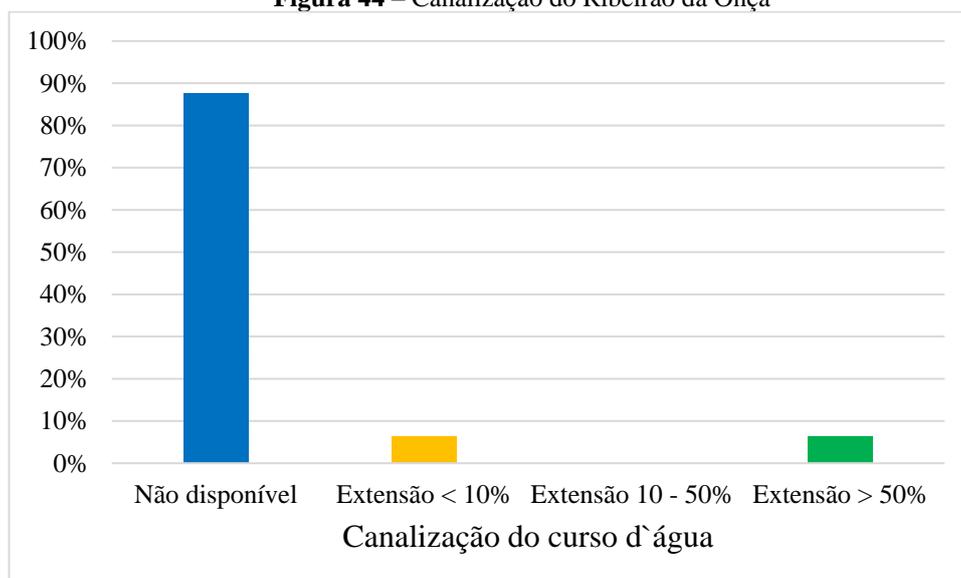
**Figura 43** – Bueiros presentes no Ribeirão da Onça

Fonte: Autor (2020).

No Ribeirão da Onça não foi encontrado nenhum bueiro, visto que ao longo de boa parte da sua extensão tem-se áreas de pastagens. Ademais, na caracterização do uso do solo na sub-bacia do ribeirão, tem-se áreas edificadas e projeção de novos loteamentos, como também coberturas de solo bastante modificadas por atividades antrópicas. Os pontos amostrais do ribeirão receberam a pontuação de valor 1 (inalterado).

Segundo Silva (2013), a canalização dos recursos hídricos é um método comum em áreas urbanas no Brasil. Porém sempre que possível deve ser evitada, já que a retificação do rio e aplicação de revestimento liso, como o concreto, aumentam a velocidade de escoamento da água, que aumenta também os picos de vazão, causando grandes impactos a jusante.

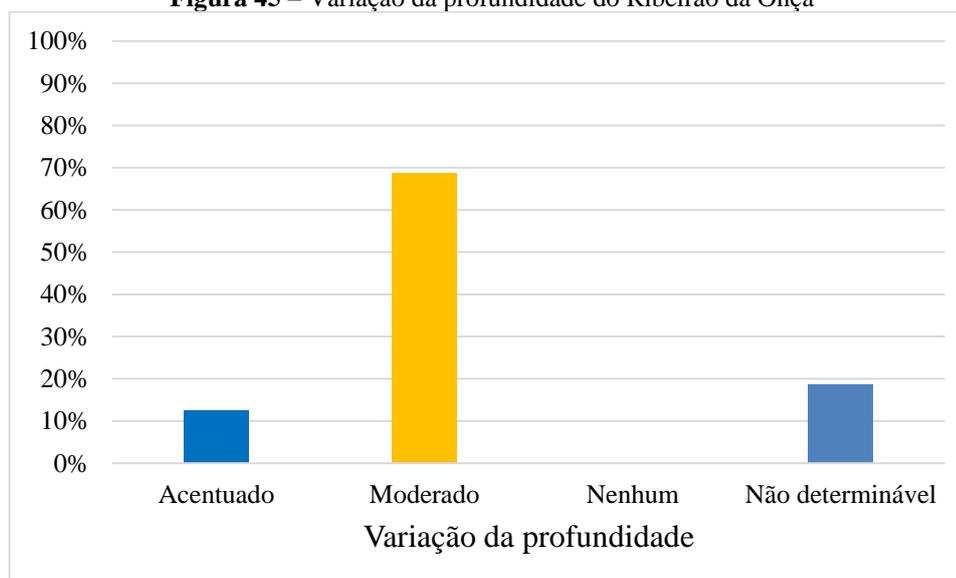
No Ribeirão da Onça, houve a retificação do seu trecho a partir da estrutura de barramento, afetando portanto as características naturais do ribeirão nos pontos amostrais 1 e 2, obtendo-se na avaliação do parâmetro canalização do curso d'água o valor 3 e 5 respectivamente, extensão > 50% e extensão < 10% (moderadamente alterado e muito alterado) (Figura 44).

**Figura 44** – Canalização do Ribeirão da Onça

Fonte: Autor (2020).

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

Para Silva (2013), o parâmetro da variação da profundidade avalia a frequência da alteração da 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. Os resultados deste parâmetro para o Ribeirão da Onça são apresentados na Figura 45.

**Figura 45** – Variação da profundidade do Ribeirão da Onça

Fonte: Autor (2020).

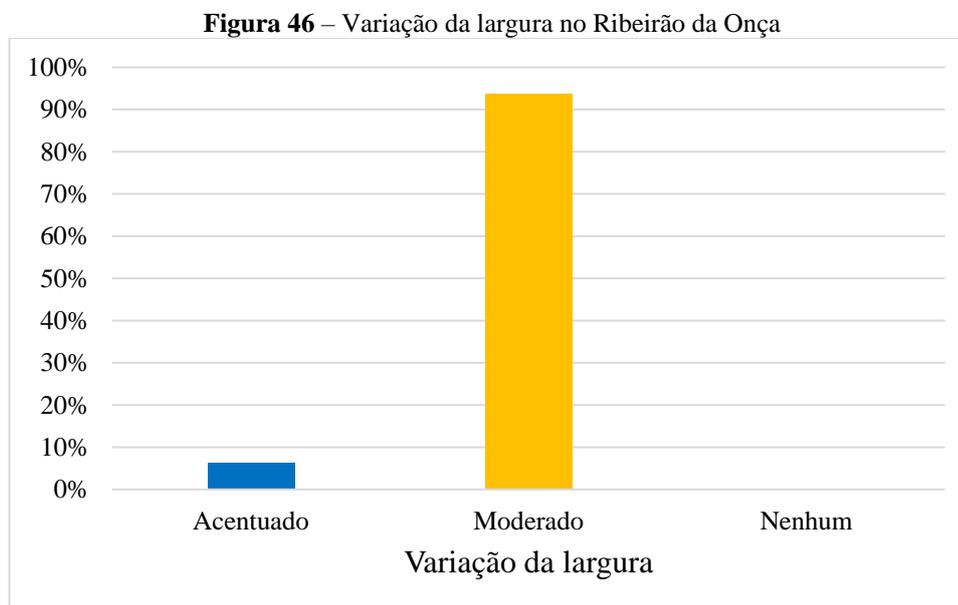
No Ribeirão da Onça foram identificadas alterações acentuadas na variação da profundidade no ponto amostral 1 e no ponto amostral 10. Tem-se no ponto 1 alterações significativas de vazões ao longo do ano em função da estrutura de barramento que está a jusante, e conseqüentemente afeta a sinuosidade do rio e o tipo de sedimento, causando variações na profundidade. Já no ponto 10, tal variabilidade ocorre devido a também variabilidade de vazões, ocorrendo neste caso em função das nascentes, visto que este ponto foi delimitado no encontro das águas das nascentes.

Nos pontos 6, 7, 8 e 9 do Ribeirão da Onça, não foi possível determinar a variação da profundidade devido a estes pontos serem delimitados sobre uma área brejosa. Já os demais pontos, correspondendo a 68,75% dos pontos amostrais no Ribeirão identificou-se uma variação moderada na profundidade.

No trabalho de Tretin *et al.* (2009), os autores relacionaram a profundidade do rio com a turbidez da água de rios, e concluíram que: no período de secas, quanto maior a profundidade do rio, menor será a turbidez da água; no período de cheias, a profundidade alta não influencia na turbidez da água, relatando-se assim, que a profundidade do rio auxilia no escoamento e transportes de sedimentos que são carreados pelo escoamento superficial na bacia hidrográfica.

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 e da vegetação ciliar (SILVA,

2013). Classifica-se em acentuado, moderado, nenhum e não determinável. Os resultados deste parâmetro para o Ribeirão da Onça são apresentados na Figura 46.

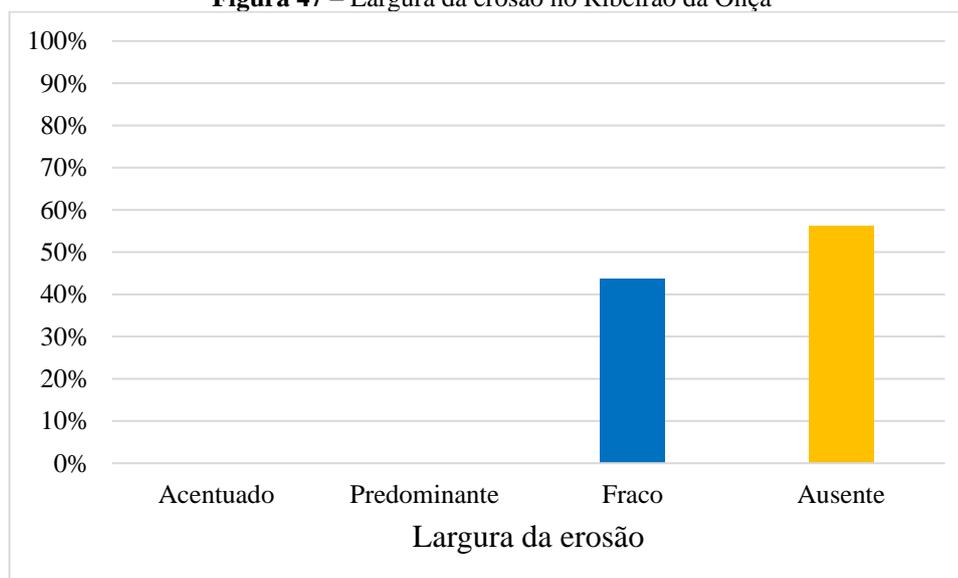


Fonte: Autor (2020).

No Ribeirão da Onça tem-se uma variação da largura em toda sua extensão avaliada conforme o Método Bávaro como sendo moderada, atribuindo o valor 4), correspondendo a 93,75% dos pontos amostrais. Enquanto que apenas no ponto 2, na estrutura de barramento, tem-se a atribuição de variação da largura como sendo acentuado, atribuindo o valor de 1.

Com base nos resultados de campo, Silva (2013) concluiu que as larguras médias transversais, alargando ou estreitando ao longo da extensão de um rio, ocorrem na maioria dos casos devido a uma mudança no padrão de fluxo. Acrescenta-se ainda, que essa transição gradual acontece na presença ou ausência de mata ciliar e floresta, demonstrando a importância da vegetação marginal ao longo do rio no controle de processos erosivos.

