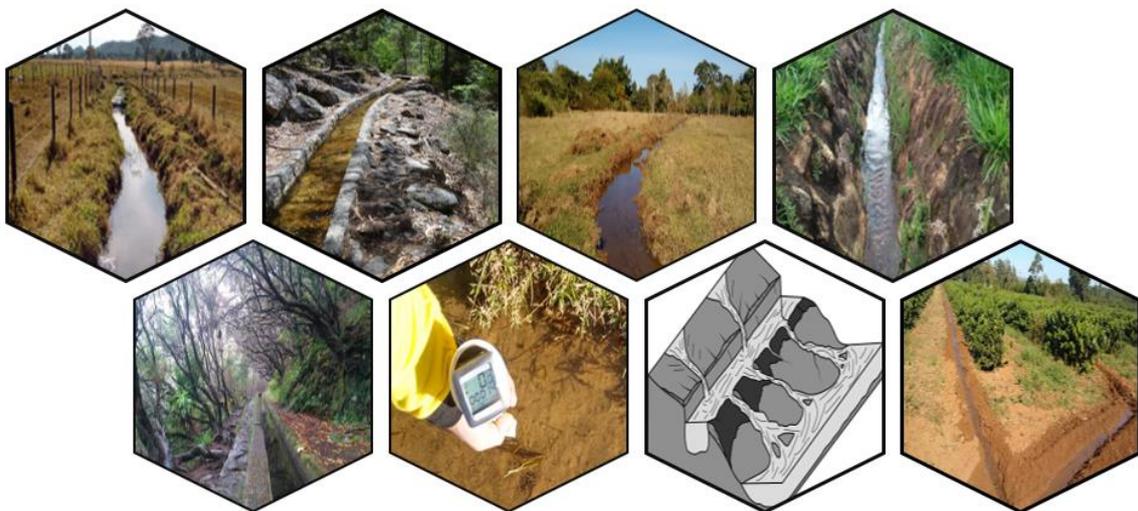


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOGRAFIA E GESTÃO  
DO TERRITÓRIO**

**ASSINATURAS TOPOGRÁFICAS HUMANAS (ATH'S)  
NO CONTEXTO DOS CANAIS DERIVADOS  
MULTIFUNCIÓNAIS E SUAS REPERCUSSÕES  
HIDROGEOMORFOLÓGICAS**



Renato Emanuel Silva

2018

**Renato Emanuel Silva**

**Assinaturas topográficas humanas (ATH'S) no contexto dos canais  
derivados multifuncionais e suas repercussões  
hidrogeomorfológicas**

Tese de Doutorado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
da Universidade Federal de Uberlândia,  
como etapa para à obtenção do título de  
doutor em Geografia.

**Área de Concentração: Geografia e  
Gestão do Território.**

**Linha: Análise, Planejamento e Gestão  
Ambiental/ Geoprocessamento**

**Orientador: Prof. Dr Silvio Carlos  
Rodrigues**

Uberlândia/MG

**INSTITUTO DE GEOGRAFIA**

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

S586a      Silva, Renato Emanuel, 1987-  
2018      Assinaturas topográficas humanas (ATH'S) no contexto dos canais  
derivados multifuncionais e suas repercussões hidrogeomorfológicas /  
Renato Emanuel Silva. - 2018.  
266 f. : il.

Orientador: Silvio Carlos Rodrigues.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa  
de Pós-Graduação em Geografia.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.606>  
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Hidrologia - Teses. 3. Canais - Teses. 4.  
Drenagem - Teses. I. Rodrigues, Silvio Carlos. II. Universidade Federal  
de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

---

CDU: 930

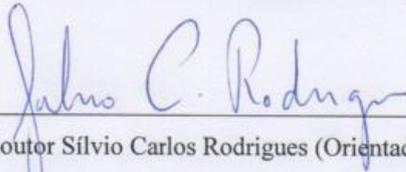
Gerlaine Araújo Silva – CRB-6/1408

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

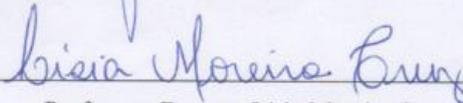
**Programa de Pós-Graduação em Geografia**

**RENATO EMANUEL SILVA**

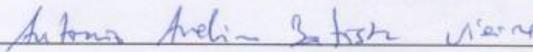
“ASSINATURAS TOPOGRÁFICAS HUMANAS (ATH’S) NO  
CONTEXTO DOS CANAIS DERIVADOS MULTIFUNCIONAIS E  
SUAS REPERCUSSÕES HIDROGEOMORFOLÓGICAS”.



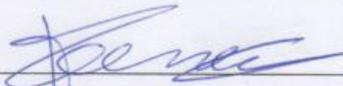
Professor Doutor Silvio Carlos Rodrigues (Orientador) - UFU



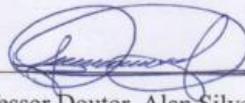
Professora Doutora Lísia Moreira Cruz – IFTM



Prof. Doutor António Avelino Batista Vieira – Universidade do Minho - Portugal



Professor Doutor Vanderlei de Oliveira Ferreira – UFU



Professor Doutor Alan Silveira – UFU

Data: 21/03 de 2018

Resultado: Aprovado com louvor.

Dedico este trabalho à minha  
Família, Amigos e Professores.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus pela inspiração e companhia, e à Virgem Maria pelo senhorio. À minha família, que tem me acompanhado em tantas dimensões, acreditando e me fazendo acreditar.

Ao meu amigo e orientador, Professor Silvio Carlos Rodrigues, pela atenção, empenho, confiança, me incentivando nessa caminhada, e por me inspirar a realizar um trabalho edificador.

Ao Professor Antônio Vieira, pelo acolhimento durante o estágio doutoral, pela amizade e comprometimento, uma grata oportunidade de crescer com alguém portador de tamanha humanidade e conhecimento; aos professores Vanderlei e Marisa, pela presença e apoio ao longo da minha formação e pela amizade, também aos professores Washington, Alcione e Allan pelas contribuições.

Aos amigos Ítalo, Fabiana, Vinicius Juliana, Giliander, Henrique, Lais, Thallita, Lisia, José Fernando, Mariana, Dane, Anna, Gean, Carlos, Camila, Lilian, Mateus, Helder, Catarina, Maria João, Rosilene, Andrey, Jéfferson, Géremi, Matheus, Fernanda, Luciana, Aline, Giovanni, Fausto, João Guilherme, Yasmim, Diego e afilhados, que compreenderam minha ausência e chegaram até aqui comigo, pela ajuda na construção desta pesquisa, com relatos, apoio de campo, monitoramentos, laboratórios, construções cartográficas e esquemáticas, que vez em sempre estavam lá, por mim e por esta pesquisa.

Agradeço ainda os moradores das áreas de campo, especialmente aqueles que participaram ativamente da pesquisa com monitoramentos e registros;

Ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, ao Departamento de Geografia da Universidade do Minho, aos amigos do LAGES que foram uma grande e grata surpresa nessa caminhada, à CAPES por concessão de Bolsas de Doutorado e Doutorado Sanduiche e à FAPEMIG por apoio na participação em evento.

Tanto para o menor como para o maior  
há coisas que só podem ser realizadas  
uma vez, e neste feito seu coração  
repousará. J.R.R.Tolkien

## Resumo

Esta tese tem por objetivo compreender como os canais derivados multifuncionais podem alterar aspectos hidrogeomorfológicos, refletindo na evolução dos ambientes apropriados. Os levantamentos, em diferentes paisagens, apontaram a condição multifuncional destes canais e como garantem a regularidade dos fluxos, por meio de manutenções, gerando a evolução de seus diques marginais antrópicos. Estas estruturas, investigadas no Brasil, Portugal (região norte e ilha da Madeira) e Caxemira, garantem aos canais artificiais, além das conexões previstas com a rede de drenagem natural, interações com as dinâmicas das vertentes, até aqui pouco exploradas. Para melhor compreender estas questões a bacia do Alto Curso do Rio Dourados (Patrocínio-MG/Brasil) foi escolhida para análises. Em quatro derivações foram realizados monitoramentos de 12 cenários mensais para vazão, sedimentos em suspensão, turbidez, evolução da vegetação em leito, pH e parâmetros físicos (temperatura, sólidos totais dissolvidos, condutividade e resistividade). Os resultados hidrossedimentares apresentam as interferências dos canais artificiais desde os barramentos de derivação até às vertentes onde são alteradas as dinâmicas de circulação superficial, com níveis de base artificiais formando depósitos nas vertentes. Os diques antrópicos marginais interferem no escoamento superficial das encostas, retendo parte dos fluxos, ao longo dos canais, e promovem deposições adjacentes que (re)modelam as superfícies. Em alguns trechos, estas estruturas ultrapassaram um metro e meio de altura, isolando também o canal artificial das adjacências. A vegetação, desenvolvida dentro dos canais, revelou papel importante na contensão de partículas e redução da velocidade dos fluxos, de modo que geram águas com índices de turbidez mais baixos e interessantes aos usuários. Os parâmetros hídricos indicaram alterações promovidas por estes canais nos sistemas de drenagem, pela redução de vazões, provocando mudanças da acidez, aumento nos sólidos totais dissolvidos e mudanças nos eixos ecossistêmicos. Os resultados permitem compreender, através do acúmulo de fatores levantados, o papel dos canais abertos artificiais na promoção de dinâmicas artificializadas nas inter-relações (formas/processos) hidrogeomorfológicas. É sugerida a necessidade de que essas estruturas sejam abordadas em estudos ligados ao planejamento ambiental, permitindo uma melhor compreensão das bacias hidrográficas, como se dá a real circulação dentro das mesmas, quando portadoras destes canais, interferindo nas análises científicas e nos planos de gestão.

Palavras-chave: canais abertos artificiais; diques antrópicos marginais; Antropogeomorfologia; interações hidrogeomorfológicas; interferências nas redes de drenagens.

## Abstract

This thesis aims to present the study of hydrogeomorphological forms and processes associated with drainage systems altered by artificial open channels. The surveys, in different landscapes, pointed out the multifunctional condition of these channels, guaranteeing regularity of the flows and maintenance that promote the evolution of their anthropic marginal dikes. These structures guarantee to the artificial channels, besides to the expected connections with the natural drainage network, interactions with the dynamics of the slopes. In order to better understand these issues, upper Dourados river (Patrocínio-MG / Brazil) was chosen for analysis, so that in four artificial river channels, 12 monthly scenarios for flow, suspended sediment, turbidity, pH, and physical parameters (temperature, total dissolved solids, conductivity and resistivity) were monitored. The hydrosediment results show the interference of the artificial channels from their dams to the slopes where the surface circulation dynamics are changed, with artificial base levels forming deposits in the slopes. Marginal anthropic dikes interfere on slopes runoff, retaining part of the flows along the channels, and promoting adjacent depositions that (re)model surfaces. In some sections, these structures exceed one meter tall, also isolating the channel of artificial slopes. The vegetation, developed within the channels, revealed an important role in the particle contention and reduction of flows speed so that they generate water with lower turbidity indexes and interesting to the users. The water parameters indicated alterations promoted by these channels in the drainage systems, by the reduction of flows, promoting changes of the acidity, increase in total solids dissolved and changes in the ecosystemic axes. The results allow us to understand the role of open artificial channels in the promotion of artificialized dynamics in the hydrogeomorphological interrelationships (forms / processes) through the accumulation of raised factors. The need for these structures to be addressed in studies related to environmental planning is suggested, allowing a better understanding of watersheds, and the real circulation within them, when carrying these channels, interfering in scientific analysis and management plans.

Keywords: artificial open channels; marginal anthropic dykes; antropogeomorphology; hydrogeomorphological interactions; interference in drainage networks.

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Localização das regiões visitadas .....	23
<b>Figura 2:</b> Estruturação desta Pesquisa .....	30
<b>Figura 3:</b> Principais tipologias do deslocamento da água.....	39
<b>Figura 4:</b> Canais abertos, exemplos de configurações.....	42
<b>Figura 5:</b> Seções transversais, formas e atribuições.....	44
<b>Figura 6:</b> Rompimento de um canal de transposição.....	47
<b>Figura 7:</b> Hidrogeomorfologia, a evolução dos artigos.....	56
<b>Figura 8:</b> Apontamento dos processos hidrogeomorfológicos.....	57
<b>Figura 9:</b> Fluxograma das fases dessa pesquisa.....	65
<b>Figura 10:</b> Medição das alturas dos diques marginais .....	67
<b>Figura 11:</b> Pontos de monitoramento dos sistemas de derivação.....	69
<b>Figura 12:</b> Representação das atividades de monitoramento.....	72
<b>Figura 13:</b> Chave de interpretação visual (Landsat 8).....	81
<b>Figura 14:</b> Esquema da multifuncionalidade das derivações.....	86
<b>Figura 15:</b> Canais derivados e de outras assinaturas.....	87
<b>Figura 16:</b> Área de serviço dos canais derivados .....	89
<b>Figura 17:</b> Tomada de água, ou ponto de derivação .....	90
<b>Figura 18:</b> Exemplos de assinaturas topográficas.....	91
<b>Figura 19:</b> Documentos, relativos ao rural português.....	94
<b>Figura 20:</b> Presença depositados em uma levada.....	94
<b>Figura 21:</b> Mudanças nas vertentes pelas levadas.....	95
<b>Figura 22:</b> Síntese da dinâmica dos sedimentos entre vertentes.....	95
<b>Figura 23:</b> As veredas, trilhas utilizadas para manutenção.....	98

<b>Figura 24:</b> Galerias de captação nas levadas.....	98
<b>Figura 25:</b> Alguns exemplos dos depósitos materiais.....	98
<b>Figura 26:</b> Tipologias de derivação de canais derivados .....	103
<b>Figura 27:</b> Esquemas de derivações - a partir dos barramentos.....	103
<b>Figura 28:</b> O uso do Prumo de rego d'água .....	105
<b>Figura 29:</b> Teste de vazão em uma telha d'água.....	105
<b>Figura 30:</b> Condições dos canais artificiais em diversos cenários.....	106
<b>Figura 31:</b> Canal artificial vegetado e impacto dos animais .....	108
<b>Figura 32:</b> Manutenções do barramento e na derivação.....	109
<b>Figura 33:</b> Síntese das condições observadas no item 4.1.....	110
<b>Figura 34:</b> Contexto regional da bacia de estudo.....	112
<b>Figura 35:</b> Diversidade paisagística da bacia.....	114
<b>Figura 36:</b> Outra perspectiva da diversidade paisagística da bacia .....	114
<b>Figura 37:</b> Faixa de gramíneas nas derivações .....	124
<b>Figura 38:</b> Sistematização da área de estudo .....	128
<b>Figura 39:</b> Diques antrópicos no canal derivado.....	130
<b>Figura 40:</b> Configuração em trechos sem canais artificiais.....	132
<b>Figura 41:</b> Conexão dos fluxos entre estradas e fundos de vale.....	134
<b>Figura 42:</b> Comunicação entre estrada e canal fluvial .....	135
<b>Figura 43:</b> Diagrama da paisagem da bacia de estudo.....	135
<b>Figura 44:</b> Derivação do canal a partir de barramento .....	138
<b>Figura 45:</b> Início da derivação com rompimentos .....	138
<b>Figura 46:</b> Canal derivado em casos de limpeza dos sedimentos .....	139
<b>Figura 47:</b> Diques desenvolvidos na margem inferior .....	140
<b>Figura 48:</b> Canal artificial com dispersão de fluxo .....	141
<b>Figura 49:</b> Canais artificiais com diques em ambas as margens .....	142
<b>Figura 50:</b> Diques antrópicos duplos .....	143

<b>Figura 51:</b> Imagem tridimensional obtida por sobrevoos de Drone .....	143
<b>Figura 52:</b> Interação entre estradas e canais derivados .....	144
<b>Figura 53:</b> Desconectividade gerando área de alagamento .....	144
<b>Figura 54:</b> Canal artificial com dispersão de fluxo .....	145
<b>Figura 55:</b> Síntese das condições observadas no item 4.3.....	147
<b>Figura 56:</b> Disposição dos pontos amostrais e suas correlações .....	152
<b>Figura 57:</b> Síntese do comportamento hidrossedimentar .....	178
<b>Figura 58:</b> Os pontos de amostragem nos sistemas de derivação .....	182
<b>Figura 59:</b> Comportamento dos barramentos para a turbidez .....	182
<b>Figura 60:</b> Alterações nos canais quanto a progressão da vegetação ...	184
<b>Figura 61:</b> Modelo da evolução vegetal dentro dos canais .....	186
<b>Figura 62:</b> Materiais fixados nas hastes da vegetação .....	189
<b>Figura 63:</b> Síntese do comportamento da vegetação.....	197
<b>Figura 64:</b> Registros de temperatura na derivação c. da Taquara .....	202
<b>Figura 65:</b> Registros de temperatura na derivação c. da Cava .....	203
<b>Figura 66:</b> Registros de temperatura na derivação 1 c. da Estiva .....	204
<b>Figura 67:</b> Registros de temperatura na derivação 2 c. da Estiva .....	204
<b>Figura 68:</b> Síntese das condições do item 4.6.....	220
<b>Figura 69:</b> Síntese dos processos sob influência das derivações .....	221

## Lista de Gráficos

<b>Gráficos de 1 a 3:</b> Vazões (máxi, míni e médias) e precipitações.....	127
<b>Gráfico 4:</b> Precipitação – ano hidrológico 2015/2016 .....	153
<b>Gráfico 5:</b> Córrego da Taquara - CSS e vazão .....	154
<b>Gráfico 6:</b> Córrego da Taquara - Correlações entre a CSS e Vazão .....	155
<b>Gráfico 7:</b> Córrego da Cava - CSS e vazão.....	158
<b>Gráfico 8:</b> Córrego da Cava - Correlações entre a CSS e Vazão.....	159
<b>Gráfico 9:</b> Córrego da Estiva 1 - CSS e Vazão .....	162
<b>Gráfico 10:</b> Córrego da Estiva 1 - Correlações entre a CSS e Vazão ....	163
<b>Gráfico 11:</b> Córrego da Estiva 2 - CSS e Vazão.....	165
<b>Gráfico 12:</b> Córrego da Estiva 2 - Correlações entre a CSS e Vazão.....	166
<b>Gráficos de 13 a 17:</b> Correlações das vazões - Derivação Taquara.....	168
<b>Gráficos de 18 a 22:</b> Correlações dos sedimentos - Derivação Taquara	168
<b>Gráficos de 23 a 25:</b> Correlações das vazões - Derivação Cava.....	169
<b>Gráficos de 26 a 28:</b> Correlações dos sedimentos - Derivação Cava.....	169
<b>Gráficos de 29 a 33:</b> Correlações das vazões - Derivação Estiva 1.....	170
<b>Gráficos de 34 a 38:</b> Correlações dos sedimentos - Derivação Estiva 1.	170
<b>Gráficos de 39 a 43:</b> Correlações das vazões - Derivação Estiva 2.....	171
<b>Gráficos de 44 a 48:</b> Correlações dos sedimentos - Derivação Estiva 2.	171
<b>Gráfico 49:</b> QSS para o sistema de derivação do córrego da Taquara...	175
<b>Gráfico 50:</b> QSS para o sistema de derivação do córrego da Cava.....	175
<b>Gráfico 51:</b> QSS para o sistema de derivação 1 do córrego da Estiva....	175
<b>Gráfico 52:</b> QSS para o sistema de derivação 2 do córrego da Estiva....	176
<b>Gráfico 53:</b> Turbidez na derivação no córrego da Taquara .....	190
<b>Gráfico 54:</b> Vazão e Turbidez (5 dias) na derivação da Taquara .....	190

<b>Gráfico 55:</b> Turbidez na derivação no córrego da Cava .....	191
<b>Gráfico 56:</b> Vazão e Turbidez (5 dias) na derivação da Cava .....	192
<b>Gráfico 57:</b> Turbidez na derivação no córrego da Estiva 1.....	193
<b>Gráfico 58:</b> Vazão e Turbidez (5 dias) na derivação da Estiva 1 .....	193
<b>Gráfico 59:</b> Turbidez na derivação no córrego da Estiva 2 .....	194
<b>Gráfico 60:</b> Vazão e Turbidez (5 dias) na derivação da Estiva 2.....	195
<b>Gráfico 61:</b> Box plot, para STD na derivação da Taquara .....	209
<b>Gráfico 62:</b> Box plot, para STD na derivação da Cava.....	209
<b>Gráfico 63:</b> Box plot, para STD na derivação da Estiva 1.....	210
<b>Gráfico 64:</b> Box plot, para STD na derivação da Estiva 2 .....	210
<b>Gráfico 65:</b> Correlações para STD na derivação da Taquara .....	211
<b>Gráfico 66:</b> Correlações para STD na derivação da Taquara .....	212
<b>Gráfico 67:</b> Correlações para STD na derivação da Taquara .....	212
<b>Gráfico 68:</b> Correlações para STD na derivação da Taquara .....	213

## **Lista de Mapas**

<b>Mapa 1:</b> Localização da área do estudo de caso .....	25
<b>Mapa 2:</b> Classes de hipsometria da bacia de estudo .....	115
<b>Mapa 3:</b> Classes de declividades da bacia de estudo .....	116
<b>Mapa 4:</b> Litologia da bacia de estudo.....	117
<b>Mapa 5:</b> Tipos de solos da bacia de estudo .....	120
<b>Mapa 6:</b> Uso e ocupação na bacia de estudo .....	121
<b>Mapa 7:</b> Formas, materiais superficiais e ATH's .....	131
<b>Mapa 8:</b> Os pontos amostrais do estudo de caso.....	149
<b>Mapa 9:</b> Condições hidrológicas da bacia no contexto da derivação.....	217

## **Lista de Quadros**

<b>Quadro 1:</b> Características encontradas nos canais derivados.....	102
<b>Quadro 2:</b> Características dos principais perfis de uso e ocupação.....	123
<b>Quadro 3:</b> As extensões entre os trechos analisados .....	150
<b>Quadro 4:</b> Vegetação e da velocidade dos fluxos nos canais .....	187
<b>Quadro 5:</b> Parâmetros ligados a caracterização hídrica .....	200

## **Lista de Tabelas**

<b>Tabela 1:</b> Porcentagem de águas desviadas dos canais naturais.....	177
<b>Tabela 2:</b> Variação do potencial hidrogeniônico.....	206
<b>Tabela 3:</b> Correlações para STD, C e Re.....	208

## Lista de Abreviaturas e Siglas

- Af – área do fluxo livre de hastes da vegetação de uma seção transversal
- APA – Agência Portuguesa do Ambiente
- At – área total da seção transversal
- ATH – Assinaturas topográficas humanas
- Av – área vegetada de uma seção transversal
- CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CDf – Ponto final de monitoramento da derivação no córrego da Cava
- CDi – Início do ponto de derivação no córrego da Cava
- Ce – Condutividade elétricas
- CJ – Ponto de monitoramento a jusante do Barramento de derivação do córrego da Cava
- CM – Ponto de monitoramento no Córrego da Cava a montante do início da derivação
- CRA - Colorado River Aqueduct*
- CSS – Concentração de Sedimentos em Suspensão
- D1(...) Dn – Derivações encontradas nos canais abertos artificiais
- EC1 – Ponto de monitoramento (seção de controle) córrego da Estiva relativo a derivação 1
- EC2 – Ponto de monitoramento (seção de controle) córrego da Estiva relativo a derivação 2
- EDf1 – Ponto final de monitoramento da derivação 1 no córrego da Estiva
- EDf2 – Ponto final de monitoramento da derivação 2 no córrego da Estiva
- EDi1 – Início do ponto de derivação 1 no córrego da Estiva
- EDi2 – Início do ponto de derivação 2 no córrego da Estiva
- EDm1 – Ponto médio de monitoramento da derivação 1 no córrego da Estiva
- EDm2 – Ponto médio de monitoramento da derivação 2 no córrego da Estiva
- EJ1 – Ponto de monitoramento a jusante do Barramento da derivação 1 do córrego da Estiva

EJ2 – Ponto de monitoramento a jusante do Barramento da derivação 2 do córrego da Estiva

EM1 – Ponto de monitoramento no Córrego da Estiva a montante do início da derivação 1

EM2 – Ponto de monitoramento no Córrego da Estiva a montante do início da derivação 2

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

g – gramas

g/s – gramas por segundo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICG – International Conference on Geomorphology

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IG/UFU – Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia

IITA – International Institute of Tropical Agriculture

Km<sup>2</sup> = quilômetros quadrados, unidade de medida areal

LACAR – Laboratório de Cartografia e Sensoriamento Remoto

LAGES – Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos

*LCWD - Los Angeles Country Waterworks Districts*

l/s – litros por segundo

m – metros

m/s metros por segundo

m<sup>2</sup> – metros quadrados

m<sup>3</sup> - metros cúbicos

m<sup>3</sup>/s – metros cúbicos por segundo

mg – miligramas

N.T.U – *Nephelometric* Turbidity Units – medida de turbidez em unidades nefelométricas de turbidez

pH – Potencial Hidrogeniônico

Q = Vazão

Q7/10 – menor vazão registrada ao longo de 7 dias em um período de 10 anos

QSS – Descarga Sólidas de Sedimentos em Suspensão

R – Correlação

Re – Resistividade

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

T° - Temperatura

TC – Ponto de monitoramento (seção de controle) córrego da Taquara

TDf – Ponto final de monitoramento da derivação no córrego da Taquara

TDi – Início do ponto de derivação no córrego da Taquara

TDm – Ponto médio de monitoramento da derivação no córrego da Taquara

TJ – Ponto de monitoramento a jusante do Barramento de derivação do córrego da Taquara

TM – Ponto de monitoramento no Córrego da Taquara a montante do início da derivação

UTM – Universal Transversa de Mercator (sistema de coordenadas)

V = Velocidade dos fluxos

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
1.1 Justificativas.....	21
1.2 Áreas de Estudo.....	23
1.3 Problematização .....	26
1.4 Proposição da tese e objetivos .....	27
1.5 Hipóteses .....	28
1.6 Estruturação do trabalho.....	29
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	33
2.1 A Geografia e suas atribuições na investigação de ambientes apropriados .....	34
2.2 Enquadramento dos canais abertos artificiais quanto a suas formas e processos.....	38
2.2.1 Tipologias de canais abertos .....	38
2.2.2 Principais características dos canais abertos artificiais .....	43
2.2.3 Vigência dos estudos sobre canais abertos artificiais e artificializados .....	45
2.3 Possibilidades de contribuições da antropogeomorfologia e hidrogeomorfologia para os estudos sobre canais artificiais .....	49
2.3.1 Canais abertos artificiais como objeto antropogeomorfológico .....	50
2.3.2 Geomorfologia fluvial e canais abertos artificiais, contribuições em duas vias.....	51
2.3.3 Possibilidades de contribuições da hidrogeomorfologia no estudo dos canais abertos artificiais.....	53
3. METODOLOGIAS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS .....	63
3.1 Aspectos levantados em campo .....	66
3.1.1 Diques marginais antrópicos na bacia de estudo de caso .....	67
3.1.2 Instrumentação na observação de cenários na bacia de estudo de caso .....	68
3.1.3 Amostragens paramétricas na bacia de estudo de caso .....	72
3.1.4 Verificação e confirmação de hipóteses em campo.....	74
3.2 Tratamento laboratorial .....	74
3.3 Procedimentos para produtos cartográficos para a bacia do estudo de caso .....	77

3.3.1 Mapa Base.....	77
3.3.2 Mapa de Declividade e Hipsométrico.....	78
3.3.3 Mapa da Litologia.....	78
3.3.4 Mapa dos tipos de solo.....	79
3.3.5 Mapa de Uso e Ocupação.....	80
3.3.6 Mapa das formas, materiais superficiais e assinaturas topográficas humanas.....	81
3.3.7 Mapa das condições de habitats com afinidades hídricas e ripárias no contexto das derivações.....	82
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	84
4.1 Canais derivados multifuncionais: assinaturas topográficas humanas (ATH's) na construção de paisagens antropogênicas.....	85
4.1.1 Derivações da Caxemira.....	87
4.1.2 Noroeste de Portugal.....	91
4.1.3 Ilha da Madeira.....	96
4.1.4 Brasil central.....	99
4.1.5 Caracterização dos canais multifuncionais derivados brasileiros (regos d'água).....	101
4.1.6 Sistematização.....	109
4.2 Composição da paisagem do alto curso do rio Dourados e influências antropogênicas.....	111
4.2.1 Sistematização.....	128
4.3 Os canais derivados como assinaturas topográficas humanas (ATH's)	129
4.3.1 Inclusão e espacialização das assinaturas topográficas humanas no contexto das formas e materiais superficiais presentes na área de estudo.....	129
4.3.2 Assinaturas topográficas para os sistemas de derivação.....	136
4.3.3 Sistematização.....	146
4.4 Cenários sob influência dos canais derivados, análise de fluxos e sedimentos.....	148
4.4.1 Considerações sobre a prospecção de dados no contexto das derivações multifuncionais.....	148
4.4.2 Interações entre formas e processos nos cenários observados.....	152
4.4.3 Cargas sólidas registradas nas seções transversais dos sistemas de derivação.....	174
4.4.4 Os valores derivados em dois cenários para toda a bacia.....	176

4.4.5 Sistematização.....	178
4.5 A turbidez, em sistemas derivados, como indicativo das relações entre vegetação e velocidade dos fluxos .....	179
4.5.1 O papel dos barramentos e das fases de interferência da vegetação nos canais derivados multifuncionais.....	180
4.5.2 Vegetação e turbidez na gestão de canais derivados.....	186
4.5.3 O conhecimento prático na interferência dos canais derivados .....	195
4.5.4 Sistematização.....	197
4.6 Análise da variabilidade de indicadores hídricos em um sistema de drenagem permeado por canais abertos artificiais .....	198
4.6.1 Abordagem dos indicadores hidrológicos no contexto das derivações multifuncionais e possibilidades de análise de habitats atrelados .....	199
4.6.2 Comportamento dos indicadores hidrológicos nos cenários levantados .....	201
4.6.3 Elementos indicadores dos habitats fluviais na interface entre canais naturais e artificiais .....	213
4.6.4 Sistematização.....	219
4.7 Síntese geral.....	221
5. CONCLUSÕES.....	224
6. REFERENCIAS.....	237



# 1. INTRODUÇÃO



O homem, conforme avança sobre os espaços, necessitando de mais recursos, impõem mudanças ambientais, cuja construção constitui um mosaico complexo e inacabado. Para Ellis (2011) uma das consequências destas atividades seria a elaboração de assinaturas na terra que, alterando morfologias, repercutiriam sobre processos hidrológicos e geomórficos que são, progressivamente, subordinados aos interesses financeiros. Para estas intervenções, mesmo as mais antigas, são necessárias abordagens que rompam a centralidade econômica e promovam meios de indicar e discutir aspectos ambientais.

Esta ineficiente abordagem dos significados da natureza nas relações com o Homem não tardaria a gerar crises nos modelos de apropriação. Para Haff (2003) é problemática a separação entre os campos científicos preocupados com o meio natural daqueles relativos às ações antrópicas. Por exemplo, Ashmor (2015) lembra que, na Geomorfologia fluvial, os cursos naturais, quando alterados, são evitados por muitos investigadores, sob a justificativa que não exemplificam as dinâmicas naturais esperadas em um estudo dessa área.

Por outra via, são significativas as contribuições de outros pesquisadores, ligados a Geografia Física, Geomorfologia, Climatologia e Hidrologia, que relacionam as atividades antrópicas com as dinâmicas naturais/artificiais presentes nos sistemas de drenagem (DUNNE; LEPOLD,1978; DIETRICH; DUNNE, 1978; GREGORY, 1979; GREGOR; BROKES,1983; DOUGLAS,1985). De fato, a literatura foi enriquecida de aplicações, antes exclusivas aos ambientes naturais, que forneceram condições para verificar espaços antrópicos e produzir novos conhecimentos (ASHMORE, 2015). De tal modo que das engenharias convergiram também contribuições para a compreensão desses mecanismos, bem como um melhor apontamento de seus impactos.

É neste contexto que trabalhos recentes, preocupados com relação entre homem e relevo (HAFF, 2002; GREGORY, 2006), testemunham o que Foley et al. (2005) consideraram exemplos de paisagens antropogênicas. A atenção no estudo de formas e processos, na interface do papel humano, é vista com recorrência em abordagens hidrogeomorfológicas e antropogeomorfológicas (GOUDIE, 2004). Tendo Tarolli (2014) considerado estes ambientes exemplos da artificialização pela qual passa a superfície terrestre, tamanha velocidade nas

mudanças sugere temáticas ainda não exploradas e carentes de investigações, justamente pela equívoca separação Homem-Natureza.

Analisando as muitas alterações morfológicas, denominadas de assinaturas topográficas humanas (ATH's), principalmente vistas em Tarolli e Sofia 2016, é válida a inclusão de obras em cursos fluviais, diques, drenos, canais de transposição, barramentos e terraplanagens (HOOKE, 2000). Estes são exemplos pertinentes de como os sistemas de drenagem se tornaram co-evoluções entre o natural e o humano, remontando à antiguidade e persistindo na paisagem em diversas funções, tanto nos fundos de vale quanto nas vertentes. Como sugere Kurian (2004), canais artificiais resultam do envolvimento da população, órgãos públicos, demandas econômicas e características naturais, para viabilizar a condução de água, tão necessária ao desenvolvimento socioeconômico.

Os canais artificiais, apesar dos impactos socioambientais que produzem, são geralmente tratados com foco econômico (ex: WOLTERS et al, 1987; MURRAY-RUST; VANDER VELDE, 1994; KOUCHAKZADEH; MARASHI, 2005; PAUDEL et al, 2014). Este fato atesta a problemática separação entre homem e natureza, apontada por Haff (2003). Logo, tomando estudos sobre os canais artificiais e suas atribuições, tal como na transposição (NEWLIN, et al, 2002; ZETLAND, 2009), irrigação (PAUDYAL et al, 1991; SMITH; GILLIES, 2010), drenagem (ABDEL-DAYEM e EL-SAFETY, 1993; BRADY et al 2014), é visível a pequena abrangência das pesquisas sobre o significado de suas formas para as alterações de condições ambientais.

Dentre estas lacunas, são ainda mais significativas aquelas em canais pouco investigados (até para questões econômicas), como as derivações multifuncionais (que servem tanto para irrigação, abastecimento, dessedentação, piscicultura, manejo de avifauna, entre outros serviços) encontrados em países, como Argentina (CONTICELLO et al, 2002), Portugal (SILVA et al, 2017; QUINTAL, 2011), Paquistão (SINGH e BHANGOO, 2013), Índia (DUTT et al, 2010), entre tantos outros. Estas estruturas são pequenas e comumente confundidas com sulcos de irrigação, quando, na verdade, desempenham funções variadas. Este é o caso das derivações encontradas no Brasil Central (SILVA; RODRIGUES, 2016), chamadas de regos d'água, onde,

além do desinteresse científico, existe a carência de uma gestão eficiente. Testemunhas da colonização europeia, as derivações prevaleceram para além da modernização rural das décadas de 1970/80, como sistemas de distribuição de água para múltiplos fins. Sendo geralmente canais de terra, com diques marginais, resultados das retiradas da matéria orgânica e sedimentos de seus leitos, cujos impactos sobre a água e superfícies são praticamente ignorados.

## **1.1 Justificativas**

Tendo em vista o contexto apresentado, importa investigar elementos, muitas vezes negligenciados nos mais diversos aspectos, relativos aos sistemas de derivação, para reavaliar abordagens (científica e de gestão) e construir conhecimentos. Este trabalho, portanto, se justifica no preenchimento de lacunas, existentes sobre os canais derivados multifuncionais, do ponto de vista dos impactos hidrogeomorfológicos e como se repercutem para as comunidades usuárias, permeando a dinâmica ambiental. Também é significativo o fato de trazer noções relativas às ações humanas, na alteração das paisagens, especialmente entre os processos hídricos e as formas do relevo.

Dessa forma, há ainda o esforço de conjugar conhecimentos teóricos e metodológicos, pertencentes à Geografia Física e suas áreas afins, sobretudo em temas pouco explorados. É singular a oportunidade de apresentar como conhecimentos estabelecidos podem, uma vez adaptados a novos contextos, contribuir para o entendimento de questões complexas como aquelas entre o homem e os sistemas de drenagens.

A aplicação de estudos relativos a Hidrossedimentologia, Geomorfologia, Hidrologia e Planejamento, por exemplo, a investigação das ATH's e suas repercussões, forneceu aspectos, até aqui, pouco manejados e mesmo desconhecidos. Estes contribuem para uma análise geográfica, interconectando elementos humanos aos naturais, que mostre a validade de adaptar estas investigações em outros cenários. Para estes canais, comuns em cabeceiras de drenagem, que se repercutem nas bacias hidrográficas, é fundamental o potencial de alteração que representam. Assim, esta pesquisa fornece um conjunto de abordagens, baseadas em práticas viáveis para repetição em outras

paisagens, que levam ao conhecimento de novas configurações ambientais e impactos antrópicos.

Portanto, a escolha em direcionar os estudos pelo viés da Hidrogeomorfologia, pela possibilidade de aprofundar como os canais derivados, enquanto morfologias, impactam na distribuição hidrológica da bacia, tem como objetivo fornecer reflexões que contribuam para futuras abordagens, desde a formação de novos pesquisadores até à produção científica. Como estas são questões importantes de serem exploradas, uma vez que repercutem tanto na morfodinâmica, pela evolução das formas do relevo, quanto na hidrologia, pela circulação da água, em aspectos sociais, dada às demandas de consumo, e ambientais, são positivas as aplicações que forneçam apoio à gestão dos recursos hídricos.

Para trazer novas possibilidades, que contribuirão para estudos preocupados com paisagens antropogênicas e suas implicações nas dinâmicas hidrogeomorfológicas, se levantou os aspectos significativos destes impactos. É o caso do apontamento de como os comportamentos das vazões, sedimentos e outros parâmetros são impactados por intervenções humanas, muitas até então desconsideradas nestes estudos. Esta é uma oportunidade, inclusive, de refletir sobre a confiabilidade de dados levantados em bacias que contenham canais artificiais desviando fluxos dos cursos naturais e/ou interceptando os provenientes das vertentes.

Como se trata de uma investigação com aspectos geográficos, onde são relacionadas ações humanas e as repercussões ambientais, possui outros alcances. Logo, além da contribuição acadêmica apresentada, os órgãos de gestão, por meio deste estudo, podem considerar a necessidade de melhorar sua atuação sobre tais sistemas, desde o ponto de vista ambiental, até em relação às comunidades que são dependentes destes canais para o desenvolvimento de suas atividades. Desta forma, também os usuários destas águas sairão beneficiados, a partir da consideração destes estudos, na gestão de bacias hidrográficas, permitindo assegurar o recurso sem gerar impactos graves.

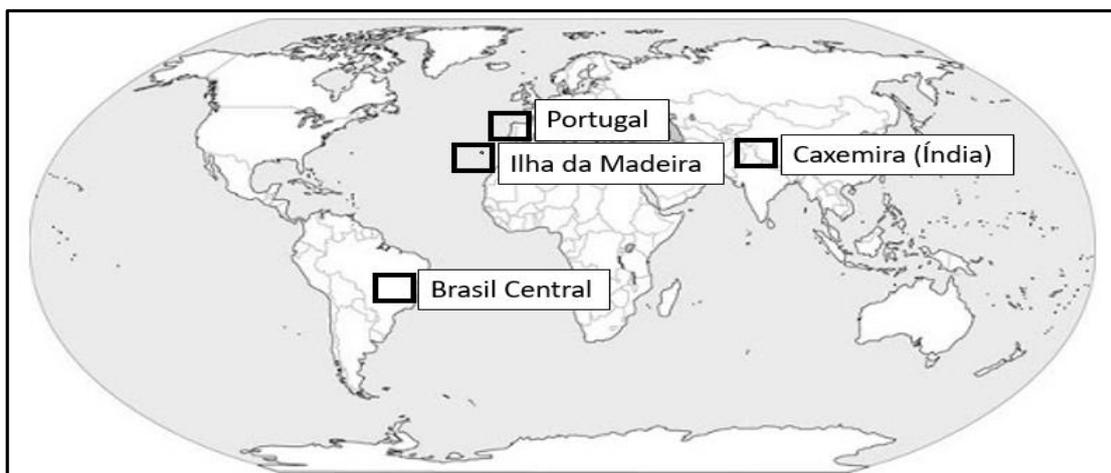
Como já visto, em todos estes casos se insiste na preocupação com a possibilidade de tornar a reprodução desta pesquisa acessível a outros

pesquisadores, de forma que sejam capazes de trazer novas contribuições e aspectos a partir de suas realidades de investigações. A reprodutibilidade, a partir da realidade do estudo de caso na bacia do Alto Curso do Rio Dourados, é, portanto, um contributo para que o trabalho não seja um esforço isolado, sobre esses canais, e que novos conhecimentos e ambientes sejam levantados. Assim, os avanços propostos podem gerar melhorias na gestão destes espaços, bem como na interpretação do comportamento hidrológico com contribuições para aos usuários.

## 1.2 Áreas de Estudo

Esta pesquisa contou com duas etapas relativas às investigações de campo. Uma primeira se referiu a observações que buscaram reunir o máximo de exemplos possíveis destes canais em paisagens distintas. Foram reunidas informações de canais artificiais em áreas do Brasil Central, sobretudo nos estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo e, como se percebia que estes estavam presentes em outros países, com possibilidade de tratar ambientes diferentes dos encontrados no Brasil, se buscou realizar estas visitas conforme mostra a Figura 1. O foco central desta etapa era observar as morfologias destes canais buscando identificar aspectos comuns e distintos nestas paisagens, permeadas por estas estruturas.

**Figura 1:** Localização das regiões visitadas



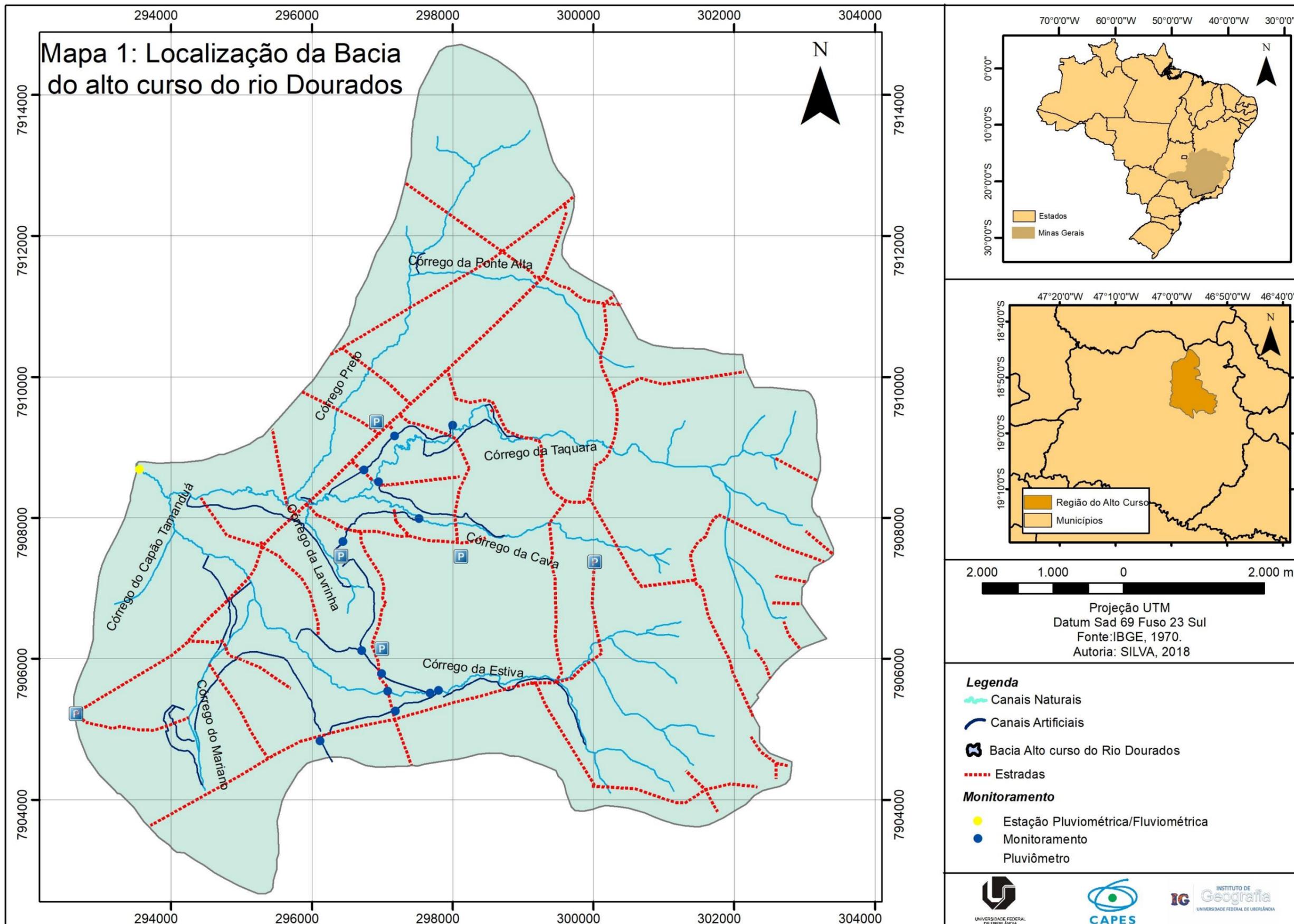
Fonte: elaborado pelo autor

Assim, foram percorridos ambientes da Caxemira, no norte da Índia, por ocasião das atividades de campo do *9th International Conference on Geomorphology*,

oportunidade singular de tratar uma área com canais derivados, em ambientes entre montanhas e planícies. Também se mostraram válidos os aspectos culturais, que remontam aos povos do oriente médio e sudeste asiático, conhecidos pelos primeiros ambientes de apropriação baseados nas construções de canais artificiais. Ainda foram realizadas atividades de campo em Portugal, durante estágio doutoral, na porção continental (região do Minho) e insular (Ilha da Madeira) para abordar como estão os canais derivados que foram o modelo transferido para o caso Brasileiro (via colonização). Em campo e através de investigações documentais se conheceram as antigas condições destes sistemas e as novas formas de gestão/manutenção neles empregados, um paralelo significativo para o caso brasileiro, marcado por intervenções ainda pouco envolvidas da ação do estado.

Para o desenvolvimento da fase de instrumentação se escolheu uma bacia no Brasil, que possui características comuns para os casos encontrados no país, principalmente relativos às condições rústicas dos canais e ao contexto de transição de uma agricultura tradicional para novos arranjos rurais. O cenário de cabeceiras de drenagem, que são os ambientes mais alterados por estas derivações em áreas de Cerrado do Brasil, constituiu significância na escolha desta bacia. As atividades ocorreram no alto curso do Rio Dourados, bacia que se encontra em área do Cerrado Mineiro, localizada no município de Patrocínio/MG, mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (Mapa 1).

Na bacia, a disponibilidade de água dos cursos naturais permitiram a construção de 16 derivações, fornecendo a oportunidade de avaliar como se dão as relações entre usuários, canais artificiais e seus impactos ao longo de toda a bacia de drenagem. Neste sentido, se mostraram benéficas as configurações climáticas da bacia para observar como estes canais são geridos. As condições do relevo, entre setores acidentados e suaves, foram outras condições favoráveis a esta investigação, por permitirem observar quais características foram propícias ao desenvolvimento destas estruturas. Finalmente a transição entre a agricultura tradicional com a modernização iniciada nos anos de 1970, oferecem a possibilidade de observar como a gestão destes canais tem sido impactada. Conforme este estudo avança, novas características da área são exploradas, buscando relacioná-las com a dinâmica dos canais derivados multifuncionais.



### 1.3 Problematização

Reconhecendo estes canais como assinaturas topográficas humanas, que interferem nas bacias hidrográficas, se questiona como impactam formas e processos, indagação que se desdobra em problemáticas específicas:

- Os estudos consolidados sobre canais abertos artificiais são suficientes para uma abordagem que aponte os impactos ambientais?
- Ainda relativo aos impactos na dinâmica de drenagem, quais contribuições da Geografia Física, sobretudo antropogeomorfológicas e hidrogeomorfológicas, seriam válidas na complementação destas pesquisas?
- Tendo em vista a elevada disseminação desses canais, espalhados pelo mundo, é possível apontar elementos comuns, quanto a morfologia, entre os diferentes exemplos encontrados, que se destacariam para a abordagem em uma área de estudo para análise hidrogeomorfológica?
- Uma vez definidos os meios de análise, quais aspectos responderiam por impactos hidrogeomorfológicos, ao longo da bacia de estudo de caso, sobremaneira na dinâmica de vertentes, e como estas formas poderiam ser representadas, espacializadas e explicadas a fim de facilitar estas avaliações?
- Como as mudanças das formas, representadas pelas construções de barramentos e canais artificiais, impactariam vazões e os sedimentos em circulação na bacia, tanto do ponto de vista da erosão quanto da sedimentação?
- Teria a turbidez relação com a gestão destas estruturas, sobremaneira com a vegetação nos canais e circulação de fluxos nas vertentes?
- Os impactos gerados pela dinâmica entre formas antrópicas, mudanças no regime hidrológico da bacia, seriam percebidos por indicadores hídricos?

## 1.4 Proposição da tese e objetivos

A partir das reflexões preliminares, é proposta a tese de que os comportamentos das bacias hidrográficas, para a evolução das formas e dos processos hidrogeomorfológicos, sofrem mudanças significativas pelas intervenções antrópicas, representadas pelos canais derivados multifuncionais. Assim, ATH's como barramentos, leitos de transposição e diques marginais antrópicos, representam redirecionamentos nas vazões e no transporte de sedimentos que impactam fundos de vale e vertentes. Nestes cenários, sofrem interferências evolutivas, diretas e indiretas, os talwegues, a deposição de materiais ao longo de canais e vertentes e o comportamento das formas erosivas, conjuntos de elementos que, gradativamente, se repercutem na resposta hidrológica ao longo da bacia.