A largura da erosão é facilmente identificada nas margens por meio 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 47 mostram-se os resultados obtidos para o Ribeirão da Onça quanto a este parâmetro.

**Figura 47** – Largura da erosão no Ribeirão da Onça

Fonte: Autor (2020).

Os resultados quanto ao parâmetro de largura da erosão para o Ribeirão da Onça demonstram que em 43,75% dos pontos amostrais a largura de erosão nas margem foi avaliada como fraco (ponto 1 ao ponto 7), enquanto que, em 56,25% avaliados como ausente (ponto 8 ao ponto 16). Os pontos analisados definidos como ausentes se relacionam à preservação da mata no seu entorno, enquanto que, os pontos definidos como fracos se relacionam com os pequenos sinais visíveis de erosão nas margens, como falhas e raízes das plantas em evidência.

A erosão fluvial pode ocorrer no leito, nas margens, ou nas cabeceiras dos rios. A erosão do leito é denominada erosão vertical e a das margens erosão marginal (“*lateral erosion*”) de acordo com Tuysuz (2005). O mesmo autor destaca que a erosão fluvial pode ser efetuada pela ação hidráulica da água, e pelo atrito dos materiais em transporte.

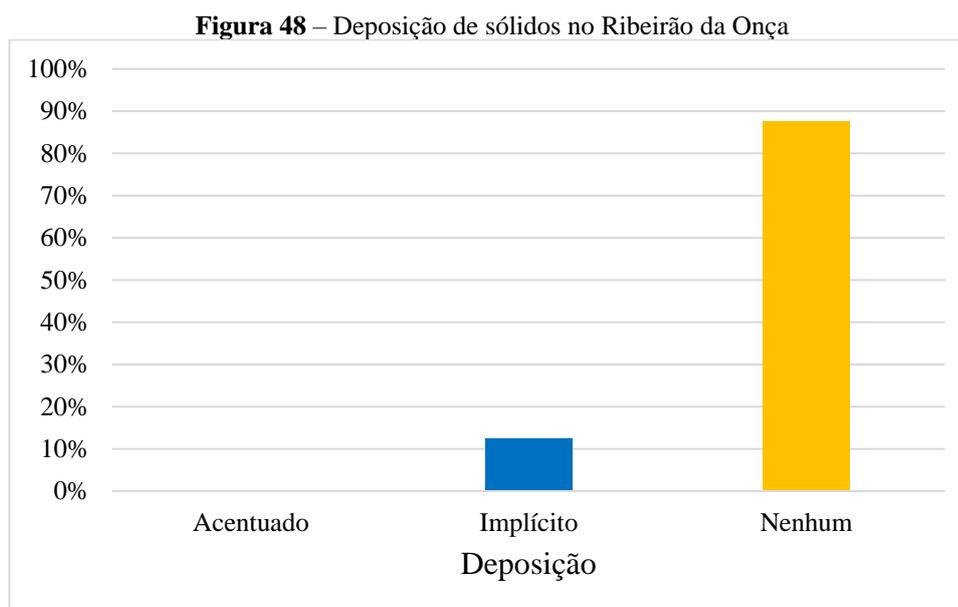
Para Hooke (1979), a evolução da erosão marginal acontece em curto período de tempo, comparativamente a muitos outros processos geomorfológicos, mostrando assim, a importância de conhecimentos sobre o grau da erosão marginal, a fim de possibilitar um planejamento adequado, quanto ao uso das margens.

Segundo Thorne e Tovey (1981), os fatores que condicionam a erosão das margens fluviais são numerosos, destacando: a granulometria dos sedimentos, a geometria e a estrutura da margem, as propriedades mecânicas do material, as características hidrodinâmicas do fluxo nas proximidades das margens e as condições climáticas.

Em Silva (2007) o autor relatou que no seu estudo das margens do rio Paraguai, a margem com baixa erosão pode-se analisar que houve um recuo de margem considerável,

ficando em torno de 1,50m. Na margem com alto índice de erosão, o solo é mais suscetível à ação da água, devido ao fato do solo possuir maior quantidade de areia na base facilitando o desmoronamento ou deslizamento do barranco. As margens com altas taxas de erosão estão todas situadas em locais de alta velocidade de fluxo de água.

Conforme 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 48 observa-se a classificação dos pontos quanto a esse parâmetro no Ribeirão da Onça.



Fonte: Autor (2020).

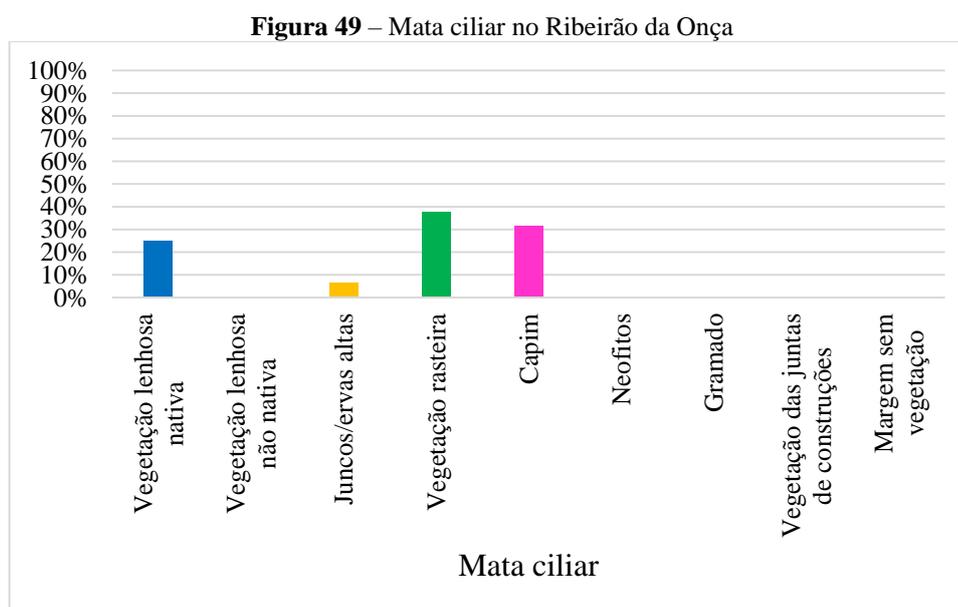
Nota-se nos resultados do parâmetro deposição do Ribeirão da Onça que apenas 12,5% apresentou deposição implícito, ou seja, com acúmulo de sedimentos e partículas no leito do ribeirão, sendo este nos pontos amostrais 1 e 2, tratando-se de pontos que sofreram mudanças espaciais e temporais das estruturas. Já os demais pontos avaliados (87,5%) não apresentaram nenhuma deposição. Conforme o método, a pontuação neste parâmetro varia de acordo com o tipo de sedimentação, o tipo de execução e com o tipo de vale, onde obteve-se valor para o

Ribeirão da Onça entre 3 (moderadamente alterado), para os pontos amostrais 1 e 2; e 1 (inalterado) para os demais pontos amostrais.

Tem-se portanto, um acúmulo de sedimentos apresentados nos pontos 1 e 2 em função da estrutura de barramento do Ribeirão da Onça. No estudo desenvolvido por Albertin, Matos e Mauad (2010), todo reservatório, independente da sua finalidade e característica de operação, está fadado ao processo de assoreamento, pois eles funcionam como grandes bacias de detenção de sedimentos, propiciando condições favoráveis à sedimentação do material sólido transportado pelo curso d'água ou advindo pelo escoamento superficial da bacia hidrográfica devido à redução da velocidade do fluxo de água e do alargamento da seção transversal.

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 mata ciliar auxilia na avaliação dos aspectos estruturais do curso d'água considerando a vegetação que se apresenta nas margens dos rios, observando o grau de modificação antrópica, além, também, de intervir na sedimentação, o controle e a redução dos efeitos danosos das enchentes. Assim, os resultados obtidos para o parâmetro da mata ciliar são apresentados na Figura 49.



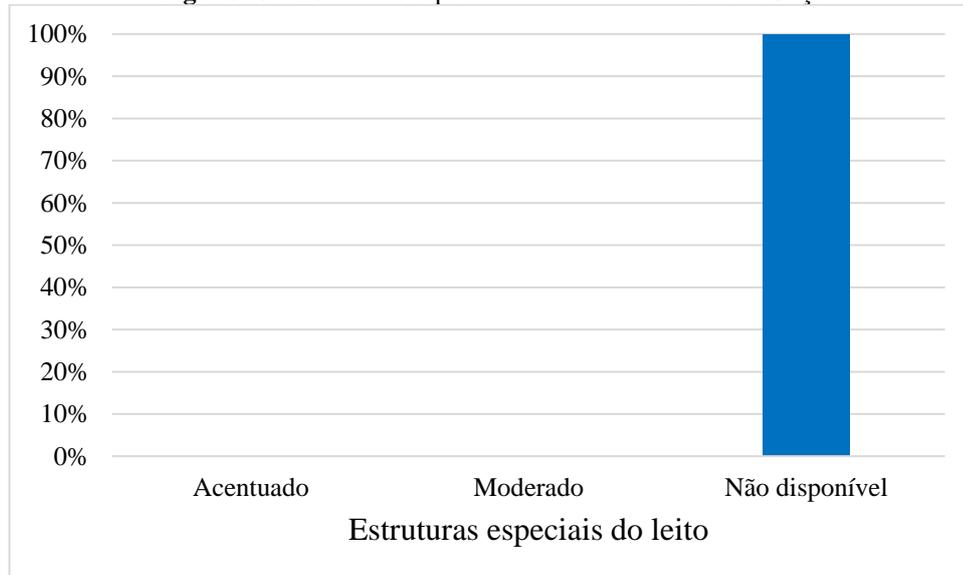
Fonte: Autor (2020).

Na avaliação do parâmetro mata ciliar foi possível verificar que os pontos amostrais do Ribeirão da Onça 6, 7, 8 e 9 detinham de vegetação lenhosa nativa, correspondendo a 25% da composição da avaliação deste parâmetro. No ponto 10, confirmou-se a presença predominante de juncos/ervas altas tratando-se um ponto inalterado, correspondendo a 6,25%. Do ponto 11 ao 16 onde se localizam as nascentes do Ribeirão da Onça foi possível determinar a vegetação rasteira, pois haviam perdido parte da sua mata ciliar pelo desmatamento, sendo avaliados como consideravelmente alterados, correspondendo à 37,5% da composição da avaliação deste parâmetro. Por fim, do ponto 1 ao ponto 5, no lugar da mata ciliar foi determinado o capim, sendo este local caracterizado por modificações antrópicas na cobertura do uso do solo, avaliados como consideravelmente alterados, correspondendo à 31,25% da composição da avaliação deste parâmetro.

De acordo com Cardoso (2012), a vegetação marginal ao longo de um curso d'água possui um papel relevante na proteção das margens deste, no controle dos processos erosivos, aumento da diversidade de habitats e melhoria da qualidade de água. Neste sentido, segundo Stevaux e Latrubesse (2017), a remoção da vegetação nativa e a sua substituição por outros tipos de cobertura, como agricultura, pastagem ou urbanização, promove instabilidade no sistema fluvial, podendo, comumente, acelerar os processos erosivos e aumentar o carreamento de sedimentos para o curso hídrico. Além disso, Martins (2014) ressalta o papel das matas ciliares na retenção de poluentes, agrotóxicos e sedimentos que seriam transportados para o curso hídrico, os quais poderiam afetar diretamente a qualidade e a quantidade de água e, conseqüentemente, a população humana.