Logo, afim de verificar esta proposição é objetivo geral deste estudo compreender como os canais derivados multifuncionais podem alterar aspectos hidrogeomorfológicos, refletindo na evolução dos ambientes apropriados. Para tanto, foram necessários os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar elementos comuns que permitam o estudo destas estruturas a partir de uma abordagem ligada à Geografia Física e à Geomorfologia;
2. Revisar estudos entre a ação humana e os relevos (Antropogeomorfologia), suas repercussões sobre formas e processos, de maneira que sejam levantados e inferida sua valia na investigação dos canais artificiais;
3. Indicar as características comuns dos canais derivados multifuncionais para formas, técnicas de manutenção e serviços;
4. Apresentar como os canais abertos artificiais influem na circulação hidrológica de uma bacia e na construção de uma paisagem artificial, pela inclusão das ATH's;
5. Analisar o comportamento da vazão e sedimentos a partir da presença dos canais discutidos, atentando para seu potencial de transferência de fluxos e materiais entre fundos de vale e vertentes;
6. Entender como se relacionam os fluxos dos canais abertos artificiais, a partir da intervenção do crescimento vegetal e das manutenções

realizadas, buscando como parâmetro a turbidez e a velocidade dos fluxos;

7. Avaliar se parâmetros hidrológicos, como potencial hidrogeniônico, condutividade, sólidos totais e resistividade estão sendo afetados nos canais naturais e artificiais, permitindo refletir sobre a necessidade de levar em consideração as derivações no planejamento das bacias hidrográficas;

## **1.5 Hipóteses**

Tendo em vista os objetivos, são apresentadas hipóteses norteadoras da pesquisa, para endossar a tese proposta:

- Pertencem a interface entre Geomorfologia e a Hidrologia esforços teórico-metodológicos, relativos a dinâmica existente entre formas e processos, que devem contribuir para compreender o papel destes canais, impactando processos relativos aos fluxos e sedimentos;
- Os canais derivados multifuncionais devem ser encontrados nas mais diversas paisagens pelo mundo, repetindo características como as assinaturas topográfica, a exemplo de barramentos, canais e diques;
- Os canais de terra retêm mais partículas de sedimentos que os canais revestidos e a sua limpeza permite a formação de diques antrópicos marginais que alteram as superfícies, seccionando as vertentes e repercutindo em suas dinâmicas;
- Os sistemas de derivação promovem mudanças nas vazões das bacias hidrográficas, pela mudança na direção dos fluxos tanto nos canais naturais quanto dos existentes nas vertentes;
- As manutenções dos canais, conforme surjam transbordamentos/vazamentos, acúmulos de sedimentos e crescimento vegetal, devem influenciar a turbidez, um indicativo para os usuários desses canais;
- A partir das alterações na quantidade de água, que passa pelas seções transversais analisadas, acredita-se que mudanças ocorram em suas

características (indicadores hídricos), de modo que se espera encontrar elementos superficiais e interações bióticas apontando para estas sugestões.

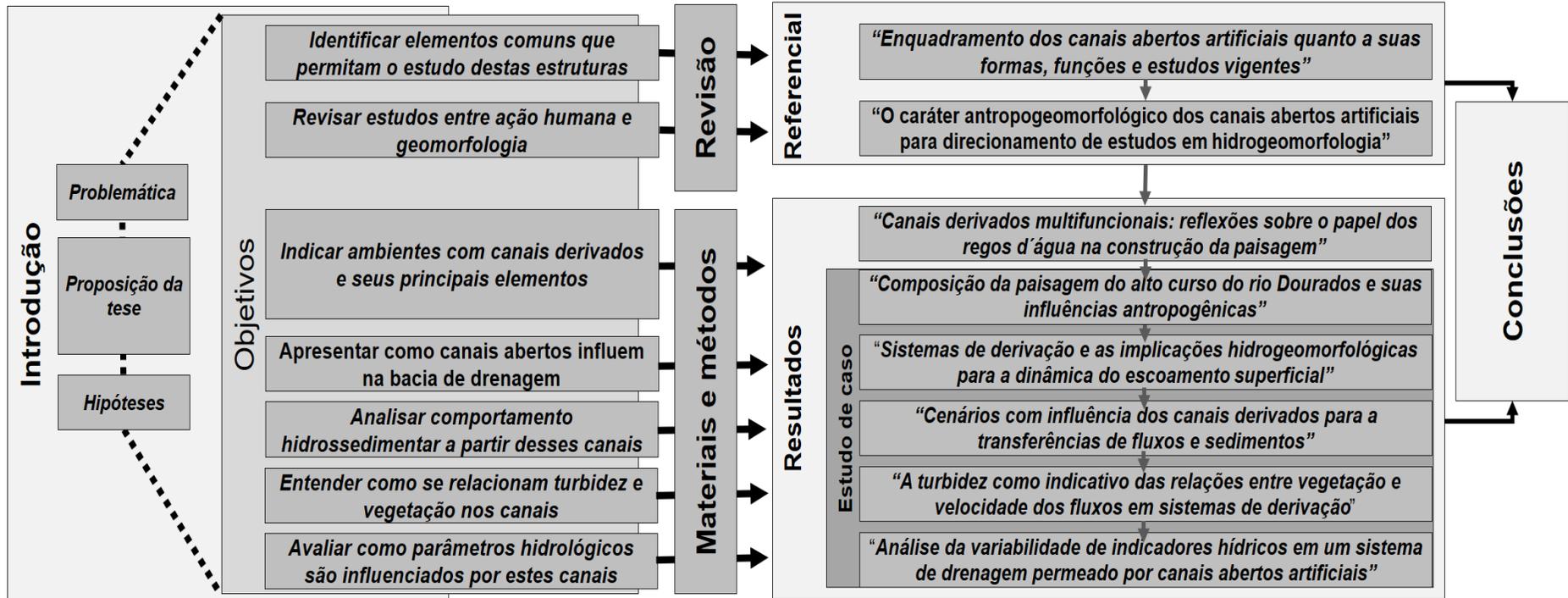
Em suma, para um contexto hidrogeomorfológico, acredita-se que a interação dos canais derivados multifuncionais tem potencial para alterar tanto formas superficiais quanto os processos hidrológicos, gerando novas configurações nas bacias hidrográficas que exigem reavaliações na análise e gestão destes espaços.

## 1.6 Estruturação do trabalho

A pesquisa é apresentada no atendimento dos objetivos propostos e alcance da comprovação da tese (Figura 2). Logo, em seguida a esta **Introdução**, se dá o **Referencial Teórico**, que constitui o atendimento dos dois primeiros objetivos, identificando como se dão os estudos dos canais abertos artificiais, em suas principais modalidades. Esta etapa valida o argumento que são escassos os estudos relativos aos seus efeitos sobre as bacias hidrográficas, em um viés geográfico. A segunda parte do referencial revisa quais conhecimentos poderiam ser utilizados para preencher essas lacunas, sugerindo experiências consolidadas que poderiam ser transferidos e adaptados aos canais derivados multifuncionais.

Em seguida são dispostos os arranjos que constituem a **Metodologia**, com foco em apresentar como os demais objetivos foram alcançados, as etapas realizadas, desde as visitas de campo em diferentes países até as adaptações realizadas em campo. São apontadas as escolhas quanto ao número e locais de amostragens, a abordagem sobre os sistemas de derivação e a definição dos cenários hidrogeomorfológicos. Como o número de etapas é considerável, os procedimentos operacionais que demandaram adaptações são retomados nos itens dos **Resultados**, para facilitar o entendimento de como alguns aspectos sofrem adequações no contexto das derivações multifuncionais.

**Figura 2:** Estruturação desta Pesquisa, entre os objetivos e seus correspondentes, simbolizados pelos itens produzidos



Fonte: Elaborado pelo autor

Os **Resultados**, dispostos em itens, retomam a dinâmica de realização dos objetivos. A partir do item “**Canais derivados multifuncionais: reflexões sobre o papel dos regos d’água na construção da paisagem**” são indicadas a presença destas estruturas ao longo de trabalhos de campo na Caxemira, Portugal e Brasil, revelando os elementos comuns e díspares, relativos à sua multifuncionalidade, gestão e as assinaturas topográficas. Em seguida são explicados os motivos que fazem do caso brasileiro interessante para o estudo das formas e processos.

Para o estudo de caso, que constitui a maior porção dos resultados, o item “**Composição da paisagem do alto curso do rio Dourados e suas influências antropogênicas**” apresenta a caracterização da área de aplicação dos métodos escolhidos com foco na presença dos canais artificiais. Esta etapa, ainda que baseada nas apresentações fisiográficas tradicionais (com apontamentos para clima, declividade, hipsometria, litologia, solo, hidrografia, uso e ocupação), tem por condução refletir sobre a presença dos canais artificiais e outros elementos que produzem esta paisagem antropogênica. Inclui, portanto, associações de informações relativas às características abióticas, bióticas e humanas relacionando-as, sempre que necessário, aos canais estudados.

A partir dos elementos apresentados no item anterior, é dada sequência a este estudo por meio do item “**Sistemas de derivação e as implicações hidrogeomorfológicas para a dinâmica do escoamento superficial**”. Esta etapa apresenta o avanço das atividades de campo e descrição dos tipos de relação dos sistemas de derivações (barramentos, canais, diques e passagens sob vias) com os fundos de vales, vertentes e interflúvios. Como todas estas intervenções são assinaturas no relevo, portanto geomórficas, foram espacializados em conjunto com a compartimentação do relevo da bacia para revelar como interagem, retroalimentam e influem na direção dos fluxos.

Uma vez identificados os canais derivados, suas conexões e desconexões, o item “**Cenários com influência dos canais derivados para a transferências de fluxos e sedimentos**” analisa 12 episódios com registros de vazões e sedimentos em suspensão. A discussão, pautada nos dados hidrossedimentares ao longo do ano hidrológico e na comparação entre seções transversais, revela como se dá a influência de elementos como barramentos, formas dos canais,

vegetação e os diques marginais nestes processos. A direção das águas transportando sedimentos, pela presença dos canais acaba por gerar condições singulares, que serão apresentadas neste item.

Ainda sobre a maneira como a água se comporta nestes cenários, e considerando a marcante presença da vegetação nos mesmos, o item “**A turbidez como indicativo das relações entre vegetação e velocidade dos fluxos em sistemas de derivação**” considera questões relativas à velocidade dos fluxos, implicando na capacidade de transferência de sedimentos e como a vegetação influi nestes processos. A presença dos usuários dos canais é ressaltada, pelo seu trabalho de retirar a vegetação e os materiais depositados, interferindo nos parâmetros mencionados.

De posse dos dados que revelam como os canais derivados alteram a dinâmica hidrogeomorfológica, coube ao item “**Análise da variabilidade de indicadores hídricos em um sistema de drenagem permeado por canais abertos artificiais**” a avaliação de indicadores físicos e químicos. O texto apresenta como a alteração na vazão e possíveis conexões com fontes poluentes, a criação de animais ou a decomposição de matéria orgânica, promovem mudanças nas condições qualitativas dos recursos hídricos e a condição ambiental destes ambientes.

A **Conclusão** sugere a síntese das abordagens realizadas para atenderem os objetivos, discute o alcance das hipóteses e como repercutem na consolidação da tese proposta. Em seguida são apresentados fatos que surgiram ao longo desta pesquisa e que não eram previstos, o caso de impressões de campo, questões metodológicas, processos hidrogeomorfológicos e intervenções antrópicas. Antes de realizar as últimas considerações, são levantadas novas questões e sugeridas possibilidades para futuros estudos, que possam contribuir mais com esta temática.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO



Para o desenvolvimento de investigações dedicadas a trazer novas abordagens de um dado objeto, é de grande valia organizar e explorar conhecimentos já estabelecidos sobre o mesmo e as áreas de conhecimentos em que se pretende alojar os enfoques inéditos. Assim, inicialmente este referencial faz um enquadramento teórico, evidenciando conceitos e categorias da Geografia, como paisagem, sistema, bacia como unidade de análise, relação homem e natureza. Em seguida, apresenta os conhecimentos já existentes sobre os canais abertos artificiais e quais contribuições, principalmente do campo da Geografia Física, poderiam ser úteis às propostas aqui levantadas.

## **2.1 A Geografia e suas atribuições na investigação de ambientes apropriados**

Como por suas ações o homem tem alterado ambientes e redirecionado recursos, são inevitáveis os efeitos colaterais, entre fenômenos naturais e estas práticas, promovendo transformações, muitas das quais mal compreendidas (DREW, 1998; RODRIGUES, 2008). Embora Drew (1998) considere que a intensidade das mudanças esteja submetida ao esforço humano, o que por consequência está atrelado ao seu desenvolvimento técnico, é válido lembrar que mesmo as mais simples e rústicas abordagens do espaço contribuem com alterações em formas, fluxos e processos.

Cabe, assim, à Geografia, justamente, analisar as relações entre Sociedade e Natureza (MENDONÇA, 2010) e revelar quais produtos, provenientes destas relações, promovem impactos e demandam explicações. Apesar dos estudos entre estas duas dimensões, o autor recorda que segue uma dissociação entre o humano e natural, sendo justamente a insistência em manter separados estes entes, que deveriam ser vistos em unidade, que mantem vigente a condição predatória do homem sobre os ambientes naturais.

Para Leff (2002), são complexos os contextos de apropriação dos espaços, uma vez que constituem produtos entre as características ambientais e as capacidades técnicas, pertencentes a cada comunidade. Como ponto comum, a natureza é transformada por estas apropriações sociais, tendo o homem papel de acelerar os processos, muitos dos quais causam desequilíbrios, como a

escassez de recursos, notoriamente os hídricos, com repercussões de ordem econômicas, sociais e ambientais nas paisagens (ROCHA, 2010).

As águas, como sustentáculo da vida, impõem restrições ao desenvolvimento das atividades humanas e exemplificam como os recursos têm sido, desde os primórdios da civilização, manipulados e deslocados para o atendimento social (TUNDISI; TUNDISI, 2011). Esta dependência, que deveria promover a preservação dos mananciais, muitas vezes assume traços contraditórios, colocando o homem em condição controversa frente aos recursos. Entre os problemas estão a ausência de planos de gestão dos recursos e os impactos ambientais, principalmente no que se refere à supressão de ecossistemas (SANTOS, 2004). Estes apontamentos demandam uma análise geográfica, que integre o homem e suas ações, para que seja corretamente responsabilizado ao intervir e gerar danos.

Os aspectos marcadamente explorados pela Geografia Física devem ser relacionados com a ação antrópica na alteração das paisagens, dinâmicas e processos (SUERTEGARAY, 2009), revelando como os ambientes estão se comportando. Esta é uma questão importante, pois evidencia que estes conhecimentos, contidos nos vários ramos da Geografia Física, podem ser amplamente utilizados para apontamentos que superem a dicotomia entre uma abordagem majoritariamente física ou humana. Estas condições estas que fazem valer a sua capacidade de revelar as relações sociais com suas repercussões naturais (SCHMITHÜSEN, 1970).

A necessidade de integrar frentes geográficas foi apontada por Neef (1972) como esforço de aproximar a sociedade da paisagem, tornando a Geografia uma ciência ambiental, responsável para o equilíbrio entre demandas de consumo e reabilitação dos espaços fornecedores de recursos. Para Hamelin (1964), esta condição fornece à Geografia uma base teórico-metodológica que permite uma melhor compreensão das dinâmicas de ocupação do espaço. Tal é o caso da Geomorfologia, em um caráter funcional com foco em fenômenos cujas escalas alcançam aspecto antropogênicos, com o relevo influenciando na ocupação dos espaços, tanto como suporte quanto como recurso, o que gera consequências às configurações das paisagens (CASSETI, 2005).

Neste contexto, é válido considerar os três níveis da abordagem sistematizados por Ab'Saber (1969), a partir da compartimentação morfológica (o relevo e seus níveis topográficos como base da ocupação), o levantamento estrutural (as características da superfície e sucessão de fenômenos) e a fisiologia da paisagem (quando da ação dos processos e as relações humanas). Esta última tem franca contribuição em revelar como a dinâmica atual é instável e caminha em direção da artificialização dos ambientes.

Para Foley et al (2005) estas abordagens traduzem o interesse de compreender como as paisagens se tornam cenários antropogênicos, com elementos tanto naturais quanto artificializados, interagindo entre si, gerando respostas que precisam ser mensuradas, caracterizadas e compreendidas. Entre estes espaços, que permitem conjugar estas intervenções, as bacias hidrográficas são privilegiadas por potencializarem as análises relativas às características hidrológicas, principalmente no que se refere ao comportamento dos canais fluviais e das vertentes, junto aos perfis de uso e ocupação.

Estas são discussões de origens sistêmicas, preocupadas em avaliar como matéria e energia podem se deslocar e interagir em um dado espaço, com respostas que sejam testemunhas destes comportamentos (GREGORY, 1992). Para Neves et al (2014), a Geografia tem se beneficiado da dimensão da abordagem sistêmica, tratada como Geossistema, desde as primeiras formulações russas, passando pelas experiências francesas e a disseminação por diversos países e áreas de interesses científicos.

A abordagem geossistêmica é base epistemológica para a lógica paisagística, justamente pela inclusão da presença humana, associando fatores abióticos (geomorfológicos, climáticos, hidrológicos...) com elementos bióticos (BERTRAND, 2004). Passos (2008) propõe que a paisagem, como um conjunto único e indissociável, sempre evoluindo, é resultado da instável e dinâmica combinação de elementos físicos, biológicos e antrópicos. Esta concepção, como confronto entre forças naturais e humanas, interessa a esta pesquisa, uma vez que ela trata justamente da tentativa do homem em “controlar” canais naturais e vertê-los por estruturas artificiais.

Se reafirma que a concepção sistêmica é ainda melhor compreendida no contexto das bacias hidrográficas, ambientes mais comuns para abordagens de

estudos ligados à relação Homem-Natureza. Por se tratarem de espaços onde os elementos são interdependentes, ligados pelos fluxos, importam suas dimensões e a densidade dos fenômenos a eles atrelados, especialmente entre a entrada e a saída de energia e matéria (CHRISTOFOLETTI, 1979). Para Guerra (2011), as bacias possibilitam a delimitação de uma área (ambiente de drenagem) e a consideração de parâmetros, os quais apontariam, ao longo de séries históricas de dados ou da descrição de cenários, como as mudanças nestes ambientes ecoam em suas formas e processos. É necessária a possibilidade de tratar parâmetros como índices pluviométricos, fluviométricos, o escoamento superficial e os processos antrópicos relacionados a estas variáveis (TUCCI, 2002).

A ideia de um sistema de drenagem evoca elementos da Geomorfologia para entender como formas influem na dinâmica dos processos e como esses processos podem repercutir na alteração das formas (SCHEIDDEGER, 1973). De fato, Joly (1977) aponta a Geomorfologia, entre estes ramos da Geografia Física, voltada ao estudo da origem e evolução das formas do relevo, sendo necessário considerar o homem como mais um agente dessa dinâmica, podendo inclusive criar formas a partir de suas intervenções (GOUDIE, 2004). Esta inserção antrópica é importante, uma vez que torna ainda mais complexas as interações morfodinâmicas dos sistemas de drenagem (CROKE, 2001; TAROLLI et al, 2014).

É por este entendimento, das bacias hidrográficas como sistemas nos quais a ação humana gera novas respostas, que a seguir se explora uma forma de intervenção sobre estas dinâmicas. São discutidos os significados dos canais abertos artificiais, desde suas semelhanças com os sistemas de drenagens naturais até a maneira como os mesmos têm sido tratados, do ponto de vista científico.

## **2.2 Enquadramento dos canais abertos artificiais quanto a suas formas e processos**

Como os canais abertos artificiais foram diversificados em espaços e usos, é necessário uni-los, via enquadramento, conforme suas características hidráulicas e funcionais. Para tanto, existem semelhanças e distinções com outros tipos de escoamentos, as condições nas quais estão inseridos, como são construídos e mantidos.

### **2.2.1 Tipologias de canais abertos**

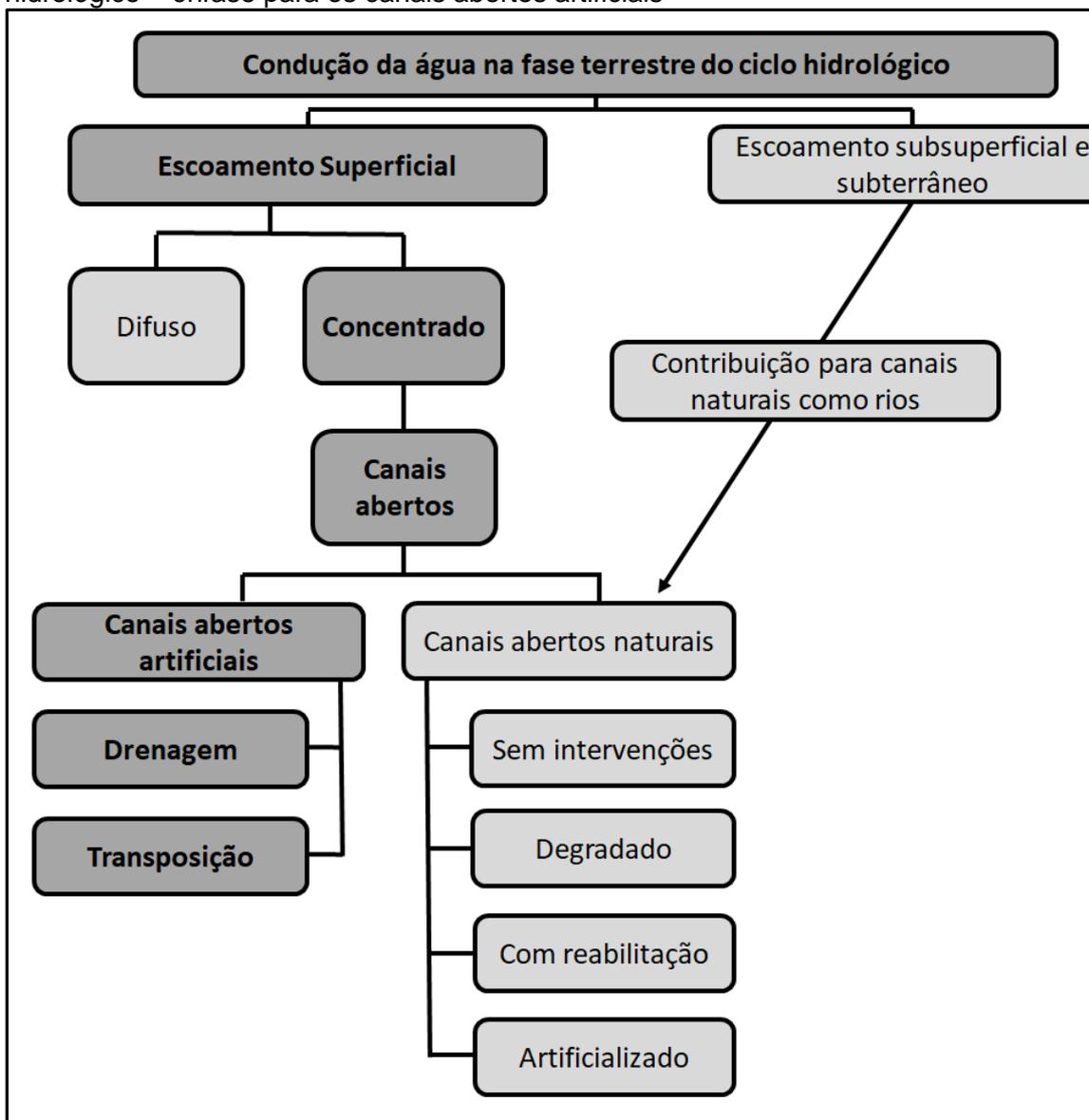
A exemplo dos canais naturais, os artificiais estão enquadrados nas categorias dos escoamentos superficiais, são abertos, conduzindo fluidos concentrados em contato com o ar, a pressão atmosférica, gravidade e inclinação do conduto (CHOW, 1959). O teor desta semelhança varia conforme as características naturais e como foram projetados os canais artificiais. A Figura 3 apresenta tipos de deslocamento da água.

Para os canais naturais, quando alterados, as classificações são, em muitos casos, confusas e sobrepostas. São utilizados termos como artificial, artificializado, degradado e reabilitado, o que é pouco eficiente na identificação e compreensão das formas de apropriações. Entender exatamente do que se trata o canal a ser abordado, sua origem e características é primário na formulação de questões. Portanto, são sugeridos os principais aspectos encontrados, de modo que suas nomenclaturas permitam a inserção de considerações quanto aos estudos técnicos e acadêmicos:

- Canal natural sem intervenções: A origem do fluxo, o perfil longitudinal e sua morfologia, independem da ação humana, constituem habitats ecossistêmicos primários, sendo reativos às condições naturais, como clima, geologia, geomorfologia e vegetação (MONTGOMERY, 1999). Estes componentes dificultam avaliá-los, com precisão, quanto à hidrógrafa, sedimentos transportados, turbidez e velocidade, embora tais elementos sejam imprescindíveis à sua compreensão. Os estudos são diversos, entre os quais estão aqueles que vão ao encontro da origem dos canais (IMAIZUMI et al., 2010), comportamento hidráulico e hidrológico (PINTO, 1976; TUCCI, 2002), implicações geomorfológicas (DOLLAR,

2004; HARDY, 2006; STOTT, 2010), dos habitats (HAJDUKIEWICZ et al., 2015), entre outros temas ambientais e de planejamento;

**Figura 3:** Principais tipologias do deslocamento da água, na fase terrestre do ciclo hidrológico – ênfase para os canais abertos artificiais



Fonte: elaborado pelo autor

- Canal degradado: Condições em que o canal natural sofre impactos que prejudicam dinâmicas ecossistêmicas e fluviais, como contaminação, assoreamento e erosão (SHELLBERG et al., 2012), depredação da fauna e supressão da flora, principalmente ligados à zona riparia (GREENE; KANOX, 2014). Como exemplo, o desvio, ou tomada de água, pode desencadear alterações nos cursos naturais, degradando suas condições pré-existentes, gerando desequilíbrios por falta de planejamento, onde os interventores assumem postura imediatista, predatória e danosa;

- Canal artificializado: A princípio, se considera que todos os tipos de intervenções, nos canais naturais, são degradantes de seu estado original, os tornando artificializados. Contudo, é necessário distinguir se o impacto é consequente de ações desvinculadas de planejamentos (degradação) ou se as intervenções foram realizadas para que suas novas configurações atendam demandas planejadas (artificialização). Para o primeiro caso, se entende que ocorre a perda da capacidade de gerir os canais e os danos são difíceis de serem previstos, mensurados e mitigados. Por outro lado, cenários em que os canais são dragados, retificados, impermeabilizados, entre outras ações planejadas, ocorre a artificialização a qual costuma ser acompanhada de planos de gestão e mitigação dos impactos previamente sugeridos (OLSON, 2011; ALMEIDA e CARVALHO, 2010). Para estes casos as demandas de estudos são bem distintas, pois enquanto os canais degradados demandam diagnóstico e reabilitação, os artificializados necessitam de levantamentos de suas capacidades e dos impactos que promovem (STANFORD et al,1996), principalmente a jusante do trecho de intervenção;
- Canal em reabilitação: Tendo sido rompidas as condições de equilíbrio de um canal natural, as dimensões degradadas ou artificializadas podem receber restaurações, com foco na recomposição das condições originais do curso fluvial (BORG, RUTHERFURD; STEWARDSON, 2007; MCBRIDE, HESSION; RIZZO, 2008; CAMPANA et al,2014). Em projetos de engenharia hidráulica e geomorfológica é possível encontrar planos de reabilitação que emulam, no canal, certos níveis das condições naturais, como a forma, velocidade e propensão ao desenvolvimento da fauna e flora (CHRISTODOULOU, 2013; BRESSAN; WILSON; PAPANICOLAOU, 2014; CASSAN et al, 2014);
- Canal artificial: É comum encontrar canais naturais, em condição artificializada, nomeados como artificiais. Contudo, para estudos e projetos, é pertinente definir como artificiais os canais que, não existindo

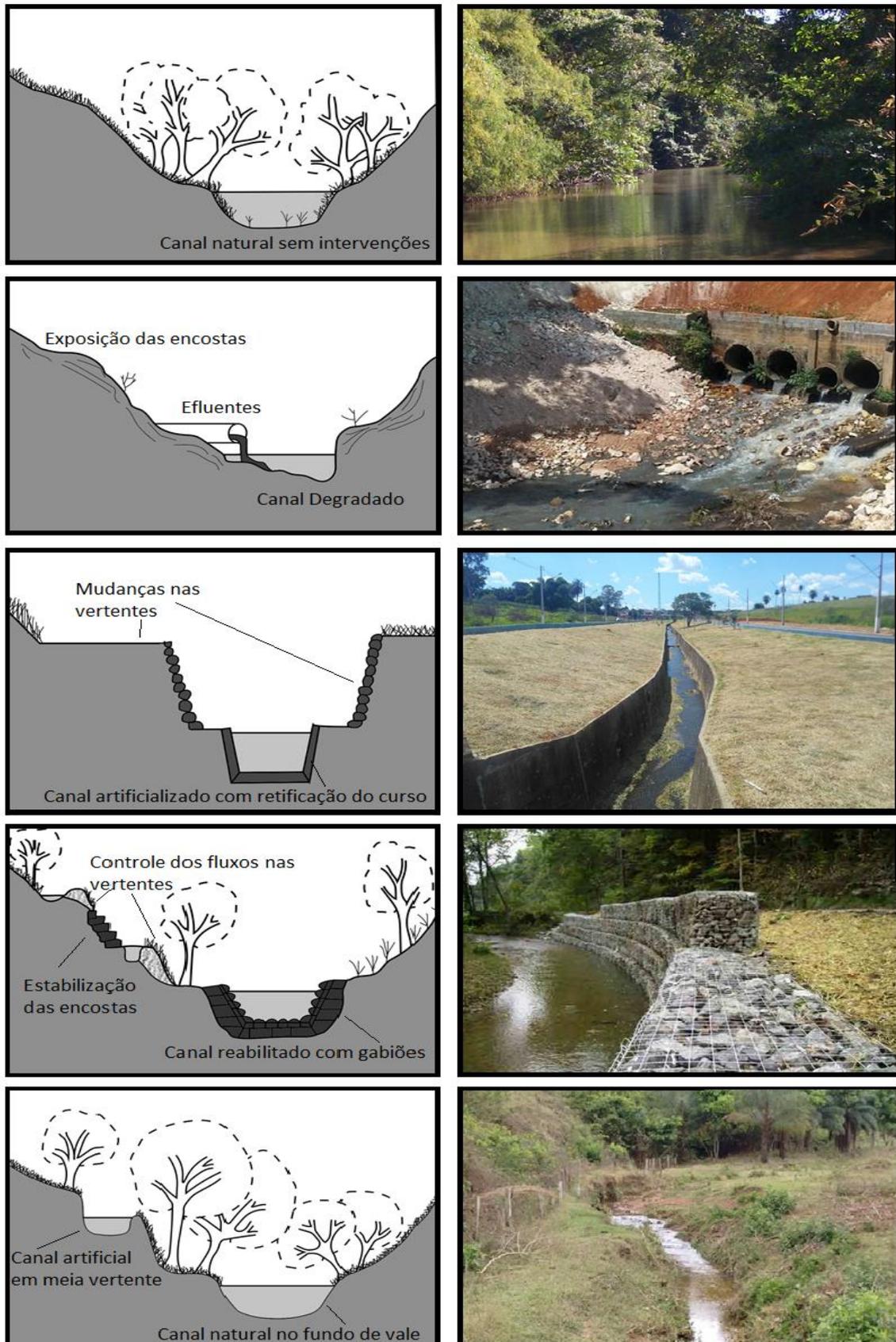
naturalmente, foram construídos para algum serviço. Apresentam geralmente formas regulares, rugosidades atenuadas, podendo possuir superfícies impermeabilizadas com lonas, concretos, madeira ou outros materiais (SHAACK, 1986; KHAIR, NALLURI; KILKENNY,1991; MURRAY-RUST; VANDER VELDE,1994). Estes canais são construídos fora do fundo de vale, alterando dinâmicas tanto dos sistemas hidrológicos, quanto dos processos nas encostas. Se abandonados tendem a perder seu papel, desaparecendo frente às pressões pelo retorno das condições naturais.

A Figura 4 representa cada um dos canais exemplificados, onde muitos dos elementos pertencem a diferentes ambientes de drenagem ou a estágios de uso e ocupação. As terminologias indicadas se referem dos estados naturais à formação de linhas artificiais. Embora as representações indiquem condições específicas, cada uma delas corresponde a um estágio de um processo gradativo, no qual a velocidade de alteração se relaciona com a capacidade de interferência humana.

Cada tipologia tem sido tratada a partir de um conjunto de proposições investigativas, evidenciando a necessidade de definir o canal que se pretende estudar para o uso correto de abordagens e técnicas. No caso dos canais abertos artificiais, os focos das suas abordagens costumam ignorar demandas ambientais, perdendo a possibilidade de receberem contribuições, a partir de estudos dos outros canais apresentados.

As adequações de canais para que emulem condições naturais, qualidade da água, velocidade, turbilhonamento dos fluxos e habitats (STANFORD et al, 1996) podem ser inseridas em estudos dos canais derivados multifuncionais, comparando se os mesmos possuem características em comum com os cursos naturais as eles próximos.

**Figura 4:** Canais abertos, exemplos de configurações



Fonte: elaborado pelo autor

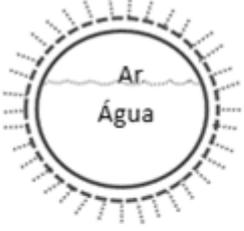
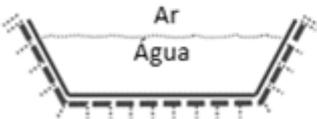
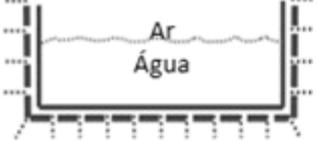
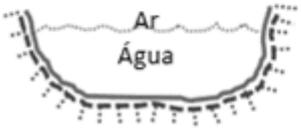
### 2.2.2 Principais características dos canais abertos artificiais

Os canais abertos artificiais operam sob controle, do ponto de vista das características hidráulicas, podendo variar com uma série de fatores que geram impactos em suas formas e adjacências, sendo inferido que estas estruturas estão submetidas às seguintes condições:

- Fluxo de origem: a entrada de água nos condutos deve variar a partir da sua fonte, podendo ser transposição, quando o canal deriva um volume de um rio/reservatório (ISAPOOR et al, 2011), ou drenagem, quando o canal retira água de uma área, aliviando escoamentos (ROBINSON,1990). A disponibilidade de água e sedimentos é atrelada à fonte que influi no comportamento dos canais e suas demandas de operação e manutenção. É válido considerar que existem basicamente dois tipos de canais artificiais: os de transposição, levando fluxos para um determinado serviço, e os de drenagem retirando fluxos de uma área onde são considerados excedentes;
- Estrutura de entrada: As formas de captação de água, se por sifões, divisores e comportas, que influem na manutenção do fluxo e estão ligadas a questões técnicas e culturais (COSTA, 2004; COSTA, 2006; CLEMMENS; SCHUHRMANS, 2004; SHIH et al, 2011). A captação ainda impacta sobre a circulação da fauna entre canais naturais e artificiais, podendo estes últimos se tornarem extensões ecossistêmicas, desde que condições químicas e físicas sejam mantidas parelhas;
- A superfície e forma do canal: a maneira como a água interage com a superfície influi em componentes como velocidade (definida principalmente pela rugosidade e inclinação do canal) e infiltração/exfiltração que interferem na eficiência do serviço, se é de transporte ou de drenagem (JAMES,1993; KOUCHAKZADEH; MARASHI, 2005). Como a altura da coluna de água é alterada pelas condições do canal, o mesmo deve ser construído e mantido evitando transbordamentos. Nestes casos, como sugerem Einstein (1956), Chow (1959) e Rodrigues e Souza (1991), o design do canal influi em seu comportamento e na eficiência de transporte. Embora sejam geralmente prismáticos, com formas geométricas bem definidas (Figura 5), alguns

canais, pela rusticidade, têm formas variadas (não prismáticos), como sulcos de irrigação e pequenos canais de serviço;

**Figura 5:** Seções transversais, formas e atribuições de canais abertos artificiais

	<p><b>Canal circular:</b> embora em um duto possui contato com o ar, caracterizando um canal aberto. Ex: dutos de transposição por gravidade, tubulações, esgotos.</p>
	<p><b>Canal trapezoidal:</b> quando revestidos são comuns para transposição de diferentes serviços.</p>
	<p><b>Canal retangular:</b> geralmente revestidos, aquedutos, calhas de escoamento, transposição, atendimento de madeiras.</p>
	<p><b>Canais triangulares:</b> sempre revestidos, são comuns em laterais de estradas pavimentadas como valas de escoamento</p>
	<p><b>Canais de terra:</b> podem apresentar variações das formas e são comuns nos canais derivados multifuncionais e de irrigação</p>

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Chow (1959)

- Eventos anômalos: São citadas interrupções de fluxos, rompimento das calhas, sobrecargas, fissuras, captações não previstas, proliferação de ervas daninhas, conexões com os escoamentos das vertentes, desenvolvimento de formas erosivas, entre outros problemas que comprometem sua funcionalidade (LUNA, 2013). A partir destes eventos excepcionais, ou do desgaste contínuo, os canais podem ter suas formas originais alteradas, com mudanças nas velocidades, sedimentações, dispersões de fluxos, nova fase de interação com os ambientes adjacentes, mudanças na qualidade da água e proliferação biótica em direção ao desequilíbrio.

### **2.2.3 Vigência dos estudos sobre canais abertos artificiais e artificializados**

Em meados do século XX, como sugere Einstein (1956), a manutenção dos canais abertos artificiais era onerosa e foram estabelecidos estudos para tornar tais sistemas mais eficientes no atendimento de quesitos referentes ao custo/benefício. A lógica econômica se manteve como o principal escopo de estudos, manuais e relatórios ligados a canais de irrigação, drenagem, transposição e navegação.

#### Canais de drenagem rural, rodoviária, esgotos e controles de inundação.

Enquanto nas vias não pavimentadas são desenvolvidos sistemas de dissipação da energia dos fluxos superficiais, como visto em Cunha et al (2013), nas estradas pavimentadas, as valas e drenos são propostos em manuais e normas técnicas para evitar danos relativos à ação dos processos erosivos (BRADY et al 2014). Em áreas propensas a enchentes, como ambientes litorâneos ou associados com a má drenagem superficial, podem ser construídos canais de inundação (WILLIANS, 1990). Já Wong e Kondolf (2012) mostraram os problemas relativos à configuração dos canais de controle de cheia e o transporte de sedimentos nestas estruturas, mantendo o foco geral das pesquisas voltadas à eficiência dos serviços.

Os drenos agrícolas, se comparados a outros canais abertos artificiais, estão na dianteira de estudos hidrogeomorfológicos, assumindo seu papel na alteração das formas superficiais e da circulação superficial (ROBINSON, 1990). Nos canais naturais, as conexões com os drenos respondem por mudanças significativas na dinâmica hidrossedimentar. Nos períodos chuvosos ocorre a recepção de volumes excedentes, dada a canalização das áreas úmidas. Já na seca a drenagem acelerada, causa redução da disponibilidade hídrica uma vez que os fluxos são rapidamente esgotados (ABDEL-DAYEM; EL-SAFTY, 1993).

#### Canais de Navegação

Possuem paralelos em canais naturais e, dada sua importância para economia, soberania nacional, transporte e lazer, são analisados em manuais técnicos de navegação e gestão do território. Nestes casos, são vistos trabalhos como de Rosati e Kraus (2009) que descrevem o papel da engenharia no desenvolvimento de sistemas seguros para navegação (portos, canais,

hidrovias). Por sua vez, Gray et al (2003) e El-Sersawy e Ahmed (2005) sugeriram melhorias na navegação em canais por alterações morfológicas e na gestão das embarcações.

Embora não seja comum encontrar discussões sobre o destino dos materiais retirados desses canais, Bennion e Manny (2011) revelaram que dragagens, retificações e remoções de bancos de areia, causam danos ecológicos, nos habitats e no nível lacustre. Já Igrecias (2009) observou a influência do canal de navegação de Pereira Barreto (Estado de São Paulo – Brasil) na qualidade da água do rio São José dos Dourados. Esses exemplos reforçam que não se deve negligenciar o potencial destes canais em alterar as condições ambientais.

### Canais de transposição

Transposições entre bacias costumam se valer de aquedutos para atenderem projetos de irrigação, indústrias e centros urbanos. Nos países em que são comuns, como os Estados Unidos da América, Canadá, Espanha, Peru, China, México, as informações disponíveis estão atreladas às agências governamentais. Um exemplo válido é o *Colorado River Aqueduct (CRA)* que, segundo a *Los Angeles Country Waterworks Districts (LCWD)*, atende 26 cidades. Os estudos referentes a este projeto estão voltados à eficiência do serviço, custos e impactos socioeconômicos (NEWLIN et al, 2002; ZETLAND, 2009; ZETLAND, 2011).

No Brasil, estes sistemas são alvos de pesquisas socioeconômicas, de engenharia, disponibilidade hídrica, salinização dos solos e à ictiofauna (SOUZA; RIBEIRO 2004; FILHO; BUCKUP, 2005, NEVES; CARDOSO, 2009). Quando aparecem, os elementos da Geografia Física, servem a viabilização de projetos, para construção de acessos e eclusas, como no caso do “*Manual de Diretrizes para estudos de arranjos de obras de transposição (2012)*”. Este exemplo enfatiza a falta de discussões densas sobre os efeitos destes canais na circulação superficial, subsuperficial e das mudanças na paisagem de maneira especial nas formas de relevo.

No caso da transposição do São Francisco, o Relatório de Impacto Ambiental (2004), Castro (2011) e Stolf et al (2012) discutiram as alterações hidrossedimentológicas e o desenvolvimento de formas erosivas com foco nos

cursos naturais. Entretanto, o mesmo não acontece para os impactos ao longo da construção do canal artificial. Nesses, são apontados questionamentos para fauna e flora, mas não para o risco de erosão, interrupções de fluxos e outras questões. A Figura 6 apresenta um caso de rompimento na transposição do rio São Francisco (Nordeste do Brasil), onde processos erosivos foram potencializados pelos fluxos.

**Figura 6:** Rompimento de um canal de transposição, processos erosivos correlacionados a este episódio



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Nóbrega (2017)

### Canais de irrigação

Seus estudos focam na eficiência, viabilidade econômica, na melhoria do comportamento hidráulico, transporte e distribuição da água, de maneira que a forma dos canais e a possibilidade de revesti-los tem sido trabalhada para amenizar as perdas por infiltração ou rompimento (ex, SHAACK, 1986; PAUDYAI et al, 1991; SNELL, 2001; SMITH; GILLIES, 2010). A eficácia na captação de água é fundamental por permitir a otimização do uso dos volumes disponíveis, (WOLTERS et al, 1987; RIJO; PEREIRA, 1987; RENAULT, 1988; MURRAY-RUST; VANDER VELDE, 1994), se direcionam esforços para o monitoramento das vazões e melhoria nas suas partilhas (ex, BHUTTA; VAN DER VELDE, 1992; REPLOGLE 1997; KOUCHAKZADEH; MARASHI, 2005; WAHL et al, 2005).

Os estudos sobre os depósitos sedimentares e as vazões focam na resolução de problemas para a eficiência dos serviços, pelo assoreamento e deposição que alteram a velocidade e o volume de água (ex, BAKRY, 1992; BAKRY, 1994;

LAWRENCE; ATKINSON, 1998; DEPEWEG; MENDEZ, 2002). Existindo, inclusive, estudos que tratam da modelagem para transporte de sedimentos (ATKINSON, 1989; BELAUD, 1996; PAUDEL et al 2014)

A gestão dos envolvidos nos projetos de irrigação é alvo de estudos, já que a desconexão entre projetistas e agricultores origina sistemas ineficientes, cuja disponibilidade hídrica pode ocasionar conflitos entre os usuários (ex. VERMILLION, 1990; OAD; KING, 1991). A participação da comunidade revela suas demandas, define as áreas de implantação, rateiam custos, planificam a manutenção e contornam conflitos (ex. SIJBRANDIJ; VAN DER ZAAG, 1993; DAYTON-JOHNSON, 1999). É interessante notar que alguns estudos apresentam reflexões sobre o papel ecológico dos canais, como habitats, a partir de conceitos disseminados por pesquisadores da ecotecnologia, como no uso da vegetação para emulações ecossistêmicas e de filtragens (ODUM; ODUM, 2003; SHIH et al, 2011).

#### Canais derivados multifuncionais

Pelos esforços classificatórios são realçados os canais derivados multifuncionais, sobretudo os menores e rústicos, muitas vezes despercebidos nas paisagens, por serem confundidos com outras estruturas, artificiais ou com cursos naturais (SILVA; RODRIGUES, 2015). Para pesquisadores e gestores o principal fator do negligenciamento se dá por não serem estes canais considerados causadores de mudança significativas nos ambientes ou de importância econômica.

Do ponto de vista das investigações, os poucos estudos encontrados, tratam de definições para seus serviços, algumas abordagens culturais (HILL, 2014), sociais (SCHMIDT, 2008) e tratamentos que, equivocadamente, os limitam às funções de irrigação (RAINA; DANGA, 2010), quando na verdade apresentam funções variadas (SILVA; ALLAN SILVA, 2012). Para Hill (2014) os escassos estudos sobre o tema não têm se preocupado com questões ambientais, mas sim técnicas (ver LABBAL, 2000; SCHMID, 2000; SCHMIDT, 2004). É portanto, este fato um motivador para que novas pesquisas tragam informações pertinentes a questões ligadas à Geografia Física, para uma melhor gestão das derivações multifuncionais presentes em paisagens pelo mundo.

### **2.3 Possibilidades de contribuições da antropogeomorfologia e hidrogeomorfologia para os estudos sobre canais artificiais**

Como visto, os canais abertos artificiais possuem lacunas analíticas quando se pretende discutir os impactos ambientais, principalmente nas dinâmicas das bacias de drenagem que geram. Cabe, portanto, à abordagem geográfica, ao tratar da relação Homem-Natureza, conjugar novas análises sobre elementos da paisagem, de maneira que não dissocie as práticas dos impactos que geram (SUERTEGARAY, 2009). Neste caso, para canais derivados multifuncionais, seria propício indicar como os mesmos contribuem para a construção de cenários artificiais, a partir das contribuições de várias disciplinas.

Por exemplo, a Geomorfologia poderia se beneficiar de aspectos da Geografia, como os estudos de impactos na apropriação do espaço, ao passo que a Geografia receberia contributos sobre processos geomórficos e formas (SUMMERFIELD, 1991). O mesmo valeria para Hidrologia, Ecologia, Climatologia, entre outras que auxiliam na compreensão dos impactos humanos ao gerarem condições para um planejamento, ordenamento e gestão do território eficientes. Tal indicação não tem interesse em fragmentar ou dispersar a Geografia, mas apontar suas especificidades, sem perder de vista as relações Sociedade-Natureza dispostas em interações, processos e produções.

Alguns canais abertos artificiais já passaram por essa reavaliação de temática, como no caso dos drenos agrícolas (EGGLESMANN, 1971; RYCROFT; MASSEY, 1975; BAILEY; BREE, 1981), alvos de estudos sobre suas influências nas bacias hidrográficas. Embora este direcionamento pareça destoante dos estudos técnicos, Robinson (1990) revela que os mesmos surgiram por prejuízos imputados aos agricultores em seu uso (HART, 1979, RIMINGTON, 1982; OLDFIELD, 1983). Também os episódios de seca (GREEN, 1973) levaram a discussões sobre os impactos dos drenos na redução da vazão e comprometimento de atividades como a pesca (MORLAND, 1989). Logo, outros canais abertos artificiais poderiam ser investigados com esse foco ambiental, permitindo a formulação de diagnósticos melhor qualificados (SANTOS, 2004; SANCHEZ, 2008).

### **2.3.1 Canais abertos artificiais como objeto antropogeomorfológico**

Para este estudo, ao abordar um canal construído, se tem uma assinatura topográfica humana, com repercussões, entre outras áreas, na Antropogeomorfologia, Geomorfologia Fluvial e Hidrogeomorfologia. As assinaturas topográficas constituem morfologias que compõem a superfície da terra, influenciadas pela tectônica, clima, erosão, sedimentação e elementos bióticos (TAROLLI; SOFIA, 2015). As ações humanas são incluídas nesta proposta por promoverem mudanças, influenciando os processos hidrológicos, a partir de redes de drenagem, rodovias, práticas agrícolas, atividades de mineração e canais abertos artificiais (TAROLLI, 2014).

As assinaturas topográficas, portanto, podem ser humanas (ATH's) e resultam de atividades direcionadas que alteram as condições morfológicas superficiais (GUTHRIE, 2015). Logo, o homem, a exemplo das bioturbações pela fauna e flora, é capaz de alterar formas e dinâmicas, tendo Zalasiewicz et (2014) denominado estas questões de antropoturbações. A Antropogeomorfologia, embora não tenha costume de tratar sobre canais abertos artificiais, reforçaria como as ações humanas são importantes nas investigações sobre formas e processos.

Esta disciplina considera que ações, sobre o modelado, geram cenários, entre natureza e práticas humanas, que chegam a ser de difícil classificação (BROOKFIELD, 1999, FULLER et al, 2015), sugerindo que nem todas intervenções são danosas, como aquelas que emulam ambientes naturais. Além destas emulações, as ATH's repercutem na conectividade hidrológica, com alterações nas taxas dos processos hidráulicos e geomórficos (FRYIRS; BRIERLEY, 2012), sob influência da topografia, solo, aquífero, clima e interferências bióticas (GOOSEFF et al, 2016).

Nestes casos, tomando exemplos de outras assinaturas estudadas por Croke et al (2005), os canais derivados facilitariam ou dificultariam que os volumes de água e materiais, em transporte, chegassem aos fundos de vale e no exutório da bacia. Com as associações citadas, os canais abertos artificiais encontrariam espaço de análise nesta disciplina, ideia reforçada pela proposição de Goudie (2004) sugerindo que cabe a Antropogeomorfologia estudar a ação humana na

criação/transformação de formas de relevo e dos processos geomorfológicos. Mas por se tratarem de canais, com fluxos concentrados, entre fundos de vale e vertentes, devem receber contribuições de outras frentes, para uma melhor abordagem de seus impactos.

### **2.3.2 Geomorfologia fluvial e canais abertos artificiais, contribuições em duas vias**

Na investigação ambiental de canais abertos é esperado o direcionamento para a Geomorfologia Fluvial que, para Goudie (2004), se ocupa das superfícies dos rios, os movimentos das águas, transportes e deposições de sedimentos, as calhas dos rios, leitos de cheia e os efeitos dos canais na progressiva transformação das paisagens. Como esta disciplina se interessa pelas dinâmicas atreladas aos escoamentos concentrados, podem incluir as análises dos canais abertos artificiais. Entre estas abordagens estão a morfometria, características da rede de drenagem, tratamento de dados hidrológicos e sedimentares, geometria dos canais, contribuições dos escoamentos e análises de sistemas fluviais, transferência de sedimentos, erosão marginal e a ecoidrologia dos habitats (DOLLAR, 2004; HARDY, 2006; SCOTT, 2010).