Nas superfícies extremamente encharcadas ocorrem formações vegetais rasteiras e/ou arbustivas ralas associadas aos juncos, com sucessão para campos mais abertos em superfícies mais bem drenadas. Estas diferentes composições de cobertura vegetal definem distintos estágios de deposição dos sedimentos (SIMON & SILVA, 2015).

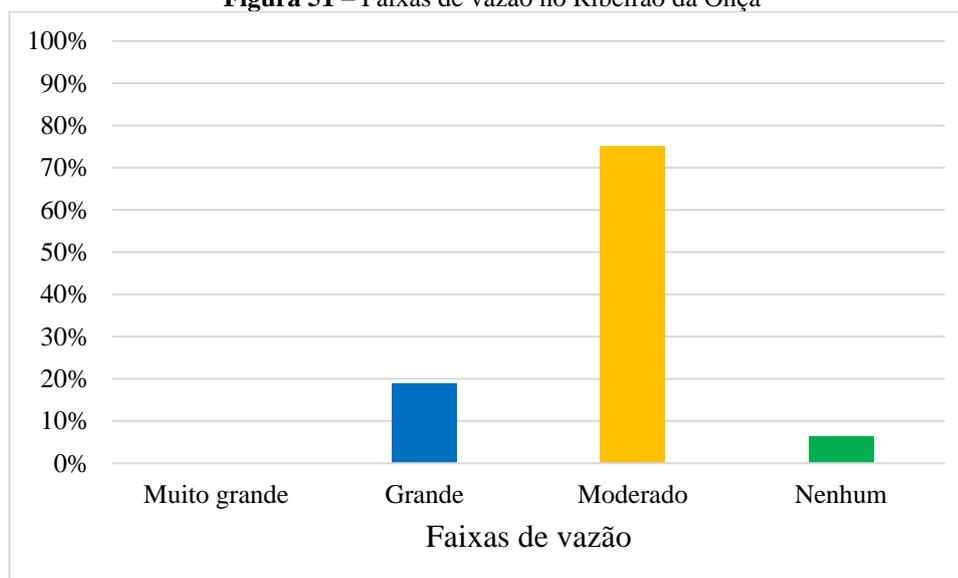
O próximo parâmetro avalia as estruturas especiais do leito que demonstram o grau de modificação existente no leito do rio, no que se refere à presença de estruturas, como baía, abrigo, queda de árvore, coleta de madeira, raízes e vegetação dominante. Com isso, são avaliados em acentuado, moderado e não disponível. Na Figura 50 demonstram-se os resultados obtidos para esse parâmetro no Ribeirão da Onça.

**Figura 50** – Estruturas especiais do leito no Ribeirão da Onça

Fonte: Autor (2020).

Em todos os pontos do Ribeirão da Onça avaliados pelo Método Bávaro no parâmetro estruturas especiais do leito, não haviam disponíveis estruturas especiais do leito, visto que em nenhum trecho foi observado baía, abrigo, queda de árvore, coleta de madeira, raízes ou vegetação dominante.

De acordo com 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 51 são mostrados os resultados obtidos para o Ribeirão da Onça referente à faixa de vazão.

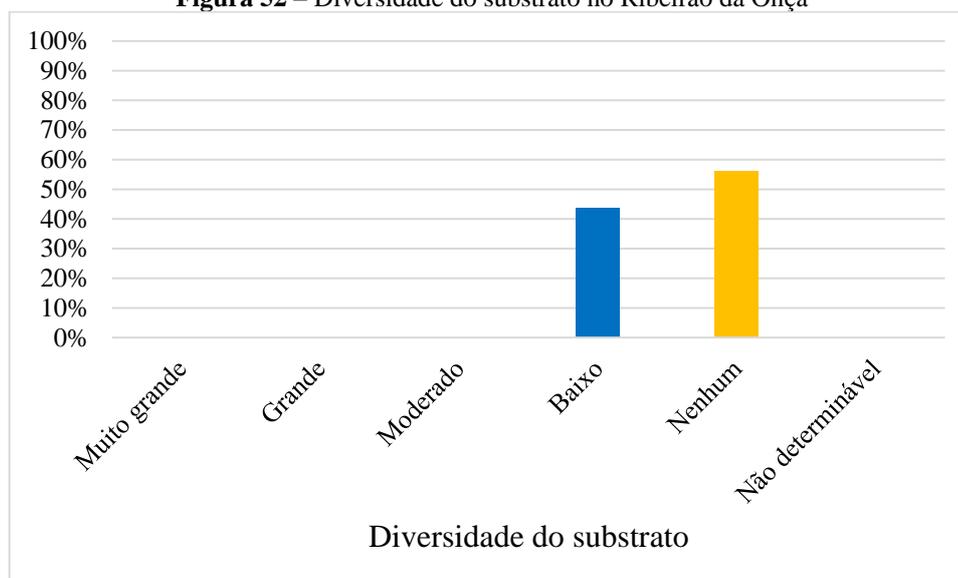
**Figura 51** – Faixas de vazão no Ribeirão da Onça

Fonte: Autor (2020).

No parâmetro faixas de vazão foi possível identificar que o Ribeirão da Onça possui em grande parte de seus pontos amostrais vazões avaliadas como moderadas, correspondendo a 75% dos pontos avaliados, enquanto que 18,75% dos pontos amostrais possuem vazões avaliadas como grandes. Nos pontos de vazões moderadas, tem-se pequena variação de inclinação do leito do ribeirão quanto ao relevo do local, e portanto, nos pontos de vazões grandes, tem-se uma significativa variação de inclinação do leito do ribeirão. O único ponto onde não foi possível identificar faixas de vazão foi no ponto sobre a estrutura de barramento, correspondendo à 6,25% dos pontos amostrais.

O parâmetro individual faixas de vazão está relacionado ao próximo parâmetro avaliado pelo Método Bávaro que é a diversidade do substrato.

Segundo Carneiro (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, grande, moderado, baixo, nenhum e não determinável. Além disso, recebem pontuação e são utilizados para caracterizar e quantificar a diversidade do substrato, sendo eles: substrato do mineral, substrato do leito orgânico e substrato das margens. Os resultados obtidos podem ser analisados na Figura 52 para o Ribeirão da Onça.

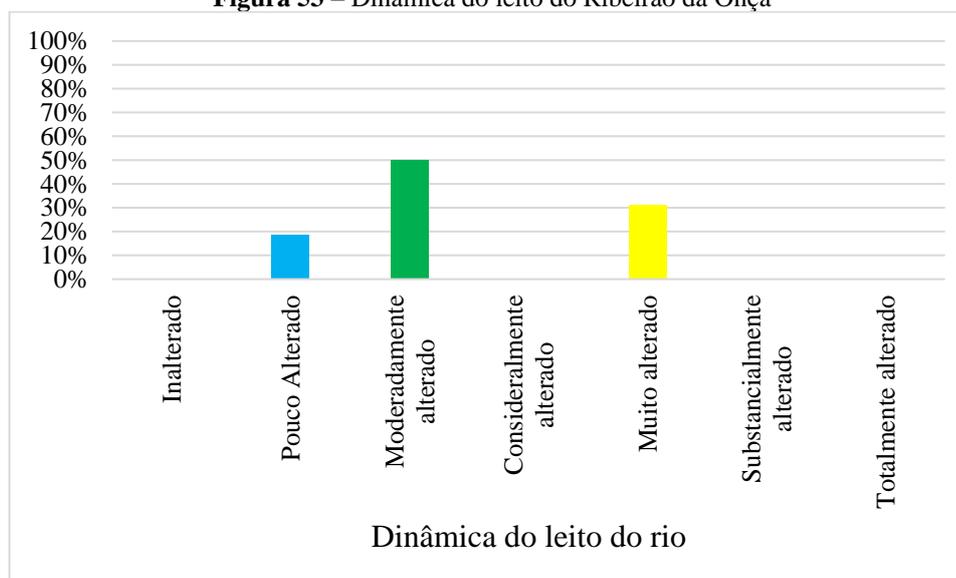
**Figura 52** – Diversidade do substrato no Ribeirão da Onça

Fonte: Autor (2020).

Nos os pontos amostrais do Ribeirão da Onça foi possível retirar amostras de solo para análise. Os pontos sobre as nascentes e os pontos próximos a captação de água do ribeirão, foram classificados como nenhum, por não apresentarem variabilidade do substrato apresentando apenas um padrão, correspondendo à 56,25% dos pontos avaliados. Enquanto que, os pontos determinados próximos a vegetação nativa e áreas brejosas, as amostras apresentarem dois padrões de substrato, sendo portanto classificados como baixo, correspondendo à 43,75% dos pontos avaliados.

No estudo de Lanna e Benetti (2003) os autores concluíram que as correntes afetam a distribuição de algas nos rios, pois algas aderidas ao substratos rígidos predominam em águas velozes enquanto que plantas vasculares com raízes são encontradas em locais de velocidades baixas de leitos macios, características estas notadas neste trabalho ao avaliar a diversidade do substrato. Ainda, há uma tendência do tamanho do material que compõe o substrato decrescer em direção à foz dos rios. Assim, é comum encontrar pedras e pedregulhos em leitos de rios em áreas montanhosas e nascentes, e leitos arenosos em áreas planas e de foz. Tais características foram também observadas nas análises das amostras de solo do Ribeirão da Onça.

Após avaliar todos os parâmetros individuais do Método Bávaro correspondente à dinâmica do leito do rio, tem-se o resultado obtido para o Ribeirão da Onça apresentado na Figura 53.

**Figura 53** – Dinâmica do leito do Ribeirão da Onça

Fonte: Autor (2020).

Assim, para o Ribeirão da Onça, na estrutura de classe referente à dinâmica do leito do rio, 31,25% dos pontos amostrais foram classificados como muito alterado, e receberam pontuação 5. Trata-se dos pontos determinados sobre o ribeirão próximos aos pontos de captação da água para abastecimento, correspondendo às áreas que sofreram significativas modificações nos usos e coberturas do solo, bem como, apresenta-se trechos em que o traçado do ribeirão foi retificado. Ainda, 50% dos pontos 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 lavouras, conseqüentemente recebendo a pontuação 3, correspondendo às áreas das nascentes. Por fim, 18,75% foram classificados como pouco alterados, pois as modificações antrópicas foram pequenas e possuem ainda conservadas suas matas ciliares, e por isso, receberam a pontuação 2.