A proposição de abordagem para Geomorfologia Fluvial, sugerida por Downs e Gregory (2003), é outra contribuição, por mostrar o potencial da análise de eventos em escala de detalhe. É válida a menção de Lane e Richard (1997), que propuseram para a Geomorfologia Fluvial a compreensão de como estes eventos, nas escalas pormenorizadas de tempo e espaço, podem ecoar em grandes espaços, ou como um pequeno canal/intervenção tem papel na bacia hidrográfica. Para Tonolla et al (2010) as alterações, promovidas nestes ambientes não podem ser encaradas apenas do ponto de vista das mudanças das formas, mas também no nível dos habitats fluviais. Estas são questões passíveis de serem discutidas nos canais derivados multifuncionais, os colocando no contexto da rede de drenagem geral.

Neste sentido, embora possuam proporções maiores, são válidos exemplos os estudos de Guilherme et al (1998) e Magagnin et al (1999) no canal de tomada do projeto Jaíba (a partir do rio São Francisco – Estado de Minas Gerais), onde identificaram problemas na relação sedimentos/vazão, o que pode comprometer

a operacionalidade dos sistemas. McCartney (2012), em estudos de hidrovias norte americanas (principalmente na região central do país), apontaram sugestões para retenções de sedimentos nos canais naturais (artificializados) e a abertura de canais pilotos (artificiais) para melhores condições de navegação.

Logo, se tratam de estudos com contribuições, entre elas a preocupação na dinâmica comportamental do canal, frente a vazão e materiais em suspensão, que são exploradas pela Geomorfologia (CHRISTOFOLETTI, 1980) e passíveis de adaptação aos estudos aqui propostos. É nesta esteira que Maas e Brookes (2009) apontam que os canais abertos estão sujeitos a investigação sobre os leitos, transportes de sedimentos, perfis longitudinais e mudanças em seus níveis de base, processos erosivos e cheias com sedimentação. Constituem, portanto, elementos, de interesses da Geomorfologia Fluvial, que podem ser estendidos aos canais artificializados e também aos artificiais.

Parte destes estudos constituem esforços passivos de serem adaptados para aplicação sobre os canais abertos artificiais, mas se enfatiza que alguns temas são mais significativos, entre os quais: a hidráulica e forma dos canais; transporte de sedimentos; modelagem e regulação do canal. São úteis estudos de monitoramento de variáveis hidrossedimentares no entendimento de como estes comportamentos se relacionam com características da paisagem (LOZANO; MATEOS, 2009; HUSSEIN et al, 2011). Seria ainda pertinente abordar comparações entre o comportamento dos cursos naturais com os artificiais facilitando projetos de emulação dos habitats fluviais, servindo estudos sobre a influência do homem, no transporte de sedimentos e processos erosivos (HIGGIT; WARBURTON, 1999, BANNA; FRIHY, 2009), como base para tratamento de áreas com derivações artificiais.

Contudo, como é perceptível, o foco da Geomorfologia Fluvial, nos canais e seus fluxos concentrados, agentes de mudanças, ainda que incorpore a relação vertente-canal (CHIVERRELL et al, 2009), a disciplina forneceria aos condutos antrópicos contribuições, sobretudo, ligadas aos seus leitos e margens. Porém, existindo uma nítida interação entre canais derivados e encostas, é necessário considerar meios de análises que melhor incluam estas dinâmicas e, sobretudo, tratem de como as formas dos canais podem influenciar processos nos setores da drenagem.

### **2.3.3 Possibilidades de contribuições da hidrogeomorfologia no estudo dos canais abertos artificiais**

Por seu caráter integrador entre formas e processos, bem como vertentes e fundos de vale, a Hidrogeomorfologia apresenta contributos adaptáveis aos canais derivados multifuncionais. Com a bacia hidrográfica, uma unidade hidrogeomorfológica (COELHO NETO, 2011), é possível revelar como assinaturas artificiais figuram um novo passo em direção aos estudos ambientais, sobremaneira os preocupados com intervenções humanas. Os estudos destas inferências são absorvidos pelo caráter expansivo da Hidrogeomorfologia que, conforme evolui, passa a incluir novas temáticas, tão logo lidem com questões morfológicas e processuais. Interessa, portanto, observar a gênese e desenvolvimento desta disciplina, para que seja coerente a indicação dos canais abertos artificiais como elementos para ela passivos de investigações.

Em sua origem, nas décadas de 1960 e 1970, a Hidrogeomorfologia superou o isolamento de vertentes e canais. Chorley (1962) viu valor nesta integração, gerando uma unidade geomorfológica em evolução, de maneira que conceitos relativos aos processos hidrológicos/geomórficos, até então vistos isoladamente na Geomorfologia Fluvial, Morfologia Superficial, Dinâmica dos Fluxos e Encostas (SCHEIDEGGER, 1970), passaram a uma abordagem unificada, denominada Hidrogeomorfologia (SCHEIDEGGER, 1973).

Na aproximação dos estudos da evolução da paisagem e Hidrologia, pesquisadores começaram a incluir esta última em livros, disciplinas e pesquisas de Geografia Física (GREGORY, 1979). Na descrição de cenários em bacias de drenagem, se voltava aos efeitos da circulação hídrica nas mudanças das paisagens, das formas do relevo e no transporte de material, como visto em Dunne e Black (1970), Dunne e Lepold (1978) e Dietrich e Dunne (1978). As atividades destes autores são exemplos de abordagens hidrogeomorfológicas, como foram chamados por Dunne (1994) e Goudie (2004), cujas contribuições incluíram as ações humanas.

Em sequência, os anos de 1980 e 1990 são um período significativo para a expansão das temáticas da Hidrogeomorfologia, com destaque aos trabalhos sobre bacias hidrográficas (e seus elementos abióticos, bióticos e antrópicos),

escoamentos e sedimentos em Gregory e Brokes (1983), Douglas (1985), Hupp (1986), Dietrich et al, (1987) e Montgomery e Dietrich, (1988, 1989). Nos anos de 1990 seguiram estes estudos, como visto em Montgomery e Dietrich (1992), avançando sobre o modo como os ambientes eram explorados e introduzindo tecnologias na espacialização dos fenômenos.

Também foram realizadas novas incursões sobre temas como a relação Hidrogeomorfologia e solos, a gestão da ocupação (NARAYANA, LAKSHMAIAH; GOUD, 1996), as intervenções em canais fluviais (GURNELL, 1997) e a temática das áreas úmidas, avaliando questões como percolações e infiltrações (SEAR et al, 1999; WHITTECAR; DANIELS, 1999). Para a consolidação e continuidade da Hidrogeomorfologia se mostrou fundamental a realização, em 2001, da *Fifth International Conference on Geomorphology (ICG-5)*, no Japão. No evento dois eixos na temática (*Hillslope process and Hydrogeomorphology* e *Landscape Simulation, Macrogeomorphology and Environmental Aspects of Hydrogeomorphology*) oportunizaram o contato de pesquisadores de todo o mundo com a Hidrogeomorfologia.

A partir deste evento ocorre uma progressão do uso de termos da Hidrogeomorfologia, potencializada pela publicação especial "*Interaction between geomorphic changes and hydrological circulation*", na revista *Hydrological Processes* em 2004, com 14 artigos oriundos dos eixos temáticos da ICG-5. O número explorou os canais fluviais, as vertentes e outros ambientes pela atuação dos processos hidrogeomorfológicos, com visão integrada destes ambientes. Porém, estando atrelado ao ICG-5, constituiu um reforço das temáticas pré-existentes, não havendo, por exemplo, inovações em direção a questões ligadas às assinaturas topográficas e estudos das conectividades dos processos.

Coube a Onda e Sidle (2004) a análise deste compêndio hidrogeomorfológico, observando os principais estudos até aquele momento. Os autores consideraram que a Hidrogeomorfologia avançou sobre temas como: processos de escoamentos influenciados pela Geomorfologia; processos de superfície e de erosão, vinculados a fluxos concentrados; desencadeamento de deslizamento de terra e avaliação das propriedades hidrológicas do solo. Entre os campos com

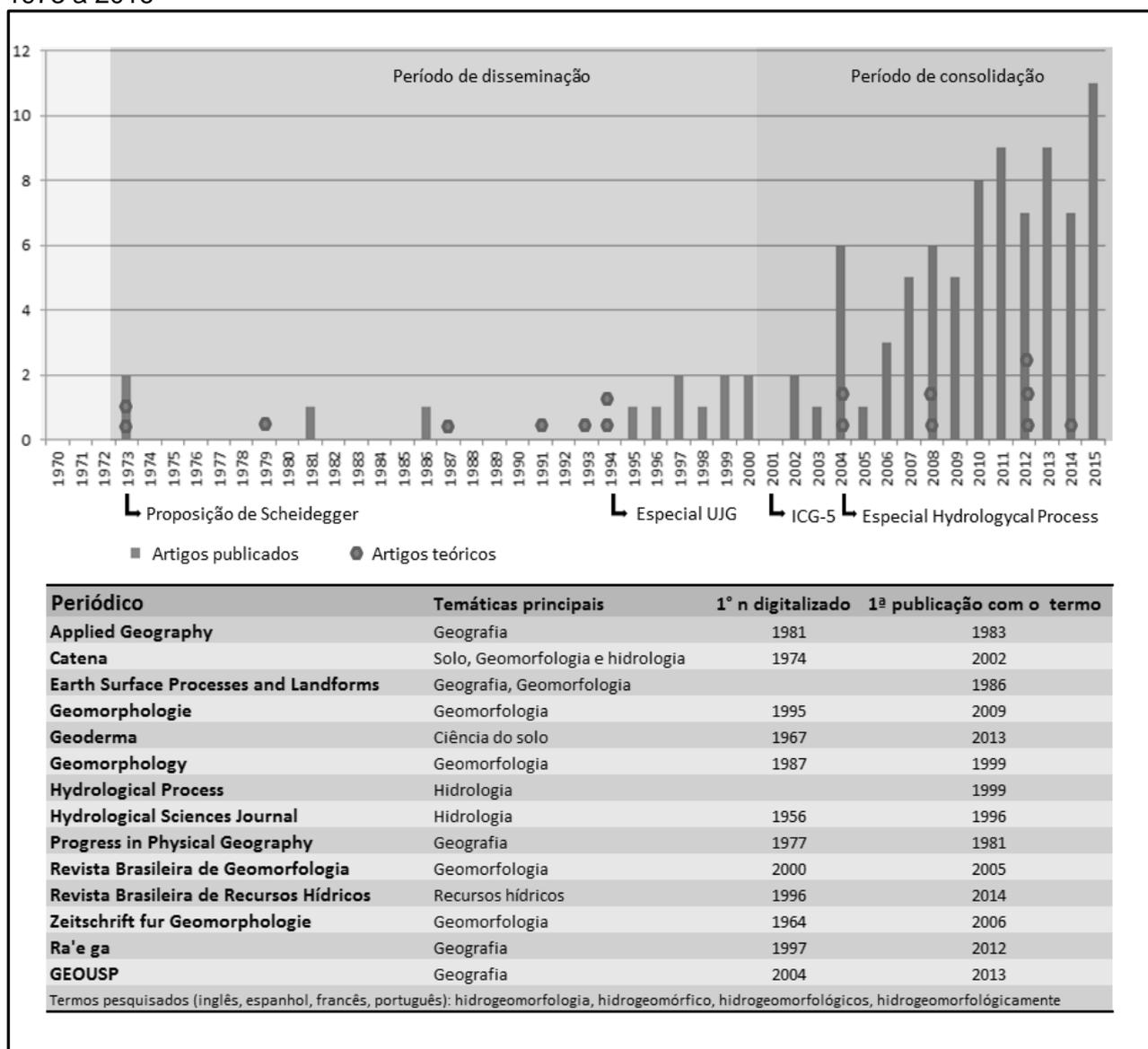
potencial para expansão, apontaram formas de uso da terra e da apropriação de ambientes fluviais, ainda não explorados.

A partir de 2004 ocorre uma nova e considerável fase de propagação de estudos de Hidrogeomorfologia, como observou Goerl et al (2012), gerando uma farta rede de estudos e um aumento das temáticas pesquisadas por este viés. Tendo em vista o caminho percorrido entre a publicação de um primeiro estudo propondo o uso do termo Hidrogeomorfologia, em 1973, até os trabalhos divulgados em 2004, por ocasião do 5º ICG 2001 (Japão), é notório o aumento destes a partir do marco simbolizado pela edição especial da *Hydrological Processes*. O agrupamento de trabalhos, em periódicos de Geomorfologia e Hidrologia ligados à temática em fontes de indexação, permite observar esta evolução, na Figura 7, que faz uma atualização, incluindo novos temas, da proposição de Goerl et al (2012) para apontamentos destes estudos.

A Figura 7 permite observar a evolução numérica das investigações em Hidrogeomorfologia e sua diversificação por meio de novos estudos teóricos que passam a incluir temáticas à disciplina. Por isso, são exemplificadas pesquisas que traduzem os focos centrais apresentados como principais processos explorados, para que se tenha o significado dessas contribuições e as possibilidades que representam. A Figura 8 apresenta um cenário hipotético nos quais são levantados os principais processos hidrogeomorfológicos, a partir desta revisão sobre uma bacia de drenagem.

É visível que os processos relativos ao escoamento superficial, na interface com a Geomorfologia, são os estudos mais comuns, constituindo base para reflexões sobre como os perfis de uso e ocupação e as configurações dos terrenos no impacto destas dinâmicas. Importam, também, os aspectos relativos a disposição de sedimentos, os escoamentos e transportes, a influência do clima, solo e geologia interagindo para a evolução do modelado (WHITTECAR; DANIELS, 1999). Neste caso é ainda mais representativo, como mostrado nesta revisão, a maneira como a Hidrogeomorfologia evolui e passa a incluir novos estudos, levando ao desenvolvimento de conhecimentos inéditos, muitos dos quais verdadeiras releituras de espaços, anteriormente considerados já consolidados do ponto de vista da pesquisa científica.

**Figura 7:** Hidrogeomorfologia, a evolução dos artigos publicados em periódicos de 1973 a 2016

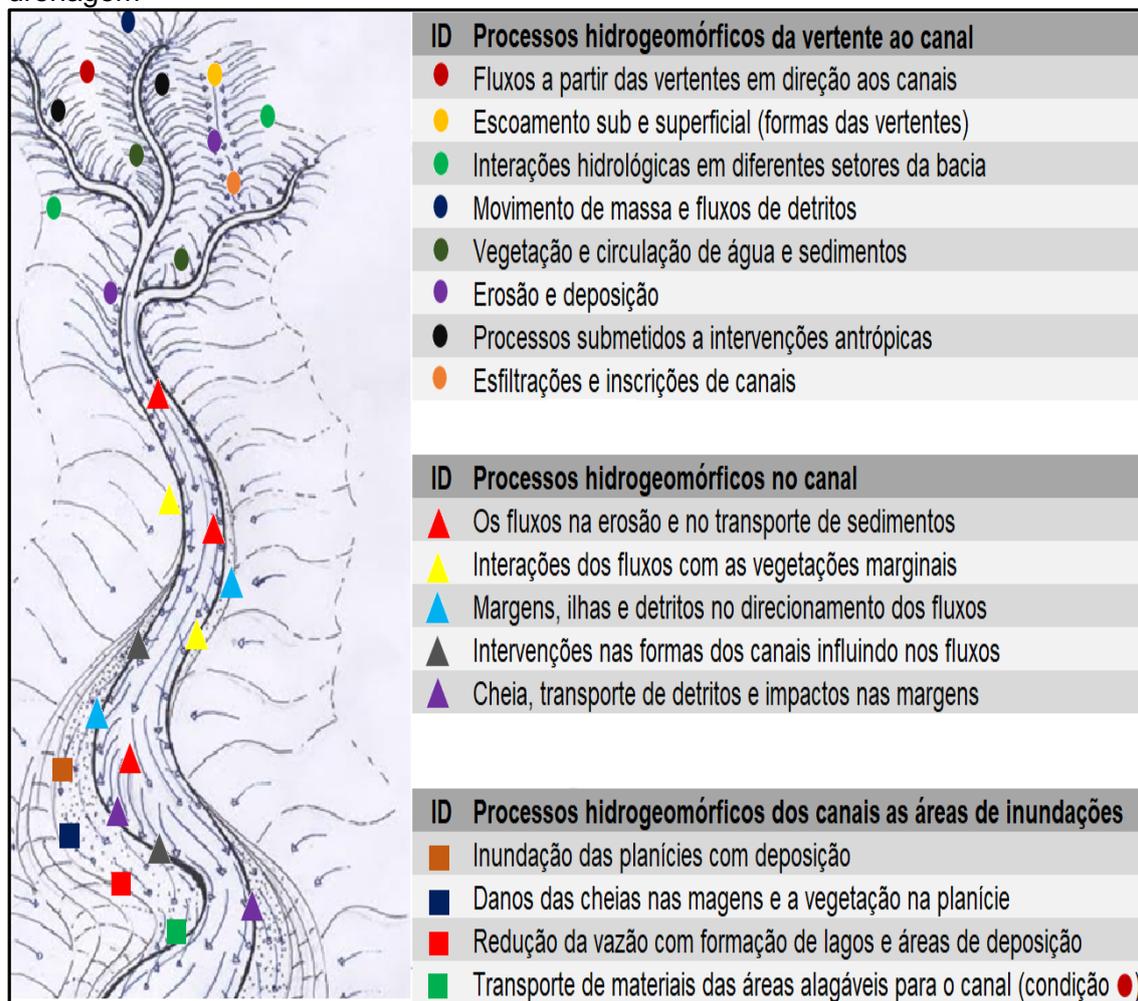


Fonte: elaborado pelo autor

Assim, se justifica a escala de detalhe sobre vertentes, como em Vestena e Kobiyama (2014), com mapeamento das formas erosivas, ou Antoneli e Thomaz (2014) na avaliação da perda de solo em áreas agrícolas, e Hattanji e Onda (2004), bem como Fujumoto et al (2008), trabalhando com interação de materiais rochosos com a água, válidos na análise integrada da subsuperfície e superfície (IMAIZUMI et al, 2010; HARPOLD et al, 2010). É neste contexto que figurariam os canais abertos artificiais, nas investigações dos estudos elencados como hidrogeomorfológicos, quanto a retenção, deslocamento superficial e subsuperficial da água e dos materiais que transporta, como já visto entre canais

naturais e vertentes (ex. SIDLE et al, 2000; IMAIZUMI et al, 2010; HARPOLD et al, 2010).

**Figura 8:** Apontamento dos processos hidrogeomorfológicos para sistemas de drenagem



Fonte: elaborado pelo autor

De maneira que, como visto ao longo da revisão, é complexa a definição dos ambientes que devem ser abordados pela Hidrogeomorfologia, principalmente quando da presença de cursos fluviais, havendo sobreposição com a Geomorfologia Fluvial, bem como com os estudos de vertente. Para Gregory (1979) o que define o espaço da Hidrogeomorfologia é a ocorrência de processos atrelados às formas e não uma determinada configuração do relevo. O autor se vale, inclusive, do termo Hidrogeomorfologia Fluvial para apontar estudos de processos em ambientes lóticos.

Esta junção é vista em trabalhos como Gregory e Brokes (1983) e também Douglas (1985), somando ainda impactos antrópicos em canais naturais e suas

alterações em ambientes marginais (artificializados, degradados, reabilitados). A ideia que interferências humanas causam impactos na circulação da água, já vem sendo explorada em trabalhos sobre processos hidrológicos e geomórficos, caso de Sidle et al (2000). Estes sistemas derivados forçariam a novas mudanças, demandando interpretações a respeito do deslocamento de fluxos entre rio e vertente.

Logo, as áreas abrangidas pelos canais passariam a se comportar em distinção das configurações naturais pré-estabelecidas, levando a uma série de possibilidades a serem exploradas. O seccionamento das vertentes, que impactam os sistemas de drenagem, são consideradas em trabalhos como Gomi et al (2004) sobre fluxo concentrado e produção de sedimentos em faixas erosivas de estradas. Já Antoneli e Thomaz (2014) e Cunha e Thomaz (2015) apresentaram as relações entre uso e ocupação e produção de sedimentos, considerando como as morfologias das vertentes, alteradas pelo homem impactaram o deslocamento da água, exemplos estes, válidos de consideração na abordagem das assinaturas topográficas apresentadas nesta pesquisa a exemplo de outras que causam impactos socioambientais.

De fato, a preocupação entre ação humana e repercussões ambientais e mesmo o impacto do comportamento das formas e processos nas comunidades locais é útil para a gestão dos espaços. Freitas e Coelho Netto (2015), por exemplo, realizaram estudos sobre ameaças naturais em comunidades susceptíveis a dinâmicas de encostas. No mesmo grupo de pesquisa, são significativos os estudos preocupados em aplicar conhecimentos da Geografia e da Engenharia, as dinâmicas de encostas, cheias, movimentos de massa e gestão dos perfis de uso e ocupação, com potencial de amenizar impactos, muitos dos quais catastróficos (FACADIO et al, 2014; LIMA et al, 2014; GARCIA et al, 2016).

Caso visto em estudos preocupados em entender como processos nas vertentes, sobretudo os impactados por incêndios florestais, ou mudanças do uso e ocupação, ecoam nas dinâmicas erosivas dos solos e por consequência desencadeiam mudanças ambientais (VIEIRA et al, 2011; SILVA et al, 2012; VIEIRA; BENTO-GONÇALVES, 2017a, 2017b). Há estudos com cabeceiras de drenagem, sobretudo no contexto das alterações humanas que podem comprometer a produção hídrica ou contribuir para a preservação destas áreas

(FELIPPE et al, 2014; FELIPPE et al, 2015, MOURA et al, 2016). Ainda se incluem as investigações relativas ao avanço das ocupações humanas que alteram dinâmicas e formas, comprometendo recursos e as respostas das bacias hidrográficas (SILVEIRA et al, 2010; SILVEIRA et al, 2012).

Para todos estes casos, é significativa a instrumentalização e monitoramento do comportamento das áreas estudadas para vazão, sedimentos, turbidez, velocidade dos fluxos, desenvolvimento das formas, da vegetação, parâmetros físicos e químicos. Trata-se de lidar com as influências que podem alterar a dinâmica hidrogeomorfológica, ou aqueles que sofrem a partir dela algum tipo transformação (DUNNE; BLACK,1970). Seriam pertinentes estudos, como aqueles para cabeceiras de drenagem, interessados nas para discussões sobre intervenções humanas, dada a velocidade de resposta entre vertentes e canais de pequena ordem (DIETRICH et al, 1987; MONTGOMERY; DIETRICH, 1988, 1989)

São ainda válidos os registros e análises de cenários relativos aos escoamentos superficiais em uma vertente, ou episódios de cheias em um canal fluvial. Caso dos estudos de Zabaleta et al (2007), que descreveram cenários em pequenas bacias, ou Ibarra (2012), verificando mudanças na forma de um canal mediterrâneo, após um episódio de cheia. Em cabeceiras de drenagem, Hattanji e Onda (2004) monitoraram comportamentos específicos de escoamentos superficiais e Confessor e Rodrigues (2018) simularam chuvas, sobre vários tipos de uso e ocupação, para avaliar como cada episódio interferiram no solo e suas características. A descrição de cenários hidrogeomorfológicos é interessante nos estudos pretendidos, pois as derivações, subordinadas a demandas de manutenção, dificultam o monitoramento contínuo para estudos de cunho hidrológico.

Nos canais artificiais e nos sistemas de drenagens a eles atrelados, as instrumentações poderiam ser provisórias, como sugerido por Lord et al (2005), com equipamentos registrando episódios chuvosos, cheias, vazantes, alterações no uso e ocupação e mudanças na superfície que impactariam a dinâmica hidrogeomorfológica ou por ela foram alteradas. Nos canais artificiais menores, poderiam ser encontrados exemplos de abordagens em estudos para cursos naturais relacionando-os as vertentes (COMITI, 2011; SIEFERT; SANTOS,

2012), seriam avaliados como transporte de água e sedimentos repercutiriam nestas estruturas, ao passo que as mesmas promoveriam mudanças nesses processos.

Interessa investigar como as vertentes sofrem mudanças, pela presença dos canais artificiais, e o que seria das conectividades com os fundos de vales. Como sugere Kim et al (2016) a infiltração agrava o risco de deslizamento em locais onde é intensificada por mudanças nas condições de uso. Logo, os canais artificiais ainda podem desestabilizar encostas pela transferência de água, seja na infiltração ou no escoamento, como mostrado por Beckerdahl e Dardis (1988). Ainda sobre os processos erosivos, Bryan (2000) vê propriedades como erosividade, erodibilidade, condições hidráulicas e disponibilidade de sedimentos influentes na liberação de materiais e no desenvolvimento de formas erosivas, argumentos considerados por Chaplot (2013).

Outra questão se refere à presença da vegetação nos canais e vertentes, de maneira que contribuem tanto para preservação das formas, quanto na alteração dos processos de circulação dos fluxos (HUPP, 1986; GURNEL, 1997; STEIGER; GURNELL, 2002). Logo, constituem abordagens válidas para estudos de canais degradados e artificializados, que poderiam ser adaptadas aos canais artificiais, para análise da presença da vegetação com alterações nas velocidades dos fluxos, transferências de sedimentos e índices de turbidez.

A presença da Hidrogeomorfologia em trabalhos ligados a gestão de bacias e canais fluviais é uma realidade vista inclusive na esfera pública (NARAYANA, LAKSHMAIAH; GOUD, 1996; BALLAIS et al, 2011). Sendo significativo o trabalho de Brousse et al (2011) com levantamento de cenários hidrogeomorfológicos em um canal por meio de fotografias, imagens aéreas e manipulação de dados de vazão, no entendimento da evolução de um ambiente e sua relação com as adjacências. De fato, a representação das formas, cartograficamente ou por esquemas, permite entender como os fluxos, difusos e concentrados são influenciados por assinaturas, como as aqui estudadas.

Válido é o exemplo de Marini e Piccolo (2005) e Marini et al (2009) que buscaram registrar, em mapeamento, os impactos promovidos pelo homem na dinâmica hidrogeomorfológica da bacia hidrográfica. Nessa abordagem seria pertinente a inclusão de canais artificiais, relacionando-os com as características naturais das

bacias (drenagem, solo, geologia, geomorfologia) e outras ATH's. Trabalhos como de Houben, (2007), Gutierrez et al, (2011) e Jongepier et al (2015) exemplificam como processos e formas são localizados, esquematizados e avaliadas. Tomando por base questões relativas à conectividade das vertentes aos canais, as realizações de Wohl (2013) exemplificam a representação de formas atreladas as intervenções antrópicas.

Os ambientes com canais abertos artificiais necessitam destas abordagens, para o entendimento de problemas, principalmente no que se refere aos impactos das assinaturas topográficas. Tais esforços, de compreender a evolução das paisagens, fornecem meios para a gestão destas áreas (BLUMBERG et al, 2004; ZAWADZKA et al, 2015; JORDAN et a, 2016). Como muitos canais ainda são construídos ou alterados sem levar em consideração a participação de profissionais ligados à Geomorfologia, os resultados são, vez ou outra, problemáticos, quando não catastróficos, para usuários e o meio ambiente, como no caso de supressão das vazões naturais, mudanças nas dinâmicas de vertentes, movimentos de massa, entre outros.

Existe, portanto, uma necessidade de trazer coerência a estas obras de intervenção por meio da aplicação de conhecimentos da Geomorfologia Fluvial, Antropogeomorfologia e Hidrogeomorfologia. De fato, como sugerem Maas e Brookes (2009), são significativas as contribuições que a Geomorfologia pode levar a estes projetos pelo enquadramento dos canais no contexto dos processos hidrogeomorfológicos e suas relações com vertentes e fundos de vale.

Muitos dos trabalhos apresentados nesta revisão, concernem da interação dos processos hidrogeomorfológicos com alguma tipologia de interferência humana. O fato é que tais relações geram uma grande diversidade de questões, as quais demandam a atenção de pesquisadores, sendo necessário considerar que, em cada ambiente, existem especificidades as quais demandam adequações metodológicas e esforços para melhor compreender os arranjos naturais em relação às ações humanas.

Esta revisão, portanto, contribui justamente por mostrar como elementos, a exemplo dos canais abertos artificiais, já explorados por determinadas abordagens, demandam novas considerações que permitam entender seu papel na dinâmica ambiental. Por esta sugestão, do uso da Hidrogeomorfologia como

análise destes aspectos, se mostrou necessário apresentar sua origem, evolução e disseminação, considerando esta ramificação da Geomorfologia como necessária no cruzamento de esforços ligados à Hidrologia, com os estudos da evolução do modelado terrestre, de maneira especial àqueles de interesse da Antropogeomorfologia.

O diálogo com outras ciências, interessadas nos processos que incidam sobre a evolução da paisagem, se mostra válido para contribuir com os aspectos da Hidrologia e com questões ligadas à Geologia, Climatologia, Pedologia, Engenharias e outros aspectos da atividade humana. É significativo ainda apontar que, embora os trabalhos tenham se concentrado, a exemplo da origem da Hidrogeomorfologia, com foco na análise integrada das bacias, surgiram esforços em escalas mais específicas de abordagem, havendo potencial para novas fases de investigações, como as que aqui serão apresentadas.

### 3. METODOLOGIAS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS



As abordagens aplicadas aos sistemas de drenagem, preocupadas com a morfodinâmica, a partir das ATH's, foram realizadas articulando os conhecimentos ligados à Geografia Física, sobretudo geomorfológicos, com noções da Hidrologia. Aspectos que foram convergidos para apresentar como canais derivados multifuncionais alteram os ambientes de drenagem. Portanto é pertinente considerar as bacias hidrográficas como espaços privilegiados destas análises.

Neste caso, a bacia hidrográfica constitui importante meio de estudo, dado seu caráter sistêmico, que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para o exutório (CARVALHO, 2014) e cuja abordagem, como no caso destas derivações, promove sistemas controlados influenciando a circulação dos fluxos de matéria e energia. Para Coelho Neto (2011) a bacia constitui uma unidade hidrogeomorfológica que permite investigar como formas e processos se relacionam, em um sistema que dirige seus produtos para o exutório.

A partir de fundamentos da Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1973) e do Geossistemas (SOTCHAVA, 1978), os processos hidrogeomorfológicos são abordados, na expectativa de que seja apontado como influenciam no comportamento hidrológico da bacia e na evolução das formas superficiais encontradas. Para tanto, se consideram as influências que recebem das formas do relevo e da entrada de fluxo, matéria e energia, buscando entender como repercutem em aspectos geomorfológicos, hidrológicos, biológicos e antrópicos (SCHEIDEGGER, 1973).

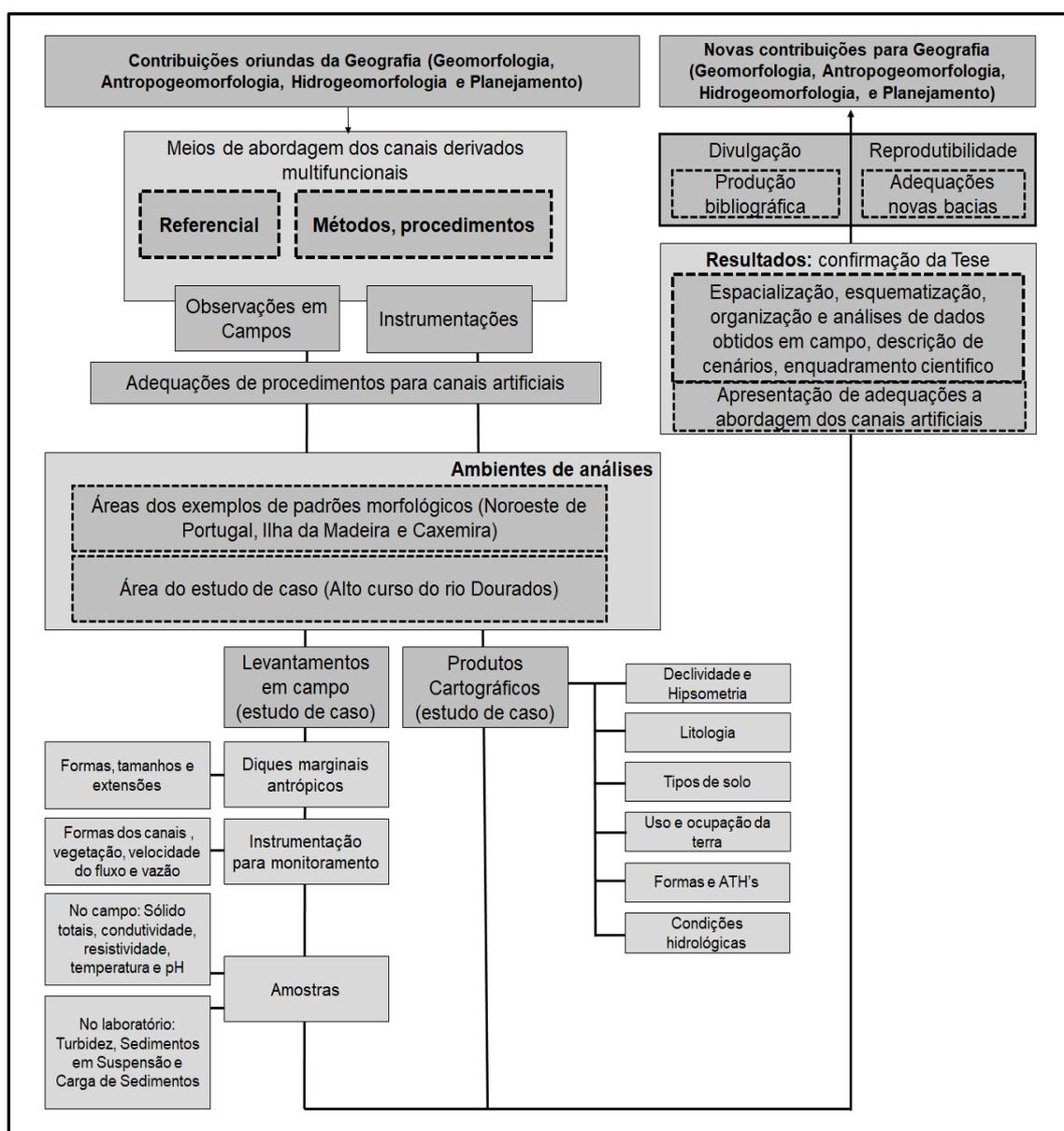
No caso desta pesquisa, é incluída a abordagem da paisagem antropogênica (FOLEY, 2005) por meio da conjugação de instrumentações relativas aos parâmetros hidrológicos e geomórficos e abordagem empírica, buscando revelar a relação das alterações na paisagem com as respostas que devem gerar no comportamento de indicadores e processos (LORD et al, 2009). Como sugere Gil (1999), a observação é uma fase fundamental para o desenvolvimento de pesquisas, sobretudo aquelas que se propõem à coleta de dados, para que os mesmos sejam avaliados em conjunto dos aspectos levantados.

Nas questões apresentadas neste estudo importa a observação das relações entre formas superficiais (somadas as intervenções antrópicas) e as dinâmicas entre vertentes e fundos de vale. Se trata, portanto, de uma documentação

direta, primária, com observação intensiva e extensiva, conjugando elementos da documentação indireta, a partir de pesquisa documental e bibliográfica. Com destaque em revelar como fluxos e materiais, no output, são apenas uma parte da dinâmica de transferência da bacia, uma vez que a mesma sofre interferência dos canais artificiais que desviam consideráveis volumes dos fundos de vale em direção às vertentes.

Para alcançar tais informações os procedimentos, apresentados a seguir estão organizados na figura 9 e são relativos aos aspectos levantados em campo, atividades de laboratório e gabinete.

**Figura 9:** Fluxograma das fases dessa pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor

### 3.1 Aspectos levantados em campo

As atividades de campo foram fundamentais para a localização dos canais derivados pois, via sensores remotos são facilmente confundidos com outras assinaturas topográficas, como curvas de nível, trilhos, canais de drenagem, ou simplesmente ocultos na paisagem (SILVA; RODRIGUES, 2016). Nesta fase, portanto, foram registradas as ATH's pelas observações de campo, diálogos com usuários e pesquisadores. Ocorreram visitas, inicialmente no Brasil que, posteriormente, foram realizadas na Caxemira, no noroeste de Portugal e Ilha da Madeira. Tais ações permitiram evidenciar a importância das abordagens realizadas sobre as morfologias dos canais, dos diques marginais e como interação com rios e encostas.

Para tanto, interessa à abordagem empírica da paisagem, como sugere Silveira (2002), a bacia hidrográfica pois ela é testemunha de processos verticais (precipitação, evapotranspiração, umidade e fluxo no solo) e horizontais (escoamentos superficiais, dos rios e do subsolo). Entre os fatores, passíveis de serem observados em campo, estão os impactos da precipitação, vegetação, solo, formas oriundas dos escoamentos superficiais, uso da Terra, as formas superficiais do relevo, especialmente aquelas produzidas ou alteradas pelo homem.

Estes aspectos contribuem, de forma significativa, para o dinamismo hidrográfico dentro da bacia, e causam respostas a serem observadas em diversos setores do sistema de drenagem. Como sugere Barbosa e Gonçalves (2014) esta pesquisa partiu de uma apreensão visual dos objetos, como as formas, sendo passíveis de descrição e mensuração. Sendo fundamental as etapas que serão descritas a seguir com observações relativas às ATH's (barramentos, formas dos canais e dos diques marginais), modalidades de uso e ocupação em suas adjacências.

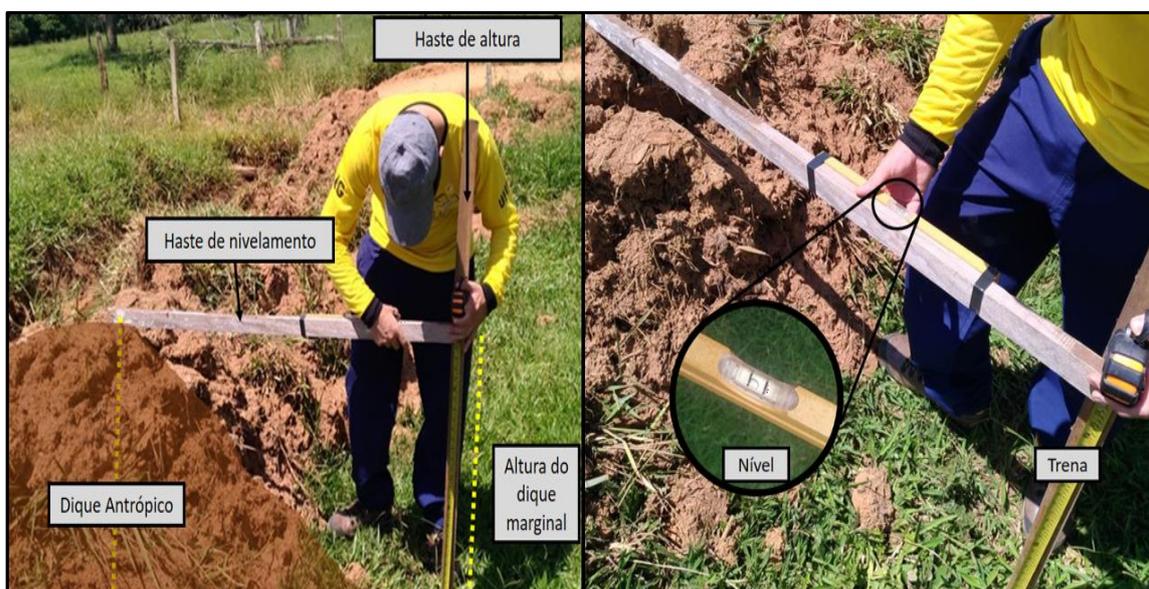
É importante salientar que para a etapa do levantamento de padrões morfológicos (Caxemira, Portugal e Ilha da madeira) foram utilizados registros fotográficos, medições dos canais e dos diques marginais, análise de imagens de satélite, uso de GPS e drones para localização e estudo destes canais nos países visitados. Já para o estudo de caso as etapas estão apresentadas a

seguir em cada uma das operações realizadas na bacia do alto curso do rio Dourados no município de Patrocínio-MG.

### 3.1.1 Diques marginais antrópicos na bacia de estudo de caso

Para a medição destas formas, resultadas da deposição de materiais sedimentares retirados dos canais abertos artificiais, a Figura 10 sugere um procedimento simples, desenvolvido em campo, para levantamento das alturas e larguras destas estruturas.

**Figura 10:** Medição das alturas dos diques marginais



Fonte: elaborado pelo autor

No ponto de transição, entre dique antrópico e a superfície do terreno, é fixada uma barra vertical para aferimento de altura. Uma outra haste é colocada, horizontalmente, a partir do alto do dique e, utilizando um nível, se certifica que a mesma não está inclinada, para que a distância ao chão forneça a altura do dique antrópico. Nesta operação é importante que a madeira, utilizada para as hastes, não seja de um tipo que empene e seja lisa para não provocar mudanças no registro do nível. Em campo, para esta pesquisa, o procedimento de mensuração foi realizado conforme se percorriam os canais (medições quando alterações significativas eram observadas). Foram identificados cenários que sugerem interações ou desconexões dos canais artificiais com as vertentes e canais naturais.

### **3.1.2 Instrumentação na observação de cenários na bacia de estudo de caso**

Na bacia de estudo, as distribuições das estações secas e chuvosas, na bacia de estudo, foram apontadas por Silva (2014), a partir de metodologia de Assunção (2012) baseada na consolidação dos dias chuvosos e secos para suas definições. Por esta proposição, o ano hidrológico pesquisado começou em outubro de 2015 (com estação chuvosa que dura até março) e seguiu pela estação seca, perdurando até setembro de 2016. Para todos os indicadores, foram coletadas amostras mensais, ao longo do ano hidrológico, e ainda realizada uma campanha amostral de 5 dias consecutivos em janeiro de 2016, para vazão e turbidez.

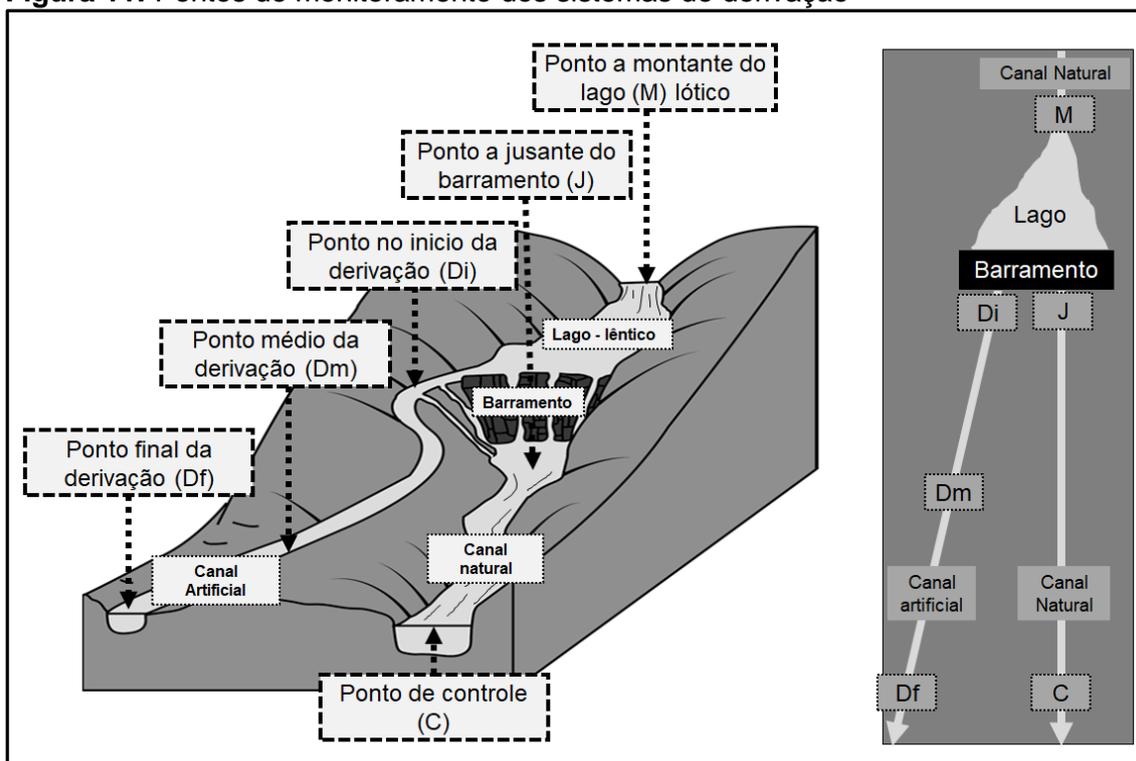
Para o monitoramento das precipitações na bacia, foram instalados pluviômetros em hastes a 1,5 metros de altura do chão, para que os equipamentos estivessem sem quaisquer interferências de obstáculos próximos (ANA, 2011). Os pluviômetros foram instalados em seis propriedades, conforme o interesse dos moradores que receberam orientações para efetuarem os registros. Os dados de precipitações foram comparados entre os pluviômetros, apontando valores próximos, de maneira que, quando apresentados, se referem ao pluviômetro instalado em área central próxima aos canais derivados pesquisados e com melhor coleta de dados.

A escolha dos canais derivados, a serem inspecionados no ano hidrológico, se deu justamente a partir da acessibilidade oferecida pelos proprietários rurais e por fatores como garantia que os trechos não fossem extinguidos ou desviados e que os canais exemplificassem as condições gerais, encontrados nas outras derivações. Estas condições dizem respeito, principalmente, a presença de diques marginais, fluxos contínuos, perfis de uso da água e da ocupação marginal dos canais. A partir da escolha dos canais, foram definidos em quais pontos seriam abordados para os registros pretendidos (Figura 11).

Por esta escolha, é possível observar os efeitos dos barramentos, tanto nos canais naturais quanto artificiais, bem como a maneira como se comportam os parâmetros coletados em três etapas do canal aberto artificial. É importante considerar que os códigos da Figura 11 foram, na apresentação dos resultados,

acrescidos pelas letras iniciais dos cursos fluviais (córrego da Taquara, córrego da Cava, córrego da Estiva, este com duas derivações analisadas) dos quais derivam os canais artificiais. Tomando o córrego da Taquara como exemplo se têm os motivos das escolhas das seções e os significados dos códigos recorrentes nesta pesquisa e que valem para as outras derivações investigadas nos córregos da Cava e da Estiva:

**Figura 11:** Pontos de monitoramento dos sistemas de derivação



Fonte: elaborado pelo autor

- TM: no córrego da Taquara, se refere a seção transversal a Montante do barramento de derivação, escolhida para observar como os parâmetros encontravam-se antes das mudanças, impostas pela estrutura de retenção (barramento);
- TJ: a seção transversal, a Jusante do barramento de derivação no córrego da Taquara, definida para observar mudanças nas vazões e demais parâmetros pela partilha de água com a derivação e pelas influências do trecho represado;
- TDi: seção no início da derivação no córrego da Taquara, necessária para observar as características dos fluxos, permitindo comparar com os pontos do canal natural e servindo de referência para outras seções ao longo do canal aberto artificial;
- TDm: Ponto médio analisado na derivação do córrego da Taquara, realizada para observar como se comportou o canal em sua primeira fase;

- TDf: Ponto final de análise no canal derivado do córrego da Taquara;
- TC: Ponto de controle no canal do córrego da Taquara, utilizado para observar como vazão e sedimentos se comportam em um trecho entre o barramento e o ponto de medição com influências das vertentes nos canais naturais.

As formas das seções transversais foram levantadas, para obtenção dos dados de velocidades dos fluxos, vazões e do desenvolvimento da vegetação, definidas a partir do uso de trena, para medição da largura do canal, uma barra graduada, aferimento das profundidades e fixadores para trena, de maneira que, durante a medição das profundidades, se respeitasse intervalos de 10 cm.

A partir da obtenção destas seções, e como sugerido na literatura, foram feitas as medições de vazões. Em cursos fluviais de pequeno porte, cujas profundidades são inferiores a 1 metro, estes procedimentos demandam poucos equipamentos como: molinete, haste graduada de fixação, trena ou cabo de aço graduado. A medição é realizada a vau com o operador efetuando registros via instrumentação provisória (CETESB, 2011). Na seção já demarcada, foi disposta uma trena, fazendo o papel de cabo graduado, esticada de margem a margem, servindo para definir o posicionamento do molinete nas verticais. A escolha das seções transversais seguiu orientação do Manual de Amostragens da CETESB (2011), onde são apontados os seguintes fatores:

- As seções de medição foram escolhidas em trechos retilíneos: questão facilitada para o caso dos canais artificiais que poucas mudanças de direção apresentam em seus cursos. Nos canais naturais foram escolhidos os pontos retilíneos, tão próximos estivessem do início do trecho represado, a jusante do barramento e nos pontos de controles;
- Os canais deveriam apresentar regularidade quanto a sua forma: geralmente para os canais artificiais, ainda que de terra, prevalecia um formato regular, como um trapézio cujos cantos foram arredondados. Como canais naturais tendem a apresentar variações morfológicas, nos ambientes retilíneos, previamente definidos, se tomava o cuidado para que a forma do leito fossem a mais regulares possíveis;
- Retirada de obstáculos aos fluxos: Quando troncos, vegetação ou outros materiais se mostraram problemáticos às medições das vazões foram realizadas limpezas prévias;

- Evitar zonas de estagnação, remanso ou deflexão das correntes de água: No caso dos canais derivados as medições ocorriam afastadas de pontilhões, manilhas e áreas de fluxos estagnados por pequenos barramentos. No caso dos cursos naturais a medição imediata, a jusante do barramento, tinha por objetivo realmente indicar suas influências no canal.

No aferimento da velocidade, utilizou-se micromolinete fluviométrico (Global Water BC 1200 - haste graduada), tendo sido definida, por batimetria, as seções molhadas nas quais foram realizadas medições da velocidade dos fluxos, em m/s. Nos canais com maior profundidade, próximos a 1 metro de profundidade, foi estabelecido uma medição a cerca de 0,15 m da superfície, um ponto médio e outro a 0,15 m do leito do canal. Em cada ponto amostral, o micromolinete foi mantido por 20 segundos, para que fosse utilizada a velocidade média do fluxo. Tendo sido repetido o procedimento por 3 vezes, os dados obtidos eram aplicados na equação 1.

$$(1) Q = V \times A$$

Onde: Q é a vazão (m<sup>3</sup>/s), V é velocidade (m/s) e A é a área da seção molhada (m<sup>2</sup>).

Para além das derivações apontadas, com o objetivo de identificar o potencial de desvio das vazões, pelos canais derivados de toda a bacia, ocorreram duas campanhas, uma na estação chuvosa (janeiro de 2016) e outra na estação seca (setembro de 2016). Para estas foram realizadas medições nos pontos a montante, jusante e no início da derivação, em relação aos barramentos.

O monitoramento do desenvolvimento da vegetação nos canais, seguiu a proposição de Gurnell et al (2012), para o levantamento do mosaico vegetativo fluvial, buscando correlacionar deposições e dinâmica hidráulica influenciada pelas plantas. Em campo, foram repetidas as operações estabelecidas para a definição da seção do canal e considerado a área do leito ocupada pela vegetação (equação 2):

$$(2) A_t - A_v = A_f$$

Onde: A<sub>t</sub> é a área total da seção transversal, A<sub>v</sub> a parte da área da seção que está ocupada pelas hastes da vegetação e A<sub>f</sub> a área do fluxo livre destas hastes,

(valores areais em  $m^2$ ). Em alguns casos a vegetação corresponde a área total do canal, então  $A_f = 0$ .

Finalmente, conforme experiência de Sand-Jensen (2008), foram realizadas análises das velocidades dos fluxos nos canais, vegetados ou não (Figura 12).

**Figura 12:** Representação das atividades de monitoramento, realizadas sobre a velocidade do fluxo e forma da seção transversal e para vazão em seções livres de obstáculos



Fonte: elaborado pelo autor

### 3.1.3 Amostragens paramétricas na bacia de estudo de caso

Foram coletadas amostras para obtenção dos sedimentos em suspensão, avaliados em conjunto com a vazão. Estes dados, juntamente com a descrição das assinaturas topográficas, constituem a base elucidativa deste estudo, em termos da importância dos canais derivados no comportamento hidrogeomorfológico de uma bacia de drenagem:

- Utilizando frascos plásticos, com capacidade de 1200 ml, foram realizadas três amostragens por seção transversal, seguindo metodologia estabelecida por Carvalho (2008). A amostragem era realizada verticalmente na coluna de água, recolhendo a quantidade de 1000 ml, os frascos eram etiquetados e levados a laboratório para

análise. O mesmo procedimento foi realizado para a coleta de amostras para a mensuração da turbidez.

Focando, principalmente, nos efeitos da alteração da vazão, foram ainda realizadas amostragens, geralmente utilizadas para a qualidade da água, de sólidos totais dissolvidos, condutividade, resistividade, potencial hidrogeniônico e aferimento da temperatura da água e do ar nestes locais:

- Coleta de amostras para parâmetros físicos e químico: Um balde, confeccionado em aço inox de 3 litros e polido para impedir incrustações na sua superfície (CETESB, 2011), era inserido nos corpos d'água com cuidado para não gerar mudanças bruscas nos fluxos ou encostar nos fundos dos canais (remobilização de partículas);
- Branco de equipamento/campo: Água deionizada, utilizadas para avaliar a eficiência da lavagem dos equipamentos, entre coletas, e zerar as sondas de leituras, antes de cada medição, minimizando o risco de contaminações cruzadas (CETESB, 2011). Os volumes de água deionizada, obtidas no Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos solos, eram levados a campo para garantia da confiabilidade dos dados e utilizadas em laboratório para lavagem de recipientes;
- Dados dos parâmetros físicos: Para análise dos parâmetros Condutividade, Resistividade, Sólidos Totais e Temperatura da água e do ar, utilizou-se uma sonda 110 multiparâmetro GEHAKA CG-220. No vasilhame de inox, lavado na sessão de medição (adap. CARVALHO, 2008), era recolhido o volume para inserção da sonda paramétrica, previamente zerada, com água deionizada, fornecendo dados necessários. Para a temperatura do ar o equipamento de sondagem era deixado sem contato com meio aquoso, até a estabilização da temperatura (primeiro passo em cada prática);
- Potencial hidrogeniônico: Sua obtenção também se dava em campo pela fita de indicação por coloração, mergulhada no recipiente de amostragem da sonda multiparâmetro e, posteriormente, comparada com a guia de valores escalares entre 1 e 14.

- Acuidade estatística: Os procedimentos por ponto amostral foram triplicados a fim de garantir acuidade das informações levantadas.

Como o vasilhame para estas medições era maior, constituía sempre a última etapa, pelo risco de causar perturbações no canal, os dados reunidos, foram correlacionados para os sólidos totais dissolvidos, condutividade e resistividade.

#### **3.1.4 Verificação e confirmação de hipóteses em campo**

Os canais foram novamente percorridos para observação de quando os mesmos eram reparados e como estas mudanças repercutiam em suas assinaturas topográficas, como se davam as interações entre vertente e canais (atividades de campo realizadas durante estação chuvosa, buscando realizar registros junto as áreas de fluxos concentrados nas vertentes). Nestas etapas, foram efetuadas observações dos componentes da fauna, flora e uso da água.

Pelo conhecimento adquirido ao longo da pesquisa, foram escolhidas áreas para sobrevoo com drone *Phanton 3 Advanced*, cujas imagens com resolução 1920x1020 permitiram a observação das condições e relação entre canais e vertentes, especialmente no que se referem as assinaturas topográficas e a confirmação de seus aspectos morfológicos. Tanto as imagens de sobrevoo do Drone quanto a atividade de campo, junto dos canais, auxiliaram na definição dos perfis de conexão e desconexão hidrogeomorfológica.

Estas proposições foram reforçadas pelos dados obtidos de vazão, turbidez, sólidos totais e sedimentos em suspensão, ou seja, como a água disponível para o escoamento superficial alcançaria, ou não, os fundos de vales e os canais derivados, testemunhando transporte de materiais. As interações dos canais artificiais com as vertentes foram confirmadas em campo, bem como a natureza dos diques marginais, quanto às formas, materiais de construção e meios de derivação.

### **3.2 Tratamento laboratorial**

Como os indicadores hídricos (pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e temperatura água/ar) foram obtidos diretamente em campo, para a fase laboratorial desta pesquisa coube o tratamento das amostras relativas aos sedimentos em suspensão e a turbidez. Estes componentes foram escolhidos

para associação com a vazão, competência de transporte dos fluxos, apontamento e conectividades entre canais/canais, canais/vertentes e canais/barramentos, sendo a turbidez ainda associada a velocidade dos fluxos e presença da vegetação. Ambos os casos obedeceram aos procedimentos operacionais estabelecidos para o Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos (POP-LAGES), em conformidade de coletas e transporte pela CETESB (2011), tratamento de Carvalho (2008), e estudos de Abreu et al, 2010; Pereira Junior; Rodrigues, 2011; Costa et al, 2013; apontados a seguir:

a - No laboratório, com temperatura estabelecida em 25° C e isolado da circulação externa, filtros quantitativos UNIFIL C41 – Faixa Preta – com 0,00009 g de teor de Cinza, previamente aquecidos em estufa Fanen 315 SE, por 2 horas (103°C) e pesados em balança de precisão AND, HR-200, eram utilizados para filtragem de água. Entre as fases de aquecimento e pesagem, os filtros eram condicionados em dessecador de sílica, para resfriamento sem ganho de umidade e novamente pesados;

b - Uma vez realizada a filtragem, com uso de funil e provetas (necessária a certificação da quantidade de água presente na amostra), os filtros úmidos eram novamente pesados e levados à estufa por mais 2 horas, seguidos da repetição dos procedimentos de dessecamento e pesagem. A diferença de peso do papel filtro, antes do procedimento de filtragem e após a última etapa de secagem, oferece o valor em gramas dos materiais em suspensão nas amostras:

(3) CSS = concentração de sedimentos suspensos por litro, dada em g/l

c - O valor da concentração de sedimentos suspensos (CSS) oferece a quantidade de material, transportado para cada litro de água, permitindo comparar esses valores nos pontos de análise, que podem sofrer influência da vegetação, inclinação dos canais e barramentos. Já a carga sólida transportada na seção (QSS) fornece a quantidade dos sedimentos em suspensão no total de água que passa naquele ponto por unidade de tempo (segundos), indicando efetivamente quais seções apresentam maiores quantidades de materiais e, no caso desta pesquisa, auxiliando na reflexão da presença humana nos canais artificiais que pode alterar estes valores (equação 3).

(3)  $QSS = CSS * Q$

Onde QSS é carga sólida transportada na seção (g/s) a CSS é o valor de sedimentos suspensos a cada litro e Q é a vazão na seção transversal, valores apresentados em g/s.

A Turbidez trata da redução da transparência de uma amostra aquosa, pela presença de material em suspensão, utilizando a nefelometria (N.T.U), um método indireto que determina a intensidade de luz incidida em um ângulo de 90° (CETESB, 2011). Nesta pesquisa foi utilizado o turbidímetro Alfakit 2000 que, calibrado com amostragem em branco (água deionizada), recebia as amostras, para definição da quantidade de partículas capazes de interferir na passagem da luz na coluna de água.

O conjunto de dados obtidos tanto em campo, quanto em laboratório passaram a ser tratados para que sua representação estatística permitisse a análise da relação dos canais estudados. Para a confiabilidade das amostras, as operações foram realizadas sempre em réplicas que permitiram observar a acuidade dos dados, obtendo valores máximos, mínimos e médios, também estudos percentuais, auxiliam nas comparações, entre as seções amostrais e cenários levantados, ao longo do tempo. Em determinados casos foram utilizadas correlações lineares, com coeficiente de Pearson, para perceber a intensidade com que indicadores se relacionavam, dada pela equação 4.

$$(4) \quad \rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}$$

Onde P = coeficiente de Pearson, onde  $x_1, x_2..x_n$  e  $y_1, y_2..y_n$  são os valores medidos de ambas as variáveis a serem correlacionadas buscando observar se o comportamento de uma é variado pela outra

No caso das correlações lineares, no melhor estabelecimento dos parâmetros, se utilizou a escala proposta por Milone e Angelini (1995) para definir se as correlações são impróprias ( $0 < |R| \leq 0,5$ ), péssimas ( $0,5 < |R| \leq 0,6$ ), medíocres ( $0,6 < |R| \leq 0,7$ ), razoáveis ( $0,7 < |R| \leq 0,8$ ), boas ( $0,8 < |R| \leq 0,9$ ), ótimas ( $0,9 < |R| \leq 1,0$ ). Os valores atribuídos permitem comparar determinados cenários, conforme eram demandados entre vazão/sedimentos, vazão/vazão e sedimento/sedimento.

Foram plotados gráficos box plot, úteis na comparação visual entre dois ou mais grupos de dados, permitindo observar a disposição dos dados em relação a mediana e o primeiro e terceiro quartis. Quando surgem valores discrepantes (outliers), a sua visualização fora da dinâmica dos quartis aponta quão intensas foram estas variações, no caso desta pesquisa casos anômalos de turbidez e sólidos totais dissolvidos. Os gráficos, com as disposições temporais e comparações espaciais auxiliam na interpretação das dinâmicas encontradas ao longo das bacias, facilitando a leitura dos dados. As escolhas das variáveis a serem correlacionadas são explicadas conforme surgem nos resultados, auxiliando na compreensão das dinâmicas existentes entre os indicadores.

### **3.3 Procedimentos para produtos cartográficos para a bacia do estudo de caso**

Os produtos cartográficos permitiram a visualização gráfica auxiliando na compreensão das características encontradas na bacia, como hipsometria, declividade, geologia, solos, uso e ocupação, relações entre formas do relevo e ATH's e condições dos canais. A seguir serão detalhados os principais produtos cartográficos obtidos, por meio de técnicas de geoprocessamento com o auxílio do Software ArcGis 9, cuja licença é fornecida pelo Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Em todos estes produtos, análises e interpretações cartográficas, se incluiu a rede de drenagem imbuída dos sistemas de derivação.

#### **3.3.1 Mapa Base**

O mapa base é constituído pelas características correspondentes à Rede de Drenagem, Curvas de Nível, e ATH's (estradas, drenos e canais abertos artificiais). Para cada informação extraída foram utilizados métodos especificados a seguir:

- *Rede de Drenagem*: extraída a partir da interpretação visual, na escala de mapeamento de 1:25.000 da imagem de satélite Blackbrigde/Rapideye, de resolução espacial de 10 metros, cedida ao LACAR (Laboratório de Cartografia e Sensoriamento Remoto IG/UFU) pelo IEF (Instituto Estadual de Florestas), juntamente com o auxílio das imagens do Google Earth para a identificação dos

canais naturais e suas derivações com posterior checagem em campo para a validação da interpretação visual.

- *Curvas de Nível*: extraída a partir da digitalização da Carta Topográfica de Patos de Minas (IBGE, 1979) na escala de 1:100.000 e equidistância de 40 metros.

- *Assinaturas Topográficas Humanas*: correspondem as estradas, canais abertos artificiais e drenos. Para extrair tais informações foi utilizado o método de interpretação visual, da imagem de satélite Blackbridge/Rapdeye, digitalizadas na escala visual de mapeamento de 1:25.000, e posterior campo para validação das informações extraídas.

### **3.3.2 Mapa de Declividade e Hipsométrico**

A base necessária para a construção das classes de declividade da área de estudo, foi obtida por meio das curvas de nível já citadas na metodologia do estudo. A partir das curvas de nível com equidistâncias de 40 metros, originou-se as seguintes classes (adaptadas a partir da Marques, 2006; Classe de Declives da Síntese Fisiográfica e do IBGE, 1979):

- 0 – 3° relevo plano
- 03 – 10° relevo suave
- 10 – 15° relevo moderado ondulado
- 15 – 30° ondulado
- 30 – 90° relevo acentuado

No mapa Hipsométrico, os resultados também foram obtidos por meio das curvas de nível, originando classes com uma variação altimétrica de 880 a 1240 metros

### **3.3.3 Mapa da Litologia**

A construção do mapa da litologia se baseou nos estudos propostos por Casseti (1981); Machado (2001), no qual diferencia a área de estudo em três principais compartimentos litológicos, sendo eles Formação Paranoá, Formação Paraopeba e Grupo Canastra, cujas características são associadas as condições do relevo. Pautado nestes estudos, utilizou-se a ferramenta Google Earth 3D que é uma interface em SIG via internet, para a distinção visual das formações de relevo, ao qual delimitou as principais classes geológicas, verificando coincidência com os autores referenciados. Executado esses procedimentos de

delimitação, foi feita a averiguação e correção das classes em campo, resultando nas seguintes classes:

- *Coberturas Detrítico-Lateríticas: cobertura terciária que está sobre o corpo intrusivo de Serra Negra, formando uma carapaça ferruginosa (TORRES, 1977);*
- *Formação Paraopeba: correspondente as áreas menos arqueadas, na ocasião do soerguimento de Serra Negra, do grupo Bambuí, apresentam ardósias, filistos e xistos (CASSETI, 1981);*
- *Formação Paranoá: Áreas mais arqueadas do grupo Bambuí, apresentam filitos intercalados por quartzitos feldspatos (CASSETI, 1981);*
- *Grupo Canastra: micaxistos e filitos em adiantada intempérie, componentes do arco da Canastra (ALMEIDA; HASSUI, 1984).*

### **3.3.4 Mapa dos tipos de solo**

O mapeamento dos tipos de solo se baseou em Mota et.al (2004), o qual realizou um mapeamento em conjunto com a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e a EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), que teve por finalidade a identificação e determinação da distribuição geográfica e caracterização cartográfica dos solos da área.

Para a delimitação dos solos da Bacia, utilizou-se a base cartográfica de Mota, et.al (2004), o qual caracteriza os solos da Mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, na escala de 1:250.000. A partir dessa base, delimitada as classes presentes na bacia, e feita a averiguação em campo, com especialistas ligados a temática (MACHADO, 2001; SILVA, 2014), se possibilitou a validação das classes interpretadas visualmente, uma vez que guardam relação com as declividades e hipsometria da bacia (CASSETI, 1981, MOTA et al, 2004). O mapeamento apresenta as seguintes classes:

- *Latossolo Vermelho Ácrico: corresponde em parte à classe anteriormente designada Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico ou álico e constitui solos bem drenados. Mota, et.al (2004);*
- *Latossolo Vermelho Distrófico: apresenta textura moderada, álico, visto em condições de cerradão tropical subcaducifólico, relevo plano e suave ondulado. Mota, et.al (2004);*

- *Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico*: textura muito argilosa, A moderado, álico, pertinente a fase cerrado tropical subcaducifólio relevo plano a suave ondulado. Mota, et.al (2004);

- *Latossolo Vermelho Amarelo Distroférico*: apresenta textura muito argilosa, A proeminente, álico, fase floresta tropical subperenifólia relevo plano e suave ondulado. Mota, et.al (2004);

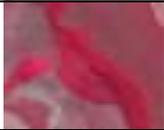
- *Gleissolo Melânico Distrófico*: textura indiscriminada, álicos, fase campo higrófilo de surgente Mota, et.al (2004);

- *Cambissolo Háptico TB Distrófico*: textura argilosa, a moderado, álico, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado e ondulado. Mota, et.al (2004).

### **3.3.5 Mapa de Uso e Ocupação**

Para o mapeamento de uso da terra, foi utilizada a imagem de satélite Landsat 8 correspondente ao ano de 2016, na composição colorida das bandas 5b,4r,3g,(composição falsa cor no infravermelho) e posteriormente uma fusão da banda Pancromática o que resultou em uma resolução espacial de 15 metros. A partir do tratamento e georreferenciamento da imagem foi realizada a identificação e interpretação dos alvos visualmente, facilitada pela chave de interpretação (Figura 13). A a partir das visitas de campo, fossem verificadas possíveis mudanças no uso da bacia, ao longo de 2016, que impactassem os canais derivados.

**Figura 13:** Chave de interpretação visual para o Sensor Landsat 8 (2016)

<b>Categorias de Uso</b>	<b>Padrões característicos de interpretação</b>	<b>Exemplos</b>
Cafeicultura	Textura Lisa, Padrão geométrico uniforme, Tonalidade avermelhado	
Silvicultura	Textura Lisa, Padrão geométrico uniforme, Tonalidade vermelho escuro	
Areieira	Textura Rugosa Média, Padrão geométrico irregular; Tonalidade esbranquiçado	
Culturas Temporárias	Textura Lisa, Padrão geométrico uniforme, Tonalidade roxo, avermelhado.	
Pastagem	Textura Média, Padrão geométrico regular, tonalidade verde a avermelhado	
Áreas de vegetação	Textura rugosa, Padrão geométrico irregular, Tonalidade Vermelho médio e escuro	
Áreas urbanas	Textura rugosa, Padrão geométrico irregular, Tonalidade cinza a branco	

Fonte: elaborado pelo autor

### 3.3.6 Mapa das formas, materiais superficiais e assinaturas topográficas humanas

Para os compartimentos do relevo, foram necessárias as abordagens propostas por Casseti (1981) e Machado (2001) que realizaram mapeamento geomorfológico do Domo de Serra Negra em sua totalidade, sendo a bacia e estudo sua porção noroeste. A partir dos dados bibliográficos em questão, dos conhecidos em campo, da declividade e hipsometria, bem como dos materiais que formam a superfície da área, foram propostos os compartimentos de relevo da bacia, considerando formas e materiais superficiais.

Como este trabalho considera as ATH's, as mesmas foram incluídas como elementos morfológicos. Neste caso foram inseridos os canais abertos artificiais em suas diferentes configurações, drenos e estradas. Finalmente as orientações das vertentes, obtidas a partir da declividade e hipsometria (direção dos fluxos)

auxiliaram na espacialização das direções dos fluxos que foram plotados como setas indicando os possíveis deslocamento das águas na bacia e influência das assinaturas topográficas no mesmo.

### **3.3.7 Mapa das condições de habitats com afinidades hídricas e ripárias no contexto das derivações**

A partir das informações das vazões, da observação de elementos biológicos e do conhecimento de indicadores hídricos, foi construído um mapa que sugere os pontos com impactos tanto positivos, relativos a extensão dos habitats fluviais, quanto os negativos, mudanças na qualidade da água e supressão de habitats fluviais naturais:

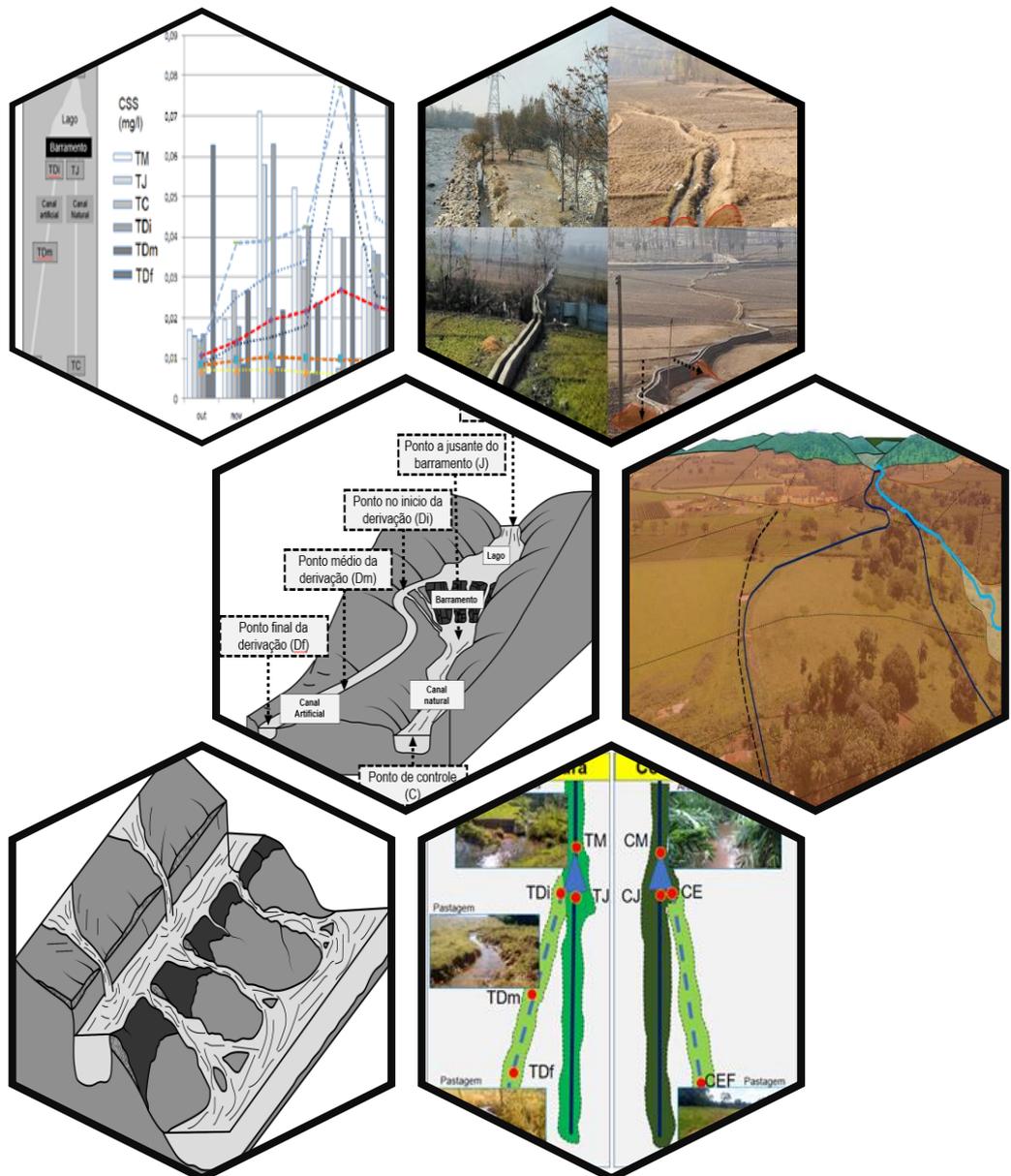
- Trecho natural sem comprometimento de fluxos: onde não foram observadas influências pelas derivações;
- Trecho natural sob influência das derivações: ocorrem reduções dos fluxos, pelas derivações, mas as condições dos canais não foram interrompidas ou observados indicadores hídricos comprometidos;
- Trecho com vazão comprometida por derivações: além da redução intensa da vazão, indicadores como pH e STD indicaram comprometimento da qualidade da água;
- Trecho natural sazonalmente seco: durante estação seca canal foi totalmente derivado;
- Canal artificial perene: trecho dos canais artificiais sempre em condições de funcionamento;
- Canal artificial sujeito a interrupção de fluxo: por falta de manutenção ou desvio estas faixas não tem o fluxo perene garantido;
- Área de influência do canal artificial: Contribuído em buffer, pela ferramenta homônima no ArcGis, com faixa de 30 metros a partir das margens destes canais, limites onde era vista a fauna silvestres durante atividades de campo.
- Refúgios hídricos: áreas como alagados, barramentos, poços e tanques que permitem o desenvolvimento da fauna e garantem condição de refúgio mesmo que os fluxos artificiais sejam interrompidos.

Para os canais naturais e artificiais a definição dos trechos apresentados acima se referem as características encontradas nos levantamentos dos indicadores hídricos e da possibilidade de leitura das vazões. Por meio de tratamentos em ambientes SIG foram estabelecidas as categorias que representam cada um dos cenários observados. Já pelo uso da ferramenta *buffer* no software ArcGis foram estabelecidas faixas marginais de 30 metros a partir dos canais artificiais que

apresentaram registros de espécies da fauna. A extensão das faixas, em 30 metros, foi justamente estabelecida a partir da observação da distância máxima que animais foram vistos nas proximidades dos canais artificiais.

É necessário salientar que as observações da fauna não objetivaram realizar um levantamento quantitativo das espécies totais presentes na bacia, mas sim considerar quais elementos silvestres eram vistos tanto em áreas próximas aos cursos naturais quanto nas faixas referentes aos canais artificiais. Estes são levantamentos qualitativos baseados na observância de espécies, conhecimentos dos moradores da área e levantamento bibliográfico regional.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES



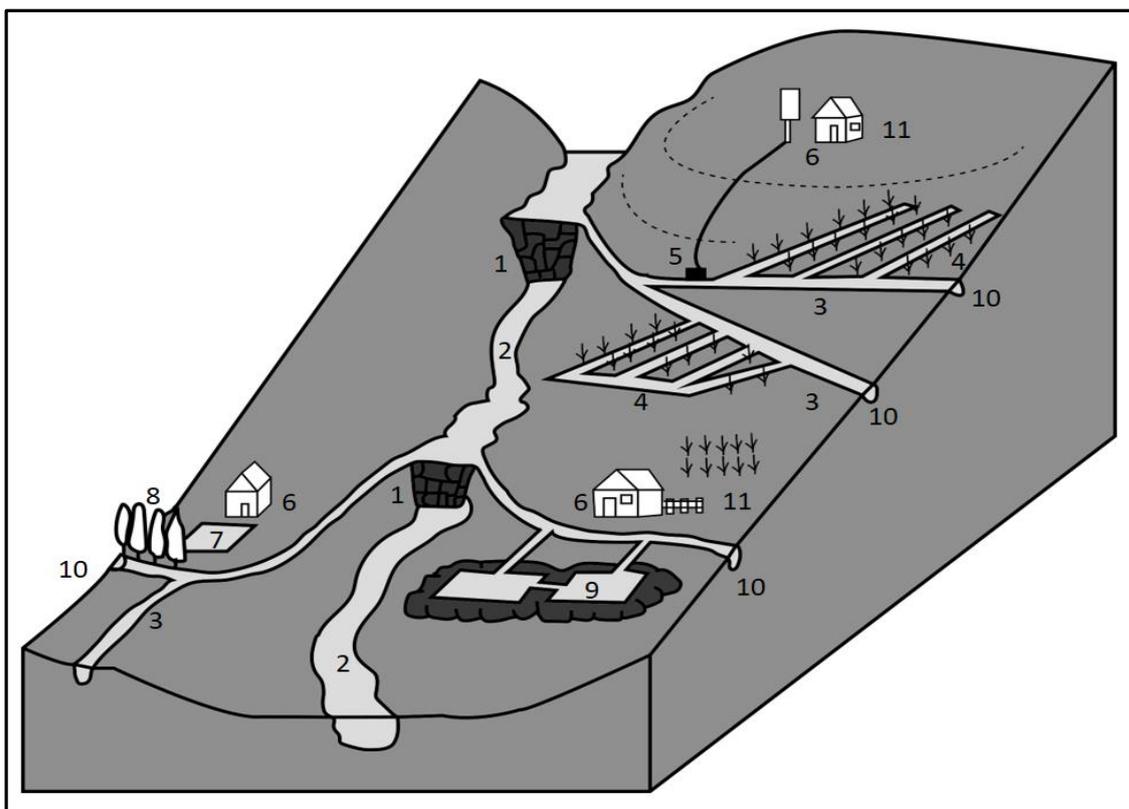
#### **4.1 Canais derivados multifuncionais: assinaturas topográficas humanas (ATH's) na construção de paisagens antropogênicas**

Este item apresenta os canais derivados multifuncionais, em paisagens distintas, evidenciando elementos que conferem a estas derivações o status de ATH's. Em seguida são realçadas as características que tornam os canais tradicionais brasileiros um objeto de estudo propício para a identificação e valorização destas condições antropogênicas, permitindo apresentar elementos da gestão tradicional destes canais que implicam na maneira como são avaliados os dados obtidos nas experimentações da bacia de estudo.

A disseminação destas estruturas remonta a ascensão do homem, influenciando nos sistemas ambientais e configurando os processos evolutivos das paisagens (BÖHM, 1990; GIREL, 1994; CABOURET, 1999; 2006 LEIBUNDGUT; KOHN, 2014). Sendo encontrados desde antiguidade, na Mesopotâmia, Egito, Ásia, Peru andino, Europa (HRITZ; WILKINSON, 2004 e BAZZA, 2007), com especificações que levaram à atribuição do papel multifuncional, como no advento dos aquedutos, o desenvolvimento de novas técnicas de transporte de água, mineração, entre outras possibilidades. Contudo, em muitos cenários, ainda são denominados simploriamente de canais de rega (RAINA; DANGA, 2010; QUINTAL, 2011; SINGH; BHANGOO, 2013; HILL, 2014).

Além da multifuncionalidade (Figura 14), em comum possuem outras características como a perenidade do fluxo, sistema de derivação (a partir do canal natural), os perfis de instalação, manutenção e sistemas de compartilhamento da água. Em muitos casos, dada suas condições, um observador poderia facilmente classificá-los como canais de irrigação ou simplesmente confundi-los com cursos naturais. No primeiro caso, a redução conceitual é problemática, uma vez que oculta as várias funções destes canais, eliminando aspectos necessários à gestão. Já no segundo exemplo, erros ocorrem desde a espacialização, mapeamento, ocultamento de problemas ambientais e sua na fiscalização.

**Figura 14:** Esquema da multifuncionalidade das derivações



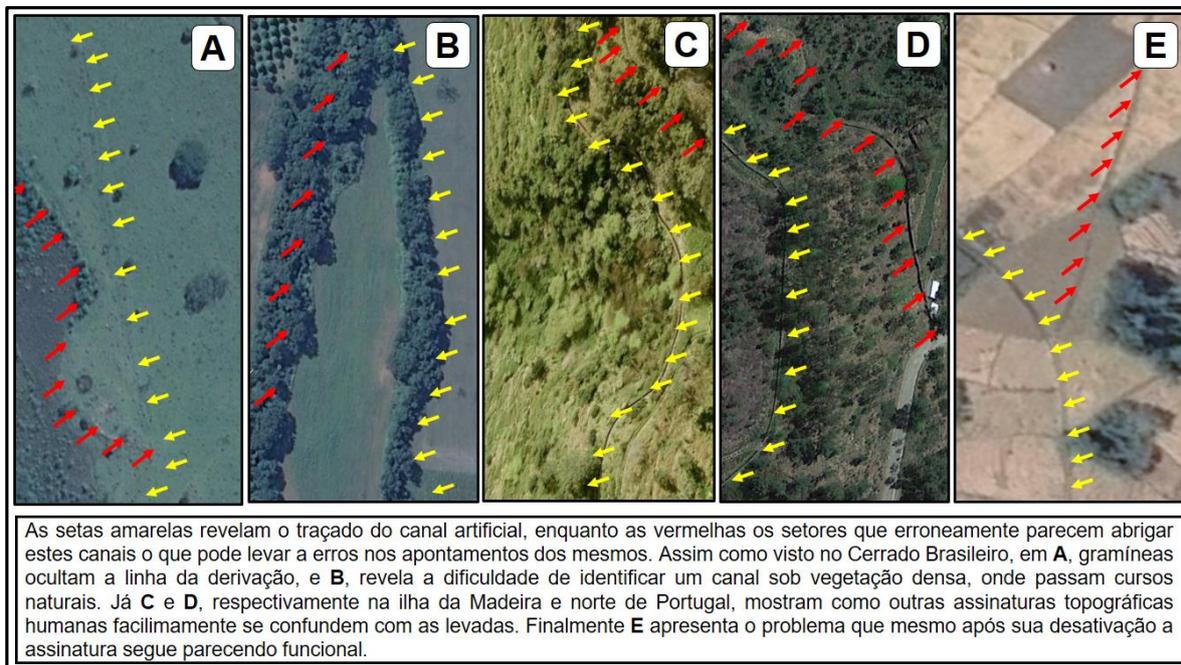
Fonte: elaborado pelo autor. Onde: 1 Barramento e lago, 2 Canal natural, 3 canais derivados, 4 canais de irrigação, 5 motor bomba; 6 atendimento de sede rural, 7 piscina, 8 paisagismo; 9 piscicultura, 10 transposição entre bacias, 11 serviços rurais gerais. As demandas apresentadas influenciam em canais que precisam ser operados o ano todo e não somente na estação da seca, como seria para canais de rega. Enquanto canais de regas podem ser fechados na estação chuvosa, diminuindo custos com limpeza de sedimentos, os canais derivados multifuncionais seguem necessários e, portanto, operam mesmo nestas condições pouco propícias ao seu funcionamento.

A disseminação destes canais, pelo mundo, gerou paisagens que são mesclas de formas e processos, naturais e antrópicos. Para observar estas questões foram necessários relacionar esforços de campo e da disponibilidade de estudos ou dados documentais. Hill (2014) enfrentou problemas de acesso aos dados da rede de canais de sua área de estudo, sugerindo que até os órgãos públicos não detinham tais informações, o que revela o caráter desafiador destes trabalhos.

Sendo justamente as dificuldades de identificação dos canais nas paisagens, um dos problemas encontrados nas atividades de campo e no tratamento de imagens de sensores remotos (Figura 15). De forma que este estudo integrou abordagens, solucionando estas questões como visto em Schmidt (2008), Grist (2008) e Hill (2014) com visitas qualitativas, registros fotográficos, o uso de Google Earth Pro® e testemunho de usuários dos canais. Para as especificações

deste trabalho foi incluso o inédito levantamento dos aspectos das ATH's ligadas aos canais derivados multifuncionais.

**Figura 15:** Canais derivados multifuncionais e de outras assinaturas topográficas que podem ser facilmente confundidas em análises de sensores remotos



Fonte: Elaborado pelo autor com Imagem Google Earth (2017) e confirmação em campo

A seguir, são apresentados exemplos, visitados em campo de áreas com canais multifuncionais, ainda que nem sempre reconhecidos como tais. Estas escolhas revelam casos de adaptação das condições naturais às necessidades humanas em 4 cenários distintos: Noroeste da Índia, em área de rios nivais, noroeste de Portugal, no contexto dos socacos, Ilha da Madeira, em relevo insular acidentado e o centro do Brasil com canais majoritariamente de terra.

#### 4.1.1 Derivações da Caxemira

O estado de Jammu e Caxemira, está na porção noroeste da Índia entre 32 ° - 17 'N a 37 ° - 05' Latitude norte e 72 ° - 31 'E a 80 ° - 20' Longitude leste com cerca de 1 milhão de quilômetros quadrados. O clima, com temperaturas variando entre -8° e 35° C, como mostra Parchure (2012), é fortemente relacionado a geomorfologia, entre condições temperadas e mediterrâneas. A precipitação média anual é de 660 mm, com 65% ocorrendo sob forma de neve entre dezembro e fevereiro.

A paisagem é composta dos dobramentos modernos himalaios com vales bem encaixados circundantes de uma planície deposicional, sujeita a inundações, onde estão a maior parte da população e a demanda hídrica. Como sugerem Raina e Danga (2010) e Hill (2014), a rede de drenagem, oriunda de fontes e degelo, “corta” os vales encaixados em direção a planície (com lagos naturais e artificiais), compondo parte da rede de drenagem da bacia do Indo.

A perenidade de canais naturais, como os pertencentes da bacia do Jhelum, facilita o aproveitamento das águas pelas comunidades. Justamente por se tratar de um estado agrícola, 70% da população é dependente direta de atividades do setor, a irrigação é um elemento primordial para o sustento econômico/social da região. Nos vales da Caxemira cerca de 60% das lavouras são irrigadas (NATIONAL DISASTER RISK REDUCTION, 2014). Singh e Bhangoo (2013) mostram que na área ocorrem delicados acordos entre Índia e Paquistão para a fluência de rios e canais de derivação.

No contexto do aproveitamento hídrico, o principal sistema de irrigação é baseado em canais abertos, segundo Singh e Andrabi (2015), 42% da área agrícola é irrigada por derivações, atendendo principalmente as planícies exteriores e o amplo vale da Caxemira. Mir (2010) atesta o caráter multifuncional destes canais quando a eles atribui além da agricultura: consumo humano, geração de eletricidade, agroindústria e ainda papel ecológico. Sendo 16 os principais canais de derivação com fluxo perene os quais se dividem em sulcos menores, que vão ladeando comunidades rurais e urbanas (RAINA; DANGA, 2010).

A origem das derivações se dá ainda nos relevos colinosos, na transição entre os vales encaixados e as áreas amplas a jusante (DUTT et al, 2010), esses canais e os sistemas que geram são chamados de Kuhl (COWARD, 1990). Enquanto os Kuhl denominam os canais principais, ainda nomeados de Urdos (Figura 16), e por isso perenes, os secundários e terciários, respectivamente chamados de Hrkong e Hrka, obedecem as rotinas de irrigação e outros usos, formando uma intrincada rede de canais, de difícil mapeamento (HILL, 2014).

**Figura 16:** Área de serviço dos canais derivados multifuncionais no norte de Índia



Fonte: C.P.R. Environmental Education Centre, Chennai (2017)

Embora nas últimas décadas o governo indiano tem tomado frente da gestão (cobrança, distribuição e manutenção) dos principais canais da Caxemira, visto em relatórios como em Mir (2010), ainda existem setores com participação dos moradores. Para Dutt et al (2010), os Kuhls demandam intervenções regulares dos usuários ou responsáveis pela manutenção, para seu correto funcionamento. Nos territórios montanhosos, as maiores preocupações são com deslizamentos, ruptura dos canais e sua operação (VICENT, 1995).

Nestas regiões, de relevo acidentado, as maiores limpezas são anuais, realizadas desde a tomada de água (Figura 17) até as áreas de irrigação, no caminho rupturas e sedimentos são questões solucionadas (SHMIDT, 2004). Nas áreas baixas as condições facilitam o trabalho de abertura dos canais (RAINA; DANGA, 2010), nestes trechos as retiradas de sedimentos são comuns, como observado em campo.

As interações destes sistemas com a paisagem, são observados desvios da água, de modo que as vazões mínimas são reduzidas, alterando aspectos hidrológicos e ecossistêmicos nos canais naturais. A interferência de fluxos deve incidir na dinâmica dos sedimentos, em direção aos ambientes agrícolas, que uma vez depositados funcionam como uma fonte de adubação dos solos pela

transferência de materiais com propriedades químicas relevantes (SANTOS et al, 2016).

**Figura 17:** Tomada de água, ou ponto de derivação, de canais da tipologia Kuhls, no norte da Índia



Fonte: Manu Moudgil, (2014)

A partir dos canais, inicialmente em áreas com vertentes íngremes, suas ATH's são representadas pela abertura dos sulcos nas encostas coletando seus fluxos. Em campo, nas áreas mais baixas, foram observados os diques marginais, estabelecidos pelas obras de instalação e manutenção, que contribuem para o isolamento de canais das dinâmicas das vertentes, ao mesmo tempo que evitam transbordamentos e vazamentos.

Em setores agrícolas, principalmente formados por terraços antrópicos, suavizados em direção as planícies, são vistos tanto canais revestidos quanto abertos diretamente na terra (Figura 18). Para o primeiro caso, as estruturas são construídas elevadas em relação aos terrenos irrigados e compartimentam os espaços, com a circulação superficial é contida nestes "lotes". Já os canais de terra apresentam diques marginais, resultados das limpezas, vistos principalmente em trechos finais de irrigação ou em ambientes onde agricultores tradicionais e pastores compartilham a água. Os sulcos podem ser modificados, reorientando os fluxos de água para diferentes setores. Logo, em campo as assinaturas topográficas, representadas pelos diques, tanto de terra quanto de concreto, e as valas dos canais foram os principais elementos notados.

**Figura 18:** Exemplos de assinaturas topográficas relativas aos canais derivados na região de Sirinagar na Caxemira.



Fonte: elaborado pelo autor

#### 4.1.2 Noroeste de Portugal

O noroeste português, coincidente com a região cultural do Minho, recebe influências tanto mediterrâneas quanto atlânticas, conforme aponta Daveau (1985), indo de 2º a 32º C de temperaturas e elevada pluviosidade, em torno dos 1400 mm médios anuais. Na geologia, Ferreira et al (1987) destacam a orogenia hercínica siluriana, de forma que Bento-Gonçalves (2011) considera os granitos, quartzitos e xistos como principais elementos litológicos.

As paisagens resultadas destas condições apresentam relevos movimentados, variando de 0 a 1500 metros, com adaptações agrícolas, exploração turística, extração mineral e potencial energético (Hidroelétrico e Eólico). A rede de drenagem parte dos montes localizados no interior, com pequenos canais em

corredeiras e desníveis que vão sendo atenuados em direção ao litoral. Conforme alcançam vales mais amplos, muitos destes rios contribuem para a formação de campos férteis, as veigas, cuja policultura é um destaque.

Com histórico de ocupação antigo, a região apresenta uma série de adaptações que superaram limitações, como no caso das demandas agrícolas atendidas pelas construções de terraços, os socalcos (RIBEIRO, 1987). Já para os recursos hídricos se incluem os seculares sistemas de derivação de água, os canais são chamados de levadas, termo de origem minhota que corresponde ao seu papel de levar a água dos fundos de vale, pelas vertentes, até as áreas de consumo (MARUJO, 2015).

Em documentos da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), alguns datados do início do século XX, foi encontrado o termo regos d'água, para referência destes canais em contextos multifuncionais, sendo que os trechos exclusivos às regas seriam chamados de regadios, denominando as áreas de cultivo irrigado. Com destaque para as levadas presentes na bacia do Tâmega, afluente do Douro, que teriam influenciado na construção dos modelos semelhantes na ilha da Madeira (QUINTAL, 2011).

Os regadios seriam apenas um dos objetivos das levadas, poderiam ainda ser incluídos moinhos, atendimento doméstico (PEREIRA, 2000) e lagares de azeites. Para Pôças et al (2006) esses canais promovem as irrigações de pastagem, extensão dos habitats, atenuação de geadas, irrigação, interrupção de possíveis incêndios, segurança alimentar e valor paisagístico. Em atividades de campo foram ainda constatados a dessedentação de animais domésticos, criação de peixes e a presença de fauna e flora, associadas aos canais (valor ambiental), além da formação de trilhas de pedestrianismo (AZEVEDO, 2014).

Como são sistemas de derivação, geralmente conectados em cursos fluviais, os barramentos e cortes nas encostas constituem ATH's mais comuns. Algumas destas obras, que remontam à idade média, foram reformados a partir dos anos de 1960, revestidas de blocos de granitos (AZEVEDO, 2014) que estabilizaram suas dimensões. Como resultado, se teve a lenta formação de diques marginais, oriundos dos sedimentos retirados dos canais (Figura 19). Em toda essa dinâmica, é válido o papel do Estado em estabelecer as cotas de uso, cobrança,

fiscalização dos regadios e transferência de recursos para equipes responsáveis pela manutenção.

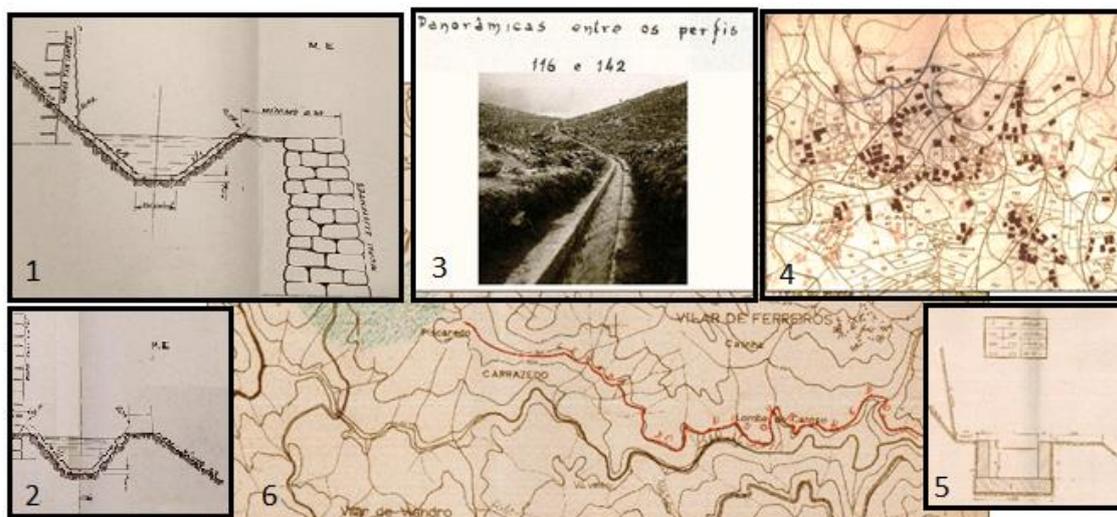
As limpezas dos canais não resultam em diques marginais contínuos, mas ocorrem em trechos onde as velocidades dos fluxos são reduzidas suficientemente para as deposições de partículas, ou quando da proliferação de plantas invasoras (Figura 20). Do contrário, os revestimentos são eficientes em exportarem os materiais suspensos para os trechos finais, a exemplo da realidade observada nos Kukls de Jammu e Caxemira e Levadas na Ilha da Madeira.

Quanto aos impactos ambientais, registros da APA apontam conflitos entre agricultores e pescadores, pelo desvio dos fluxos que dificultam a manutenção dos habitats aquáticos e a circulação da ictiofauna. Por outro lado, em atividades de campo foram observados elementos da fauna (anfíbios, insetos, aves e peixes ao longo das derivações) e flora se desenvolvendo nos canais, exigindo uma gestão cuidadosa. Além das mudanças dos habitats, esses registros sugerem como os índices de captação de água podem suprimir as vazões naturais, alterando a dinâmica fluvial.

Para as vertentes, importam as conexões entre os fluxos e as derivações, nestes casos os canais também alteram a dinâmica de circulação da água nas bacias de drenagem. Ainda foram identificadas calhas, construídas para que fluxos concentrados das encostas ultrapassassem as derivações, que acabam promovendo formas erosivas e comprometam as estruturas do sistema de derivação.

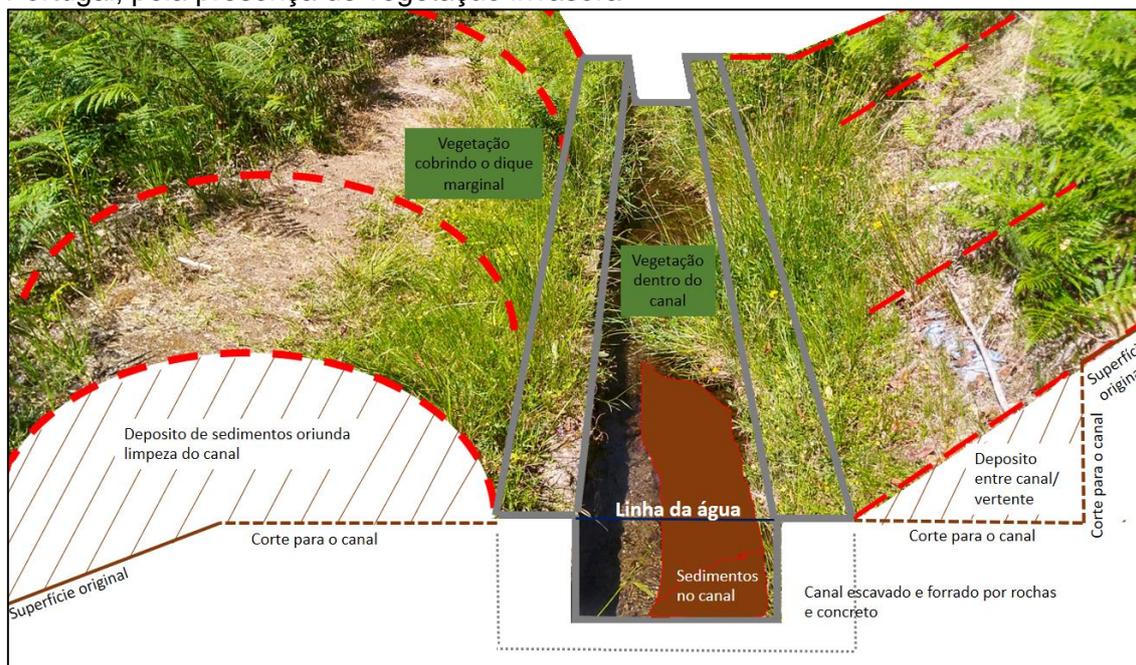
Além dos canais reformados há os canais de terra, menores que os primeiros e de difícil localização em meio a paisagem. Para todos esses casos interessam aspectos tanto da intervenção dos usuários, formação de diques marginais e dos impactos da circulação das vertentes. A Figura 21 apresenta as principais condições observadas nos canais visitados em relação aos cortes realizados nas vertentes, não devendo ser desconsiderado o processo erosivo que se desenvolve ao longo dessas áreas. Por sua vez a Figura 22, sintetiza a dinâmica sedimentar nos canais entre transporte, deposição, retirada e formação de diques marginais.