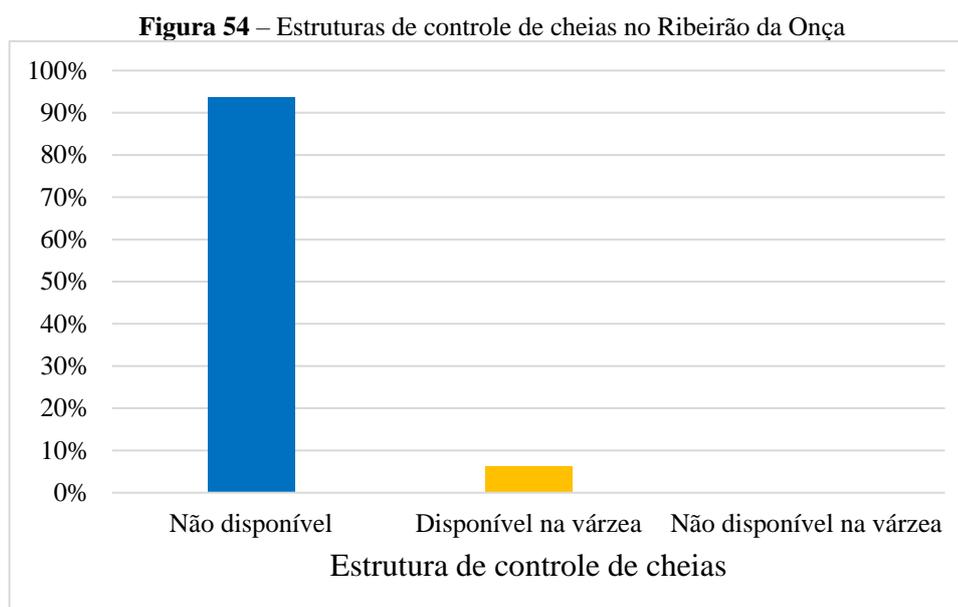
#### 4.5.2 Dinâmica da várzea

No subsistema dinâmica da 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 das 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 no Ribeirão da Onça estão apresentados a seguir na Figura 54.



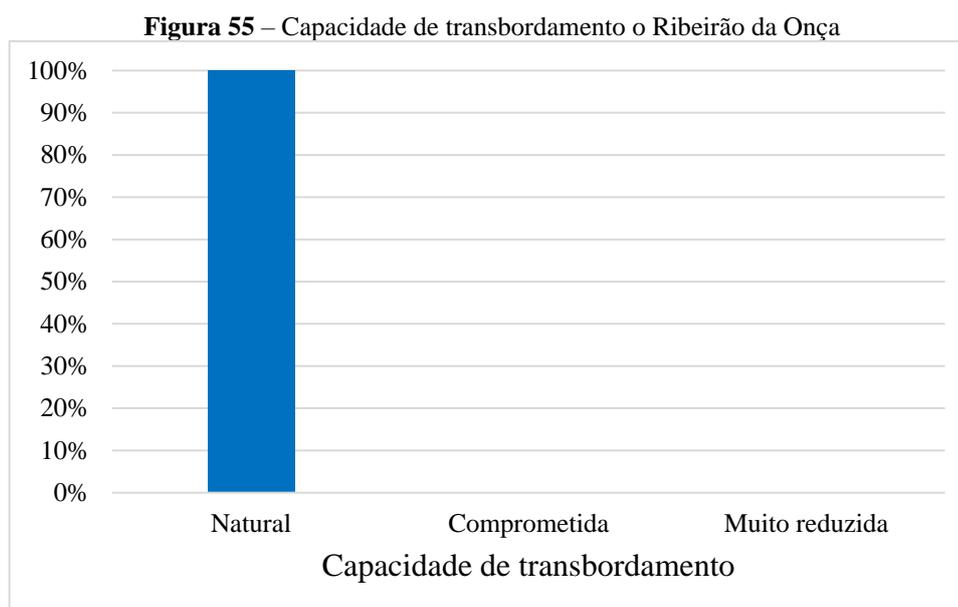
Fonte: Autor (2020).

Os pontos que não apresentaram estruturas de controle das cheias correspondem à 93,75% dos pontos amostrais do ribeirão e receberam pontuação 1, não disponível (inalterado). O único ponto amostral do ribeirão que possui estruturas de controle das cheias está determinado sobre a barragem, correspondendo à 6,25% e recebeu a pontuação 4, disponível na várzea (consideravelmente alterado).

O estudo de Oliveira (2004) discorre sobre o estudo das várzeas visando o controle das cheias urbanas e a restauração ecológica, relatando a função desempenhada pelas planícies fluviais naturais no amortecimento de ondas de cheia em áreas urbanizadas e que carecem de estudos que permitam avaliar seu melhor aproveitamento no controle de inundações, de erosão e assoreamento nas bacias hidrográficas, tendo em vista a necessidade da proposição de formas de uso sustentáveis para tais áreas e que possam consolidar-se em tais situações. O estudo ainda aborda uma proposta de metodologia para a inserção das várzeas no contexto do planejamento

físico-territorial regional, consolidando a importância do planejamento utilizando de aparatos legais, como plano diretores que orientam o uso e ocupação do solo.

A capacidade de transbordamento do corpo hídrico é avaliada por meio de séries históricas ou levantamento de campo, e está relacionada com o tipo de vale, sendo classificada em natural, comprometida e muito reduzida. Assim, na Figura 55 encontram-se os resultados obtidos para este parâmetro no Ribeirão da Onça.



Fonte: Autor (2020).

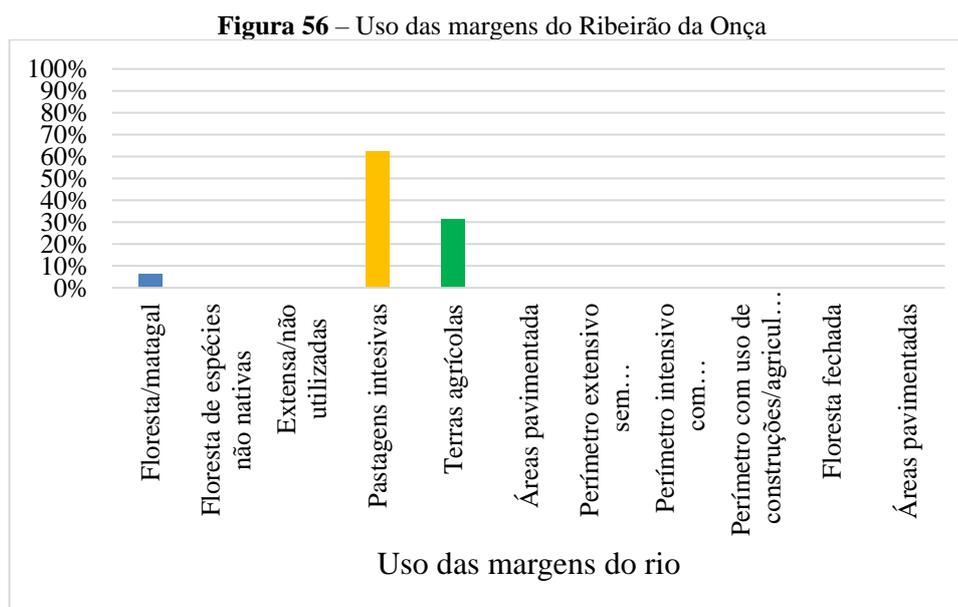
Todos os pontos amostrais do Ribeirão da Onça receberam classificação natural para o parâmetro capacidade de transbordamento, recebendo pontuação 1 (inalterado), em função das condições naturais da calha do ribeirão.

O transbordamento ocorre quando a precipitação é intensa e a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio é superior à sua capacidade de drenagem, resultando no transbordamento de suas águas (TUCCI, 2001). De acordo com Goldoni e Vestena (2016), as principais condições naturais para a ocorrência de inundação são o relevo, a quantidade e intensidade das chuvas, a cobertura vegetal, e a capacidade de drenagem do solo. Já as principais condições artificiais decorrem do uso e manejo do solo, como obras hidráulicas, grau de impermeabilização do solo – urbanização, desmatamento e reflorestamento. Na sub bacia do Ribeirão da Onça tem-se ainda uma significativa capacidade de drenagem do solo em função das áreas com cobertura vegetal, e embora existente, baixo percentual de áreas impermeabilizadas pela urbanização.

De acordo com 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. No Método Bávaro 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.

No levantamento em campo realizado no Ribeirão da Onça, identificou-se os usos das margens do rio apresentadas na Figura 56.

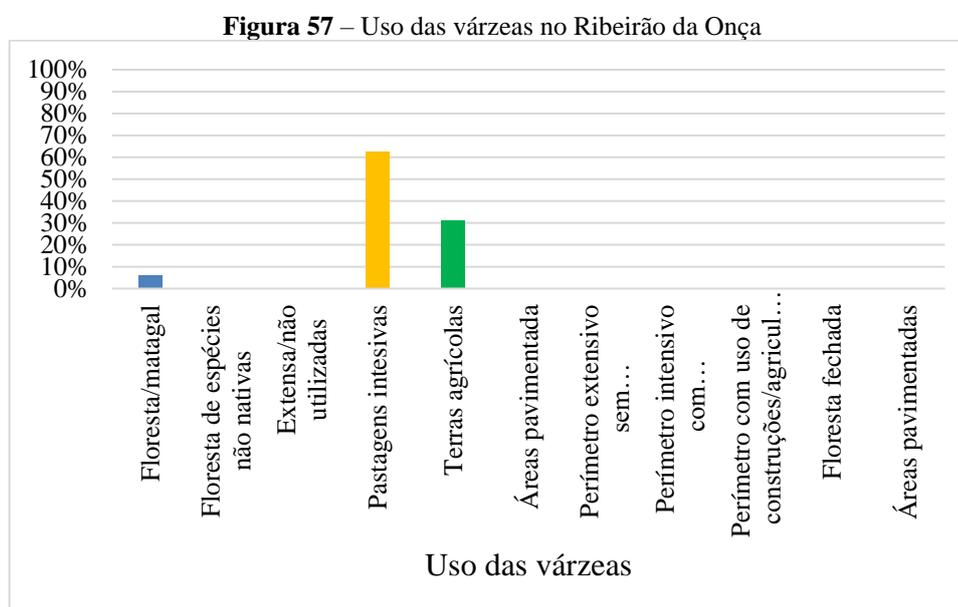


Fonte: Autor (2020).

Dos pontos amostrais delimitado no Ribeirão da Onça, 62,5% deles correspondem a várzeas com pastagens intensivas, recebendo pontuação 5 (muito alterado); 31,25% à várzeas com terras agrícolas, recebendo pontuação 6 (significativamente alterado); e apenas 6,25% correspondendo à floresta/matagal, recebendo pontuação 2 (pouco alterado).

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

Para a função hidromorfológica potencial de retenção da 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). Conforme Carneiro (2018) o uso das várzeas estima a predominância no uso do solo e, assim como no parâmetro uso das margens, os principais tipos de usos são distinguidos pela utilização de 50% do solo da várzea, em cada uma das margens, esquerda e direita. Na figura 57 observa-se os resultados do parâmetro uso das várzeas para o Ribeirão da Onça.