**Figura 19:** Documentos, relativos a modernização do rural português, encontrados no arquivo da APA, em meados dos anos de 1960



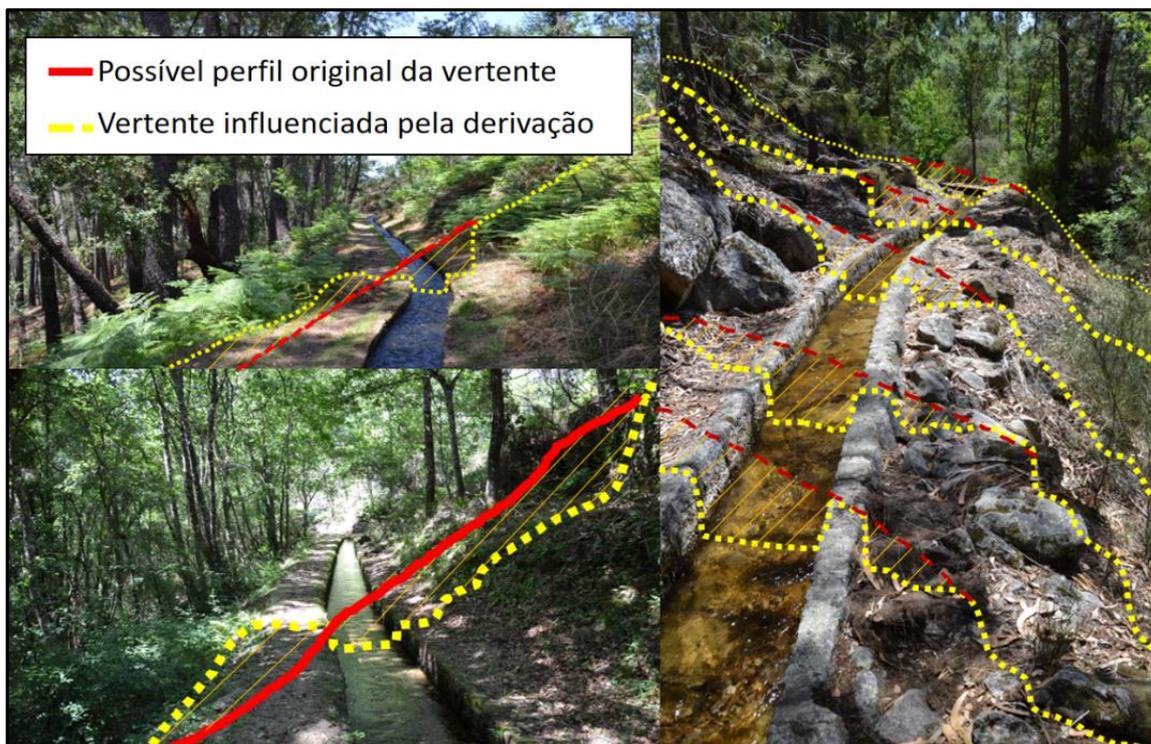
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de documentos da Agência Portuguesa do Ambiente (2017). Onde 1 construção de muro de contenção; 2 mudanças nas formas dos canais derivados; 3 fotografia de 1964 de uma levada após reforma com colocação de placas de granito; 4 Área de regadio atendida pela levada; 5 Diagrama de corte da superfície; 6 Trajeto de uma levada (vermelho) em Vilar dos Ferreiros no Noroeste de Portugal

**Figura 20:** Presença de materiais depositados em uma levada no Noroeste de Portugal, pela presença de vegetação invasora



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 21:** Mudanças nas vertentes a partir da construção de levadas



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 22:** Síntese da dinâmica dos sedimentos entre vertentes, canais e diques marginais antrópicos



Fonte: elaborado pelo autor

### 4.1.3 Ilha da Madeira

A ilha da Madeira (Território de Portugal), está situada no Oceano Atlântico, a longitude de 15°50'/17°30' Oeste e 30°N/33°31' Norte, com cerca de 753 km<sup>2</sup>, havendo ocupação humana desde a colonização portuguesa. O Clima mediterrâneo apresenta verões quentes e secos, os invernos são amenos e úmidos, sendo o relevo influente sobre as precipitações, dificultando seu deslocamento de norte para o sul. A variação das médias pluviométricas, vistas nas normais climáticas de 1961 a 1990, estão entre os 800 aos 2800 mm anuais, ao passo que a temperatura entre 9° e 18° C.

A massa emersa, que corresponde a ilha, é porção de um edifício vulcânico tipo escudo, formado por empilhamentos eruptivos, com cerca de 7 milhões de anos (SCHMINCKE, 1982). O relevo acidentado está associado as relações entre a litologia e as condições climáticas (FURTADO; FONSECA, 1991), não sendo raros movimentos de massa (RODRIGUES; AYALA-CARCEDO, 1994). Como sugere Fonseca et al, 2015, as grandes torrentes, provocam acelerada erosão que promove fundos de vale extremamente encaixados, por onde os cursos fluviais se desenvolvem.

Para Mata et al, (2013) a litologia e topografia não são propícias a formação de reservas superficiais de água, como lagos e rios, se as precipitações não infiltram, alcançam com facilidade no mar. Quanto aos volumes infiltrados, geram nascentes que formam as ribeiras, com papel ecossistêmico pela formação dos habitats fluviais, e abastecem os canais de derivações (levadas). As levadas são especialmente necessárias na ilha da Madeira, transpondo águas do norte para as deficitárias regiões do sul, sendo seus usuários chamados de héreus (BRANCO, 1983; FERNANDES, 2010).

O aproveitamento hidráulico das levadas da Madeira, apresenta uma diversidade de usos, superando a questão da irrigação, que inclui a produção energética (BRANCO, 1983), uso doméstico, atendimentos de fontes, moinhos e atividades industriais (MARUJO, 2015). Contudo, é a dimensão turística, iniciada nos anos de 1990, que vem modificando o significado destes canais para a ilha e atraindo recursos financeiros (FERNANDES, 2010).

O foco turístico levou a valorização das trilhas, anteriormente utilizadas para a manutenção dos canais, agora consideradas atrativos. Denominadas de veredas, esses percursos acompanham as levadas e são mantidas em bom estado de conservação para facilitar o acesso de visitantes, havendo variação de suas larguras conforme o contexto das encostas que formam os vales encaixados das ribeiras (Figura 23).

Na Ilha da Madeira os sistemas de coletas de água se destacam, uma vez que as levadas não se limitam a derivar fluxos das ribeiras, mas também interceptar fontes ao longo de seus trajetos. Logo, além dos tradicionais barramentos, ocorrem conexões com pequenos canais artificiais, as galerias de captação e, no corte das vertentes, o desague de águas fontanárias nas levadas (Figura 24).

Quanto as demais assinaturas topográficas, são citados os cortes das vertentes, incluindo túneis e sulcos, realizados para acomodarem as valas levadas, muitos diretos nas rochas. Em campo, se notou que as condições geológicas, combinadas com a presença de densa cobertura vegetal, geralmente reduz a conexão de sedimentos com os canais. Porém, as limpezas de sedimentos são um problema menor, se comparado ao risco de queda de blocos ou erosão que interrompam os fluxos de água (Figura 25). Em campo, os moradores informaram que geralmente os canais demandam retiradas anuais de sedimentos.

Este fato é melhor observado nas veredas, onde a necessidade de mantê-las em boa condição faz com que os sedimentos retirados sejam lançados para as encostas e não depositados ao longo das margens dos canais. De maneira que, sendo as veredas constantemente pisoteadas e não havendo diques antrópicos significativos, o nível das mesmas com a borda dos canais em vários trechos é semelhante, resultando em transbordamentos.

**Figura 23:** As veredas, trilhas utilizadas para manutenção das levadas, agora são um atrativo turístico na ilha da Madeira



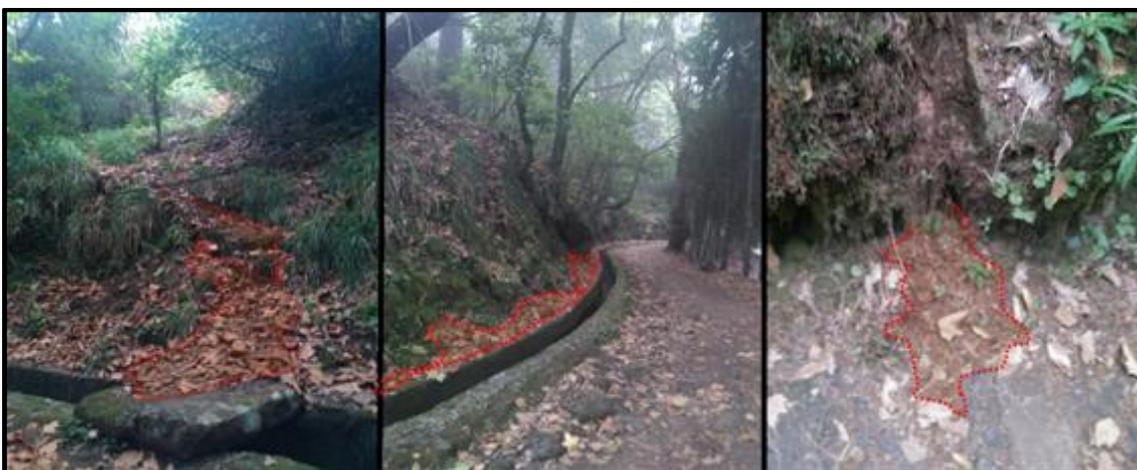
Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 24:** Galerias de captação nas duas primeiras imagens e águas fontanárias, na terceira, constituem um reforço contínuo as águas para as levadas ao longo das vertentes



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 25:** Alguns exemplos dos depósitos materiais que são vistos junto as levadas, o registro realizado em outubro, distante 9 meses da última intervenção de limpeza



Fonte: elaborado pelo autor

Do ponto de vista ambiental, a condição das levadas da ilha da Madeira repete as tendências já observadas, se por um lado podem contribuir para alterar os fluxos dos canais naturais, por outros, funcionam como extensores dos habitats aquáticos, inclusive com registros da ictiofauna. Tendo Quintal (2011) considerado elogiosas as técnicas de construção das levadas, do ponto de vista dos menores impactos ecossistêmicos nas encostas que se inserem.

Contundo, seria um erro não considerar que as ATH's produzem e alteram formas e processos, principalmente, a estabilidade dos materiais acomodados nas encostas. Podem, inclusive, promover movimentos de massa, além de reorientarem os fluxos, criando novos arranjos hidrológicos com foco na maior permanência de água no contexto insular.

#### **4.1.4 Brasil central**

Os três exemplos anteriores mostraram que as gestões dos canais multifuncionais, quando transitam pela administração estatal, geram mudanças principalmente em suas estruturas, como no caso das manutenções planejadas e nas instalações de canais de concretos. No caso brasileiro, excetuando grandes projetos de transposição, as derivações foram deixadas em segundo plano na modernização agrícola, a partir dos anos de 1970, e são tratados como sistemas rústicos de abastecimentos. Sendo um traço marcante, a resistência dos canais de terra, como assinaturas topográficas mais destacadas, principalmente no que se refere à evolução dos diques antrópicos e no modo como se relacionam com a circulação da água.

Quanto ao foco desses canais, se para Meinzen-Dick e Van Der Hoek (2001), em estudos de canais de irrigação na Ásia, o seu maior direcionamento é a rega, com pequenas parcelas voltadas a outras funções, no Brasil, sobremaneira no Bioma Cerrado, os canais derivados multifuncionais passaram a atender diversos serviços e deixando, em alguns casos, a irrigação de lado. Denominados regos d'água, termo cunhado em Portugal referente às levadas, não por acaso sugerindo sua ligação com a colonização lusitana, os canais mantêm características do período colonial (relativas a rusticidade) enquanto em Portugal e Madeira reformas foram marcantes em meados do século XX.

No território brasileiro, características naturais foram positivas à disseminação dos canais derivados, especialmente na área central do país, como o clima tropical que fornece fluxos suficientes para as derivações, a partir das cabeceiras de drenagem. O relevo permite a criação dos pontos de derivação e a abertura de canais pelas encostas, principalmente na transição entre áreas de vales encaixados e ambientes com superfícies mais suaves. Logo as demandas de consumo de água, desenvolvidas no histórico de ocupação destas paisagens, foram bem atendidas por estas estruturas e suas especificações.

Entre os poucos registros históricos, Lourenço (2005) apresenta os regos como “elementos onipresentes” nas propriedades rurais do cerrado nos séculos XVIII e XIX. Já Costa (2003), Pedroso (2007), Laet e Salomão (2009) revelaram como a abertura de regos d’água implicava na otimização das atividades de desmonte do pacote mineralizado em Minas Gerais e Goiás. No Centro Oeste, Freitas e Silva (1993) reportaram aspectos das fazendas do século XVIII, sendo os regos elementos obrigatórios com múltiplas funções como: ornamentação, funcionamento de engenho, monjolo, irrigação do pomar e serviços da Casa Sede.

Como valorizam as propriedades, viabilizando uma série de atividades, Pina (2000), Andrade (2005) e Martins (2013) apontaram estas questões no rural mineiro do século XIX, já Carrilho (2006); Benicasa (2007); Justi (2008) e Fontanari, (2011) no Estado de São Paulo. Também no desenvolvimento urbano, notou-se episódios atrelados à construção de canais artificiais (SILVA, 1997; GONÇALVES NETO; CARVALHO, 2004; COSTA SILVA, 2013), uma espécie de transição entre rural e urbano a partir de núcleos lineares ao longo destes canais como fontes de água.

Com as modernizações agrícolas, nas décadas de 1970, apesar dos novos sistemas de transporte de água, os canais derivados artificiais, ainda que negligenciados pelo capital, continuaram a operar. Como não foram inclusos em programas de modernização, a exemplo de outras áreas visitadas, mantiveram suas características comunitárias, sem revestimento e com assinaturas topográficas bem desenvolvidas. São estas características, resistentes em meio ao novo rural, passando despercebidas por parte significativa dos gestores e

pesquisadores, o que torna interessante avaliar como as mesmas impactam nas redes de drenagem.

#### **4.1.5 Caracterização dos canais multifuncionais derivados brasileiros (regos d'água)**

Para conhecer exemplos dos canais derivados, em áreas do cerrado, foram realizadas atividades de campo e análises de imagens Google Earth em cursos fluviais e cabeceiras de drenagem propícios a sua presença. Sendo apresentadas no Quadro 1 algumas das características encontradas em campo. Os padrões notados são expostos e discutidos quanto as características das derivações, técnicas de abertura dos canais, manutenções, impactos e demandas de análises.

##### Derivação

O ponto de derivação é criado a partir da construção de um barramento, estrutura hidráulica que gera retenção de água, permitindo elevar o fluxo à altura da curva de nível do terreno, na qual será aberta a linha de água. Em alguns locais são comuns barramentos maiores, como as represas de terra, em cabeceiras de drenagem, já em regiões com relevo menos acidentado é possível a construção de pequenos barramentos com sacos de areia, lonas e pedras (Figura 26).

A partir das condições hidrológicas da bacia, conforme se tem a queda da vazão, os agricultores realizam ajustes nos barramentos e na saída de água para o canal artificial. Estas técnicas, se não geridas corretamente, são problemáticas para o equilíbrio ambiental, com o risco de que trechos do canal natural se tornem secos, sobretudo na estiagem.

Sobre os tipos de derivações observados em campo, o esquema na Figura 27 apresenta alguns modelos encontrados e mostra a diversidade de interações entre vertentes e fundos de vale. A abertura das valas, para condução de água, pode ser realizada manualmente com pás, enxadas e o arado puxado por animais. Contudo, maquinários, como escavadeiras e tratores com sulcadores, são cada vez mais utilizados, tanto para a abertura quanto manutenção dos canais, técnicas estas mais rápidas e geram leitos e depósitos maiores.

**Quadro 1:** características encontradas nos canais derivados

Região	Nº de canais	Extensões	Principais Funções	Observações
Iraí de Minas/MG	2	de 300 a 1000 m	Psicultura, irrigação, dessedentação de animais, atendimento de sedes de fazendas.	Pisoteio de animais geram diques irregulares na porção superior (menores que 15 cm) e inferior do canal (em torno de 30 cm), vazamentos e conflitos de água.
Patrocínio/MG	16	De 300 a 2000 m	Psicultura, irrigação, dessedentação de animais, atendimento de sedes de fazendas, lazer, paisagismo, monjolos, carneiros hidráulicos.	Possuem mais de 100 anos de uso. Presença de transposição entre bacias. Destaque para formação de diques antrópicos que chegam ultrapassam 1 metro de altura
Ibiá/MG	3	Ate 800 m	Psicultura, abastecimento lazer e paisagismo	Trechos cimentados e com presença de gabiões, sendo novos os diques ainda são pouco proeminentes (5 a 10 cm).
Araxá/MG	3	200 a 300 m	Ornamentação, abastecimento, psicultura	Gabiões em área de turismo, grande lago a montante reduz a transferência de sedimentos, diques antrópicos pouco desenvolvidos, apesar da velhos
São João B.Serra da Canastra/MG	4	1000 m	Uso rural e abastecimento de chácaras de final de semana.	Correm em áreas íngremes nas encostas da Serra da Canastra, área de grande importância para o geopatrimônio, ecoturismo e preservação ambiental. Um dos canais transpõem águas entre a bacia do São Francisco e do Paraná, diques em torno dos 40 cm na margem inferior.
Serra do Salitre/MG	2	1000 m	Ligado a pecuária e atendimento de propriedade	Canais contornam vertentes íngremes, diques geralmente dispostos na margem inferior em torno dos 40 cm.
Coromandel/MG	5	De 300 m a 1000 m	Criação de peixes, irrigação, dessedentação de animais, atendimento de sedes de fazendas, lazer, paisagismo, monjolos.	Encontrados em áreas de planícies de inundações na região do rio Santo Inácio. Demais regiões com represamento e canais contornando diferentes configurações de vertentes, diques chegando a 50 cm.
Patos de Minas/MG	3	400 m a 1000 m	Atendimento de chácaras de finais de semana e fazendas de criação de gado.	Canais em regiões de relevo acidentado a suave, diques elevados chegando a 60 cm
Uberlândia/MG	6	De 300 m a 2000 m	Atendimento de fazendas com pecuária, chácaras de final de semana, agricultura familiar (policultura)	Canais com fluxos interrompidos por queda no nível de barramentos, mais de um canal por vertente. Tamanho de diques variado de 10 a 60 cm.
Distrito Federal/DF	4	200 a 300 m	Atendimento de ambiente com gestão de fauna aquática e terrestre	Canais cimentados em área de turismo, diques insignificantes.
Luziânia/Go	2	300 a 1000 m	Fazendas com criação de gado, outras funções também são encontradas	Canais antigos, mal mantidos, pisoteio de animais, diques irregulares, entre 10 e 30 cm.
São João da Serra Negra e Guimarães (MG)	8	300 a 2000 m	Psicultura, irrigação, dessedentação de animais, atendimento de sedes de fazendas, lazer, paisagismo, monjolos, carneiros hidráulicos.	Região de horticultura, com intenso uso de canais derivados para irrigação, formação de diques antrópicos bem destacada, diques chegando a 1 metro de altura.
Trindade/GO	1	1200 m	Fazendas com criação de gado, mas outras funções também são encontradas	Canais sofrem com pisoteio de animais em alguns trechos.
Ribeirão Corrente/SP	3	500 m	Uso rural e abastecimento de chácaras de final de semana.	Canais revestidos de madeira para proteção das margens e leito, diques pouco estacados.
Monte Carmelo/MG	1	800 m	Fazendas com criação de gado, mas outras funções também são encontradas	Na via do canal aparecem grandes tanques feitos por maquinário pesado, criando poços.

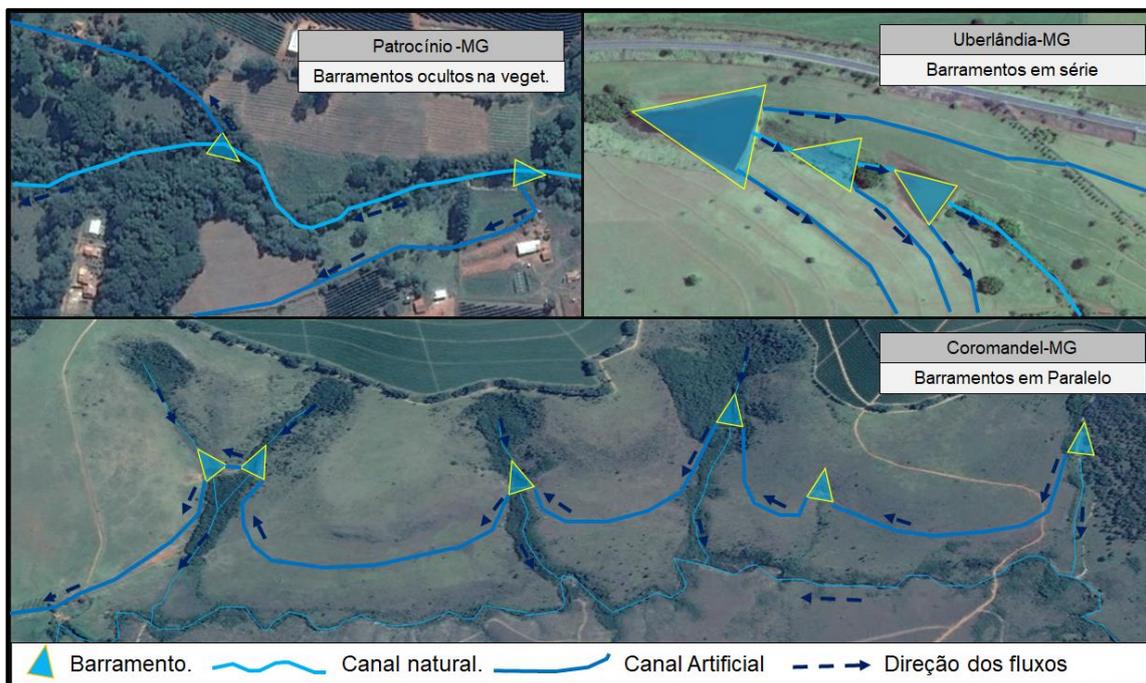
Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 26:** Tipologias de derivação de canais derivados multifuncionais



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 27:** Esquemas de derivações a partir dos barramentos



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Imagens Google Earth Pro e visitas de campo

Para a criação do canal, se inicia de montante, após a conclusão do barramento de transposição, para jusante, com a água avançando conforme a vala é aberta, facilitando o trabalho ao umedecer o solo. Também o avanço do fluxo seria um

meio de confirmação que o deslocamento gravitacional da água é bem-sucedido, a partir do segmento na curva de nível onde foi aberto o canal. Em muitos locais são usados os prumos de rego d'água (curvas de "nível pé de galinha" ou em "A"), como ilustra a Figura 28, para definir o nível correto por onde devem ser abertos os canais. Quanto ao tamanho dos canais e a partilha de água, interessam unidades de medidas regionais associadas a instrumentos de abertura como os arados, pás ou outros objetos acessíveis a esta quantificação.

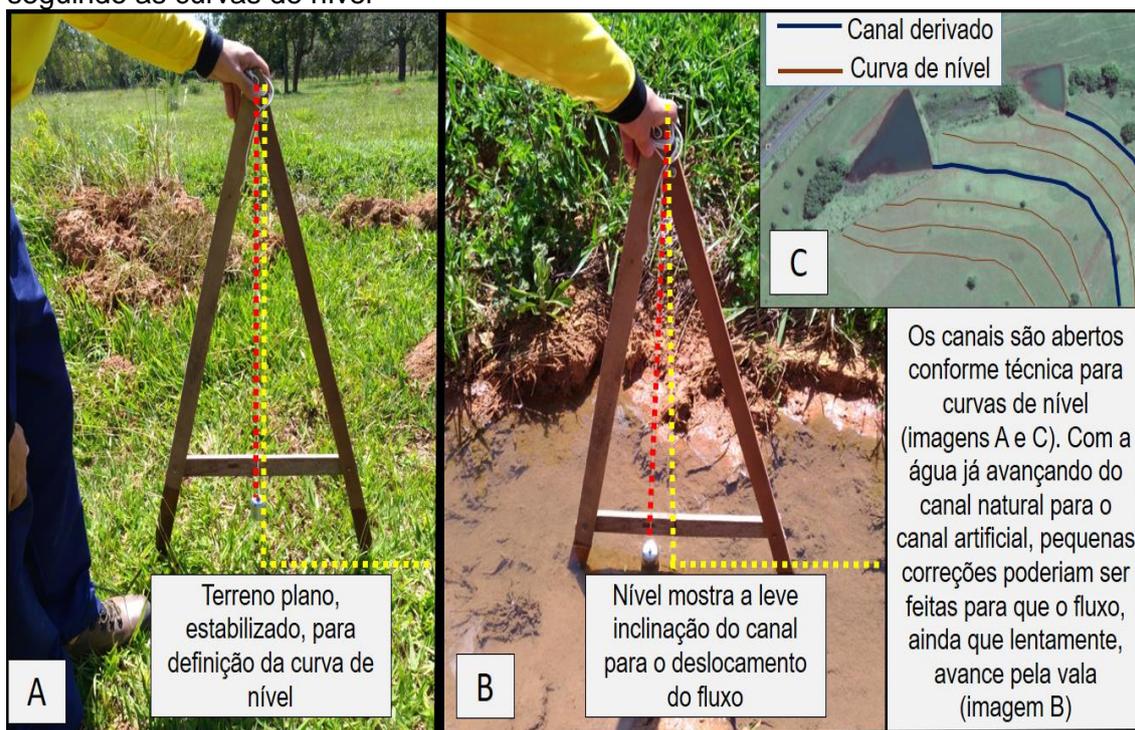
Em áreas do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (Minas Gerais), onde se insere a área do estudo de caso, são utilizadas medidas baseadas na "telha d'água", com uma telha grande de alvenaria definindo o volume de água para cada canal secundário (Figura 29). Com exemplares desta telha, foi possível calcular aproximadamente o que seria o valor da unidade de medida tradicional. Portanto, uma "telha d'água", como se referem os usuários dos canais corresponderia a 0,015 m<sup>3</sup>/s ou 15 L/s, para uma velocidade de fluxo em 0,5 m/s.

Sobre as extensões, os canais encontrados apresentam de dezenas de metros a poucos quilômetros, sob influências do volume de água disponível; infiltração e inclinação do terreno; o número de demandantes e a distância entre o canal fonte (curso natural) e a área final de consumo. No Brasil por se tratarem geralmente de valas sem impermeabilização, são inadequadas para áreas excessivamente íngremes, com solos pouco coesos e alta capacidade de infiltração (JAMES, 1993 - para canais semelhantes, ligados a irrigação).

#### Manutenção e consolidação das assinaturas topográficas

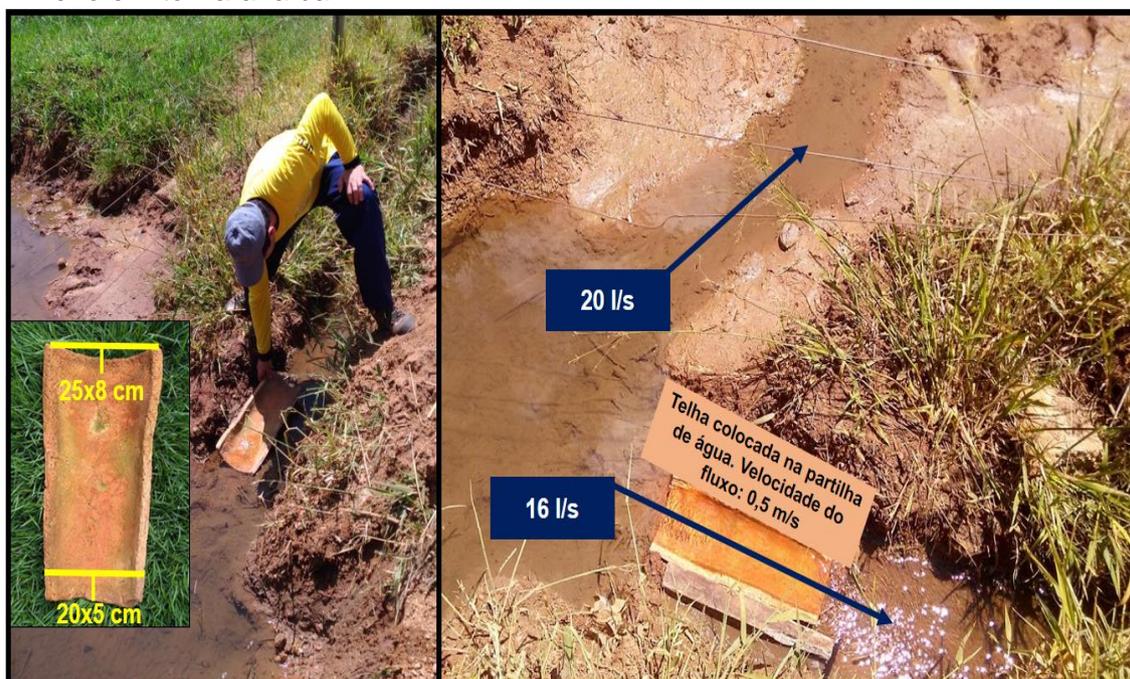
Em relação à manutenção dos canais de terra a proliferação de vegetação, deposição de sedimentos, deformações e vazamentos são os principais problemas. Em algumas derivações, o avanço da vegetação e a velocidades dos fluxos são atenuados com a instalação de gabiões que contribuem para a constância das formas. Embora menos comuns, existem aqueles canais com trechos impermeabilizados, principalmente por concreto, buscando evitar desperdícios e problemas de rompimento. A Figura 30 apresenta as principais condições em que foram encontrados os canais nas visitas em campo.

**Figura 28:** O uso do Prumo de rego d'água e como os canais são construídos seguindo as curvas de nível



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 29:** Teste de vazão em uma telha d'água, antiga medida rural para definir a quantidade de águas a serem partilhadas entre usuários, na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 30:** Condições dos canais artificiais em diversos cenários



Fonte: elaborado pelo autor

Ainda sobre a vegetação, são exigidas capinas regulares, principalmente em canais menores que, ao terem sua área reduzida, apresentaram queda no volume de água, inclusive pelo aumento de material sedimentar que precisa ser retirado. Canais, que seguem em áreas de pastagem, demandam manutenção a partir do desmoronamento e interrupção das margens, sendo o pisoteio por animais um problema comum (Figura 31). O mesmo se aplica a canais que são rompidos pelo excesso do fluxo, ou apresentam trechos entupidos.

De fato, como mostra Silva (2009), a reunião de moradores para as limpezas dos regos d'água é atividade prioritária, atestando sua importância, em diversas regiões, na área de estudo não foi diferente. No México, são Sijbrandij e Van Der Zaag (1993) observaram a mesma associação para manutenção de canais com grandes semelhanças aos regos d'água. A Figura 32 representa como se dão esforços de manutenção dos barramentos de derivação, para garantir que resistam às cheias e permitam a continuidade do fluxo.

Quanto a abordagem sobre recursos hídricos, disponíveis pelos sistemas de derivação, constituem uma questão mais complexa que a da irrigação, implicando em reflexões legais. Afinal, a necessidade de fornecimento constante de água incide sobre a forma como esses canais são mantidos e compartilhados entre os usuários. Reconhecer esse caráter multifuncional, antes conceitualmente limitado à irrigação, é necessário para que se tenha um melhor planejamento da alocação da água e da gestão sobre os impactos ecossistêmicos.

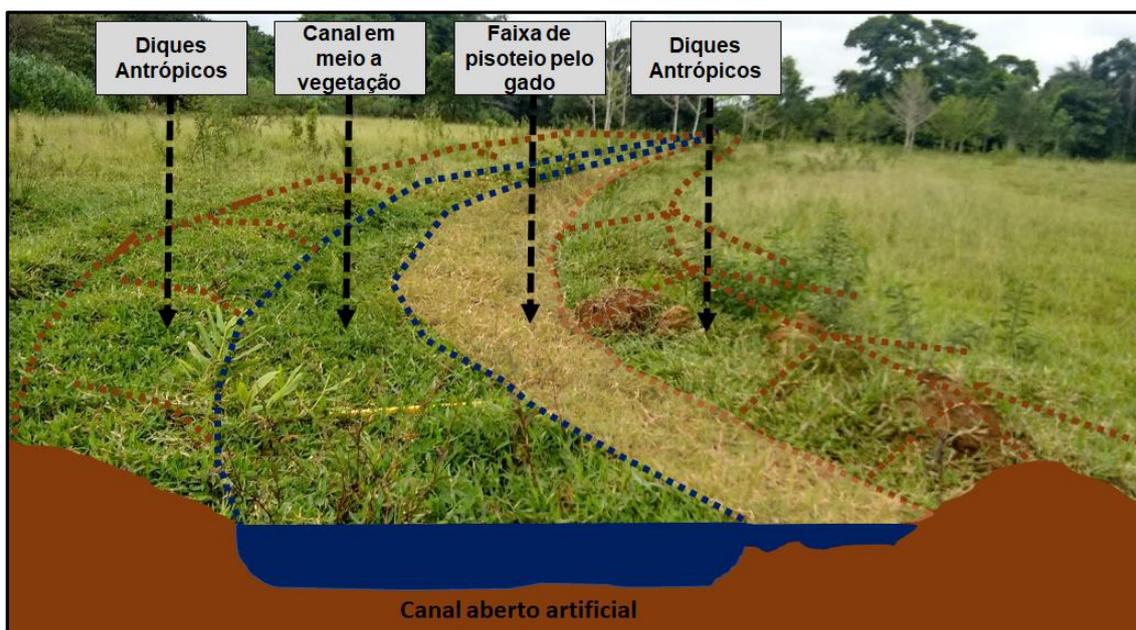
A legislação sobre as águas no Brasil (lei nº 9433 de 1997) considera, embora não aprofunde, a temática dos canais derivados multifuncionais. O texto da lei, acompanhado pelas resoluções de, praticamente, todas as Unidades da Federação, aponta que as derivações de pequeno porte, voltadas à atendimentos de núcleos rurais, constituem uso consuntivo e são passivas de outorgas, uma vez que sejam identificados índices de captação que ultrapassem a condição de uso insignificante.

A superficialidade da legislação, que deveria ser mais específica, quanto aos impactos destes canais, direitos e deveres de seus usuários, representa um atraso que ressoa na qualidade do monitoramento destas estruturas. Em muitos casos, os canais são desconhecidos dos órgãos de fiscalização e passam

despercebidos na paisagem, imagens de satélite (SILVA; RODRIGUES, 2015). Questões que levam as orientações, para uma correta gestão dos canais por parte dos usuários, ser inexistente em muitas bacias, causando danos que incluem a interrupção dos fluxos dos naturais.

Adequar as legislações dos estados demandará estudos que investiguem as formas de apropriação dos espaços a partir destes canais, levando em conta características culturais, os tipos de uso, abertura e manutenção dos mesmos, bem como seu significado para os sistemas de drenagem. A exemplo do que ocorre hoje na Europa, como sugere Pôças et al.(2011) e Leibundgut e Kohn (2014), a idade dos canais e suas configurações os levaram a uma condição de naturalização, a qual tem gerado esforços de reativação e preservação dos mesmos com foco em questões culturais e ecossistêmicas. Válido exemplo são os canais do nordeste de Portugal, apontados como um bem-sucedido caso de reabilitação destes cenários, (Wateau, 2000) e Espanha (Guillet, 2006).

**Figura 31:** Canal artificial vegetado, sendo realçado a área do impacto de animais.



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 32:** Manutenções do barramento de derivação e canal artificial realizadas antes do período chuvoso – destaque para a formação dos diques marginais antrópicos

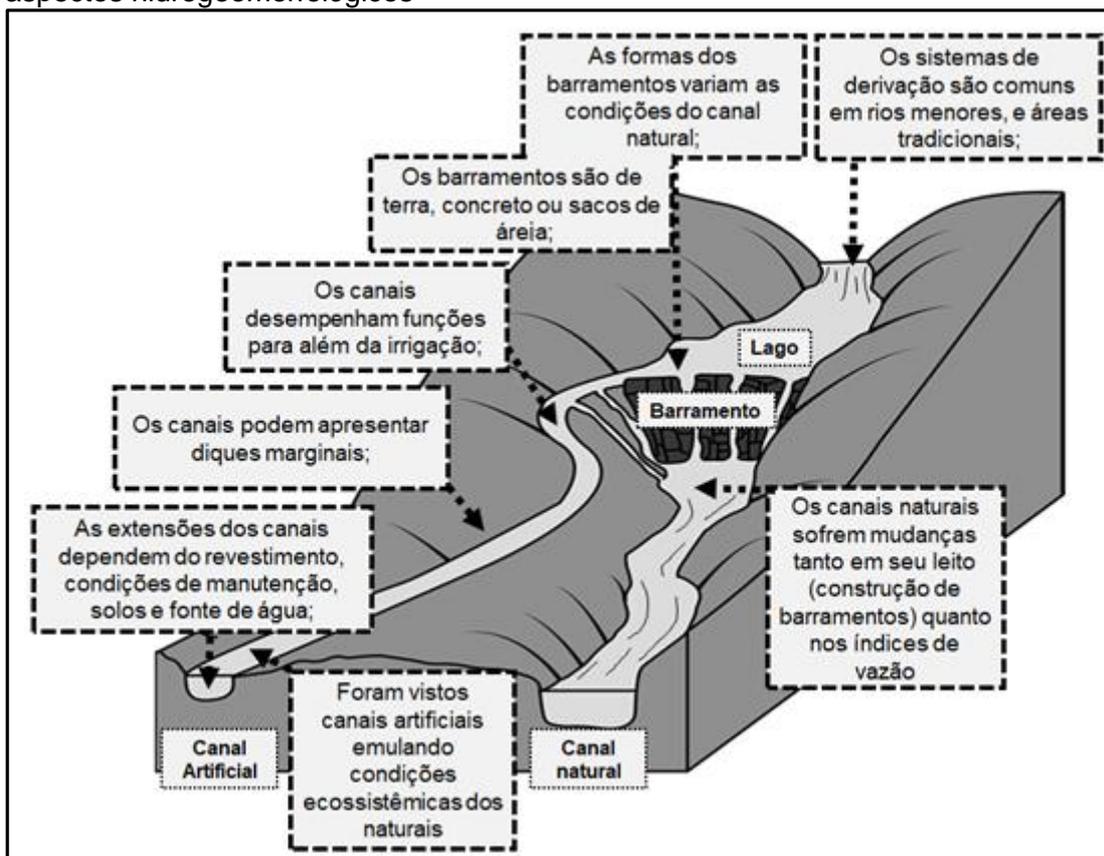


Fonte: elaborado pelo autor

#### 4.1.6 Sistematização

O item 4.1 revelou, por uma série de exemplos, estar correta a hipótese que sugere o conjunto das assinaturas topográficas como elemento comum e capaz de associar canais derivados nas áreas visitadas. A partir das manutenções realizadas, sejam pontuais ou extensivas, se observa a consolidação das ATH's, especialmente os diques. Neste caso os diques marginais se comportam como barreiras com dupla atribuição: se presentes na margem superior, devem desconectar os fluxos provenientes das vertentes; já nas margens inferiores evitariam vazamentos dos canais e impactos relativos a formações erosivas. A Figura 33 apresenta uma análise sintética dos elementos levantados neste item.

**Figura 33:** Síntese das condições observadas para os canais derivados quanto aos aspectos hidrogeomorfológicos



Fonte: elaborado pelo autor

Para entender o alcance destas formas, desde os barramentos de derivação, até os trechos finais onde ocorrem dispersões, é necessário detalhar as formas que nitidamente se repetem ao longo dos vários exemplos apresentados. Os próximos itens se dedicam, justamente, a apresentar as relações entre os canais naturais e artificiais com as condições da bacia escolhida (o alto curso do rio Dourados) para o estudo de caso.

## **4.2 Composição da paisagem do alto curso do rio Dourados e influências antropogênicas**

Como visto no item anterior, a abordagem dos canais derivados multifuncionais é válida para as mais diferentes paisagens e trazem em comum, justamente, as assinaturas investigadas. Por este motivo, a importância de uma bacia para se realizar uma série de experimentações, formando um estudo de caso, que revelem a validade de preencher lacunas sobre a temática. Desta maneira é possível sobrepor estes novos conhecimentos, para que sua união lance inferências, bem-sucedidas, sobre os impactos destes canais nas áreas em que se inserem. Para isso é necessário apontar a existência de outros aspectos, como clima, declividade, hipsometria, litologia e solo, associados à dinâmica de escoamentos nas vertentes, desde as tipologias do uso e ocupação, a presença da vegetação, trilhos de animais e condições do solo.

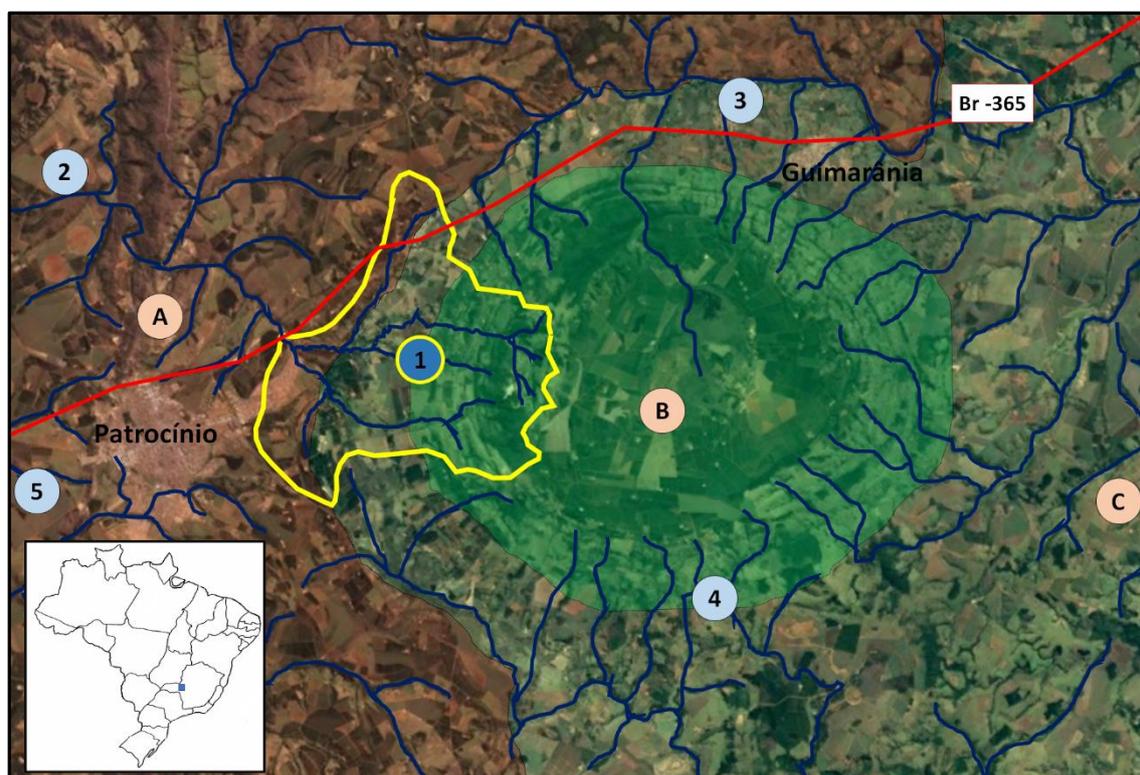
A bacia de estudo, que se refere as cabeceiras de drenagem do Rio Dourados no município de Patrocínio/MG, (Mapa 1 – item 1.2), tem sido abordada por atividades de campo e estudos sobre Clima, Geologia, Pedologia, Geomorfologia, recursos hídricos, uso e ocupação, morfometria da bacia e histórico de ocupação (TORRES, 1977; CASSETI, 1971; MACHADO, 2001, SILVA, 2006; FONSECA, 2009; GRASSO, 2010, SILVA: ALLAN SILVA, 2012, SILVA, 2014). Possuindo uma área de 68 km<sup>2</sup> com características, que precisam ser entendidas em um contexto regional, antes de serem discutidos elementos específicos de suas configurações e da presença das derivações artificiais.

Para a litologia, por exemplo, a bacia se encontra em contexto transitório entre o grupo Bambuí, neoproterozóico, na porção leste composto por rochas como quartzitos, filitos, ardósias, arenitos e siltitos, e o Canastra (na porção oeste) de idade proterozóica e rochas como micaxistos, quartzitos e filitos (CASSETI, 1981). Contudo, além destes dois grupos, outro fator precisa ser considerado e se refere a presença da intrusão cretácea, o Domo de Serra Negra, que é uma suíte alcalina cujos processos de empurrões, do corpo intrusivo (TORRES, 1977), geraram cristas monoclinais que o circundam. Embora as características de Serra Negra não seja uma exclusividade deste local, havendo outros corpos magmáticos, ao longo da bacia sedimentar do São Francisco, próximas às suas

fronteiras com o arco da Canastra, é sem dúvidas um dos maiores e o mais preservado.

Em um contexto regional é possível apontar que o alto curso do rio Dourados está integrado a área de dobramentos antigos, pré-cambrianos, da faixa Brasília, com estruturas dobradas e falhadas, em divisão com a bacia sedimentar do São Francisco (ALMEIDA; HASSUI, 1984), tendo Ross (1991) classificado esta área como integrante dos Planaltos e Serras Minas-Goiás. Contudo, internamente a bacia apresenta grande influência das forças que, no passado, geraram pressões entre a borda do Arco da Canastra e as rochas de duas formações do grupo Bambuí (formações Paraopeba e Paranoá), e que foram arqueadas no contexto da intrusão de Serra Negra (Figura 34).

**Figura 34:** O contexto regional da bacia de estudo para geologia



Fonte: elaborado pelo autor a partir de imagem Google Earth, onde (1) bacia de estudo; (2) seguimento da bacia do rio Dourados; (3) Bacia do Espírito Santo; (4) Bacia do Salitre; (5) Bacia do Santo Antônio; (A) Grupo Canastra; (B) Domo de Serra Negra; (C) grupo Bambuí.

Para além da litologia, que confere paisagens diversificadas na bacia, entre ambientes com relevos movimentados e áreas mais suaves, existem outras características que contribuíram para o desenvolvimento das intervenções humanas em variadas condições, sobremaneira na dinâmica de transposição de

águas, entre fundos de vale e as áreas de consumo. O clima é tropical semiúmido, com duas estações bem definidas, onde os verões quentes concentram 90% dos 1500 mm de precipitações, lembrando Mendes e Ferreira (2015) que podem ocorrer veranicos, períodos de estiagem, que geram demandas de uso hídrico como as irrigações. Nos invernos, amenos e secos (BARBOSA et al, 2008), as vazões dos rios diminuem e estes cursos, ainda que perenes, compõem condições delicadas quanto ao risco de supressão total de suas vazões, subordinados pelas demandas de consumo.

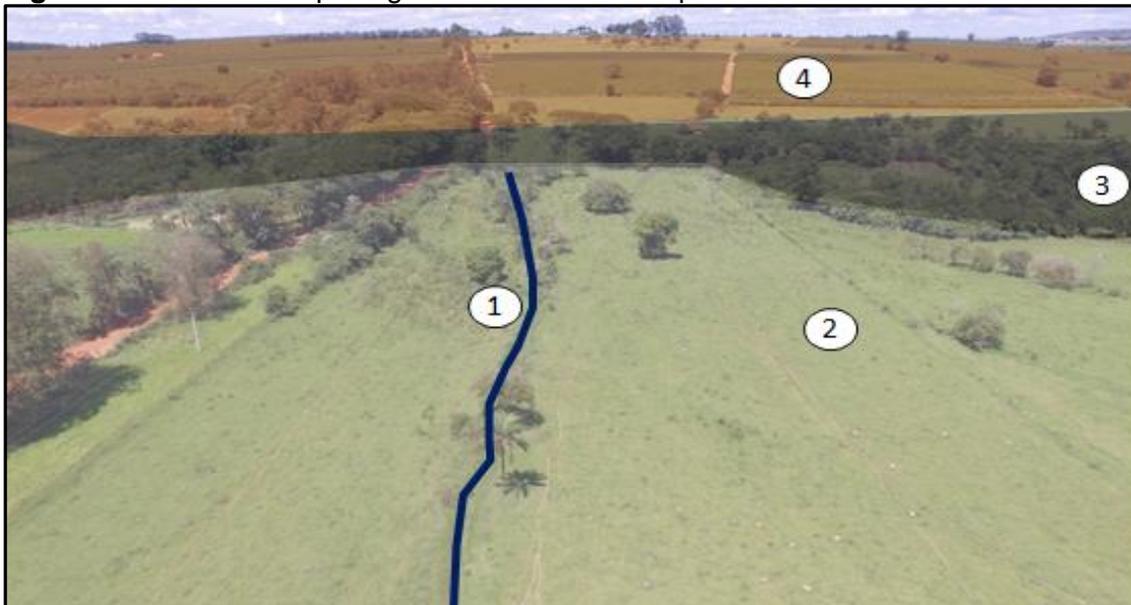
Na compreensão destes ambientes são úteis as características da hipsometria (Mapa 2). As áreas mais baixas, em torno dos 880 metros correspondem ao exutório da bacia – sobre rochas do grupo canastra, já os setores mais elevados, chegando a 1240 metros, nas bordas do topo de Serra Negra – em materiais que recobrem o corpo intrusivo alcalino. Quanto à declividade (Mapa 3) a maior parte da bacia apresenta baixos índices, entre 0 e 3 graus, correspondentes às áreas de confluência dos córregos Taquara, Cava, Lavrinha, bem como as áreas de topo. Já os trechos mais declivosos estão nas bordas monoclinais em quartzitos, a partir das quais se desenvolvem vales assimétricos sobre folhelhos silto argilosos. Os canais artificiais são observados entre as menores declividades (0 – 10°) e as altitudes entre 920 e 1000 metros, que correspondem as faixas com maior número de propriedades rurais.

Na bacia, com os dados de declividade, hipsometria e considerando o Mapa 4 se pode observar como a complexidade litológica repercute nas características morfológicas. Na área dômica (de idade cretácea), rochas neoproterozóicas, sofreram maiores inclinações nas proximidades do corpo intrusivo (TORRES, 1977). Próximo ao core magmático estão materiais metamórficos resistentes, intercaladas por metassedimentos, mais facilmente erodidos. Essas rochas, menos resistentes, vão se tornando mais comuns, conforme se afasta do domo, dada a redução do grau metamórfico.

A erosão, que vem revelando a condição circular da estrutura, é contrabalanceada por coberturas ferruginosas terciárias que aparecem nos pontos mais elevados da bacia (CASSETI, 1981). As áreas mais baixas estão justamente em rochas que sofreram menores inclinações, pertencentes aos materiais metassedimentares e sedimentares da formação Paraopeba. A relação

entre morfologias e litologias é sugerida nas Figuras 35 e 36 que apresentam tanto os ambientes mais movimentados quanto aqueles com declividades menores e que facilitaram no processo de apropriação dos espaços.