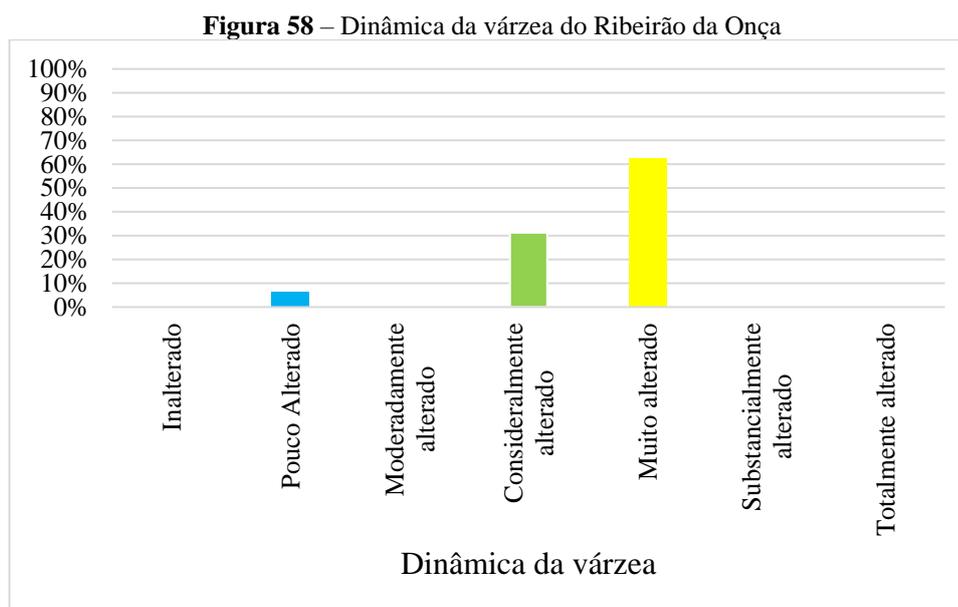
Fonte: Autor (2020).

Nota-se nos resultados apresentados nas Figuras 59 e 60, que os parâmetros individuais do Método Bávaro uso das margens e do uso das várzeas são iguais. É possível identificar por meio da delimitação dos usos e ocupações do solo na sub bacia do Ribeirão da Onça, apresentada no item 4.1 deste trabalho, terras agrícolas localizadas nas áreas das várzeas com cultivos de lichia, café e plantação de eucaliptos. Ressalta-se que conforme a Lei federal nº. 12.651/12 (Código Florestal) é necessário a delimitação das APP's nos cursos d'água, para que assim, as áreas alagadas, também chamadas de várzeas, possam ser utilizadas para cultivos.

Conforme Moraes (2001) as áreas úmidas são ecossistemas sujeitos a inundações periódicas ou permanentemente inundados, conhecidos regionalmente também como áreas alagáveis, várzeas, banhados, brejos, pântanos, entre outros. Para garantir o fornecimento de serviços ambientais de áreas úmidas, é imprescindível a adoção de estratégias de manejo que

considerem as características de tais ambientes. Para tal pode-se recomendar o uso de Sistemas Agroflorestais (SAF) - sistema de uso da terra que envolve a integração de árvores ou outras espécies perenes lenhosas com cultivos agrícolas e/ou pecuária, visando obter como resultado dessa associação à racionalização e o melhor aproveitamento do uso dos recursos naturais envolvidos no sistema de produção (Yared *et al.*, 1998; Santos *et al.*, 2004). Frequentemente, os SAF são vistos como opção para ajudar a frear o desmatamento, por quebrar a predominância do ciclo de agricultura migratória e pecuária extensiva praticadas na Amazônia, sendo opção para gerar lucros significativos em áreas relativamente pequenas (Serrão, 1995; Smith *et al.*, 1998; Santos *et al.*, 2004).

Após avaliar todos os parâmetros individuais do Método Bávaro correspondente à dinâmica da várzea, tem-se o resultado obtido para o Ribeirão da Onça apresentado na Figura 58.

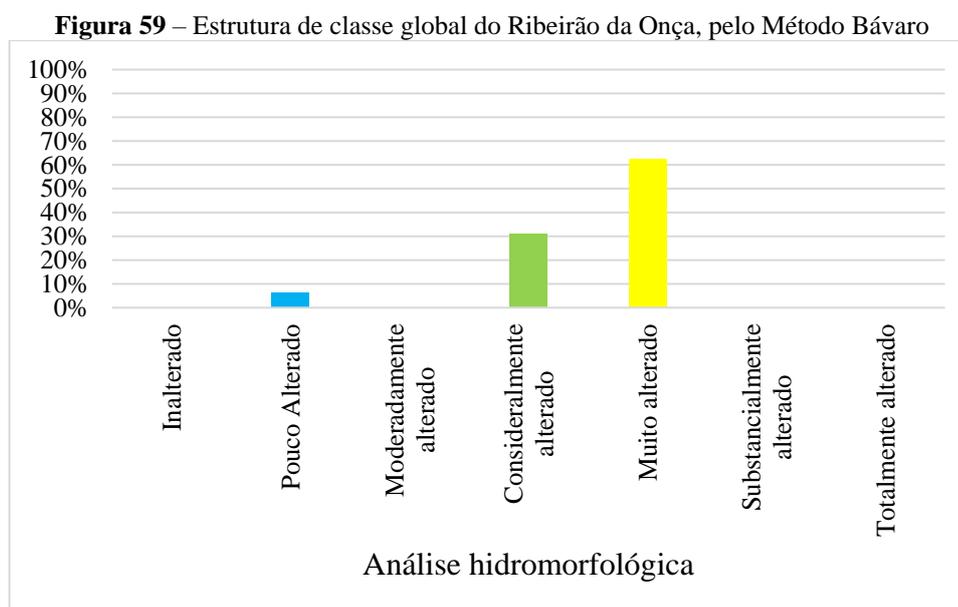


Fonte: Autor (2020).

Na estrutura de classe referente à dinâmica da várzea para o Ribeirão da Onça, 62,5% dos pontos foram classificados como muito alterado, recebendo pontuação 5; e 31,25% dos pontos foram classificados como consideravelmente alterados, recebendo pontuação 4, ambos devido à perda de mata ciliar por ações antrópicas que modificaram o uso das margens do leito e das várzeas, seja para pastagens ou agricultura. Apenas o ponto 1 recebeu a classificação de pouco alterado e pontuação 2, correspondendo à 6,25% dos pontos amostrais do ribeirão, pois mantém boa parte das condições naturais, principalmente a vegetação natural nas suas margens e várzeas.

### 4.5.3 Estrutura de classe global

Uma vez determinado os resultados da estrutura de classe da dinâmica do leito do rio e estrutura de classe da dinâmica da várzea, é possível finalizar a avaliação do Ribeirão da Onça pelo Método Bávaro apresentado a estrutura de classe global, ou seja, a análise hidromorfológica do Ribeirão da Onça demonstrada na Figura 59.

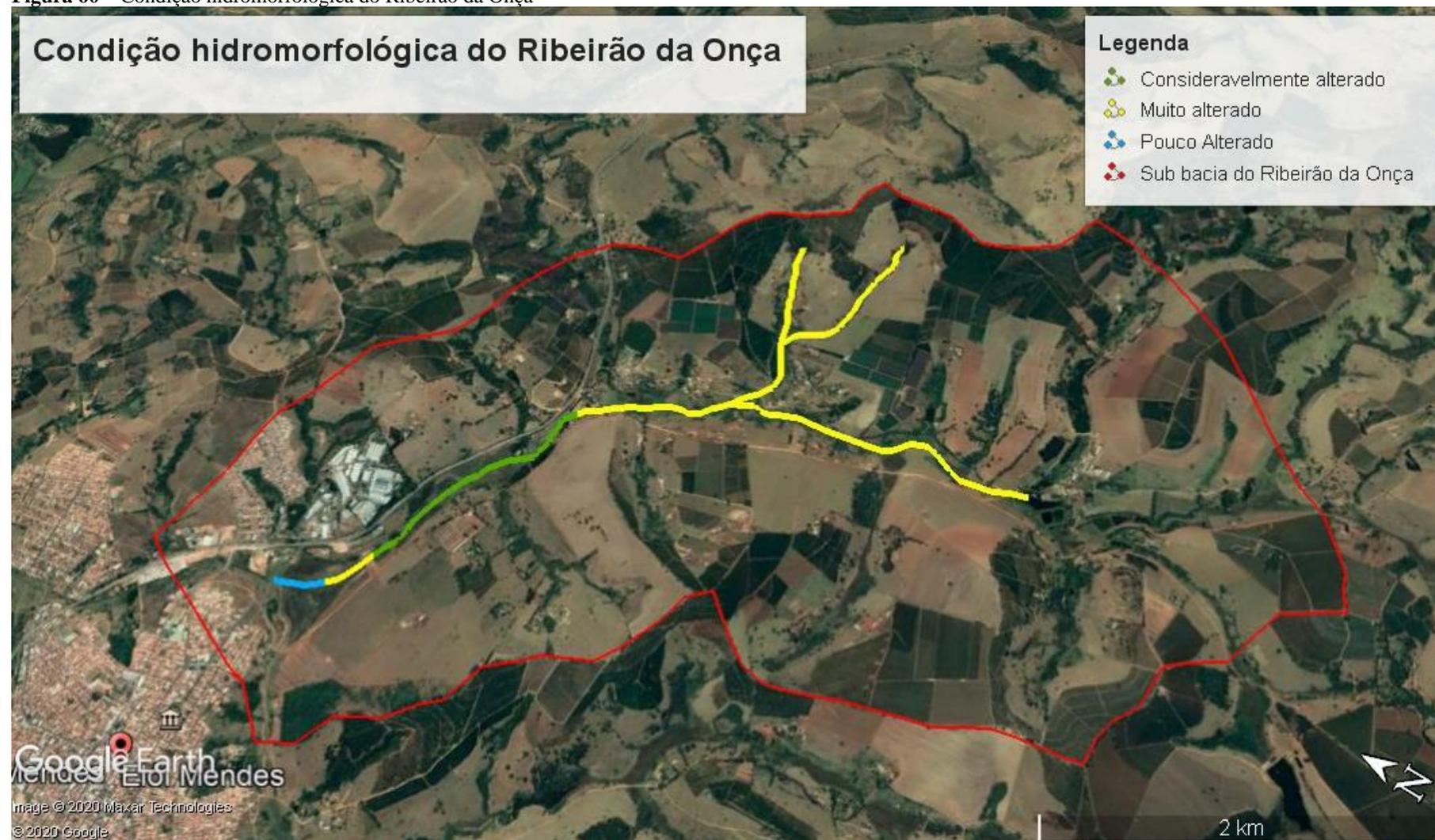


Fonte: Autor (2020).

A estrutura de classe global do Ribeirão da Onça resulta da avaliação e classificação da análise hidromorfológica dos trechos do ribeirão, onde 6,25% dos pontos amostrais foram classificados como pouco alterado, recebendo pontuação 1; 31,25% dos pontos amostrais foram classificados como consideravelmente alterados, recebendo pontuação 4; e 62,5% dos pontos amostrais foram classificados como muito alterados, recebendo pontuação 5.

Por conseguinte, 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 da Onça, apresentado na Figura 60, segundo o Método Bávaro.

Figura 60 – Condição hidromorfológica do Ribeirão da Onça



Fonte: Autor (2020).

O Ribeirão da Onça, segundo o Método Bávaro, sofreu significativas modificações ao longo de sua extensão, resultando na hidromorfologia apresentada, que equivale à sua realidade atualmente.

#### 4.6 Proposição de pontos amostrais para monitoramento da qualidade da água

Tendo em vista a condição hidromorfológica apresentada para o Ribeirão da Onça, nota-se a necessidade de monitoramento da qualidade da água deste curso d'água, devido principalmente as modificações que vem ocorrendo no uso e ocupação do solo na sub bacia do ribeirão, e a sua posterior utilização para abastecimento público da população do município de Elói Mendes, MG. Para tanto, em demandas como o abastecimento público, torna-se essencial o monitoramento da qualidade da água nos mananciais, visando a segurança hídrica e a minimização dos recursos dispendidos com tratamento de água.