**Figura 35:** Diversidade paisagística da bacia e os tipos de usos



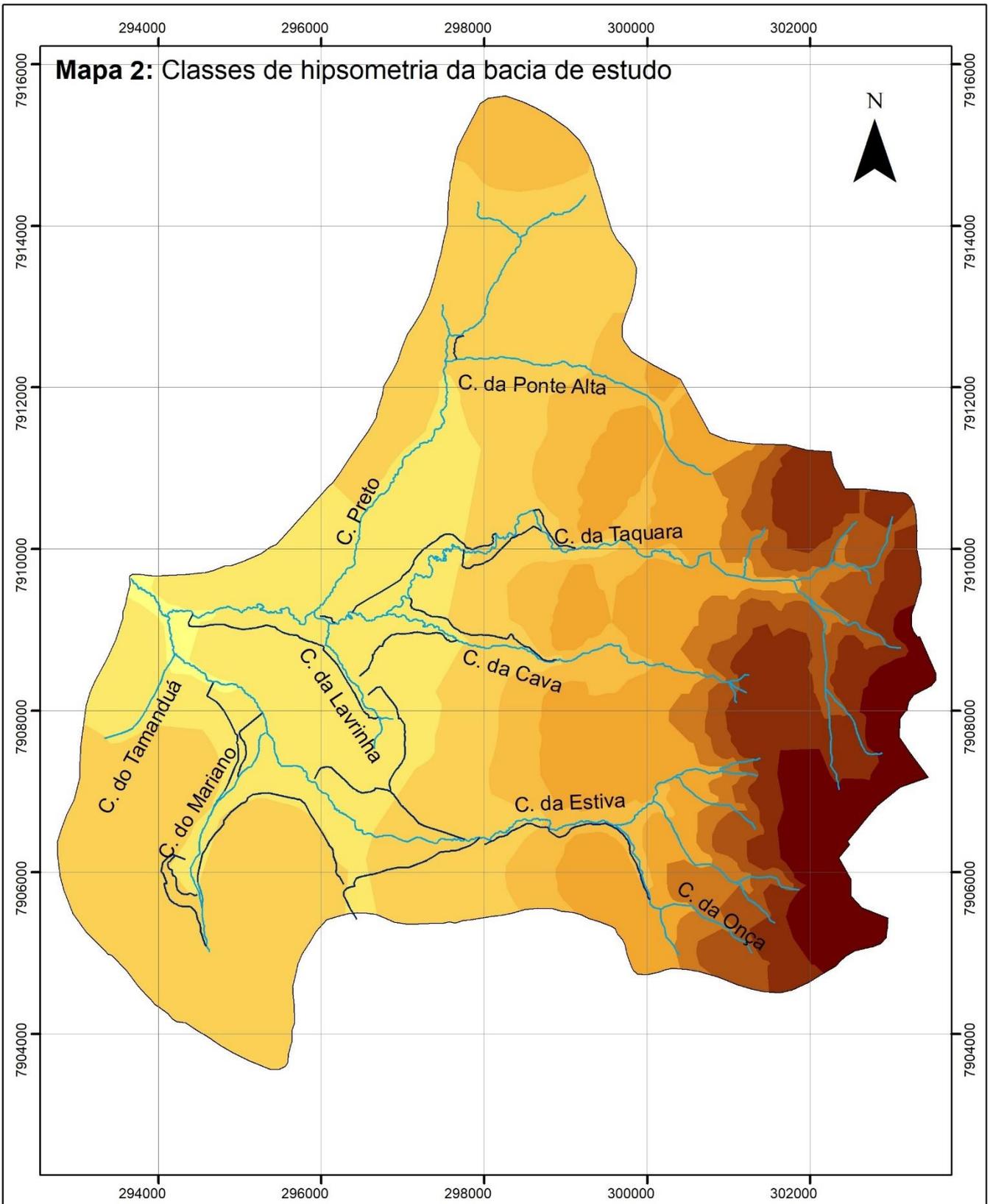
Fonte: elaborado pelo autor (sobrevoo/drone), Onde é possível perceber um canal derivado multifuncional (1) em meio a pastagem (2) que corresponde e manchas de cerrado (3) que correspondem a setores suaves da formação Paraopeba, já a cafeicultura e lavouras (4) estão sobre áreas do grupo Canastra e forma um relevo levemente mais elevado

**Figura 36:** Diversidade da bacia com distinções paisagísticas



Fonte: elaborado pelo autor (sobrevoo/drone). Em outra perspectiva é possível diferenciar setores mais elevados e colinosos (1) por volta dos 1200 metros acima do nível do mar e sobre rochas da formação Paranoá seguido de áreas mais suaves (2) entre 1000 e 900 metros da formação Paraopeba, como terraços fluviais e na mesma formação (3) planícies aluviais, abaixo dos 900 metros.

**Mapa 2: Classes de hipsometria da bacia de estudo**



- Legenda**
-  Canais Naturais
  -  Canais Artificiais
  -  Bacia Alto curso do Rio Dourado

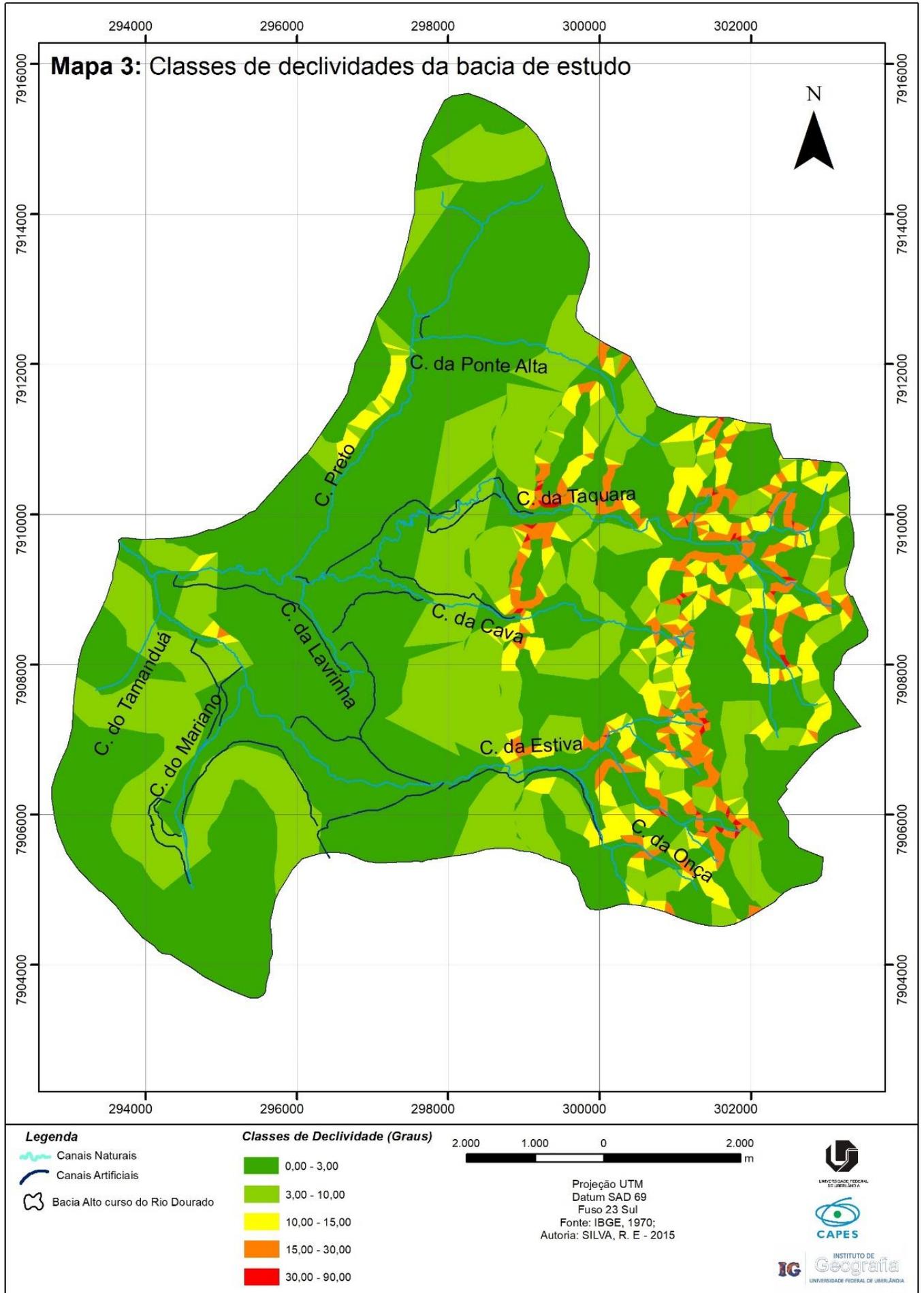
**Hipsometria (metros)**

	1200 - 1240		1000 - 1040
	1160 - 1200		960 - 1000
	1120 - 1160		920 - 960
	1080 - 1120		880 - 920
	1040 - 1080		

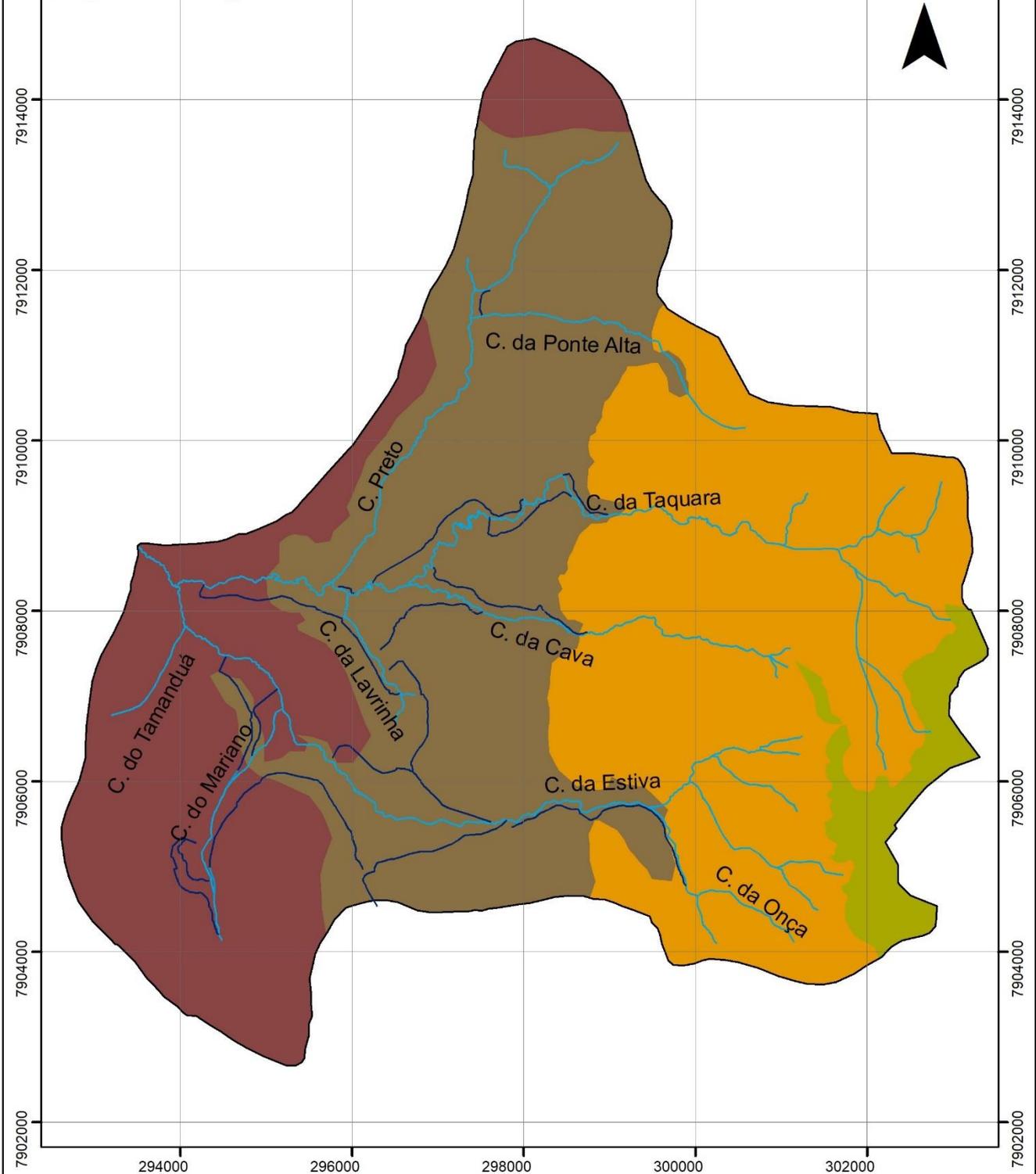


Projeção UTM  
 Datum SAD 69  
 Fuso 23 Sul  
 Fonte: IBGE, 1970;  
 Autoria: SILVA, R. E - 2015





**Mapa 4: Litologia da bacia de estudo**



<p><b>Legenda</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Canais Naturais</li> <li> Canais Artificiais</li> <li> Bacia Alto curso do Rio Dourado</li> </ul>	<p><b>Classes Litológicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Coberturas detritico-lateríticas</li> <li> Formação Paraopeba Indiviso - Filitos/ Siltitos</li> <li> Formação Paranoá - Quartzitos / Siltitos</li> <li> Grupo Canastra - Micaxistos / Filitos</li> </ul>	<p>2.000 1.000 0 2.000 m</p> 	<p>Projeção UTM Datum SAD 69 Fuso 23 Sul Fonte: Rapdeye, 2010; IBGE, 1970; Casseti, 1980; Machado, 2001; Grasso, 2011; Silva, 2014 Google Earth, 2016; Interpretações de Campo, 2016 Autoria: SILVA, R. E - 2015</p>	 <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA INSTITUTO DE Geografia IG</p>
--	--	---	--	---

Quanto aos cursos fluviais, trata-se de uma drenagem inicialmente centrífuga, no contexto geral do Domo de Serra Negra, partindo de pontos elevados (entre 1000 e 1200 metros) até alcançarem os setores de menor arqueamento (900 metros) cobertos por terraços fluviais, onde encontram-se os canais artificiais. Posteriormente, influenciada por linhas de falhas, a drenagem é direcionada ao exutório deste setor, onde é formado o rio Dourados.

Para os solos, integrando observações em campo e obtidas em Mota et al (2004) são vistas as seguintes espacializações:

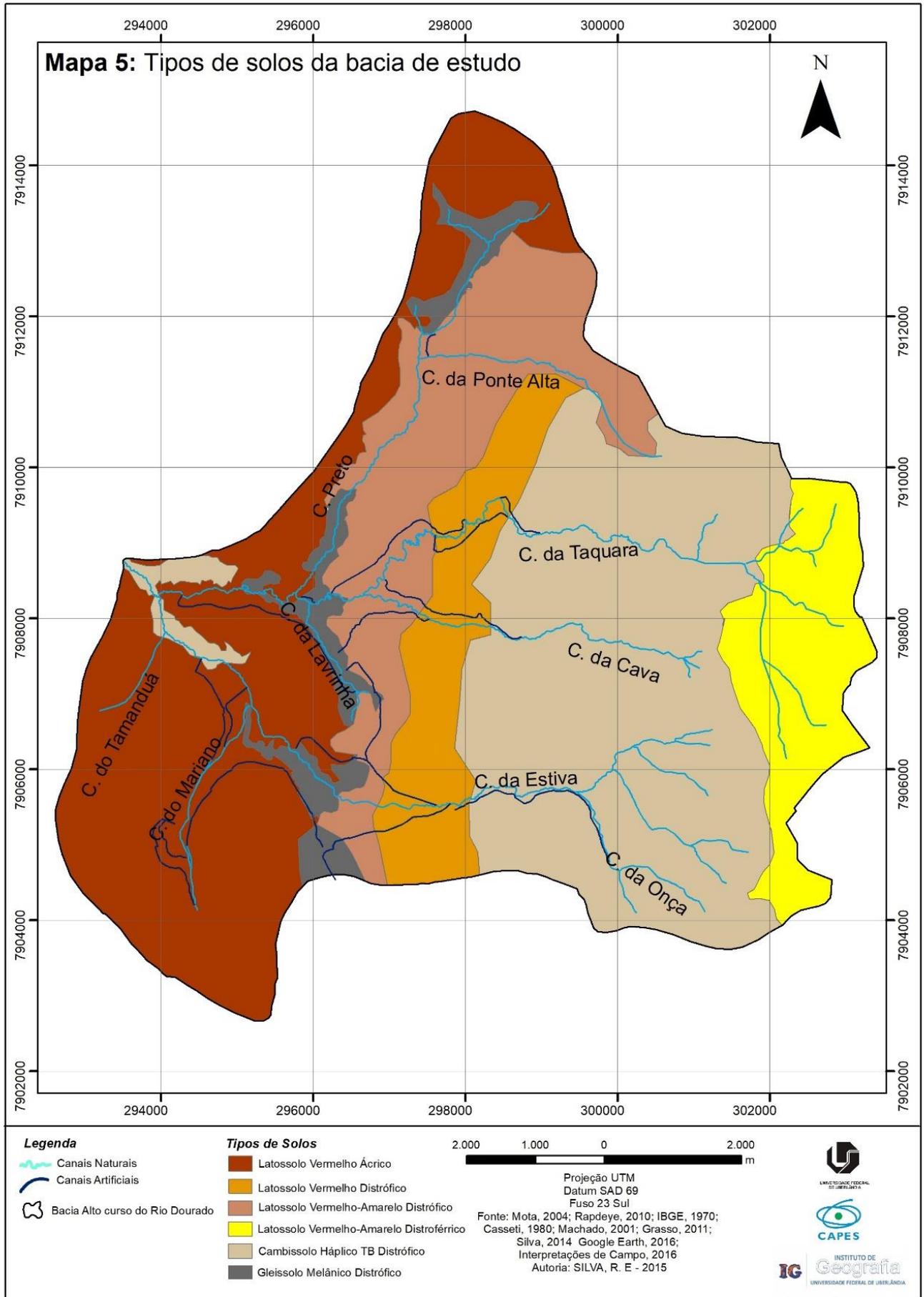
- Latossolo Vermelho-amarelo Distroférico: encontrados junto às bordas do topo de Serra Negra, são solos bem drenados, comuns de áreas com superfícies suaves, como neste caso, pouco férteis, ricos em ferro e exigentes de correções para a agricultura, sendo realizadas calagens (introdução de calcário) para correção da acidez e aumento da troca catiônica que permite, por exemplo, o cultivo bem-sucedido de café na área;
- Cambissolos Háplicos: presentes nas bordas monoclinais, justamente relevos forte ondulados, sem horizonte superficial A húmico, como se tratam de ambientes com solos rasos e com fragmentos rochosos em suas massas, respondem principalmente por áreas de pastagem ou reservas dentro da bacia;
- Latossolo Vermelho Ácrico: presentes nos ambientes do grupo Canastra constituem massa bem drenada, pobre e demandante de correções da acidez e introdução de fertilizantes. A condição de boa drenagem chama a atenção no contexto em que 5 canais derivados direcionam fluxos do fundo de vale do córrego do Mariano para estes ambientes;
- Latossolo Vermelho Distrófico: solos de baixa fertilidade que na bacia é amenizada pela deposição de materiais transportados a partir do Topo de Serra Negra, entre os quais fragmentos de Dunito, rocha cujo esfacelamento fornece materiais ricos em nutrientes (CASSETI, 1981), sendo bem drenados acabam por contribuir para a perda de água nos canais derivados e estão na transição das rampas de colúvios com os terraços fluviais;

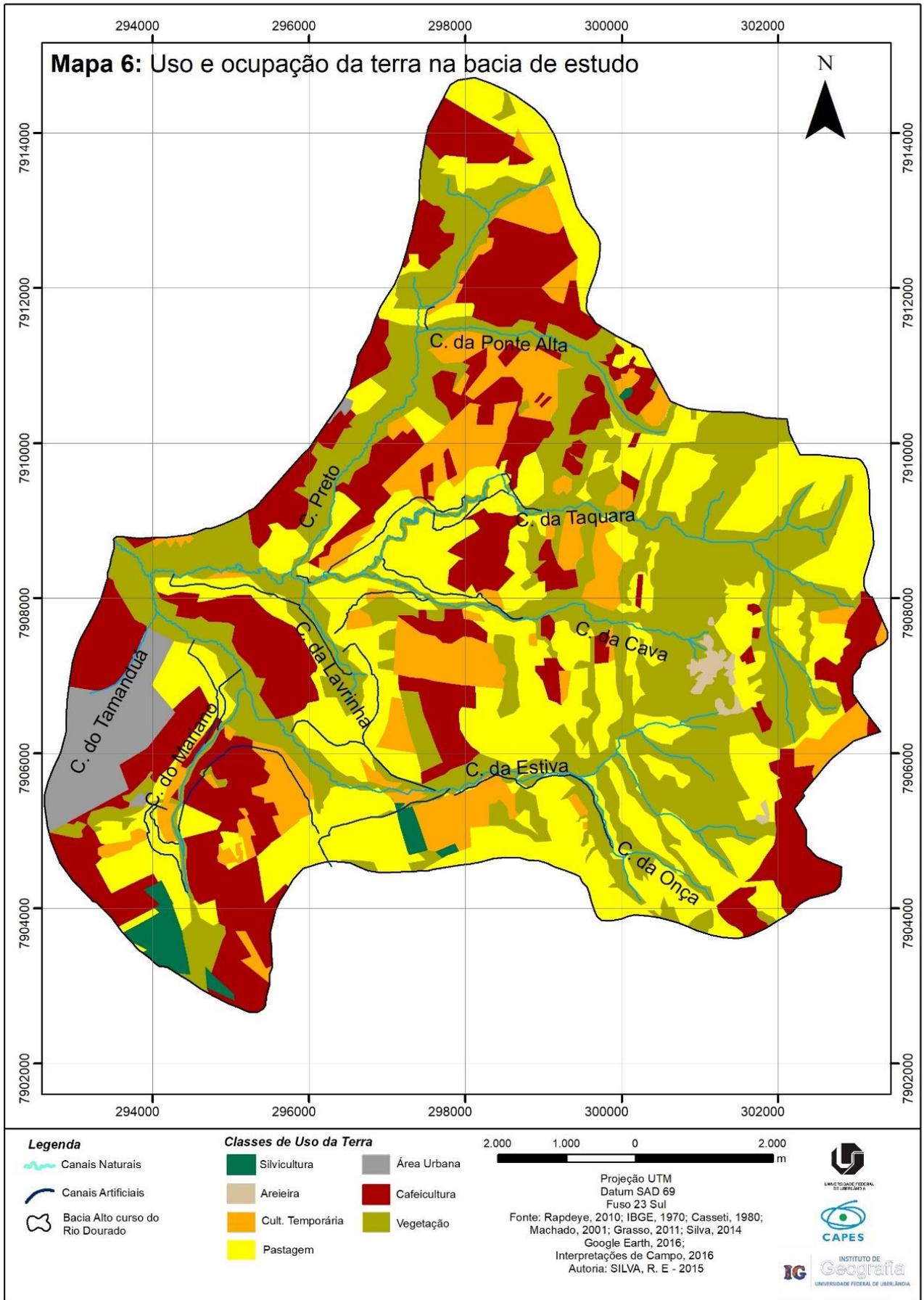
- Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico: corresponde as áreas dos terraços fluviais, textura de média, e sendo de pouca fertilidade, o mesmo contexto de intervenção dos depósitos oriundos dos Dunitos, são bem drenados e apresentam um número considerável de canais abertos artificiais;
- Gleissolo Melânico: presentes nas adjacências de setores dos córregos Preto, da Estiva, da Taquara e da Lavrinha são solos hidromórficos, mal drenados com considerável teor de matéria orgânica. Como ocorrem em terrenos de relevo plano de várzea, precisam ser drenados por canais artificiais, caso observado na bacia de estudo.

Neste contexto (Mapa 5), as derivações efetuam o trabalho de deslocar águas dos leitos fluviais, em direção a solos bem drenados, principalmente latossolos, com boa transição superficial para as camadas subsuperficiais, dada textura média (CASSETI, 1981). Em alguns casos os canais terminam em solos mal drenados, hidromórficos, contribuindo para o complemento na umidade destes ambientes, onde vegetação com afinidade a água prolifera.

Estas características devem ter constituído um atrativo para os primeiros grupos tradicionais que se instalaram na bacia, cerca de 200 anos atrás (SILVA; ALLAN SILVA 2012), e foram responsáveis pelas adequações necessárias a construção do espaço rural. Ao longo de décadas prevaleceram as hortas de subsistência, vastas pastagens da pecuária tradicional e o uso de água baseado na construção das derivações artificiais.

Contudo, ainda que mantenha personagens resistentes aos processos de modernização, que se seguiram no cerrado, a bacia gradativamente é transformada com novos perfis de uso e ocupação. Logo, é pertinente observar no Mapa 6, cujos perfis agrícolas demonstram a presença de culturas diversas, muitas das quais modernas, mas que não se valem de irrigação por canais o que reafirma o foco multifuncional destas estruturas e não o caráter exclusivo da rega.





Embora a bacia tem sido gradativamente transformada, para Silva (2014), em estudo da evolução do uso e ocupação da área, os espaços de agricultura familiar persistem, com marcas de resistência tradicional. As mais significativas mudanças ocorreram tardiamente, já na década de 1990, com transformações técnicas e inclusão de maquinários, questões já comuns no entorno da bacia que finalmente foram introduzidas em sua área. Contudo, em meio a essa nova paisagem, marcada por elementos da modernização, os canais artificiais têm sido mantidos.

Avaliando a configuração de uso da bacia, os mesmos geram impactos na dinâmica entre escoamento superficial e formas erosivas. Os manejos de ambientes rurais dizem muito da conservação de solos e da retenção de água no sistema de drenagem (BERTOL et al., 2001; LANZANOVA et al., 2013). Portanto, para os principais tipos de uso e ocupação (cafeicultura, pastagens e lavouras temporárias [soja e milho]), durante as atividades de campo, foram observados seus desenvolvimentos (Quadro 2).

Zolin et al (2016) apontaram que lavouras, como milho e soja, apresentam considerável redução da perda de água, em comparação aos solos expostos. Contudo, Butzer (1973), vê estas tipologias como problemáticas, gerando formas erosivas ao longo de todo seu desenvolvimento. Para o autor, entre as práticas, inibidoras da erosão, estão aquelas atreladas a construção de curvas de níveis, um esforço para alterar a inclinação do terreno, capaz de amenizar a energia pluvial incidente. Os resíduos das culturas, chamados de palhada, dissipam a energia cinética proveniente do impacto das gotas das chuvas, reduzindo a desagregação de partículas no solo e atenuando o potencial da enxurrada (AMARAL et al, 2008).

Quanto a silvicultura, presente em alguns locais da bacia, os eucaliptais apresentam índices baixos de perda de solo, conforme desenvolvem suas copas e amenizam a ação das gotículas de chuva (MARTINS et al, 2003).

**Quadro 2:** Características dos principais perfis de uso e ocupação na bacia de estudo

Mês/cultura	Cafeicultura (permanente)	Pastagens	Soja (temporária)	Milho (temporária)
<b>Out</b>	Após a safra, vegetação invasora, entre as fileiras de café, atenuando o escoamento superficial	Pastagens exauridas, (estação seca). Nas primeiras chuvas inicia o brotamento	As áreas estão em pousio ou pecuária	Preparo para o plantio da cultura regular de milho
<b>Nov</b>	Controle contra a vegetação invasora, que forma um acamamento de proteção sobre o solo	Segue o brotamento com rápido desenvolvimento das plantas	Ocorre o plantio. Dois ciclos de desenvolvimentos são iniciados com 100 e 150 dias	Desenvolvimento da cultura, vegetação rasteira pode se desenvolver
<b>Dez</b>	Controle da vegetação e adubações nas ruas, com maquinários podendo criar caminhos preferenciais para a água	Desenvolvimento das pastagens, contrabalanceado pelos animais;	São vistas condições erosivas e transporte de sedimentos	Desenvolvimento da cultura;
<b>Jan</b>	As mesmas condições vistas em dezembro,	Cobertura vegetal em boa condição, manejo de animais	Desenvolvimento da cultura	Período de safra;
<b>Fev</b>	Idem mês anterior	Idem do mês anterior	Primeira safra	Pousio, introdução de animais ou milho safrinha
<b>Mar</b>	Idem mês anterior	A presença do gado direciona as áreas para a fase de declínio das pastagens	Áreas direcionadas ao plantio de milho safrinha, pousio ou introduzidos animais	Plantio do milho safrinha, ou outras condições apontadas
<b>Abr</b>	Idem mês anterior	Inicia a estação seca e as pastagens vão sendo gradativamente exauridas	Segunda safra	Desenvolvimento da cultura;
<b>Mai</b>	Preparo para colheitas, ruas são limpas, materiais disponibilizados ao transporte	Pousio, com animais transferidos as áreas antes orientadas para agricultura	Podem ser introduzidos animais	Desenvolvimento da cultura
<b>Jun</b>	Safra – movimentos de maquinários;	As pastagens desgastadas são complementadas pelos silos;	Idem condições anteriores	Desenvolvimento da cultura;
<b>Jul</b>	Safra;	Seguem condições de seca;	Idem condições anteriores	Colheita do milho Safrinha
<b>Ago</b>	Safra;	Seguem condições de seca, em alguns locais queimadas são observadas;	Idem condições anteriores	Superfície coberta por palhada e desenvolvimento de vegetação rasteira;
<b>Set</b>	Finalização da safra e retorno da vegetação nas ruas	Pastagens estão exauridas	Idem condições anteriores	Preparo para o plantio da cultura regular de milho

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de observações em campo

Para as pastagens, Inácio et al (2007), apontam que respondem por valores menores do escoamento superficial (tanto da velocidade, quanto no volume dos fluxos concentrados) e das formas erosivas. Contudo, Sperandio et al. (2012) aponta que, nas pastagens, o arraste de material é potencializado pelas interferências humanas e de rebanhos, sobretudo no desenvolvimento de trilhos, por onde os processos erosivos são catalisados, como na desintegração dos agregados e fechamento dos poros do material superficial. Fatores que potencializam a lamina superficial de água e o transporte de materiais.

Conhecendo as áreas em que se encontram os canais artificiais, se observa que estão sob predomínio das pastagens e quando passam por outros usos, são mantidas faixas marginais com gramíneas (Figura 37). Estas medidas reduzem possíveis impactos dos manejos agrícolas, sobretudo a partir da inclusão de maquinários em lavouras. Quanto à cultura do café, se não fossem as técnicas de manejo, que levam ao plantio em fileiras seguindo a lógica das curvas de nível, esta poderia potencializar as concentrações de fluxos na bacia.

**Figura 37:** Faixa de gramíneas (em média 5 metros) a partir das margens dos canais derivados multifuncionais



Fonte: elaborado pelo autor

Tendo em vista todas estas características, são apresentados os principais cursos fluviais quanto as suas relações de uso e ocupação, especialmente aos canais derivados artificiais:

- Córrego da Taquara: formador principal do rio Dourados, seu nome é uma referência à vegetação encontrada em seu curso, também chamado de córrego do Cedro e da Igreja. Apresenta uma área de drenagem de 15,11 km<sup>2</sup>, com nascentes entre as bordas monoclinais quartzíticas e o topo de Serra Negra. Após vencer os relevos acentuados, corre em áreas suaves, derivando 4 canais artificiais entre terraços fluviais e planícies aluviais, com meandramentos, em meio a pastagem, dada retirada de significativa parte de sua vegetação original. Conforme Silva (2014) apresenta vazão mínima de 7 dias para um retorno de 10 anos (Q7/10) de 0,051 m<sup>3</sup>/s, e tem nas derivações suas principais formas de captação de água;
- Córrego da Cava: com 7 km<sup>2</sup> de área de drenagem, é afluente do córrego da Taquara, nascendo e percorrendo ambientes com as mesmas características, embora possua uma areieira em suas cabeceiras. Recebe esta denominação pelo seu perfil profundo, em meio as margens mutáveis pelos processos erosivos, “as cavas”, que ocorre justamente na transição entre as rampas coluviais e os terraços fluviais. Possui duas derivações como principais formas de captação de água, e tem Q7/10 de 0,017 m<sup>3</sup>/s (SILVA, 2014), e em suas nascentes áreas de extração de areias que contribuem com materiais para o seu leito. Quanto ao uso e ocupação, tem áreas com vegetação nativa e pastagens entre as principais modalidades;
- Córrego da Lavrinha: com 3,17 km<sup>2</sup> de área de drenagem e 0,007 m<sup>3</sup>/s (SILVA, 2014), nasce na transição de terraços fluviais com a planície aluvial que percorre até se juntar ao córrego da Taquara. Na área de sua bacia, recebe dispersão de águas, provenientes de uma derivação do córrego da Cava e outra do córrego da Estiva. Seu nome é uma referência ao trabalho de lavar a terra, costume antigo de abrir sulcos, para esgotar as águas excedentes nos solos. Possui uma única derivação e alguns canais de drenagem, apresentando praticamente a pecuária e horticultura como atividades econômicas.
- Córrego Preto: seu nome faz referência as águas turvas que apresentava, quando da criação de porcos soltos ao longo da bacia. Tem, conforme Silva (2014), área de drenagem de 13,10 km<sup>2</sup> e Q7/10 de 0,04 m<sup>3</sup>/s, possuindo uma única pequena derivação. O córrego da Ponte Alta é o seu

afluente, nomeado em referência a uma passagem antiga de moradores, ainda em suas cabeceiras em meio as bordas monoclinais;

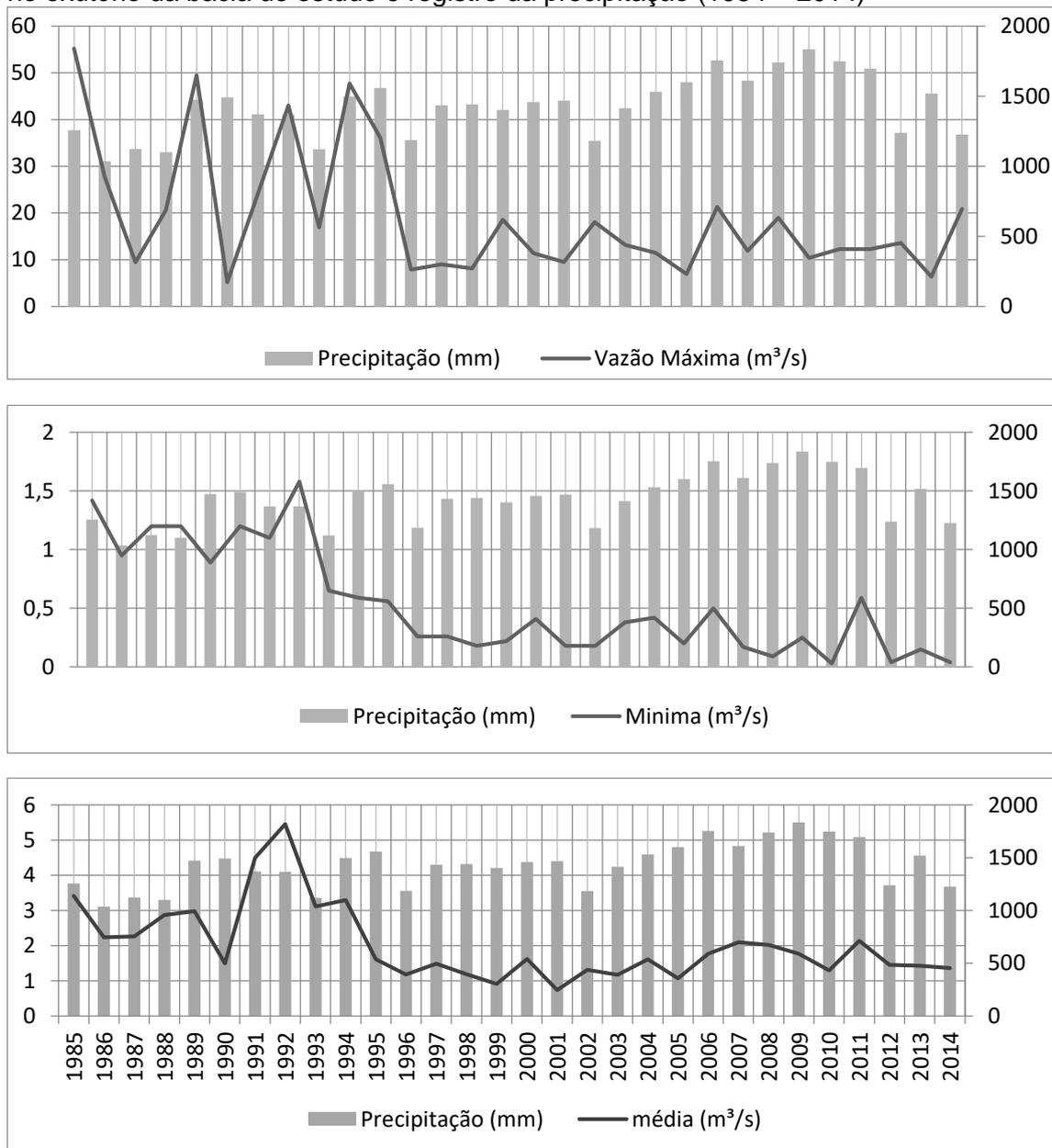
- Córrego da Estiva: o nome faz referência aos antigos processos de esgotamento dos solos úmidos, em sua bacia, e a colocação de madeiras como passagens sobre estes solos, facilitando o acesso dos moradores. Sua bacia apresenta 29,22 km<sup>2</sup> e 0,09 m<sup>3</sup>/s de Q7/10 (SILVA, 2014), nasce no mesmo cenários dos córregos da Cava e da Taquara, com duas derivações partindo diretamente dele, tem ainda 3 afluentes. O córrego da Onça, referência a antiga presença da espécie nas suas matas, com uma derivação, já o córrego do Mariano, nome de um antigo morador, tem 5 derivações, finalmente o pequeno córrego do Tamanduá, não apresenta derivações. Os usos da área variam da pastagem à agricultura diversificada, para o córrego do Tamanduá a degradação corresponde ao avanço da mancha urbana naquela direção.

O Córrego da Taquara após reunir as águas dos córregos Preto, da Ponte Alta, da Cava e da Lavrinha, segue em direção ao exutório da área de pesquisa, se unindo ao córrego da Estiva. No local é formado o rio Dourados, que recebe esse nome pelos registros da espécie de peixe Dourado (espécie *Salminus maxillosus*), o que atesta a importância de sua cabeceira como área de reprodução de espécies continentais. Neste ponto está a estação de monitoramento Charqueada do Patrocínio, de competência da Agência Nacional das Águas, com dados pluviométricos e fluviométricos, permitindo acompanhar a evolução hidrológica das últimas décadas. Sendo que os Gráficos de 1 a 3 relacionam a vazão (mínima, máxima e média) com a precipitação em uma série de 30 anos.

Os valores de vazão, ainda que frente a períodos de aumento das precipitações, aparecem gradativamente reduzidos a partir do início da década de 1990. Esta redução, tanto nas máximas quanto nas mínimas, gera um cenário complexo, pois não são observados reservatórios expressivos que seriam capazes de atenuar os picos de cheia, além do fato que essa condição deveria então regularizar as vazões mínimas. Para Koulori e Giourga (2007) mudanças de uso da terra, a partir de transformações sociais e econômicas, podem gerar impactos tanto positivos quanto negativos, atrelados à maneira como as formas

superficiais evoluem frente as novas configurações, potencializando ou amenizando os fluxos superficiais, efetuando formas erosivas e deposicionais.

**Gráficos de 1 a 3:** Vazões (máximas, mínimas e médias) e precipitações, registradas no exutório da bacia de estudo e registro da precipitação (1984 – 2014)



Silva (2014), HIDROWEB – ANA (2014). Regionalização para o ano de 1990

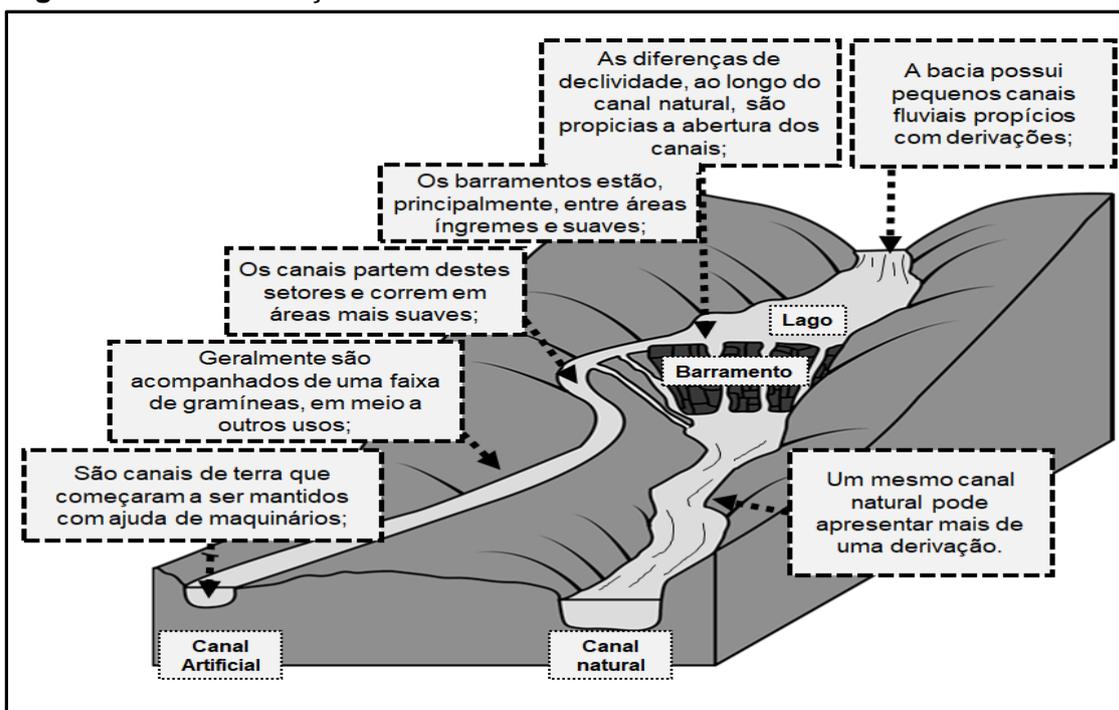
Aceitando que os tipos de uso e ocupação sejam os maiores responsáveis por estas mudanças e, na ausência de intervenções como grandes barragens, aspersores ou pivôs, que poderiam justificar a supressão das vazões mínimas, é possível que assinaturas topográficas guardem relação com esta condição. Neste caso, o modo como as derivações têm sido geridas, a partir das mudanças

socioculturais que se seguiram nos anos de 1990 (SILVA, 2014), podem responder por diferenças na dinâmica hidrológica da bacia. Entre estas mudanças estariam o alargamento dos canais derivados (por maquinários), aumento do consumo de suas águas e o fim das atividades de manutenções nos trechos finais.

#### 4.2.1 Sistematização

A partir das considerações do item 4.2, estão evidenciadas as condições, favoráveis da bacia de estudo, para a investigação de cenários e morfologias, atrelados aos canais derivados multifuncionais. Sendo vantajoso o número de derivações, suas condições rudimentares que permitem melhor observação da dinâmica sedimentar, do desenvolvimento vegetal e efeito das manutenções sobre as estruturas. As questões levantadas são aprofundadas nos próximos itens, sobretudo àquele relativo ao **“Sistemas de derivação e as implicações hidrogeomorfológicas para a dinâmica do escoamento superficial”** e o responsável por apresentar os **“Cenários com influência dos canais derivados para a transferências de fluxos e sedimentos”**. A Figura 38 traz uma sistematização de aspectos, encontrados na bacia de pesquisa, em relação aos canais derivados e que serão necessários ao longo das próximas análises.

**Figura 38:** Sistematização da área de estudo com foco nos canais derivados



Fonte: elaborado pelo autor

### **4.3 Os canais derivados como assinaturas topográficas humanas (ATH's)**

Conforme o item anterior foram discutidas, pela hipsometria, declividade, litologia, tipos de solo e o uso e ocupação, as configurações das paisagens encontradas na bacia de estudo, e em quais destes ambientes se encontravam os canais derivados multifuncionais. Agora, são espacializados e representados como canais derivados multifuncionais estão dispostos na bacia e podem influenciar, a partir de suas características, aspectos hidrogeomorfológicos.

As configurações das superfícies e os diferentes usos do solo, discutidos em outros trabalhos científicos, inclusive para esta bacia (SILVA, 2014), produzem respostas relacionáveis aos canais derivados artificiais. Importando avaliar se de fato estas estruturas serão meios de intensificação das conectividades vertente-canal, com maior velocidade do fluxo e transporte sedimentar ou, por suas morfologias, serão barramentos para os fluxos produzidos nos contextos de vertentes.

Quanto as características morfológicas, como visto, os canais artificiais estão em maior número em um determinado setor da bacia, sendo necessário, em primeiro lugar, considerar a influência das condições do relevo e da drenagem para este contexto. Por isso, são apresentadas as configurações morfológicas, para que se entenda como fatores naturais incidiram nas ações humanas, que então passaram a alterar os aspectos ambientais.

#### **4.3.1 Inclusão e espacialização das assinaturas topográficas humanas no contexto das formas e materiais superficiais presentes na área de estudo**

No caso das derivações, para se ter noção do alcance de suas configurações, foram realizadas medições dos diques marginais (Figura 39). Desta forma são sugeridos como estas estruturas se comportariam, em relação ao deslocamento do escoamento superficial. Como não seria possível atribuir aos canais derivados somente a função de um sistema de transposição, é necessário especificar cada uma de suas configurações e como interagem com as dinâmicas hidrogeomorfológicas.

**Figura 39:** Diques antrópicos no canal derivado permitem realçar as diferenças de dimensão que podem apresentar



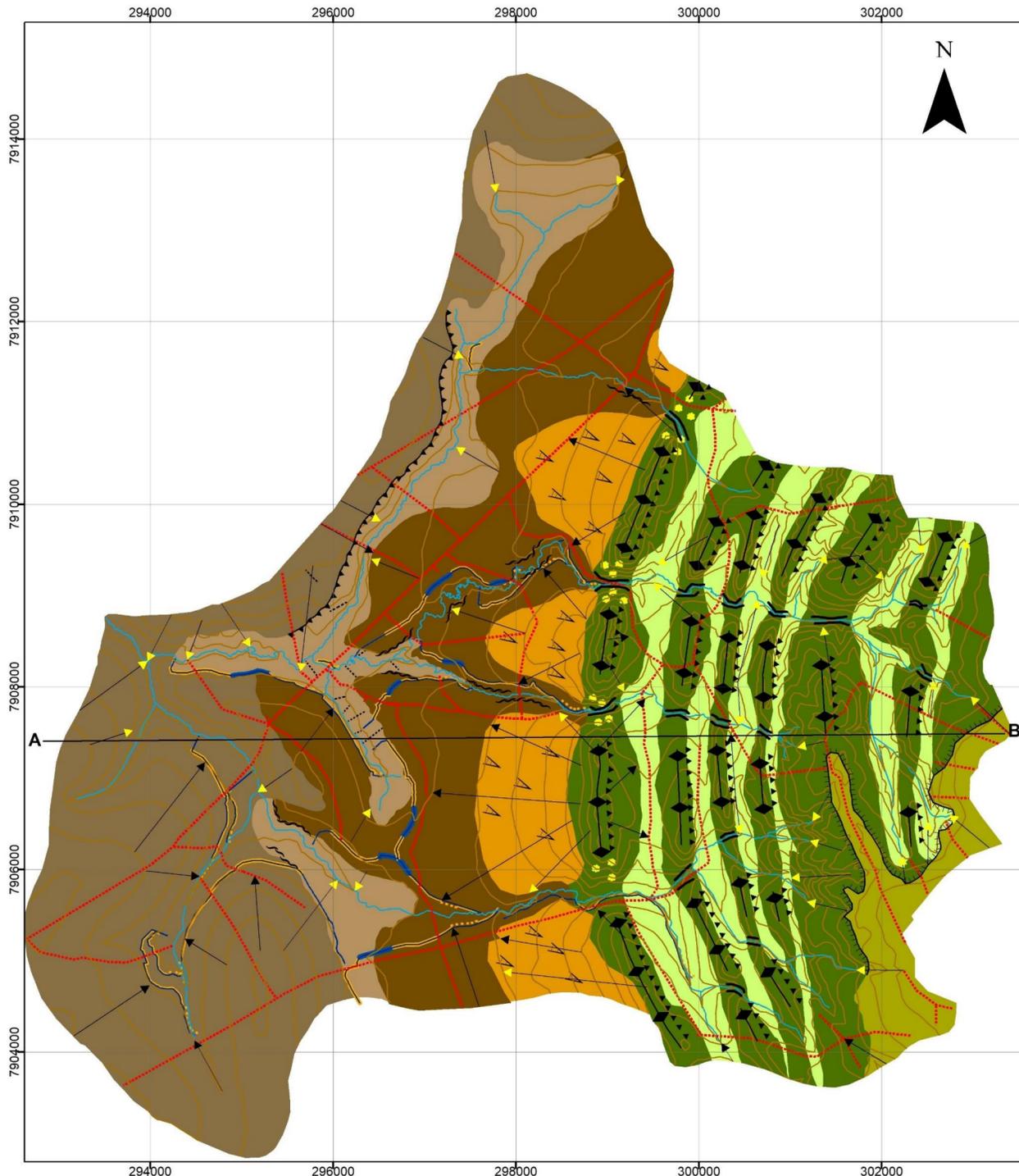
Fonte: elaborado pelo autor

Por ser preciso conhecer a espacialização destes elementos, que constituem formas antropogeomorfológicas, são apresentados em conjunto com as compartimentações do relevo no Mapa 7. A partir disso são discutidas as direções dos fluxos, alteradas pela presença de assinaturas, como canais e estradas, que constroem uma resposta hidrológica particular para bacias com estas condições.

Na borda sudeste, estão setores mais elevadas, cerca de 1200 metros acima do nível do mar, em uma superfície de Arrasamento Terciário com Coberturas Detrito-lateríticas (CASSETI, 1981). São encontradas propriedades predominadas por pastagens e algumas manchas agrícolas cafeeiras. Estes ambientes, com pouca disponibilidade de água concentrada e presença de concreções lateríticas, não contribuíram para a abertura de derivações.

Em sequência, são as Bordas Monoclinais Quartzíticas, intercaladas por vales sobre folhelhos silto argilosos, com presença de canais fluviais que permitiriam as derivações dos fluxos. Contudo o relevo acentuado, entre as cristas monoclinais quartzíticas e os fundos de vale incisivos sobre rochas (MACHADO, 2001) tornariam problemáticas as construções destas estruturas.

**Mapa 7 - Formas, Materiais Superficiais e Assinaturas Topográficas Humanas**



**Convenções Cartográficas**

- Curvas de Nivel
- Canal Artificial
- Canal Natural
- Bacia do Alto Curso do Rio Dourados

**Assinaturas Topográficas Humanas**

- ..... Dreno
- ..... Estradas
- ..... Canal Abandonado
- Sujeito a Rompimento
- Trecho Alagado
- Canal - Dique Inferior
- Canal - Dique Duplo

**Formas e materiais superficiais**

- Vertentes suaves sobre materiais xistosos - Grupo Canastra
- Bordas Monoclinais em Quartzitos - Formação Paranoá - Grupo Bambuí
- Vales assimétricos sobre Folhelhos Silto Argilosos - Formação Paranoá - Grupo Bambuí
- Superfície de Arrasamento Terciária com Cobertura Detrito - Laterítica
- Rampas de Colúvios Pedogeneizados
- Terraços Fluviais com depósitos arenosos parcialmente ou totalmente pedogeneizados
- Planície Aluvial com depósitos argilo-turfaços

**Elementos Pontuais e Lineares**

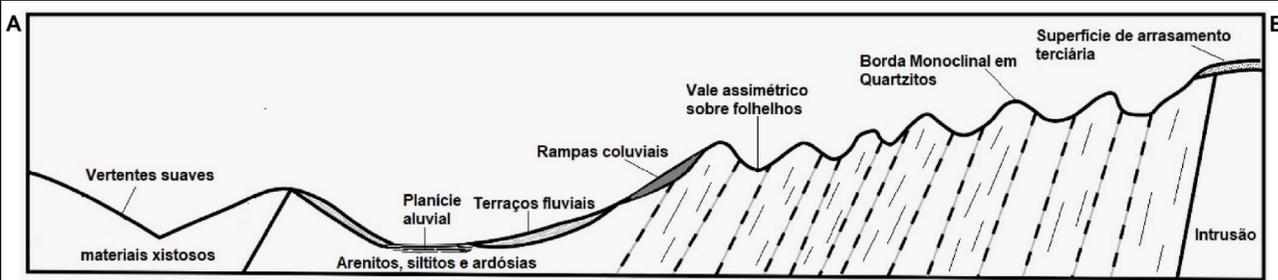
- ▲▲▲ Escarpa de Falha Inversa
- ▲▲▲ Cristas Monoclinais Quartzíticas
- Gargantas Epigenicas
- Cornija
- Bordas de Terraços Elevadas
- Blocos de Quartzitos
- ▲ Pedimentos

**Orientação de Fluxos**

- Escoamento Original
- Escoamento Interceptado



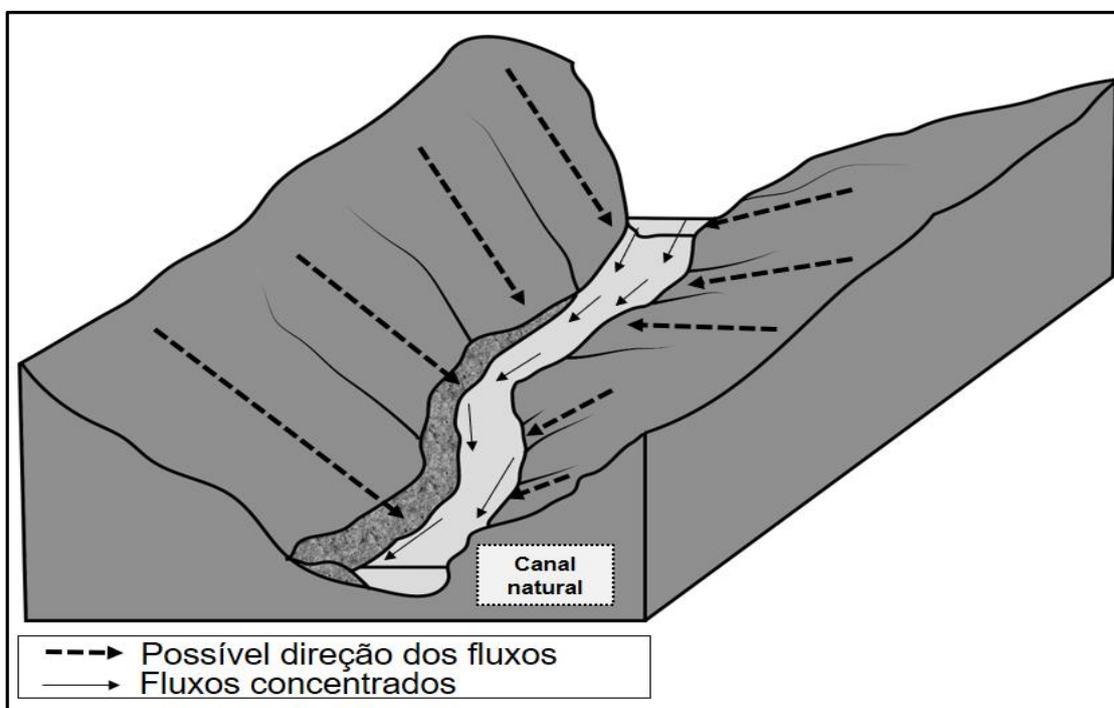
Projeção UTM  
 Datum Sad 69 Fuso 23 Sul  
 Fonte: CASSETI, 1981; MACHADO 2001  
 TORRES, 1977; IBGE, 1970.  
 Imagem de Satélite: ALOS, 2015  
 Autoria: SILVA, 2018



Mesmo nos vales assimétricos ortoclinais, com superfícies suaves, a abertura de canais é pouco comum, dada a dificuldade de construir os barramentos em trechos encachoeirados (SILVA, 2014). Durante trabalho de campo, moradores apontaram locais onde ocorreram tentativas de instalação das estruturas, logo abandonadas pelas dificuldades em manter esses serviços, já que os canais rompiam facilmente em meio a dificuldade de criar sulcos mais profundos, dados os perfis rochosos.

Na ausência das derivações, a dinâmica hidrogeomorfológica deve apresentar condições já observadas, sobremaneira em ambientes onde a declividade é acentuada (MENDES, 2006; IMAIZUMI et al, 2010), sendo os manifestos de uso e ocupação os principais influenciadores desta dinâmica. A Figura 40 sugere como se daria o deslocamento superficial da água, nos trechos em questão, e exemplifica condições encontradas antes da abertura das ATH's. Nestes casos, os fluxos difusos e concentrados são influenciados pela vegetação e condições superficiais das vertentes, indicando como se dariam as direções originais do escoamento superficial, sem influências das rupturas superficiais das ATH's.

**Figura 40:** Configuração esperada em trechos sem canais artificiais para o deslocamento da água dos interflúvios ao fundo de vale



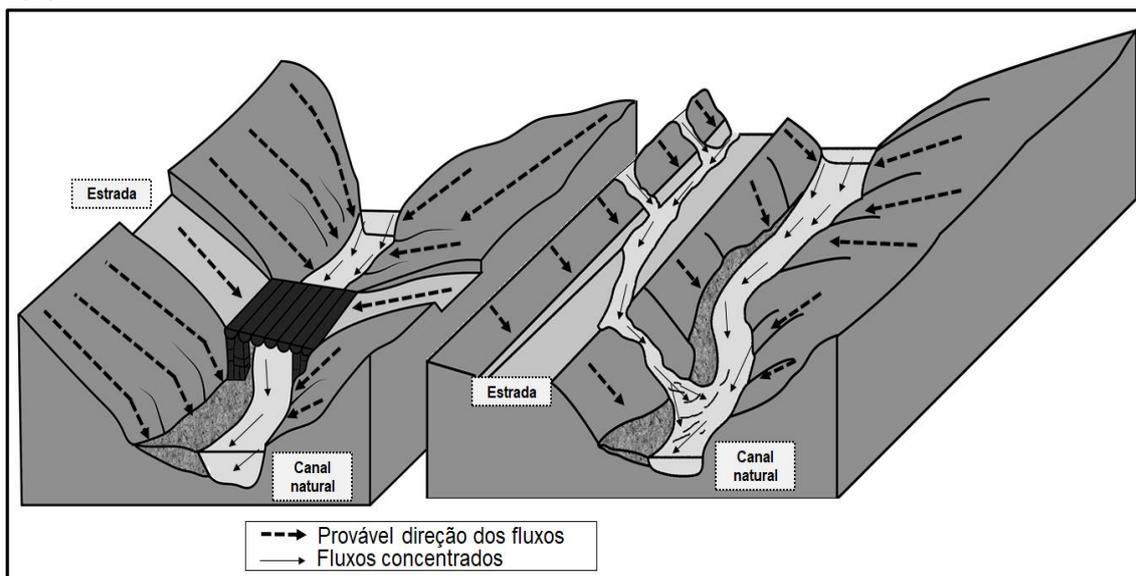
Fonte: elaborado pelo autor

Nesta bacia, nos setores de relevos acentuados, se tem a questão dos fluxos superficiais atenuada pelo predomínio da vegetação nativa densa, composta por florestas estacionais, perenifólias (PEREIRA et al, 2011). Como mostram Vanzela et al (2010), ambientes com matas permitem maior infiltração, reduzindo a disponibilidade de fluxos em direção aos cursos fluviais. Logo, a vegetação ainda atenua o impacto das gotas e ameniza a disponibilidade de materiais ao transporte.

Para além da vegetação nativa, as pastagens configuram como a principal forma de apropriação destes ambientes e não apresentam a mesma eficiência na infiltração de água, pois o solo é gradativamente compactado e o escoamento superficial favorecido (ZIGOMAR; ALVES, 2003). Para as demais áreas de cultivo, Dai et al (2009) considera que alguns tipos agrícolas atenuam a ausência da vegetação nativa, no que se refere a produção de sedimentos. Contudo, é válida a sugestão de Antoneli e Berdinarz (2010) que mostraram cultivos agrícolas promovendo, a partir de suas características, significativa concentração de fluxos, formas erosivas e perdas de solo. Os autores, em estudo com cultivo temporário, chegaram a valores elevados de perda de solos (na ordem de 27,5 T/hectare de fumo).

Para Asfaha et al (2015) bacias tropicais apresentam respostas hidrogeomorfológicas a partir da associação das precipitações com as condições de uso e ocupação. A carga hidrossedimentar nos canais, atenuada em ambientes cuja vegetação é arbórea, vai progredindo conforme os tipos de uso e ocupação geram “cicatrices” (ATH’s), nas quais os fluxos podem se concentrar, como em ravinas, voçorocas e nas construções e manutenções de estradas. Para Fontana (2007) as estradas funcionam como catalizadoras da conectividade entre vertentes e os fundos de vale, condição observada também em Crocke e Mockler (2005), Mirus et al (2007) e Cunha et al (2013) e vista na bacia, autores que atestaram como as intervenções promoveram erosão e impactam nas respostas hidrológicas dos canais naturais (Figura 41).

**Figura 41:** Modelos sugeridos para a conexão dos fluxos entre estradas e fundos de vale.



Fonte: elaborado pelo autor. O primeiro caso apresenta a conexão se dando entre o cruzamento da estrada e o canal natural, geralmente áreas com pontes ou passagens do tipo vau. Já o segundo sugere que a estrada, mesmo estando paralela ao fundo de vale, concentra os fluxos que posteriormente são direcionados ao curso fluvial.

Cunha et al (2013) defenderam que a conexão entre estradas e rios conduz ao aumento das vazões e sedimentos oriundos das vertentes, com os canais (Figura 42). De fato, estruturas feitas pelo homem, como as estradas e desmatamento são facilitadores da conectividade hidrogeomorfológica da água e sedimentos ao longo do sistema de drenagem (LATOCHA, 2010).

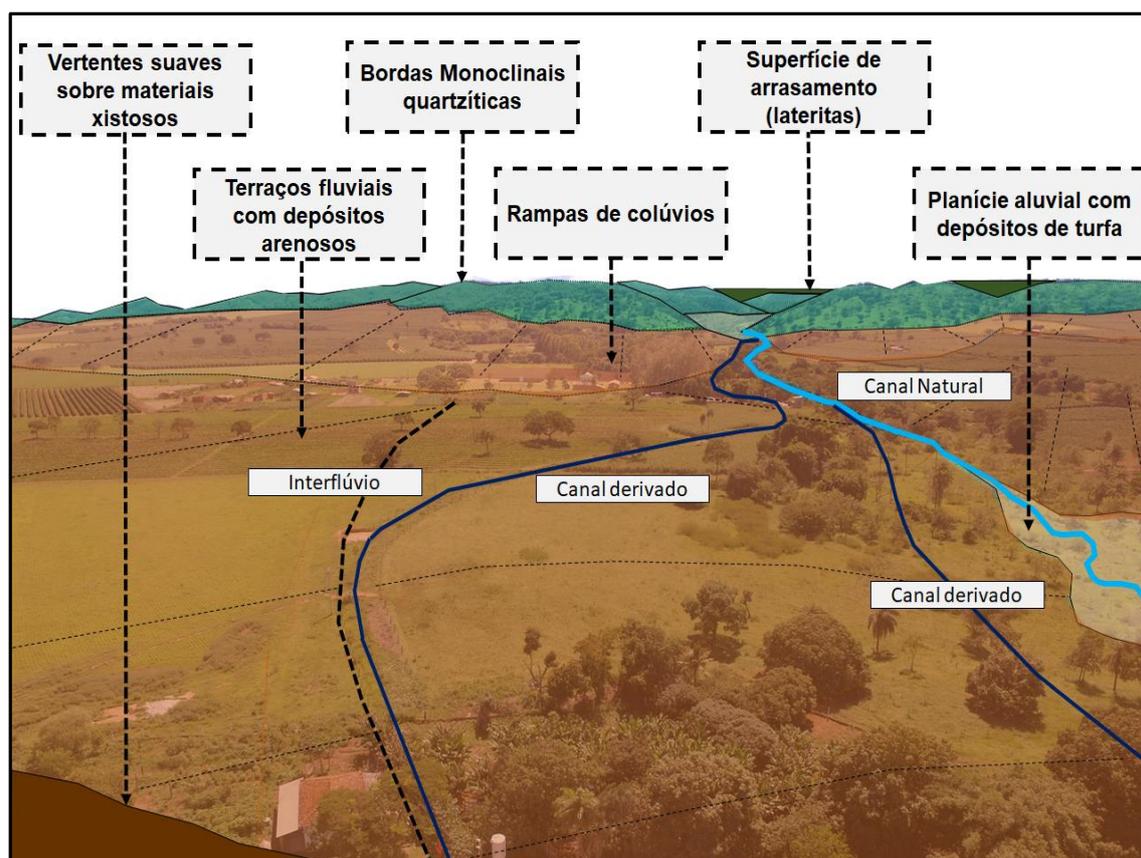
Seguindo a análise dos compartimentos da bacia, para além das bordas monoclinais e dos vales assimétricos, estão superfícies mais suaves e com características propícias ao desenvolvimento dos sistemas de derivação. São ambientes transitando de vertentes íngremes para aquelas menos declivosas, representados por rampas coluviais e terraços fluviais (Figura 43). Nestes trechos, se encontram derivações iniciadas no limite das bordas monoclinais, onde os cursos naturais já se encontram em espaços com vertentes em materiais pedogeneizados, favoráveis a instalação de pequenos barramentos e posterior abertura dos canais artificiais.

**Figura 42:** Na bacia de estudo, exemplo da comunicação entre estrada e canal fluvial



Fonte: elaborado pelo autor. Realce do caminho preferencial da água no cruzamento de duas estradas em direção ao canal natural na altura de uma ponte.

**Figura 43:** Diagrama da paisagem da bacia de estudo



Fonte: elaborado pelo autor. Os setores mais elevados correspondem as áreas cuja a presença de canais artificiais é nula. Na transição dos setores elevadas, para os terraços fluviais, é possível notar rampas de colúvios pedogeneizados em rampas, nesses setores alguns canais derivam dos cursos naturais seguindo em direções mais suaves, com alguns alcançando interflúvios. Canais artificiais nas áreas mais suaves, geralmente descrevem percursos próximos as planícies aluviais, sendo comum para todos os casos a dispersão de fluxos nestas áreas.

Os canais derivados sequentes, abertos nas áreas centrais dos terraços fluviais, em alguns casos apresentam transposições. Embora a maioria destas operações sejam dentro da própria bacia, na porção sul, um caso é específico por transpor águas da bacia do rio Dourados para a bacia do ribeirão Salitre, afluente do rio Araguari. Os demais canais artificiais estão em uma faixa que se estende de nordeste para sudoeste, com relevos suaves do grupo canastra, propícios a estes sistemas. Neste âmbito, um único córrego fornece vazões suficientes para esta apropriação com 5 derivações. Dado que reafirma como este modelo de apropriação é necessário para a dinâmica social, surgindo naqueles locais onde condições hidrológicas e geomorfológicas permitam.

Uma vez instalados, os sistemas geraram alterações em toda rede de drenagem, compondo novas camadas junto as formas pré-existentes no relevo. Como observado no Mapa 7, não havia apenas uma morfologia para estes canais. Na verdade são várias as configurações observadas em campo e apresentadas a seguir, com sugestões de seus significados para a circulação das águas na bacia. Ainda é possível apresentar interações entre assinaturas e fluxos, que desdobrem os significados para as setas de direções dos fluxos, sugerida no produto cartográfico.

#### **4.3.2 Assinaturas topográficas para os sistemas de derivação**

Nas formulações iniciais deste trabalho, se considerava que os canais artificiais eram constituídos exclusivamente pelos sulcos, limitando impactar a dinâmica das vertentes pela coleta direta dos fluxos. Contudo, em campo, foi observado que esta proposição era reducionista pois, conforme recebem manutenções, esses canais alcançam maior complexidade. É justamente este o caso desta bacia, onde distintas configurações morfológicas artificiais foram moldadas em mais de 150 anos de ocupação.

Os barramentos formam o primeiro processo de alteração hidrogeomorfológica, promotores de mudanças na conectividade fluvial, na deposição de sedimentos; redução das velocidades dos fluxos; alteração do caudal natural e transferência de águas e sedimentos para as vertentes. A Figura 44 apresenta como se dá o início das transposições, pela presença destas estruturas que podem alterar o

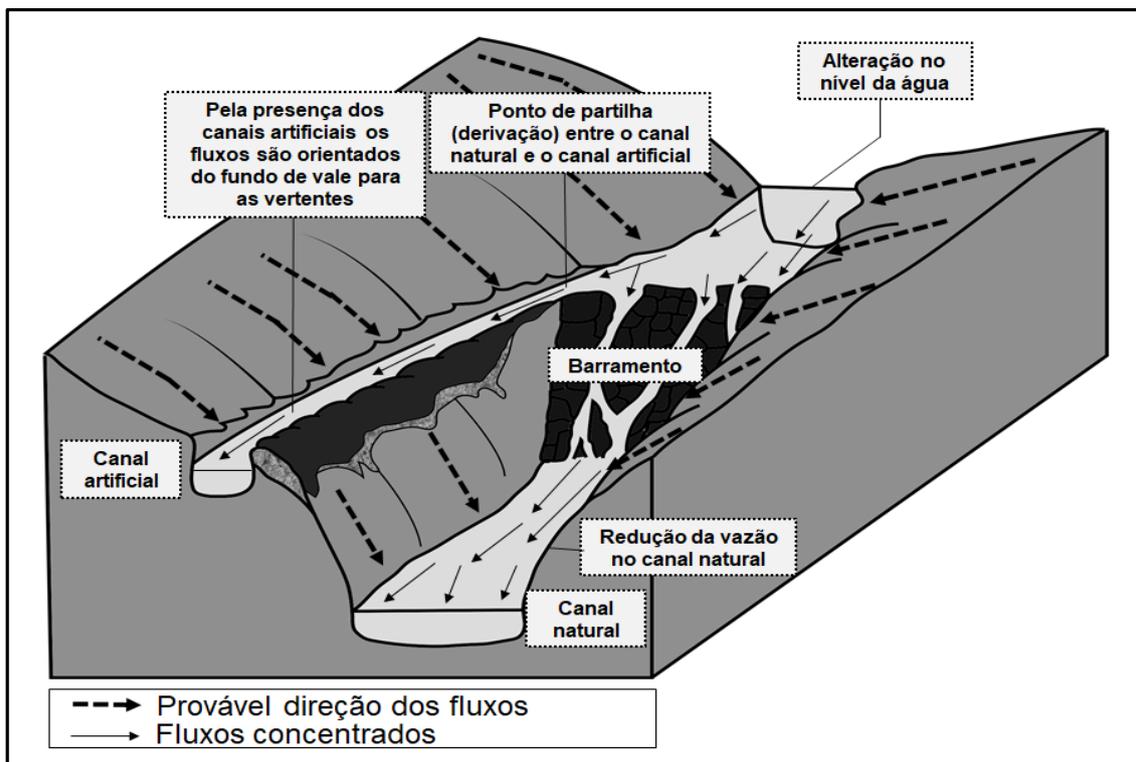
nível de base, com mudanças na altura da água e na dinâmica de transporte no trecho de alagamento.

Pela queda na quantidade de sedimentos em transporte, a jusante do barramento, ocorrem mudanças no canal natural, prevalecendo a retirada de sedimentos e não a sua deposição. Como sugere Coelho (2008), existe o entalhamento e desenvolvimento do nível de base, questões que repercutem na erosão das margens e oferecem materiais a serem depositados em ambientes a jusante. É possível dizer que os barramentos catalisam agradação a montante do barramento, com a retenção de sedimentos, e a degradação a jusante do mesmo, representada pela erosão fluvial.

Para Stephens (2011), ao longo do tempo, as barragens perdem sua capacidade de armazenamento de água pelo assoreamento, necessitando de dragagens para retorno de suas condições plenas. Contudo, ainda que o aumento da carga de fundo seja considerado impacto severo, com redução da vida útil dos reservatórios (GUERRA, 2011), para os pequenos barramentos da bacia, não se verificou a intenção de armazenar água, pelo contrário, o foco é a transferência de vazões em direção às vertentes. Por isso, foram observados represamentos tomados por sedimentos, formação de leitos elevados pela deposição, configuração que não impedia a transferência de fluxos para as derivações. De fato, como mostraram Cruz e Rodrigues (2013 e 2014), em estudos sobre o impacto dos processos produtores de sedimentos, o assoreamento de lagos, construídos por barramentos, constituem ameaça a funcionalidade destes espaços.

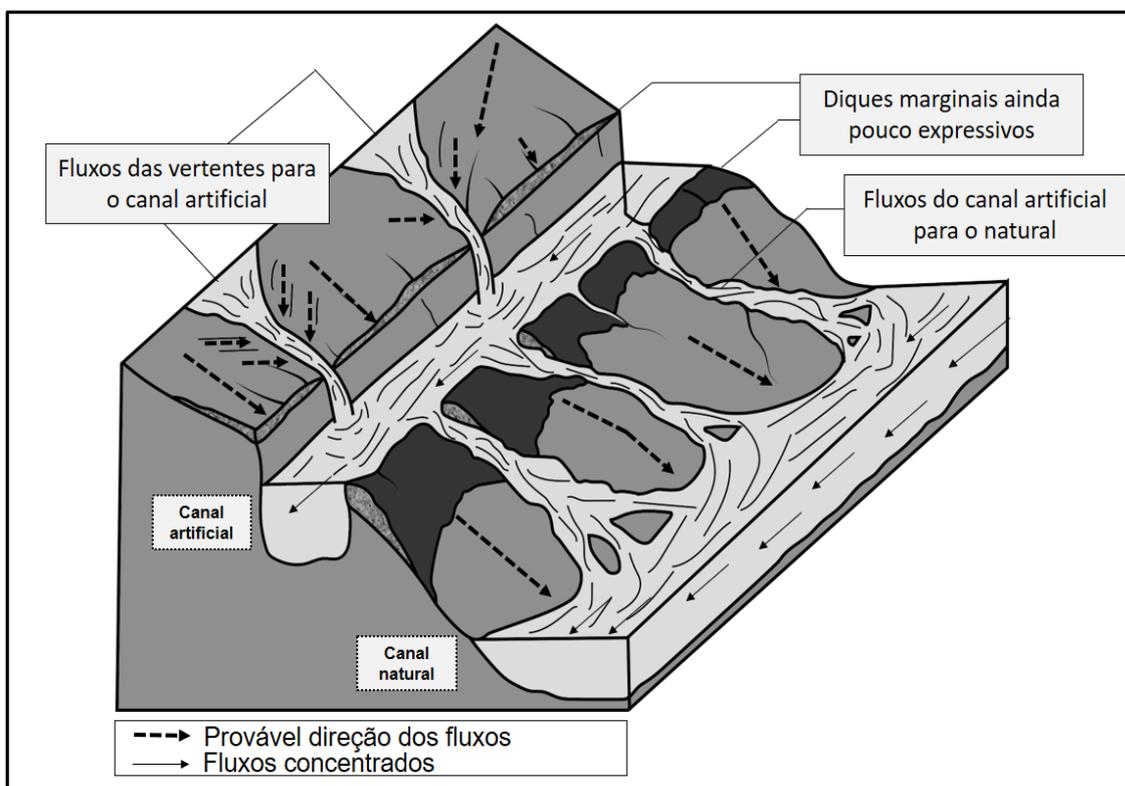
Quanto à abertura do canal, um nível de interceptação é criado na meia vertente, formando áreas suspensas de deposição dos materiais que, originalmente, deveriam se direcionar ao fundo de vale. É contrastante que, enquanto o canal natural a jusante do barramento entalha o talvegue, na meia vertente, parte dos sedimentos é retida, intensificando a falta de materiais deslocados ao longo do fundo de vale. Nos primeiros trechos destes canais derivados ocorrem rupturas pelo aumento de fluxos oriundos da vertente ou do curso natural. A ausência de diques marginais, que facilitam estes cenários, se deve a menor deposição de partículas e as vertentes íngremes, que dificultam a estabilização dos materiais. (Figura 45).

**Figura 44:** Derivação do canal a partir de barramento com desconectividade no canal natural



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 45:** Início da derivação com rompimentos ou transbordamento dos canais que aliviam os fluxos.

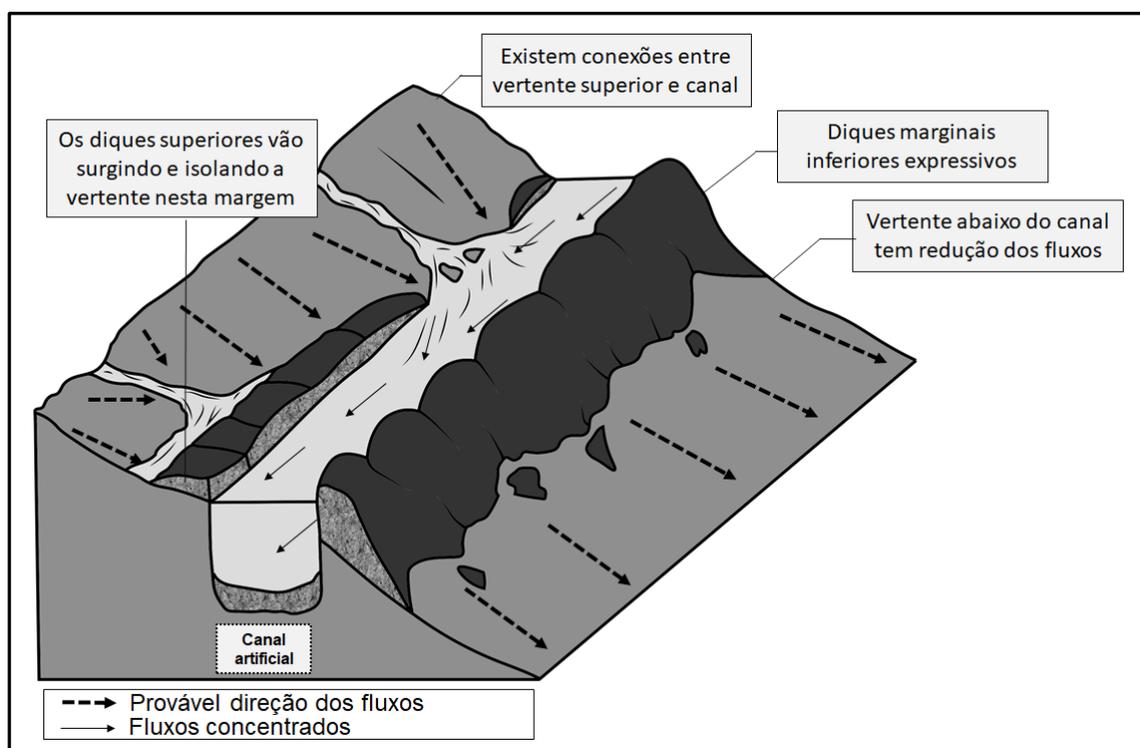


Fonte: elaborado pelo autor

Como os pontos de ruptura são geralmente notados no início das derivações os fluxos podem retornar aos fundos de vale com facilidade. Neste caso a conexão entre vertente e cursos fluviais é atenuada, pela participação dos canais artificiais, mas não impedida. Em alguns canais, os usuários facilitam as condições para que excessos de água sejam liberados, evitando prejuízos ao longo do percurso com desestruturação das margens, transbordamentos e rupturas.

Conforme avançam pelas vertentes os fluxos concentrados são reduzidos, pelos consumos e perdas, resultando em significativa acomodação de partículas no leito, principalmente na presença da vegetação. A retirada desses materiais, e seu reposicionamento marginal, aumenta inicialmente os diques antrópicos, principalmente na parte inferior do curso (Figura 46). Esta configuração dificulta vazamentos e auxilia a condução de fluxos coletados ao longo da vertente, embora este último caso seja logo abandonado pela formação de diques nas margens superiores (Figura 47), se destacando a colonização vegetal dos diques para o estabelecimento dos mesmos, os protegendo de erosão.

**Figura 46:** Canal derivado em casos de limpeza dos sedimentos são formados diques marginais, inicialmente na parte voltada ao fundo de vale, como medida de contenção dos fluxos



Fonte: elaborado pelo autor

Em trechos com aumento da vegetação, associados a presença de rebanhos bovinos, pisoteando as margens da derivação, são criados alagados (Figura 48), cenários com breve indefinição dos leitos artificiais, em relevo suave, sendo novamente canalizado. Estas condições emulam, de algum modo, as chamadas regas por lameiros, de áreas agrícolas vistas, por exemplo, nos canais derivados portugueses (PÔÇA, 2006).

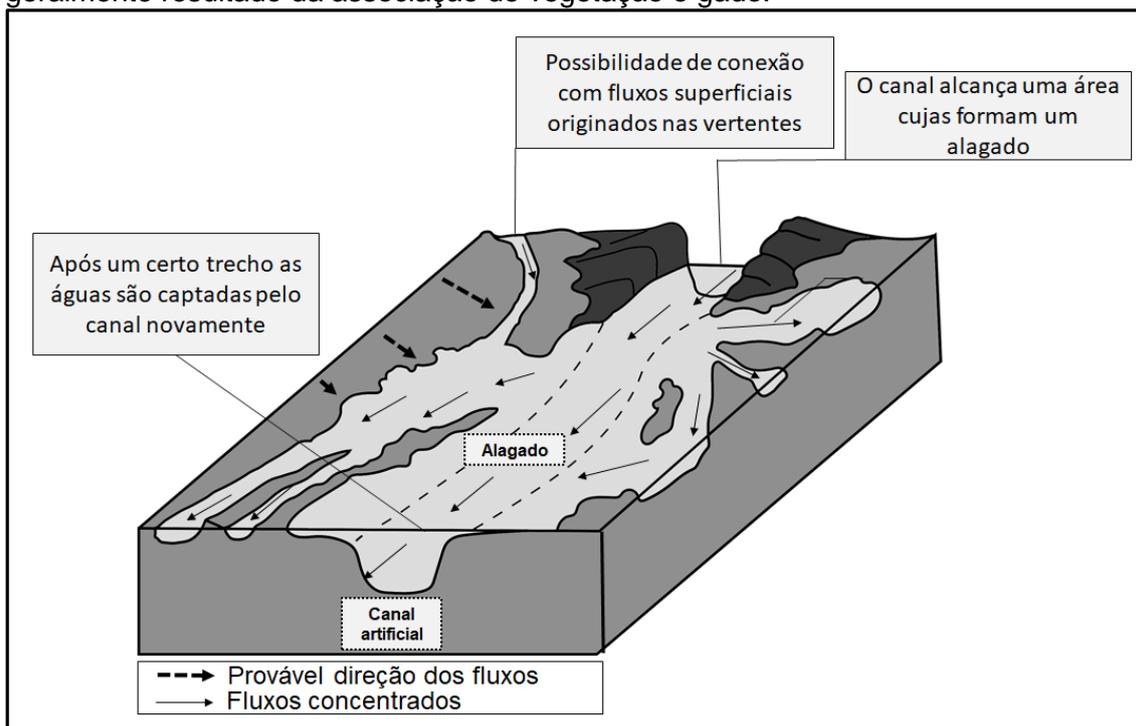
**Figura 47:** Diques desenvolvidos na margem inferior e acúmulos na margem superior, apontando um futuro dique também nesta linha



Fonte: elaborado pelo autor

De fato, a presença de gado ao longo das derivações se mostraram geradoras de impactos em vários trechos, sendo o manejo de rebanhos e suas repercussões hidrogeomorfológicas explorados na literatura. Como Dias e Thomaz (2011) que investigaram esta questão em canais naturais, mostrando que o gado, além de mudanças na geomorfologia de vertentes, impacta a dinâmica fluvial, sobretudo na geometria dos rios. Para o caso dos canais pesquisados, é visível que os proprietários somente permitem a presença constante dos animais nas áreas com menores declividades, onde a ruptura mecânica promove alagamentos localizados, com gramíneas desenvolvidas e pastadas, principalmente na estação seca.

**Figura 48:** Canal artificial com dispersão de fluxo em um determinado ponto, geralmente resultado da associação de vegetação e gado.

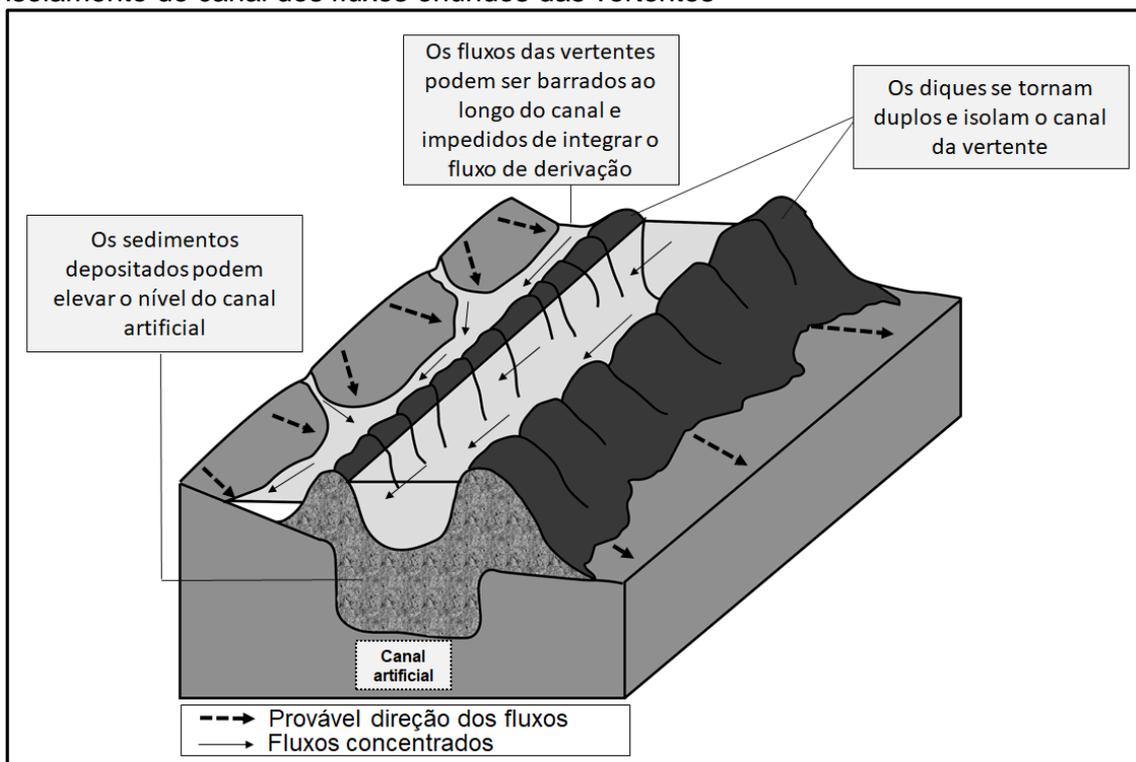


Fonte: elaborado pelo autor. A supressão dos diques pelo pisoteio de animais ou menor número de manutenções, o que aumenta a sedimentação de leito, promove condições de alagado em áreas planas, nestes setores fluxos externos podem voltar a se conectar com os canais artificiais.

Retornando aos fluxos concentrados, gradativamente, são formados diques na margem voltada ao topo da vertente (Figura 49), pois o lado inferior pode se tornar muito elevado, inviabilizando receber novos depósitos, então lançados na outra margem. Na bacia de estudo esse processo ocorre principalmente em áreas de relevo suaves, onde diques chegam a ultrapassar 1 metro de altura e de 2 metros de largura, (Figura 50).

Com esta configuração, a vertente passa a ser seccionada pelo canal que, na linha da margem voltada para o topo, possui condições de reter volumes e gerar deposições. Logo, estas estruturas modificam a distribuição dos processos hidráulicos e geomórficos, como lembram Fryirs e Brierley (2012), a respeito das obras de intervenção que modificam superfícies (Figura 51).

**Figura 49:** Canais artificiais com diques em ambas as margens sendo notável o isolamento do canal dos fluxos oriundos das vertentes

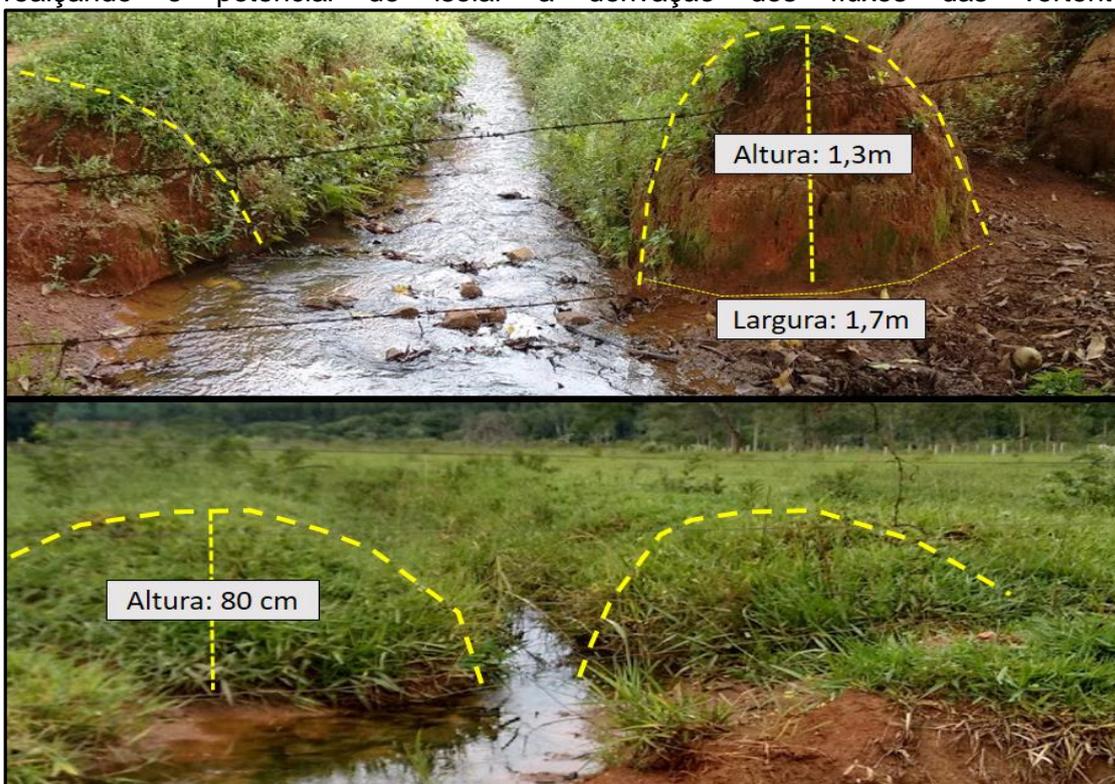


Fonte: elaborado pelo autor

A maneira como as estradas se relacionam nas vertentes (Figura 52) é alterada, na intersecção com os canais derivados, já que a presença de manilhas, tubulações ou pontilhões elevam as vias, condições suficientes para criar retenções de fluxos. Embora as estradas funcionem como conectores para os fundos de vale, na presença dos canais derivados se tornam pontos de desconexão. Como mostra a Figura 53, o fluxo concentrado na estrada é impedido de seguir em direção as áreas mais baixas, pela elevação sobre a passagem do canal artificial.

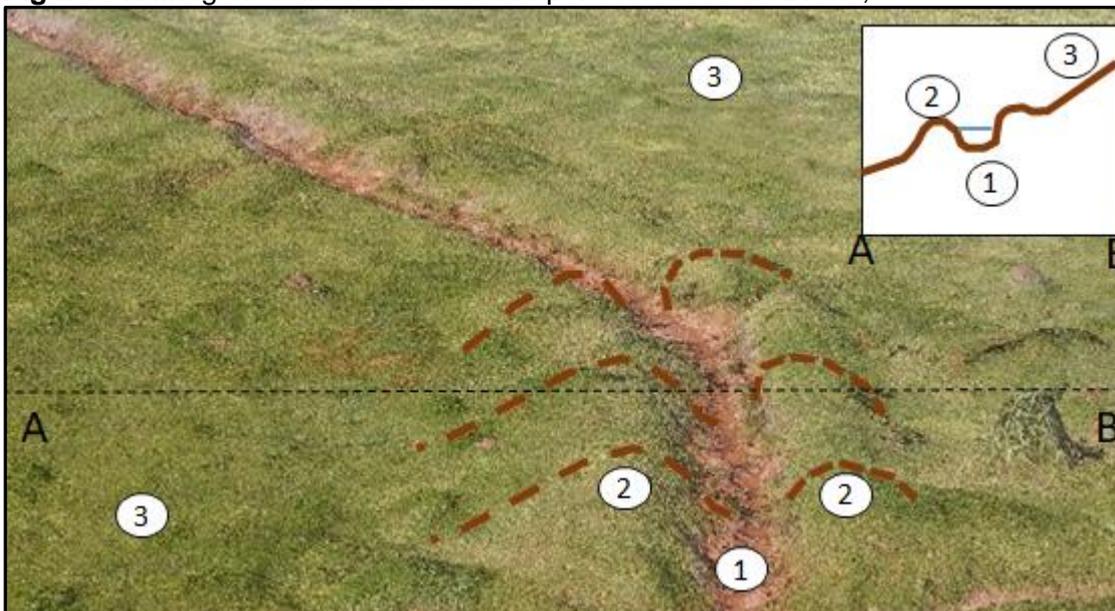
As dinâmicas de deposições provocam mudanças gradativas e marcantes para a evolução da paisagem. Os diques marginais, conforme são elevados, permitem que parte dos materiais acomodados nos leitos seja mantido dentro dos canais, pois os usuários, pela dificuldade de trabalhar nestas configurações, não realizam as limpezas até efetivamente alcançarem o leito original. Como resultado, ocorre uma elevação linear do relevo, sobretudo no final dos canais artificiais.

**Figura 50:** Exemplos de diques antrópicos em ambas as margens de canais derivados, realçando o potencial de isolar a derivação dos fluxos das vertentes



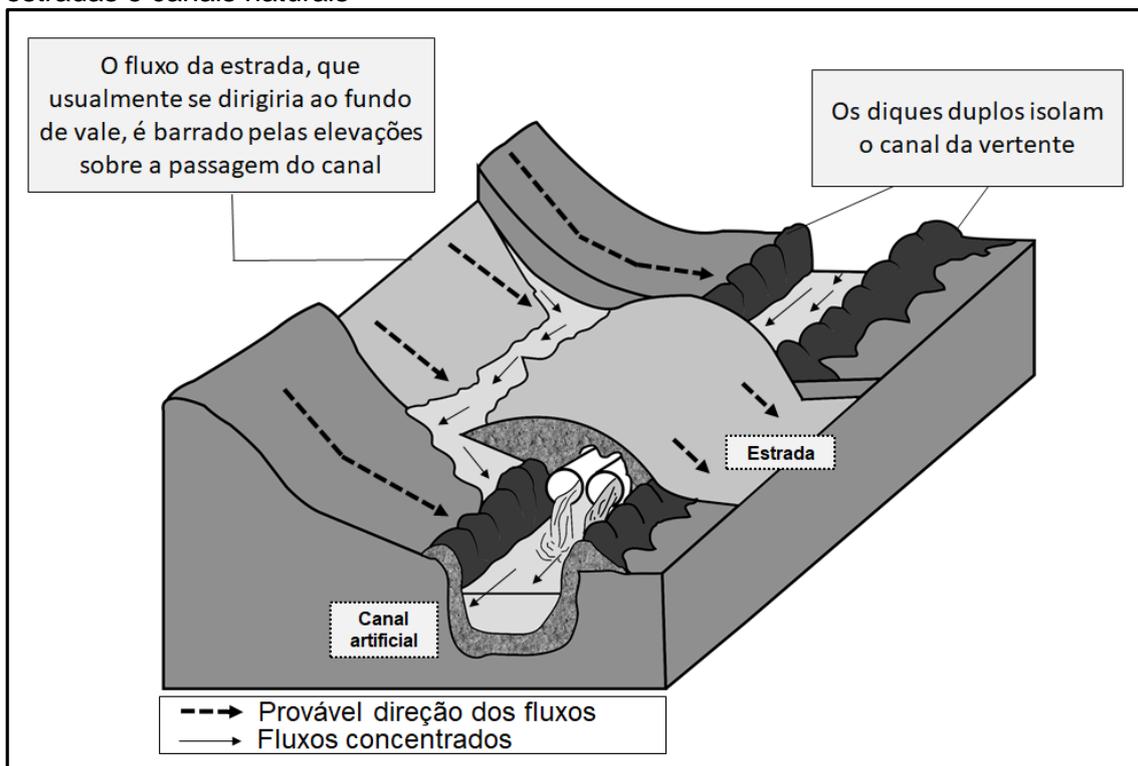
Fonte: elaborado pelo autor. No primeiro caso, um corte realizado nos diques, para acesso de moradores ao canal, revelou como estas estruturas podem alcançar dimensões expressivas. No segundo caso os diques quase não são notados em meio a vegetação rasteira, farta na estação chuvosa.

**Figura 51:** Imagem tridimensional obtida por sobrevoos de Drone,



Fonte: elaborado pelo autor. Onde, na imagem e no perfil, (1) corresponde ao sulco do canal, (2) aos diques marginais elevados em ambas as margens e (3) a vertente, agora seccionada

**Figura 52:** Exemplificação de como a interação entre estradas e canais derivados, geram zonas propícias a retenção de fluxos, condição diferente do que é visto entre estradas e canais naturais



Fonte: elaborado pelo autor

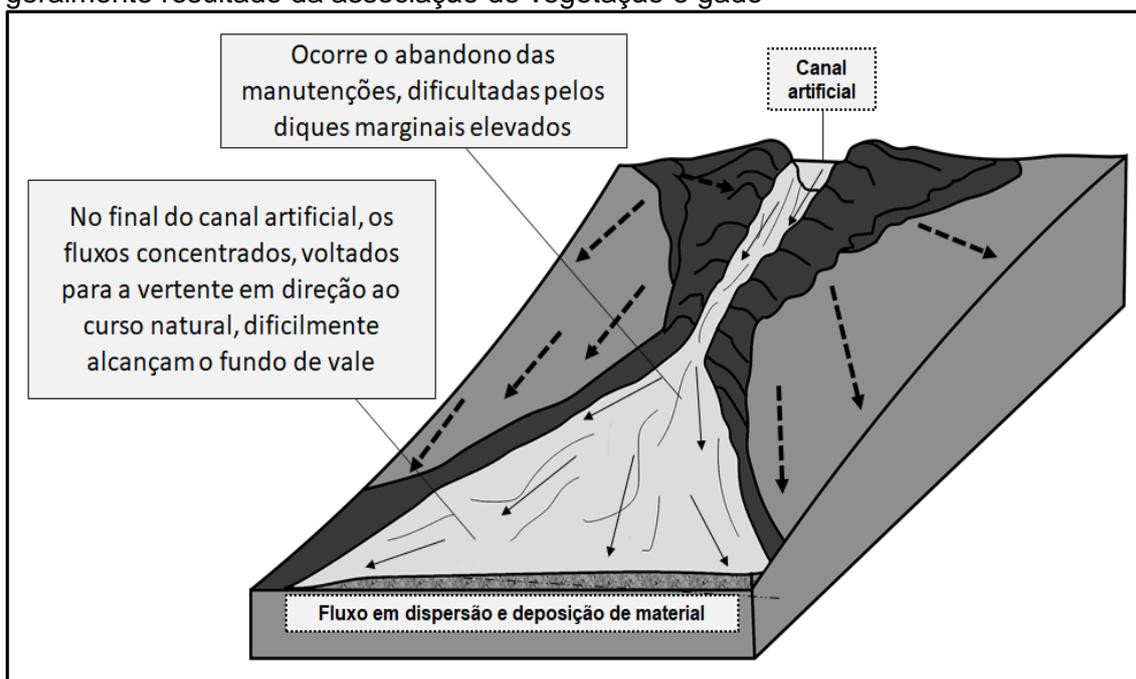
**Figura 53:** Desconectividade gerando área de alagamento na estrada, pela impossibilidade do fluxo seguir em direção ao fundo de vale ou ser assimilado pela derivação



Fonte: elaborado pelo autor

Ao longo dos anos de pesquisa, as condições do retorno dos fluxos concentrados aos cursos naturais foram passageiras, após esforços de manutenção, retornando rapidamente aos cenários de dispersão, a partir do avanço da vegetação ou da atuação do gado (Figura 54). Se realizados, os retornos seriam significativos para a conectividade fluvial, com transposições efetivas entre córregos.

**Figura 54:** Canal artificial com dispersão de fluxo em um determinado ponto, geralmente resultado da associação de vegetação e gado



Fonte: elaborado pelo autor

Em todos os exemplos oferecidos, são marcantes os seccionamentos das vertentes, causando reduções nas distâncias que partículas poderiam percorrer, dos pontos mais altos das vertentes até os locais de depósitos. Também as velocidades dos fluxos são atenuadas pelas interrupções dos deslocamentos via ATH's. Como sugerem Menting et al (2015), a forma que evoluem os canais naturais, do ponto de vista do transporte de materiais e o entalhe de seus leitos, tem dependência conhecida do transporte de sedimentos tanto a montante, quanto das vertentes. Logo, na presença dos canais derivados e dos barramentos, estes comportamentos são alterados, como mostrado nestes exemplos.