Para este intento, a Figura 61 apresenta a proposição de pontos para o monitoramento da qualidade da água no Ribeirão da Onça, sendo estes delimitados em função da importância da conservação da qualidade da água nas nascentes, dos locais onde há lançamento de efluentes de esgoto devido a ocupação por chacreamentos e do avanço da expansão urbana. Os pontos foram numerados para auxiliar na identificação do mapa, sendo delimitados 04 pontos de monitoramento em toda a extensão do Ribeirão da Onça e 05 pontos de monitoramento nas nascentes do ribeirão (sendo dois pontos na primeira nascente, dois pontos na segunda nascente e um ponto na terceira nascente), totalizando 09 pontos de monitoramento (Figura 61), localizados de acordo com as coordenadas geográficas apresentadas na Tabela 7.

**Tabela 7** – Coordenadas geográficas dos pontos de monitoramento para o Ribeirão da Onça

Ponto	Longitude*	Latitude*	Monitoramento	Justificativa
1	21°36'41" S	45°33'12" O	pH, acidez, dureza, Nitrogênio, Fósforo,	Presença de áreas edificadas e atividades industriais.
2	21°36'45" S	45°33'03" O	pH, acidez, dureza, Nitrogênio, Fósforo,	Presença de áreas edificadas e atividades industriais.
3	21°37'05" S	45°32'16" O	pH, Nitrogênio, Fósforo,	Presença de áreas

4	21°37'23" S	45°31'58" O	pH, Nitrogênio, Fósforo,	edificadas e pastagens. Presença de áreas edificadas e pastagens.
5	21°37'29" S	45°31'49" O	pH, Nitrogênio, Fósforo,	Presença de áreas edificadas e pastagens.
6	21°37'25" S	45°31'37" O	Cor, Turbidez, Cloretos, Nitrogênio, Fósforo,	Presença de plantações com irrigações.
7	21°37'20" S	45°31'25" O	Cor, Turbidez, Cloretos, Nitrogênio, Fósforo,	Presença de plantações com irrigações.
8	21°37'32" S	45°31'32" O	Cor, Turbidez, Cloretos, Nitrogênio, Fósforo,	Presença de plantações com irrigações.
9	21°37'42" S	45°31'52" O	Cor, Turbidez, Cloretos, Nitrogênio, Fósforo,	Presença de plantações com irrigações.

---

\*coordenadas geográficas em graus, minutos e segundos. Datum WGS84.

Fonte: Autor, 2020.

Figura 61 – Proposição de pontos de monitoramento para o Ribeirão da Onça



Fonte: Autor (2020).

De acordo com o estudo de Amâncio *et al.* (2018) onde se avaliou a qualidade da água nas sub bacias hidrográficas dos rios Capivari e Mortes, Minas Gerais, para mitigar os efeitos impactantes do uso e ocupação do solo e ações antrópicas no curso d'água, deve-se adotar medidas de controle de utilização do uso e ocupação do solo, associadas a redução do lançamento de efluentes, monitoramento da qualidade da água e definição de variáveis de qualidade da água.

Uma vez delimitados a proposição dos pontos de monitoramento para o Ribeirão da Onça, tem-se ainda a proposição das variáveis de qualidade da água a serem analisadas. A qualidade da água pode ser representada por diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas, e que o conhecimento das particularidades de cada situação é que deve definir os parâmetros a serem incluídos na análise. No Ribeirão da Onça, por se tratar de uma água a ser destinada principalmente ao abastecimento público, a qualidade da água deve estar em conformidade com o enquadramento de classe 2 definido pela Resolução CONAMA 357 (2005), do Ministério do Meio Ambiente.

Para o controle de utilização do uso e ocupação do solo na sub bacia do Ribeirão da Onça, tem-se a seguir a proposição de projeto para delimitação de Áreas de Preservação Permanentes APPs.

#### **4.7 Proposição de projeto para delimitação de Áreas de Preservação Permanentes (APPs) no Ribeirão da Onça**

As condições hidromorfológicas do Ribeirão da Onça e suas nascentes apresentadas neste trabalho demonstraram o grau de modificação avaliados como alterados nas dinâmicas do leito do rio e das várzeas, em função principalmente do uso e ocupação do solo e das ações antrópicas na sub bacia hidrográfica do ribeirão.

Com o intuito de preservação e conservação da vegetação no entorno da extensão do Ribeirão da Onça e suas nascentes, para conseqüentemente preservação e manutenção da qualidade da água do ribeirão, tem-se por alternativa de gestão deste recurso hídrico a delimitação das Áreas de Preservação Permanentes – APPs.

As larguras do curso d'água do Ribeirão da Onça em toda sua extensão não ultrapassou 10 m, ocasionando o enquadramento das áreas no entorno da sua extensão em APPs de 30 metros a partir da calha do rio, em consonância com o Código Florestal (2012), enquanto que

para o entorno das três nascentes do Ribeirão da Onça delimitou-se APPs de 50 m a partir do olho d'água, conforme preconiza o Código Florestal (2012) e apresentadas na Figura 62.

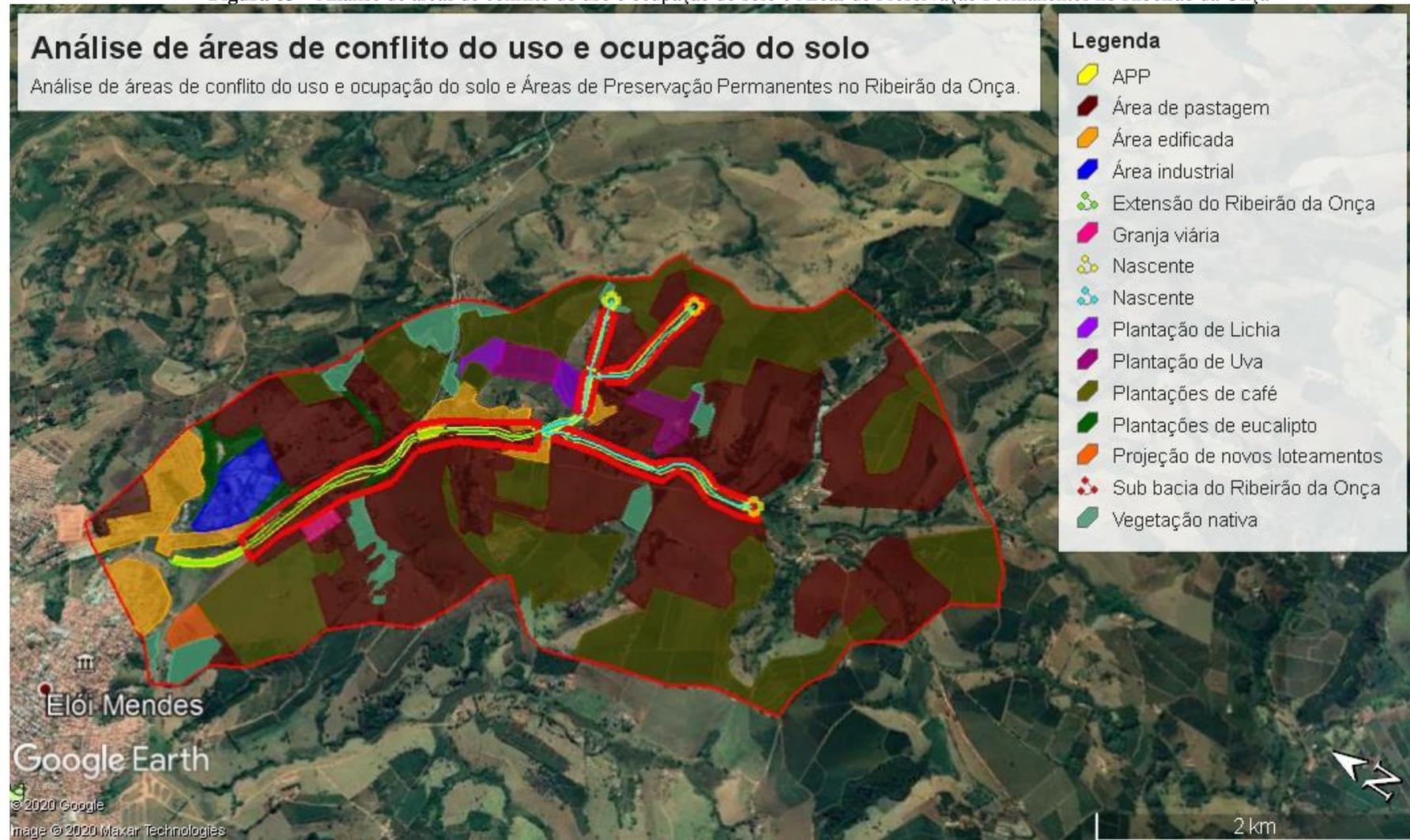
Figura 62 – Demarcação das Áreas de Preservação Permanentes no Ribeirão da Onça



Fonte: Autor (2020).

As Áreas de Preservação Permanentes – APPs demarcadas correspondem a uma área de 455.741,94 m<sup>2</sup>, cerca de 2,8% da área total da sub bacia hidrográfica do Ribeirão da Onça. Quando estas foram sobrepostas ao mapa de uso e ocupação do solo da sub bacia do ribeirão, foi possível identificar conflitos de uso do solo, onde necessariamente, de acordo com o Código Florestal, deve haver vegetação nativa, correspondendo à 83,44% de APP sob intervenção antrópica, destacadas na Figura 63.

**Figura 63** – Análise de áreas de conflito do uso e ocupação do solo e Áreas de Preservação Permanentes no Ribeirão da Onça



Fonte: Autor (2020).

Logo, quando confrontados os mapas, os dados mostram que de um total de 45,57 ha de Áreas de Preservação Permanentes – APPs, cerca de 38,02 ha estão ocupados por área edificada, plantações de eucaliptos, plantações de lichia e áreas de pastagens, ou seja, estão em conflito de uso do solo, onde necessariamente, de acordo com o Código Florestal, deveria haver vegetação nativa, ou seja, 83,44% da APP está sob interferência antrópica.

Conforme a Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal), em seu Capítulo XIII, Seção II, no Art. 61, nos §§ 1º ao 7º, nas Áreas de Preservação Permanente, é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008, respeitando a recomposição das respectivas faixas marginais em consonância com o tamanho da área consolidada do imóvel.

Tendo em vista que a sub bacia do Ribeirão da Onça constitui a principal fonte de abastecimento público da cidade de Elói Mendes, é aconselhável que o poder público implemente um plano diretor do Ribeirão da Onça no sentido de proteção, conservação, e recomposição das APPs, sejam elas no entorno das nascentes ou às margens dos cursos d'água, com a finalidade de cumprir os preceitos legais das Políticas Nacional (1997), Estadual de Recursos Hídricos (1999) e do Código Florestal (2012).

## 5 CONCLUSÃO

A estrutura de classe global do Ribeirão da Onça resulta da avaliação e classificação da análise hidromorfológica dos trechos do ribeirão, onde 6,25% dos pontos amostrais foram classificados como pouco alterado, recebendo pontuação 1; 31,25% dos pontos amostrais foram classificados como consideravelmente alterados, recebendo pontuação 4; e 62,5% dos pontos amostrais foram classificados como muito alterados, recebendo pontuação 5.

De forma geral, pode-se afirmar que o Ribeirão da Onça, sofreu alterações consideráveis ao longo de sua extensão e das suas três nascentes, que culminou em considerações relevantes para a sua hidromorfologia, sendo estes resultados, condizentes com sua realidade atualmente, e identificados junto aos mapas de uso e ocupação do solo na sub bacia. A avaliação do Método Bávaro possibilitou a proposição de oito pontos de monitoramento para o Ribeirão da Onça e suas nascentes.

Foram contabilizadas 45,57 ha APPs no entorno do Ribeirão do Onça. Em se tratando do conflito de uso e ocupação do solo, a área de uso indevido correspondeu a 38,02 ha (83,44%), com utilização para plantações de eucalipto, lichia, áreas edificadas por chacreamentos e pastagens. Do total de APPs demarcadas no mapa, tem-se apenas 16,56% cobertas com vegetação nativa, e por isso, carecem de planos para sua conservação e proteção.

Os resultados demonstram que a ausência de mapas contendo os limites das Áreas de Preservação Permanentes dificulta, se não impede, tanto o agricultor, quanto os órgãos fiscalizadores de fazerem cumprir o Código Florestal brasileiro.

Em síntese, o estudo dessa sub bacia com a avaliação hidromorfológica do Ribeirão da Onça, que é uma ferramenta importante para análise das intervenções realizadas nas dinâmicas do leito do curso d'água e sua várzea, conjugado à delimitação dos usos e ocupações do solo e demarcações das áreas de APPs, possibilita uma análise epistemológica e interdisciplinar quanto à duas áreas do conhecimento, as ciências ambientais e recursos hídricos, mais precisamente no monitoramento e manejo dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7217: **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: método de ensaio. **Solo: análise granulométrica**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984.
- ALBERTIN, L. L.; MATOS, A. J. S.; MAUAD, F. F. Cálculo do Volume e Análise da Deposição de Sedimentos do Reservatório de Três Irmãos. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V. 15. N. 4. Out/Dez 2010. 57-67. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Frederico\\_Mauad/publication/305306395\\_Calculo\\_do\\_Volume\\_e\\_Analise\\_da\\_Deposicao\\_de\\_Sedimentos\\_do\\_Reservatorio\\_de\\_Tres\\_Irmaos/links/58b8696745851591c5d7fe17/Calculo-do-Volume-e-Analise-da-Deposicao-de-Sedimentos-do-Reservatorio-de-Tres-Irmaos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Frederico_Mauad/publication/305306395_Calculo_do_Volume_e_Analise_da_Deposicao_de_Sedimentos_do_Reservatorio_de_Tres_Irmaos/links/58b8696745851591c5d7fe17/Calculo-do-Volume-e-Analise-da-Deposicao-de-Sedimentos-do-Reservatorio-de-Tres-Irmaos.pdf). Acesso em 10 Dez. 2019.
- ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, p. 257-284. (2004).
- ALVARENGA, L. A.; MARTINS, M. P. P.; CUARTAS, L. A. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, SP, v.7, n.3, p.228-240, 2012.
- ALVES, K. C. C. L. F.; VIOLA M. R.; SOUZA, P. A.; GIONGO, M.; MELLO, C. R. Avaliação temporal dos conflitos de uso do solo na bacia hidrográfica do Rio Formoso. Tocantins, **Pesquisa florestal brasileira**, v. 35, n. 83, p. 271-283, jul./set. 2015.
- AMÂNCIO, D. V. *et al.* **Qualidade da Água nas Sub-Bacias Hidrográficas dos Rios Capivari e Mortes, Minas Gerais**. Revista Scientia Agraria, v. 19, n. 1, p. 75–86, 2018.
- BAYLFW - BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT. **Kartier-und Bewertungsverfahren Gewässerstruktur**: mapping and assessment methods for the struture of waters. München, 2002.
- BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: UFSC, 2003. v. 3.
- BOOTH, D. B.; JAKSON, C. R. Urbanization of aquatic systems: Degradation thresholds, stormwater detection, and the limits of mitigation. **Journal of the American Water Resources Association**, v.33, n. 5, p.1077-1090, 1997.
- BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema de Nacional de Gerenciamento de Recurso Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21. da Constituição Federal**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 1 abr 2020.
- BRASIL, Lei nº 12.651 de 25 de Maio de 2012, Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 26 mai. 2012.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p. 58-63. 2005.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006.** Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente – APP. Diário Oficial da União. Brasília – DF: 29 de março de 2006.

BRITO, Roney Nonato Reis de *et al.* Características sedimentares fluviais associadas ao grau de reservação da mata Ciliar - Rio Urumajó, Nordeste Paraense. **Acta Amaz.**, Manaus, v. 39, n. 1, p. 173-180, Mar. 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000100017>.

BU, H.; MENG, W.; ZHANG, Y.; WAN, J. (2014). Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China. **Ecological Indicators**, v. 41, p. 187-197

CADA, G. F.; HUNSAKER, C. T. Cumulative impacts of hydropower development: Reaching a watershed impact assessment. **The Environmental Professional**, v.12, n.1, p.2-8, 1990.

CARDOSO, A. S. **Proposta de metodologia para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água em áreas urbanas.** Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2012.

CARNEIRO, Thaís Siqueira. **Análise hidromorfológica e da qualidade da água dos Ribeirões Espera e Araras localizados no município de Três Pontas-MG.** – 2018. 222 p. Dissertação (Mestrado profissional) – Universidade Federal de Lavras, 2018.

CARVALHO, T. E. M. de. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **RBGF – Revista Brasileira de Geografia Física**, v.01, n. 01, 78-85, mai./ago. 2008.

CBH GRANDE Comitê de bacia hidrográfica. Comitê de bacia hidrográfica do Rio Verde. Disponível em <http://www.grande.cbh.gov.br/GD4.aspx>. Acesso em 10 de outubro de 2019.

DAVIDE, A. C.; PINTO, L. V. A.; MONNERAT, P. F.; BOTELHO, S. A. **Nascente: o verdadeiro tesouro da propriedade rural – o que fazer para conservar as nascentes nas propriedades rurais.** Lavras: UFLA, CEMIG, 2010. 18 p.

DUPASA, R.; DELMASC, M.; DORIOZD, J. M.; GARNIERE, J.; MOATARF, F.; GASCUEL-ODOUXA, C. (2015). Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 396-407.

EMBRAPA. 1998. *Diagnóstico e Planejamento de Sistemas Agroflorestais na microbacia Ribeirão Novo, município de Wenceslau Braz, Estado do Paraná.* Embrapa - CNPF (Doc. 35), Colombo. 54p.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES Jr., A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte - MG. **Geografias**, v.8, n.2, p.8-23, 2012.

FERREIRA, C.; SOUZA, M. R. R.; SILVA, C.; ZAVARIZE, M.; BORBA, E. Análise socioambiental em propriedades rurais com nascentes em processo de recuperação no município de Lauro Muller (SC). **Revista Ciência & Cidadania**, v. 2, n. 1, p. 92, 2016.

FIA, R.; TADEU, H. C.; MENEZES, J. P. C.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. F. C. (2015). Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1. Available from <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p267-275>. Access on 10 Dez. 2019.

FREITAS, J. P. O. *et al.* Distribuição da água de chuva em Mata Atlântica. **Ambiente e Água**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 100-108, 2013.

GARCEZ, L.N e ALVAREZ, G. A **Hidrologia**. São Paulo: Blucher Ltda., 1988.

GOLDONI, T. R.; VESTENA L. R. Mapeamento das áreas de risco à inundação na cidade de Guarapuava – PR. XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. 2016.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, 2005.

GOMES, N.M.; FARIA, M.A.; SILVA, A.M.; MELLO, C.R.; VIOLA, M.R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 427-435, 2007.

GOMES, J. & SANTOS, I. Análise comparativa de campanhas de medição de descarga líquida pelos métodos convencional e acústico. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2003. p.32-36.

GORSKI, Maria Cecília Barbieri. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação**. São Paulo: Senac São Paulo, 2010. 300p.

Guia de avaliação da qualidade das águas. 2004. Available from [http://www.redesdeaguas.org.br/observando/guia\\_de\\_avaliacao\\_de\\_qual\\_agua.doc](http://www.redesdeaguas.org.br/observando/guia_de_avaliacao_de_qual_agua.doc). Access on 06 Nov. 2019.

GUIMARÃES, J. L. B. Relação entre a ocupação do solo e o comportamento hidrológico da Bacia Hidrológica do Rio Pequeno. - São José dos Pinhais - PR. 2000, 197 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 2000, Curitiba, Paraná.

Hooke, J. M. 1979. An Analysis of the Processes of River Bank Erosion. **Journal of Hydrology**, v.(42).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Minas Gerais: Elói Mendes. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/eloi-mendes/panorama>. Acesso em: 08 Jan. 2020.

IGAM Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Resumo Executivo do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde / Instituto Mineiro de Gestão das Águas; Consórcio Ecoplan-Lume. --- Belo Horizonte: IGAM, 2010. 75 p.

JIPP, P. H.; NESPSTAD, D. C.; CASSEL, D. K.; CARVALHO, C. R. Deep soil moisture storage and transpiration in forests and pastures of seasonally-dry Amazonia. *Climatic Change*, v. 39, p. 395-412, 1998.

KANG, J. H.; LEE, S. W.; CHO, K. H.; KI, S. J.; CHA, S. M.; KIM, J. H. (2010). Linking land-use type and stream water quality using spatial data of fecal indicator bacteria and heavy metals in the Yeongsan river basin. **Water Research**, v. 44, p. 4.143-4.157.

LANNA, A. E. L. e BENETTI, A. D. Estabelecimento de Critérios para Definição da Vazão Ecológica no Rio Grande do Sul: Relatório Final. Fundação Estadual de Proteção Ambiental FEPAM: Porto Alegre, RS. 2003.

LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. Arbeitskreis Gewässerbewertung - Fließgewässer: Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Berlin: [LAWA], 2000.

LEE, S. W.; HWANGS, S. J.; LEE, S. B.; HWANGS, H. S.; SUNG, H. C. (2009). Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. **Landscape and Urban Planning**, v. 92, p. 80-89.

LI, S.; GU, S.; TAN, X.; ZHANG, Q. (2009). Water quality in the upper Han River basin, China: the impacts of land use/land cover in riparian buffer zone. **Journal of Hazardous Materials**, v. 165, p. 317-324.

LIMA, E.B.N.R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MAH, P. R.; MIKOŠ, M.; BIZJAK, A. Hydromorphological classification of Slovenian rivers. **Acta Geographica Slovenica**, v. 50, p. 201-229, 2010.

MARTINS, S. V. Recuperação de matas ciliares: no contexto do novo Código Florestal. 3ª ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2014.

MAY, C. W. *et al.* Effects of urbanization on small streams in the Puget Sound ecoregion. **Watershed Protection Techniques**, v. 2, n.4, p.483-494, 1999.

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.

MENEZES, J. P. C.; BERTOSSI, A. P. A.; SANTOS, A. R.; NEVES, M. A. Correlation between land use and groundwater quality. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19. p. 173-186. (2014).

MENEZES, João Paulo Cunha. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 519-534, Sept. 2016. Available from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522016000300519&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000300519&lng=en&nrm=iso). access on 10 Dez. 2019.

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, 2002.

MEURER, M., BRAVARD, J. P. and STEVAUX, J. C. 2011. Granulometria dos sedimentos marginais do rio Ivaí com vistas à compreensão da dinâmica hidrosedimentar montante- jusante. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 12(1), pp. 39-44.

MINAS GERAIS. Lei 13.199, de 29 de janeiro de 1999. Que institui a política estadual de recursos hídricos no estado de Minas Gerais e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>>. Acesso em: 2 abr 2020.

MORAES, Alessandra Ribeiro de. **Indicadores para a caracterização de serviços ambientais de áreas úmidas: estudo de caso: a área de proteção ambiental das ilhas e várzeas do rio Paraná**. 2011. 180, 21 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)— Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

NGOYE, E.; MACHIWA, J. F. (2004). The influence of land use patterns in the Ruvu river watershed on water quality in the river system. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 29, p. 1.161-1.166.

NIELS, R.; ROAR, J.; LISA, B.; STELLA, B.; FLEMMING, M.; PETER, B. G. Estimating resource costs of compliance with EU WFD ecological status requirements at the river basin scale. **Journal of Hydrology**, v. 396, p. 197-214, 2010.

OLIVEIRA, Paulo Sérgio Garcia de. **Estudo das várzeas visando o controle de cheias urbanas e a restauração ecológica: o caso do parque linear do ribeirão das Pedras, em Campinas, SP**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP: [s.n.], 2004.

PETERS, N. E.; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. **Water International Urbana**, v. 25, n. 2, p. 214-21, 2000.

PICKETT, S. T. A.; CADENASSO, M. L.; GROVE, J. M.; BOONE, C. G.; GROFFMAN, P. M.; IRWIN, E.; KAUSHAL, S. S.; MARSHALL, V.; MCGRATH, B. P.; NILON, C. H.; POUYAT, R. V.; SZLAVECZ, K.; TROY, A.; WARREN, P. (2011). Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress. **Journal of Environmental Management**, v. 92, p. 331-362.

PINTO, L. V. A. *et al.* **Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz**, Lavras, MG. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 65, p.197-206, jun. 2004.

PINTO, L.V.A.; ROMA, T.N. de; BALIEIRO, K.R.C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Revista Cerne**, v.18, n. 3, p.495-505, 2012.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ELÓI MENDES. Relatório final do PMSB, 2015. Disponível em: <http://eloimendes.mg.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico/>. Acesso em: 08 Jan. 2020.

RANZINI, M.; LIMA, W. P. Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com Eucalyptus, no Vale do Paraíba, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 61, p.144-159, 2002.

REH, J.; KRAUS, R. **Comparison of different hydromorphological assessment methods on the example of Croatian surface water bodies**. 197 f. 2009. Dissertação (Mestrado) - FachhochschuleWeihenstephan, Freising, 2009.

RHODES, A. L. *et al.* Influences of land use on water quality of a diverse New England watershed. **Environmental Science and Technology**, v.35, p. 3640-3645, 2001.

ROCHA, B. F.; FONSECA, A. R.; SOUSA, F. F. Análise Macroscópica e Parâmetros Microbiológicos de nascentes da área urbana de Cláudio, Minas Gerais, Brasil. **Conexão Ci**, 12:17-33, 2017.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas (orgs). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2004.

ROTHWELL, J. J.; DISE, N. B.; TAYLOR, K. G.; ALLOTT, T. E. H.; SHCOLEFIELD, P.; DAVIES, H.; NEAL, C. (2010). A special and seasonal assessment of river water chemistry across North West England. **Sciences of the Total Environment**, v. 408, p. 841-855.

RUTKOWSKI, E. A. **Desenhando a bacia ambiental: subsídios para o planejamento das águas doces metropolitanizadas**. 1999. 158 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1999 São Paulo.

SANTANA, J. L. S. de; AGUIAR NETTO, A. O. ; MELLO JUNIOR, A. V.. **Impacto da precipitação e de vazão máximas em obras de infra-estrutura em uma sub-bacia do semi-árido de Sergipe**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. Anais. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007. p. 1-15.

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.

SANTOS, Raimundo Brito dos. *Avaliação macroscópica da nascente do brejo da prata, afluente do Rio Paraim, Corrente - PI / Raimundo Brito dos Santos*. - 2019.

SANTOS, Silvio Roberto Miranda dos; MIRANDA, Izildinha de Souza; TOURINHO, Manoel Malheiros. Análise florística e estrutural de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amaz.**, Manaus , v. 34, n. 2, p. 251-263, 2004 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672004000200013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672004000200013&lng=en&nrm=iso)>. access on 12 Jan 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000200013>.

SCHEIFHACKEN, N.; HAASE, U.; GRAM-RADU, L.; KOZOVYI, R.; BERENDONK, T. U. How to assess hydromorphology? A comparison of Ukrainian and German approaches. **Environmental Earth Sciences**, v. 65, n. 5, p 1483-1499, Mar. 2012.

SCHUELER, T. **Planning for urban stream protection. Metropolitan Washington: Council of Governments**, 1994. 30 p.

SERRÃO, E.A. 1995. Desenvolvimento agropecuário e florestal na Amazônia proposta para o desenvolvimento científico e tecnológico. In: Costa, J.M.M. (org.). **Amazônia. Desenvolvimento**

**econômico, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade de recursos naturais - Pará.** UFPA. NUMA, Belém. 57-104p.

SILVA, A.; SOUZA, C. A. de.; ZANI, H.; FREITAS, D. R. de.; avaliação da erosão na margem direita do rio Paraguai à jusante da praia do Julião município de Cáceres-MT. **Revista Geográfica Acadêmica.** v.1 n. 1 (xii.2007) 5-19.

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.

SILVA, Alexandre & ALMEIDA, Cristiano. (2015). Utilização do método Bávaro para avaliação das condições hidromorfológicas de uma bacia experimental no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** 20. 106-118. 10.21168/rbrh.v20n1.p106-118.

SILVA, T. G. N.; GAMA, R. C.; TEIXEIRA, L. G.; SANTOS, G. R.; SOUSA, R. M.; SOUZA, P. B. Diagnóstico ambiental de uma área de proteção permanente (APP), formoso do Araguaia-TO. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde,** v. 16, n. 2, 2018.

SIMON, A. L. H. & SILVA, P. F. Análise geomorfológica da planície lagunar sob influência do canal São Gonçalo – Rio Grande do Sul – Brasil. **Geociências,** v. 34, n. 4, p.749-767, 2015.

SMITH, N.; DUBOIS, J.; CURRENT, E.; LUTZ, E.; CLEMENT, C. 1998. **Experiências Agroflorestais na Amazônia Brasileira: Restrições e Oportunidades.** Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília. 146p.

ŠÍPEK, V.; MATOUŠKOVÁ, M.; DVORÁK, M.; Comparative analysis of selected hydromorphological assessment methods. **Environmental Monitoring and Assessment,** v. 169, n. 1-4, p 309-319, Oct. 2010.

STARZYNSKI, R.; SIMÕES, S. J. Avaliação quantitativa do uso dos recursos hídricos em unidade de conservação: Estudo de caso do Parque Estadual Serra do Mar. São Paulo, **Sociedade & natureza,** Uberlândia, v.27, n. 2, p. 327-340, mai/ago. 2015.

STEVANUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial.** São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

TAKEDA, T.O. Uso e ocupação do solo urbano. Disponível em: [http://www.jurisway.org.br/v2/dhall.asp?id\\_dh=12363](http://www.jurisway.org.br/v2/dhall.asp?id_dh=12363)>. Acesso 20/01/2020.

Thorne, C. R.; Tovey, N. K. 1981. Stability of composite river banks. *Earth Surface Processes and Land forms,* 6, p. 469 – 484

TRAN, C. P.; BODE, R. W.; SMITH, A. J.; KLEPPEL, G. S. (2010). Land-use proximity as a basis for assessing stream water quality in New York State (USA). *Ecological Indicators,* v. 10, p. 727-733.

TRETIN, A. B.; KRAMER, G.; BARBOSA, C. C. F.; RUDORFF, C. de M.; FILHO, W. P.; NOVO, E. M. L de M. Geostatística aplicada ao estudo da relação entre profundidade e turbidez no Lago Grande de Curuai//PA. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,** Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4505-4512.

TUCCI, Carlos E. M. (2001). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed.; 2 reimpr. Porto Alegre; Ed. Universidade/UFRGS : ABRH. 2001.

Tuysuz, O. Jeomorfoloji de Seçme Konular Ders Notlari Ana Sayjasi; Fluvial Systems, Disponível em: <http://www.eies.itur.edu.tr/> Acesso em: 08 jan. 2020.

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M.; Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Três Barras, Marizópolis, **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

VICENTE, Izabela Torres; CORDEIRO, Juni. Diagnosis of degradation of Ribeirão Candidópolis, Itabira (MG): a contribution to restoration proposals. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 7, n. 2, p. e472137, jan. 2018. ISSN 2525-3409. Available at: <https://rsd.unifei.edu.br/index.php/rsd/article/view/174>. Date accessed: 01 jan. 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.17648/rsd-v7i2.174>.

WILKEN, P. S. **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo, CETESB, 1978.

WOLI, K. P.; NAGUMO, T.; KURAMOCHI, K.; HATANO, R. (2004). Evaluating river water quality through land use analysis and N budget approaches in livestock farming areas. **Sciences of the Total Environment**, v. 329, p. 61-74.

YARED, J.A.G.; BRIENZA JÚNIOR, S.; MARQUES, L.C.T. 1998. **Agrossilvicultura: conceitos, classificação e oportunidades para a aplicação na Amazônia brasileira**. Embrapa-CPATU (Doc. 104), Belém. 39p.



**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
	V	U		
Tipo de Exe.				
Tipo de vale	S	E		
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
Abrigo	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
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
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
Alce	x	x
Macrófitas, 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)

**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	1-4	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	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		
Dinâmica do leito do rio	3	4	4	5	4	5	5	6	4	5	5	6	6	7

<b>Estrutura de classe</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Significado	inalterado	Pouco alterado	Moderadamente alterado	Consideravelmente alterado	Muito alterado	Substancialmente alterado	Totalmente alterado

Campo de comentário (texto simples, como espécies de árvores dominantes na vegetação de encosta)

## 2. Dinâmica de Várzea

**Retenção**

**2.1 Estruturas de controle de cheias**

não disponível	1
Disponível na várzea	4
Não disponível na várzea	7
<b>Valor:</b>	<input type="text"/>

**2.2 Capacidade de transbordamento**

Natural	1	1
comprometida	3	1
muito reduzida	7	1
<b>valor:</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Pot. de retenção da matéria**

	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
<b>Valor (maior número):</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**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	
<b>Valor (Área da margem com menos água)</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Natural, não há problemas com a margem	1	1	
<b>Valor (maior número):</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**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							3							4							7									
Estrutura das margens	1	3	4	5-7	1-3	2-5	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	7	1-4	5	7	1-5	6-7		
Pot. de ret. da matéria	1	3	4	5-7	1-3	2-5	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	7	1-4	5	7	1-5	6-7		
Dinâ. da Várzea	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	1	2-5	6-7	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1	2-7	1	2-7
	1	2	3	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	4	5	5	6	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7