Pelo fato das derivações representarem um crescimento na rede de transporte de água, seria possível considerar que haveria um aumento na capacidade de

captar fluxos em direção ao fundo de vale, promovendo cheias. Contudo, como visto, os diques antrópicos e a falta de manutenção no final dos canais derivados, promovem um impasse, pela desconexão, que não permite relacionar a elevação do número de canais com o aumento das vazões.

Considerando trabalhos da evolução das vertentes, a partir das ações humanas que alteram superfícies com respostas nos escoamentos superficiais (MOSSA; JAMES, 2013; SOFIA et al, 2014; TAROLLI et al., 2014, TAROLLI et al, 2015; TAROLLI; SOFIA, 2016), é evidente como estes canais compõem tais cenários alterando formas e processos. Na literatura, são pertinentes as construções de curvas de níveis e terraceamento, como exemplos de alterações da circulação de água nas vertentes.

A construção de curvas de nível (terraceamento) possui franco potencial de gerar implicações geomorfológicas, como sugerem Rodrigues e Pedrosa (2016), alterando declives e criando áreas de deposição ao longo da vertente, onde a energia do transporte de fluxos é atenuada. São sistemas de artificialização das encostas os quais, na tentativa de controlar as dinâmicas das mesmas, podem causar desequilíbrios, principalmente no desenvolvimento de formas erosivas.

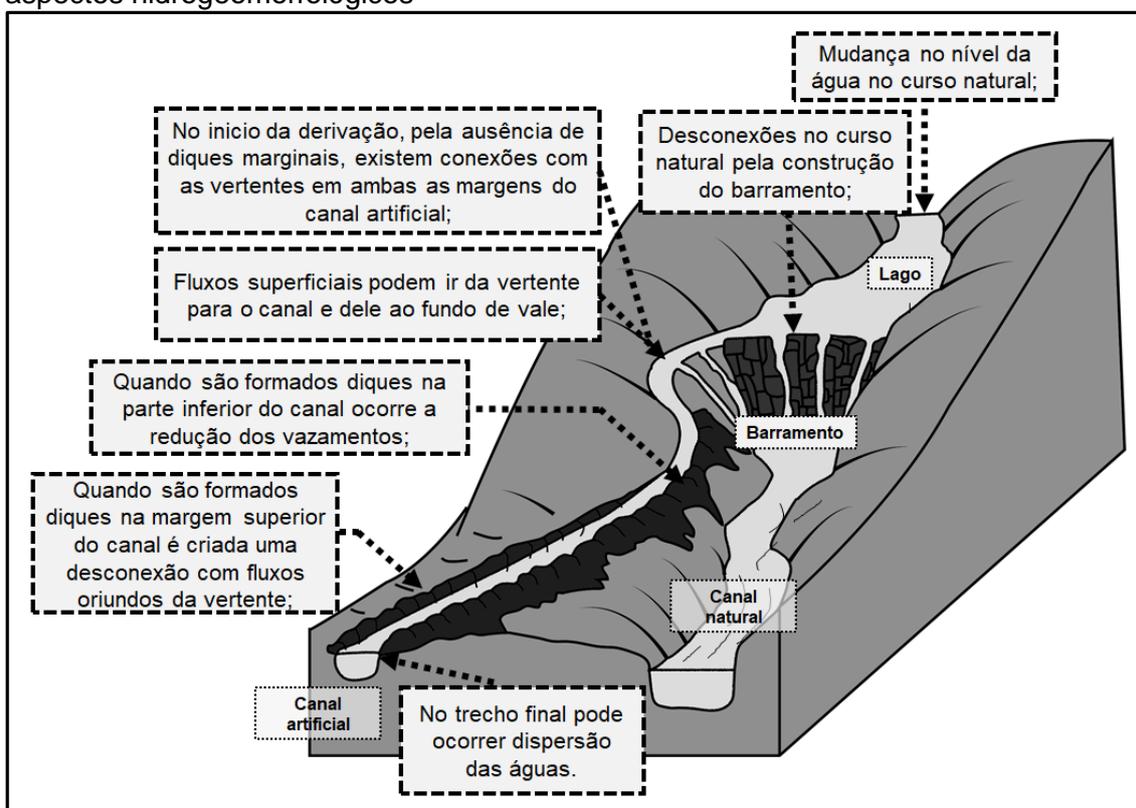
Por outro lado, se bem administrados, para Resck (2002) e Wadt (2004), as obras de terraceamento conservam a água nos sistemas e controlam a erosão pluvial. Neste caso a associação destas intervenções com conhecimento das condições do solo e a realização de atividades agrícolas como o plantio direto em faixa, contribuem para amenizar os impactos erosivos, dissipando a força da água superficial (IITA, 1973). Como sugere Pimentel et al (1986), áreas cobertas por vegetação podem, a partir das tipologias superficiais, reduzir entre 10 a 100 vezes o potencial de escoamento em áreas sem estas coberturas.

#### **4.3.3 Sistematização**

O item 4.3 permitiu confirmar a hipótese que os canais de terra retêm partículas de sedimentos, posteriormente retiradas pelas limpezas, formando diques antrópicos marginais que alteram as superfícies, seccionando as vertentes e repercutindo em suas dinâmicas. As condições investigadas estão sintetizadas na Figura 55, permitindo notar que as repetições dos aspectos, ao longo dos canais estudados, formam uma espécie de padrão morfológico a influenciar os

processos entre vertentes e cursos naturais. É notável que, conforme diminui o tamanho dos canais artificiais, mais regulares são suas manutenções, de maneira que maiores se tornam os diques marginais, dada disponibilidade de materiais. Nesta bacia, canais artificiais que apresentavam, no seu início, cerca de 1 metro de largura por 80 cm de profundidade, e praticamente nenhum dique marginal, em seus trechos finais foram reduzidos para 30 cm de largura e 5 cm de profundidade, contrastando com diques que passam de 1 metro de altura.

**Figura 55:** Síntese das condições observadas para os canais derivados quanto aos aspectos hidrogeomorfológicos



Fonte: elaborado pelo autor

O conjunto apresentado, avança na compreensão do papel hidrogeomorfológico dos canais derivados multifuncionais, trazendo aspectos até aqui pouco observados. Para os impactos das formas agora descritas sobre vazão, sedimento, velocidade dos fluxos e turbidez, os mesmos são discutidos a seguir, permitindo conhecer os cenários da relação forma-processo no contexto da bacia investigada e que servem como suporte para reflexão em outras áreas. As configurações, como canais sem diques, com diques inferiores, duplos e trechos com vazamentos são retomadas, conforme promovam influências nos parâmetros investigados.

## **4.4 Cenários sob influência dos canais derivados, análise de fluxos e sedimentos**

Estudos hidrossedimentares se ocupam, principalmente, da quantificação e distribuição dos sedimentos produzidos, transportados e, por vezes, depositados em um sistema de drenagem (RICHARDS, 1982; SLAYMAKER, 2003). São destacados em bacias hidrográficas e obras hidráulicas (SEAR, 1994; LANDWEHR; RHOADS, 2003; ROSGEN, 2006), revelam mudanças hidrogeomorfológicas nas vertentes (MOSLEY; LARONNE, 1982; WALLING; WEBB, 1996), na conectividade fundo de vale/vertente (JENCOSO et al, 2009, MUELLER et al, 2007) e nos caminhos preferenciais da água (JAVAUX; BIELDERS, 2009).

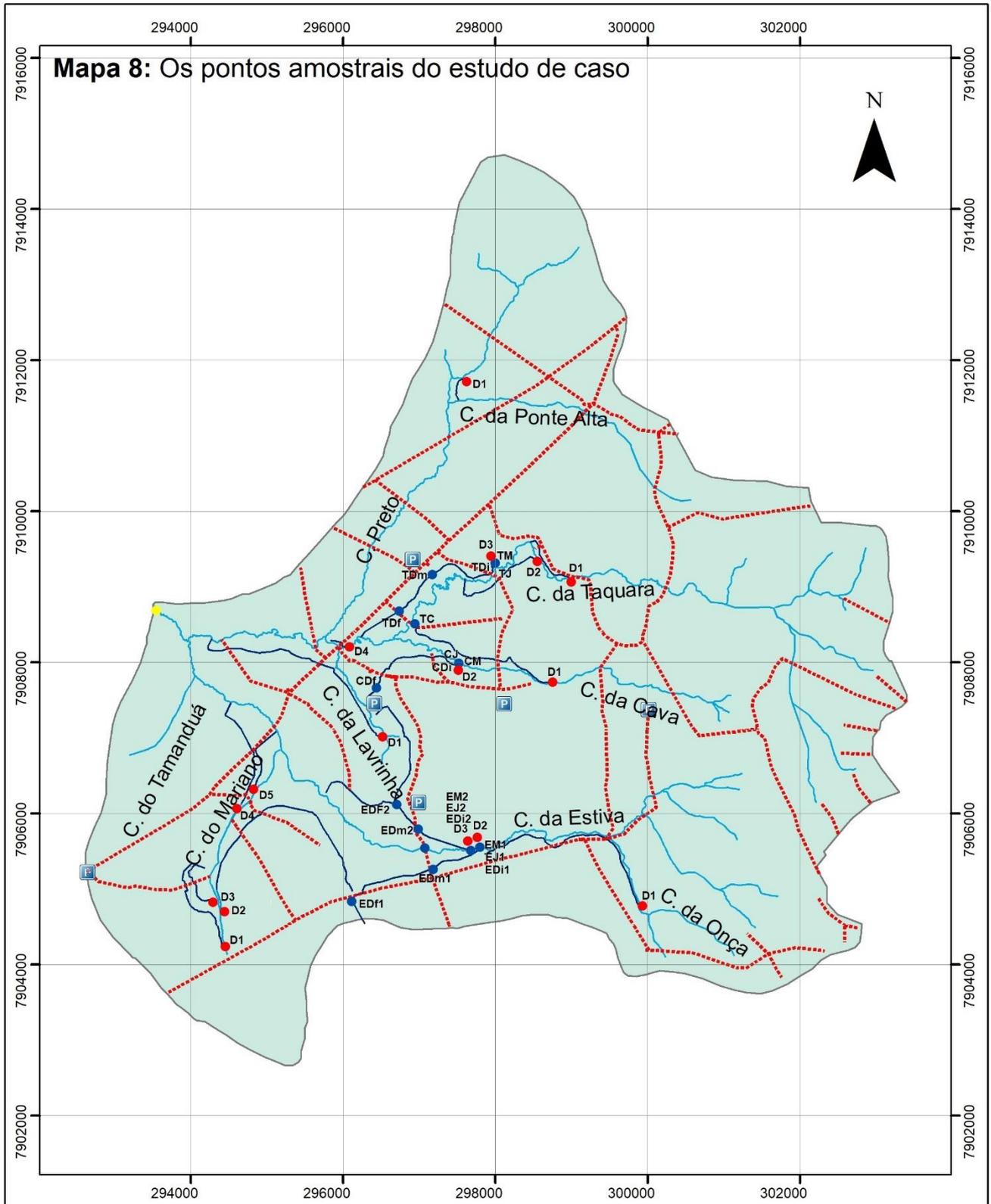
Contudo, apesar das bacias hidrográficas serem sistemas privilegiados para análises dos comportamentos hidrossedimentares, nas respostas nos exutórios (DIETRICH; DUNNE, 1978; DIETRICH et al, 1982; DUIJSINGS, 1987; PHILLIPS et al, 2000), como visto no item 4.3, intervenções humanas podem impactar as direções dos fluxos, promovendo, retendo ou atrasando o deslocamento dos sedimentos. Já este item busca avaliar a repercussão dos sistemas de derivação para as vazões e sedimentos.

Como se tratam de cenários sob influência antrópica, escolhas operacionais na coleta dos dados, são apresentadas como experiências adquiridas e passivas de reprodução em outras bacias. Ao longo do texto, as vazões, sedimentos suspensos e em carga total são discutidos e associados para uma sobreposição de conhecimentos que permita um melhor entendimento destes ambientes.

### **4.4.1 Considerações sobre a prospecção de dados no contexto das derivações multifuncionais**

Para a bacia de estudo são significativas as 16 intervenções que alteram estas dinâmicas, tendo sido exploradas 4 derivações para a apresentação de 12 cenários de vazão e sedimentos e outras duas campanhas semestrais de vazão para todos os demais pontos de derivação (Mapa 8), estando no quadro 3 as extensões das áreas analisadas nas derivações do estudo de caso.

**Mapa 8: Os pontos amostrais do estudo de caso**



- Legenda**
- Canais Naturais
  - Canais Artificiais
  - Bacia Alto curso do Rio Dourado
  - Estradas

- Monitoramento**
- Estação Pluviométrica/Fluviométrica
  - Monitoramento Mensal
  - Monitoramento Semestral
  - Pluviômetro

Onde D1, D2, D3, D4 e D5 se referem aos pontos de derivações nos canais



Projeção UTM  
Datum SAD 69  
Fuso 23 Sul  
Fonte: IBGE, 1970;  
Autoria: SILVA, R. E - 2015



**Quadro 3:** As extensões entre os trechos analisados

ID	Nomenclatura	Distância desde o ponto anterior
<b>Sistema de derivação do Córrego da Taquara</b>		
TM	Córrego da Taquara – a montante do barramento	1200 metros desde o barramento da derivação a montante
TJ	Córrego Taquara – a jusante do barramento	Imediato ao barramento de transposição
TC	Córrego da Taquara – ponto de Controle	1700 metros desde o ponto a jusante do Barramento TJ
TDi	Início da derivação do córrego da Taquara	Faixa de 100 metros extensiva do barramento
TDm	Ponto médio da derivação do córrego da Taquara	Faixa de 800 metros desde TDi
TDf	Ponto final da derivação do córrego da Taquara	Faixa de 750 metros desde TDm
<b>Sistema de derivação do Córrego da Cava</b>		
CM	Córrego da Cava – a montante do barramento	1050 metros desde o barramento da derivação a montante
CJ	Córrego Cava – a jusante do barramento	Imediato ao barramento de transposição
CDi	Início da derivação do córrego da Cava	Faixa de 100 metros extensiva do barramento
CDf	Ponto final da derivação do córrego da Cava	Faixa de 850 metros desde CDi
<b>Sistema de derivação 1 do Córrego da Estiva</b>		
EM1	Córrego da Estiva – a montante do barramento 1	1800 metros desde a confluência do Córrego da Onça com o Córrego da Estiva
EJ1	Córrego Estiva – a jusante do barramento 1	Imediato ao barramento de transposição
EC1	Córrego da Estiva – ponto de Controle 1	610 metros desde o ponto a jusante do Barramento EJ1
EDi1	Início da derivação 1 do córrego da Estiva	Faixa de 100 metros extensiva do barramento
EDm1	Ponto médio da derivação 1 do córrego da Estiva	Faixa de 730 metros desde EDi1
EDf1	Ponto final da derivação 1 do córrego da Estiva	Faixa de 820 metros desde EDm1
<b>Sistema de derivação 2 do Córrego da Estiva</b>		
EM2	Córrego da Estiva – a montante do barramento 2	610 metros desde o barramento da derivação a montante
EJ2	Córrego Estiva – a jusante do barramento 2	Imediato ao barramento de transposição
EC2	Córrego da Estiva – ponto de Controle 2	550 metros desde o ponto a jusante do Barramento EJ2
EDi2	Início da derivação 2 do córrego da Estiva	Faixa de 100 metros extensiva do barramento
EDm2	Ponto médio da derivação 2 do córrego da Estiva	Faixa de 580 metros desde EDi2
EDf2	Ponto final da derivação 2 do córrego da Estiva	Faixa de 618 metros desde EDm2

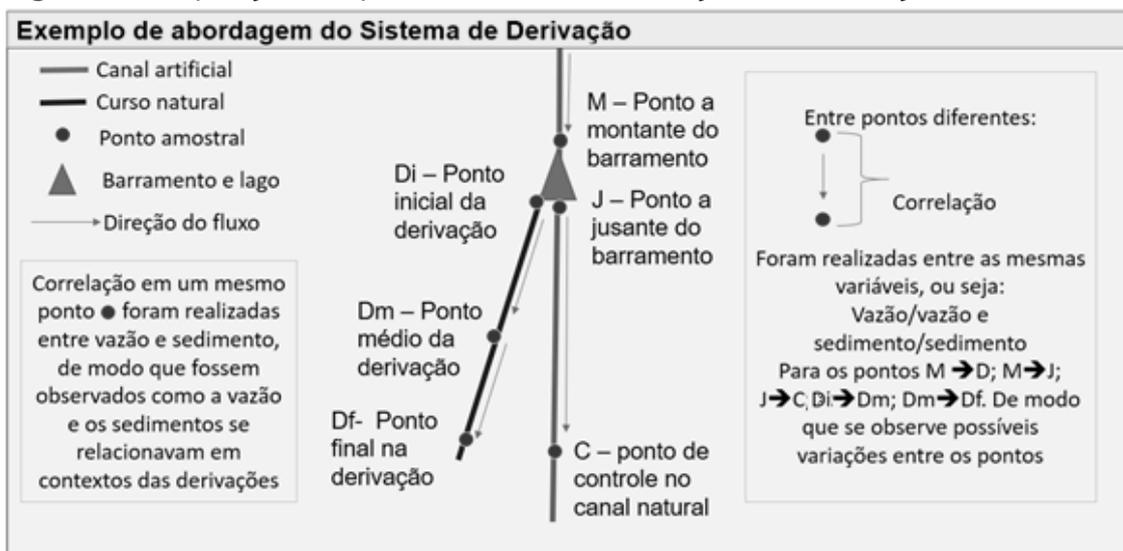
Fonte: elaborado pelo autor

A abordagem por cenários permite descrever as condições das vazões e amostras de sedimentos encontradas naqueles perfis dos canais, mas não constituem descrições de séries históricas ou levantamento contínuos do comportamento hidrossedimentar da bacia. Deste modo a intenção é sugerir, a partir dos dados obtidos, como os mesmos poderiam se relacionar com as formas levantadas (canais, barramentos, diques) no item anterior.

Para este trabalho, se tratando de canais dependentes das ações humanas, foram necessárias atividades prévias de campo (dia anterior a medição), com verificação das condições dos canais; presença de vegetação; possíveis obstáculos nos fluxos; se os pontos amostrais estariam acessíveis e se a coleta dos dados pluviométricos estava sendo realizada. Situações que constituíram oportunidade de perceber como os canais, apesar de possuírem condições de uso e ocupação semelhantes, apresentavam variações marcantes a partir das tipologias de manejo, presença de rebanhos e condições da vegetação. Os dados coletados eram acompanhados de registro das condições dos canais nas últimas 24 horas, facilitando as inferências apresentadas. Nas amostragens ocorreram cuidados com o manejo dos canais, principalmente para não causar a desestabilização de margens, movimentos bruscos em meio à vegetação (liberando sedimentos) e alterações na dinâmica de turbilhonamento.

Como se trata de uma análise comparada entre pontos dos sistemas de derivação, a Figura 56 revela as escolhas para correlação que indicassem se ambientes naturais e artificiais respondiam com semelhanças às condições observadas em campo. No caso das comparações para um mesmo parâmetro (vazão ou sedimentos), se busca mostrar como os percursos dos canais poderiam estar conectados em vertentes ou outras dinâmicas, como as interferências da vegetação, animais e dos moradores.

**Figura 56:** Disposição dos pontos amostrais e indicação das correlações realizadas



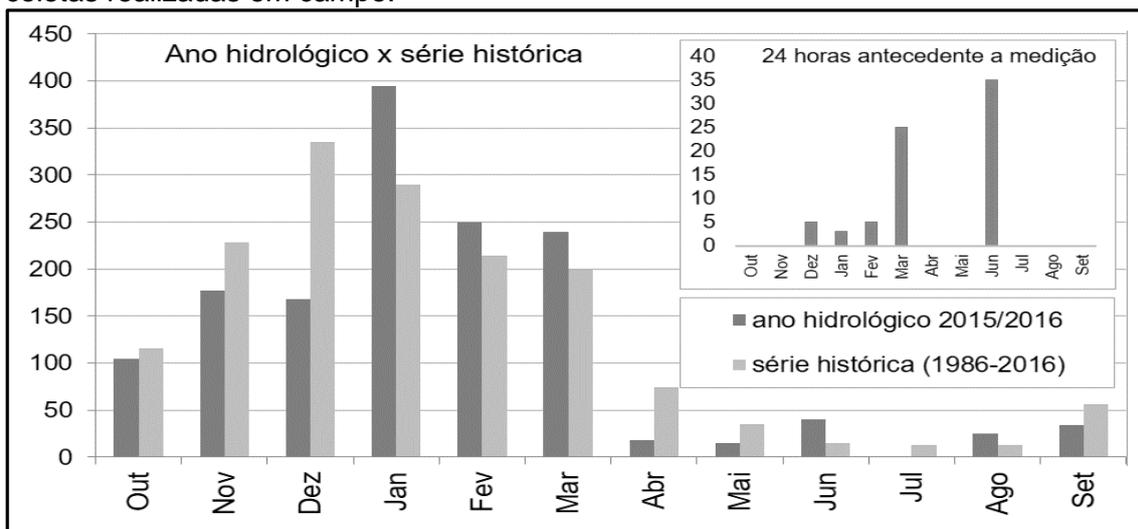
Fonte: elaborado pelo autor

#### 4.4.2 Interações entre formas e processos nos cenários observados

Dado o papel da precipitação no escoamento superficial, que promove a erosão e a remoção de partículas, compondo a dinâmica de transferência de materiais em sistemas de drenagem (NADAL-ROMERO et al, 2015), o Gráfico 4 apresenta o regime pluviométrico da bacia, para a média histórica, ano hidrológico de pesquisa e os valores nas 24 horas antecedentes aos aferimentos (CETESB, 2011). Como o escoamento e transporte de materiais estão atrelados às dinâmicas do ciclo hidrológico, os dados relativos aos sedimentos em suspensão (CSS) são associados com as vazões (COOKE; DOORNKAMP 1974).

Para os cursos naturais, as variações das vazões e CSS podem estar associadas com a dinâmica de transferência vertente-cursos naturais. Também interessam as características dos rios que possuem suas próprias dinâmicas como remansos, meandros, áreas de maior e menor velocidade, configurações dos leitos e conexões com os usos e ocupações presentes na bacia. Já nos canais artificiais, como esperado, as influências humanas prevalecem, de maneira que os gráficos das sucessões dos episódios monitorados e das correlações entre vazão e sedimentos permitem observar as associações.

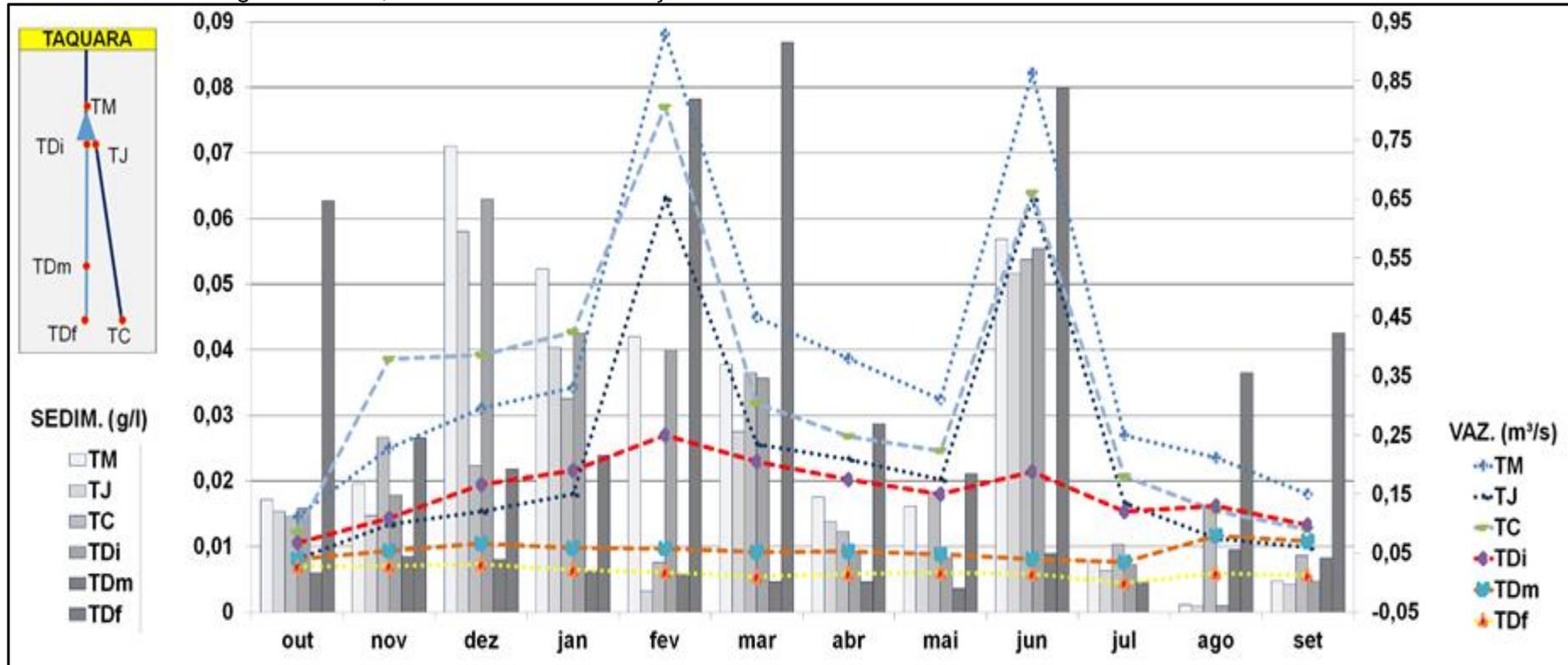
**Gráfico 4:** Precipitação – ano hidrológico 2015/2016 e as 24 horas anteriores as coletas realizadas em campo.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir do HIDROWEB – Estação Pluviométrica Charqueada do Patrocínio – (Agência Nacional das Águas) e monitoramentos em campo.

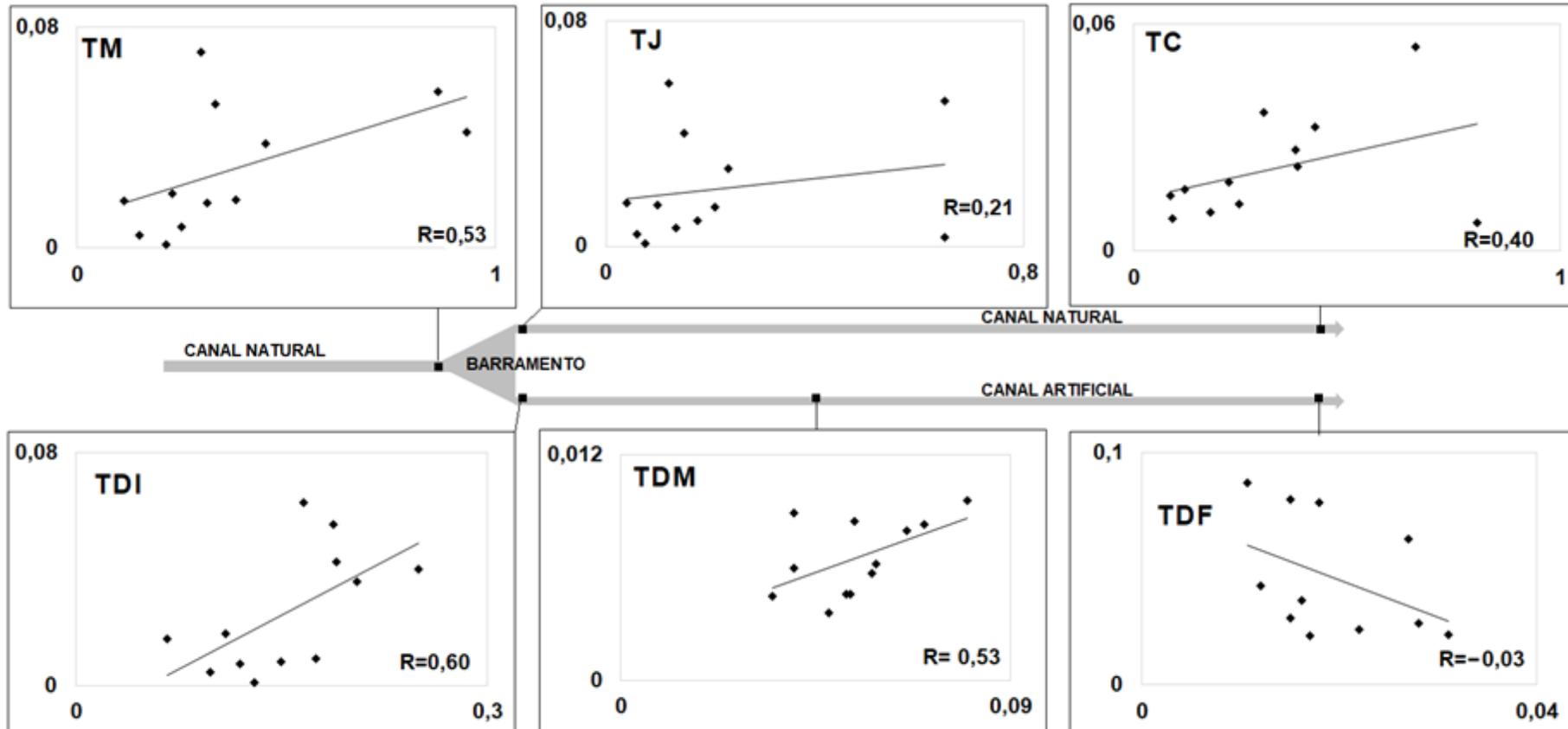
Os sistemas de derivação, referentes aos córregos da Taquara, da Cava e da Estiva, são investigados isoladamente quanto aos seus comportamentos hidrológicos e para os sedimentos suspensos, ao longo dos cenários levantados. Para o córrego da Taquara essas informações estão apresentadas nos dados do Gráfico 5 (com informações relativas a evolução dos valores obtidos nas seções transversais, e no Gráfico 6, que reúne um conjunto de correlações espacializadas ao longo das derivações para reforçarem as interpretações relativas a variação dos sedimentos a partir dos comportamentos das vazões.

**Gráfico 5:** Córrego da Taquara – sucessão dos episódios monitorados para variação da concentração de sedimentos suspensos (CSS) e vazão no ano hidrológico avaliado, bem como suas correlações



Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 6:** Córrego da Taquara – Correlações entre a CSS e Vazão no ano hidrológico avaliado



Fonte: elaborado pelo autor

Neste estudo, os cenários, mostraram relações entre vazão e sedimentos para o córrego da Taquara que, apresentando trechos desprovidos da vegetação, facilita conexões com as vertentes e o transporte de cargas. Pelos gráficos é perceptível a boa relação (vazão/CSS) no curso natural, antes do barramento de transposição (TM) é uma referência ao trecho que permitiu transferências entre vertentes e córregos. Como sugere Imaizumi et al (2010), o aporte de sedimentos está conectado aos processos de escoamento vertente/curso, dinâmica que, para Sidle e Onda (2004), caberia a faixa ripária interferir na retenção de parte dos sedimentos em transporte.

Em TJ – córrego da Taquara a jusante do barramento – ocorre um enfraquecimento da correlação, atribuída a redução da vazão e alterações na carga de sedimentos, dado processo de derivação. Logo, a quantidade de água em TJ está subordinada a capacidade de captação no início da derivação (TDi), que por sua vez depende da atuação dos usuários em repararem esta seção transversal, seja de vazamentos, sedimentos depositados ou vegetação. Conforme o fluxo segue pelo canal natural a correlação é novamente fortalecida, como visto no ponto de controle TC, o que sugere um retorno em direção das condições pré-existentes para o curso natural.

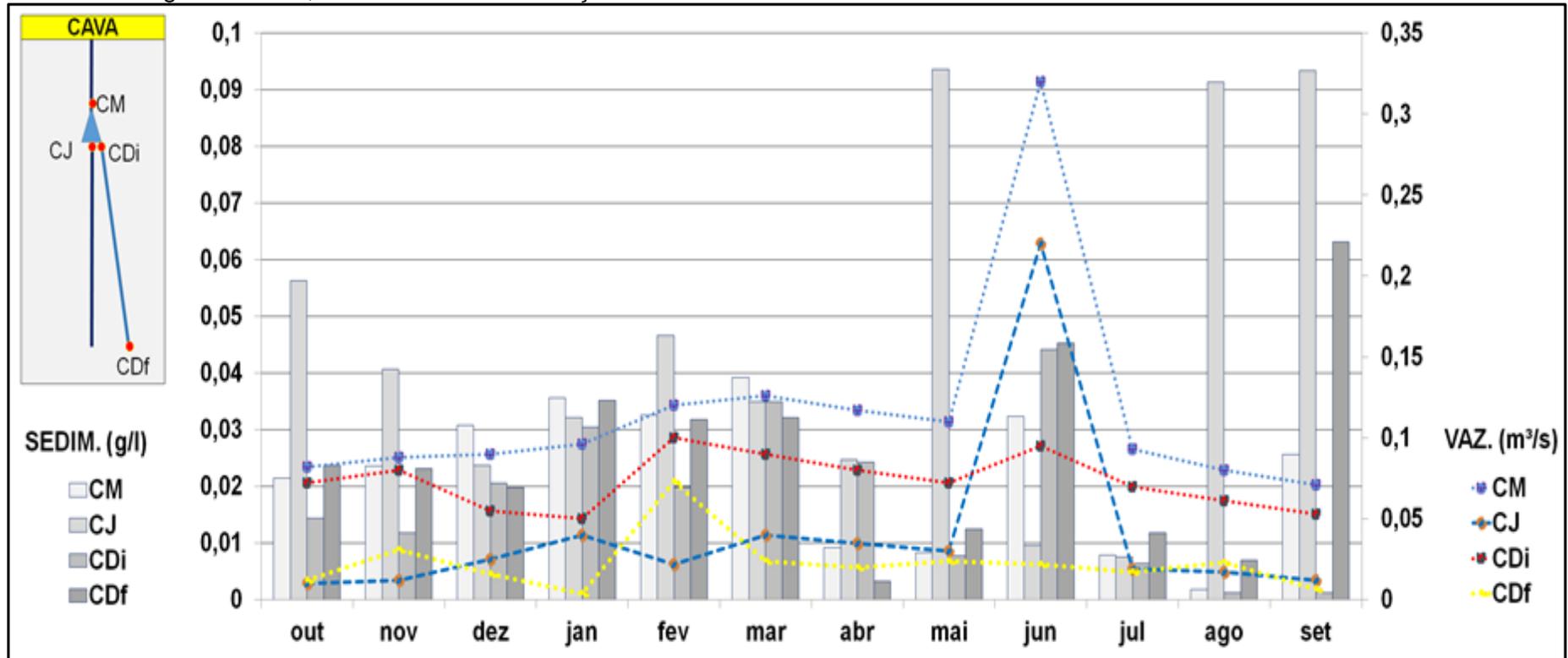
No início do canal artificial – TDi – se têm resultados próximos e influenciados pelos encontrados no curso natural, antes do barramento, observável nos valores de CSS, na variação das vazões e nas suas correlações. Seguindo pela derivação, o ponto médio – TDm – apresenta correlações menores, sugerindo um distanciamento das condições iniciais do canal de derivação, quando sedimentos e vazões variavam com certa proximidade. Logo, se antes em TDi o canal apresentava variações seguia o perfil observado na área fonte (córrego da Taquara), agora, em TDm as vazões são mais estáveis, ao longo do ano, e os índices de CSS menores, dada atuação de processos de sedimentação.

Em canais abertos, como sugerem Greene e Knox (2014) a redução da energia de transporte cria ambientes de deposição, muitas vezes influenciados por elementos como a vegetação. No caso desta bacia, são formados ambientes de deposição nas vertentes, distintos daqueles comumente criados em planícies de recepção. Caso notável ao avaliar o final da derivação – TDf – com correlação negativa, onde as vazões, em redução, exigem limpezas constantes do leito para

garantir o fluxo, onde os materiais ficam disponíveis ao transporte, sendo captados nas amostragens. Nos sistemas de transposição, para Hawley et al (2013), na garantia do atendimento de serviços, as remoções de sedimentos são constantemente necessárias.

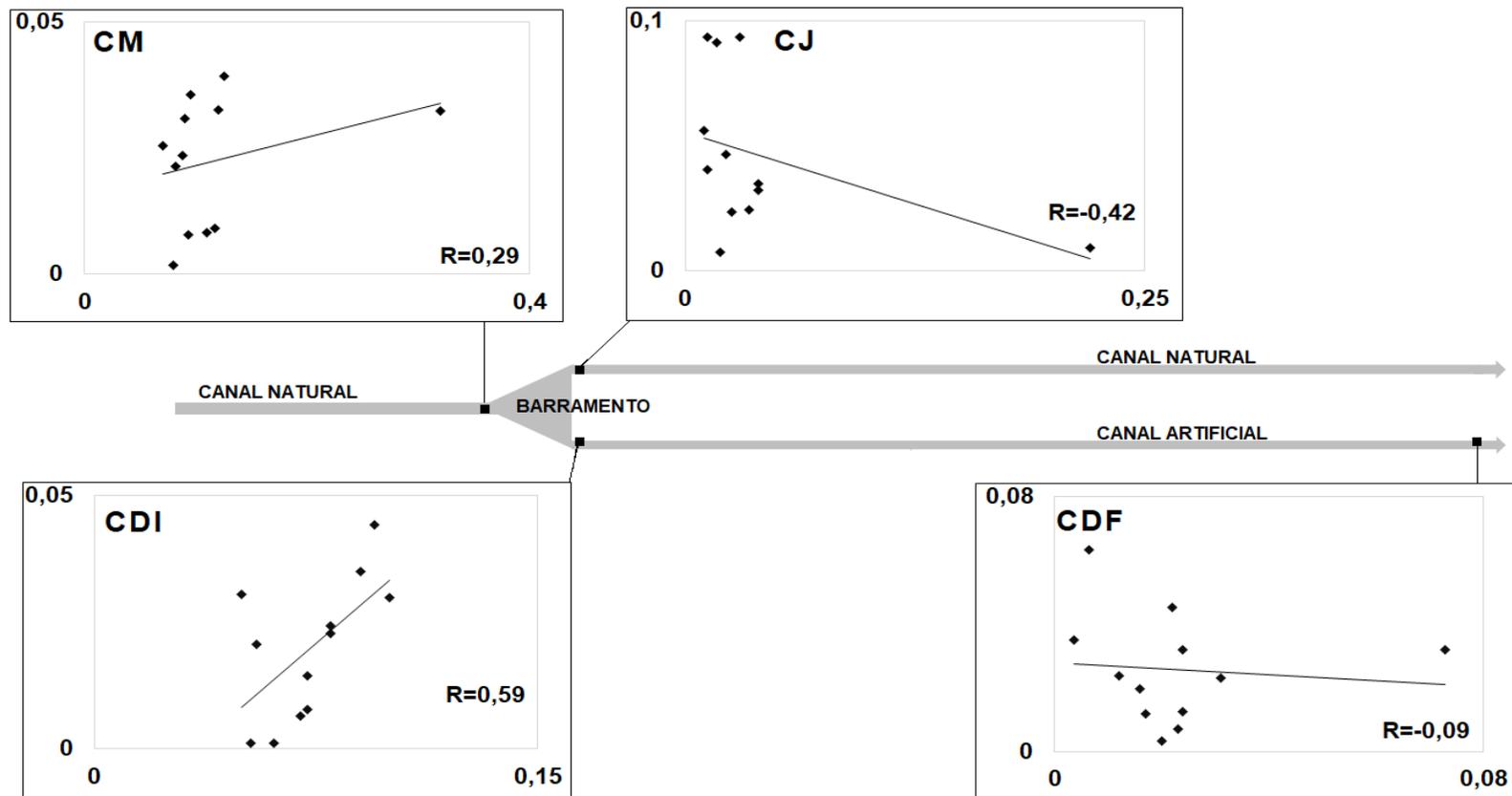
Seguindo a análise, para o córrego da Cava é preciso considerar que suas nascentes estão em uma área de extração de areias, e que algumas atividades de uso e ocupação podem influir como o material sedimentar é disponibilizado das vertentes para o transporte em leito. Os Gráficos 7 e 8 apresentam como as alterações, mais intensas, são provenientes dos esforços em manter o fluxo de água na derivação, o que repercute no canal natural.

**Gráfico 7:** Córrego da Cava – sucessão dos episódios monitorados para variação da concentração de sedimentos suspensos (CSS) e vazão no ano hidrológico avaliado, bem como suas correlações



Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 8:** Córrego da Cava – Correlações entre a CSS e Vazão no ano hidrológico avaliado



Fonte: elaborado pelo autor

Os comportamentos e as correlações entre vazão e CSS, observados no ponto anterior ao barramento – CM – e no início da derivação – CDi – são semelhantes, contudo, são as correlações negativas que podem revelar a força da atuação humana sobre esse sistema.

Os valores de sedimentos suspensos a jusante do barramento – CJ – destoam dos encontrados no ponto a montante – CM. Esta é uma questão específica já que, para todos os outros casos desta pesquisa, os valores de sedimento, após passarem pelos barramentos, apresentaram reduções em comparado com o ponto anterior. Mas CJ, na maior parte dos episódios avaliados, aparece com índices tão elevados que não são explicados como uma transferência de CM. Logo, dois fatores explicariam esta condição, primeiro a redução das vazões, que foram desviadas para CDi, segundo a grande presença de matéria orgânica em decomposição no canal que contribui para formação de um ambiente de difícil depuração.

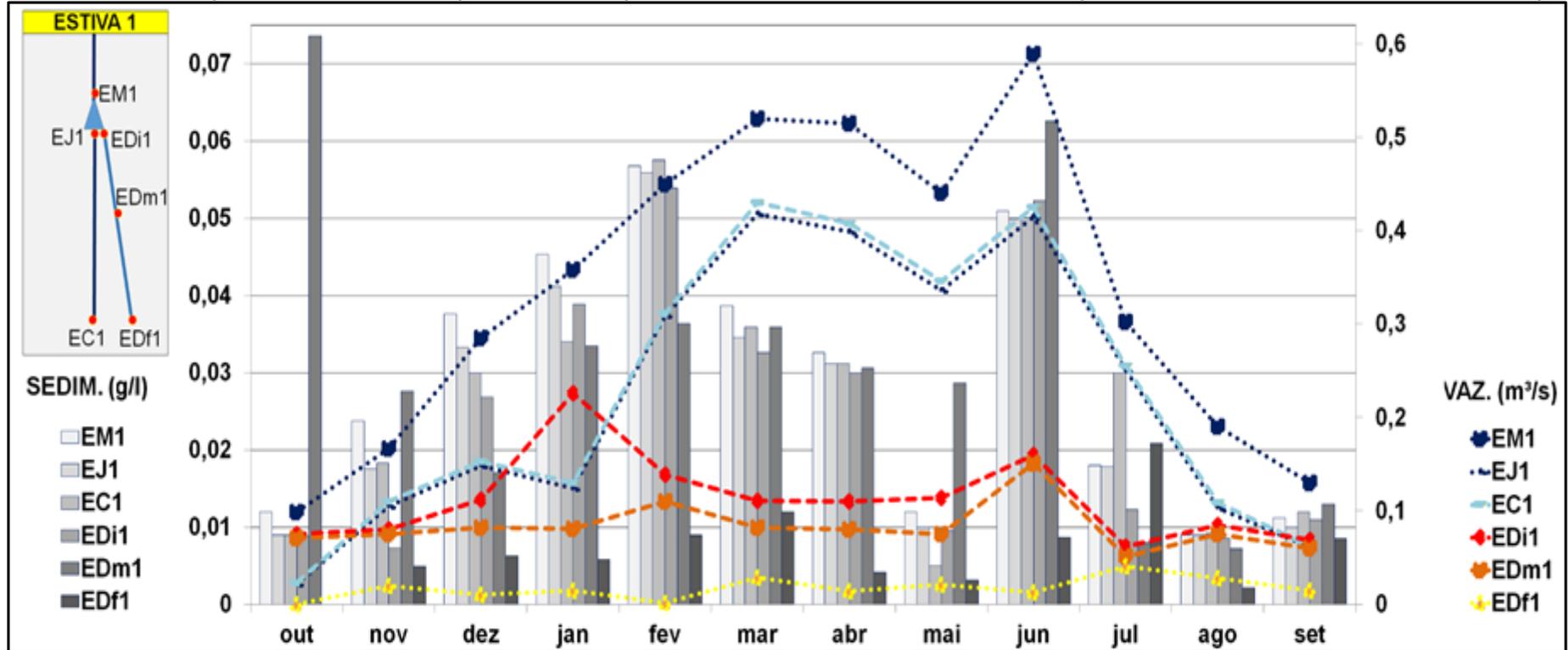
Para Svendsen et al (2009), é necessário que se encare nestes contextos, além da retenção dos sedimentos, nas áreas de barramento, o comportamento da matéria orgânica, sobretudo a jusante da estrutura, provocando alterações na qualidade hídrica e nos ecossistemas. Como sugere Zabaleta et al (2007) a disponibilidade de materiais em transporte está atrelada a fatores naturais e antropogênicos, neste caso o canal derivado recebe transferência de parte dos materiais encontrados nos cursos naturais, produzidos pelas vertentes.

O segundo caso de correlação negativa entre vazão e sedimentos, se encontra no final da derivação – CDf, com manutenções constantes, a exemplo do que foi visto em TDf (final da derivação do córrego da Taquara), havendo ainda o aumento da oferta de materiais disponíveis para transporte, pelo manejo do gado que pisoteia o canal. Tomando Carvalho (2008), 70 a 90% dos sedimentos são transportados pelos cursos d'água no período chuvoso, porém nos canais artificiais, sobretudo no final de seus trechos, as variações ocorreram ao longo de todo o ano hidrológico, independentemente das precipitações, mas subordinados as ações humanas.

Para o córrego da Estiva, foram avaliadas duas derivações que representam com maiores intensidades os impactos que canais artificiais causam quando mal

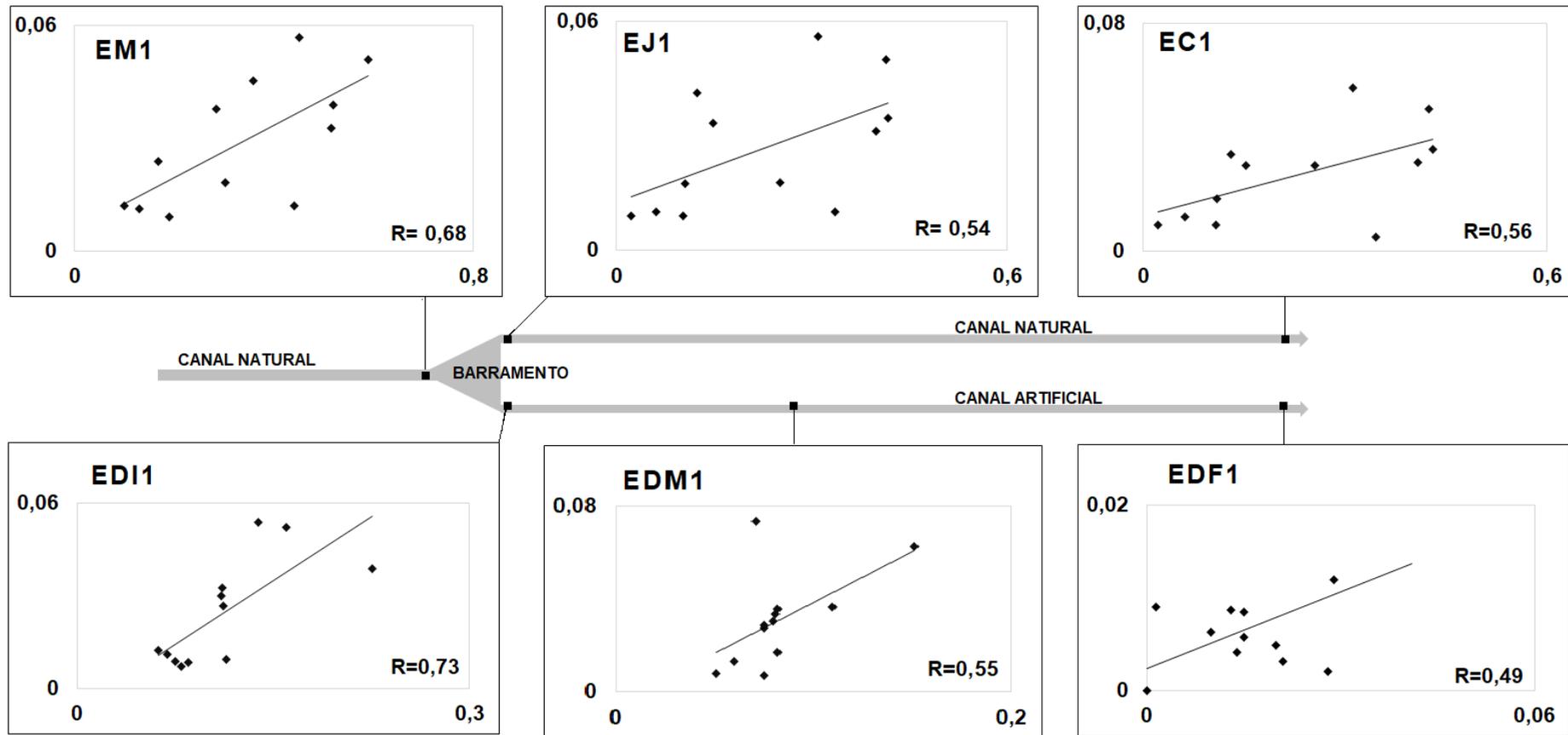
geridos. Em primeiro lugar são explorados episódios na derivação 1, que está mais a montante no canal (Gráfico 9 e 10). Com uma mata ciliar mais densa, apresenta como maiores impactos os barramentos de derivações, sendo notável que as forças das correlações vão decaindo em direção a jusante no curso natural (EM1>EJ1>EC1). Esta condição sugere que o mesmo possui elementos próprios que alteram a dinâmica entre fluxos e materiais, como remansos, poços e a própria vegetação ripícola trabalhando na retenção de materiais em seu leito.

**Gráfico 9:** Córrego da Estiva, Derivação 1 - Variação da CSS e Vazão no ano hidrológico avaliado, bem como suas correlações



Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 10:** Córrego da Estiva, Derivação 1 – Correlações entre a CSS e Vazão



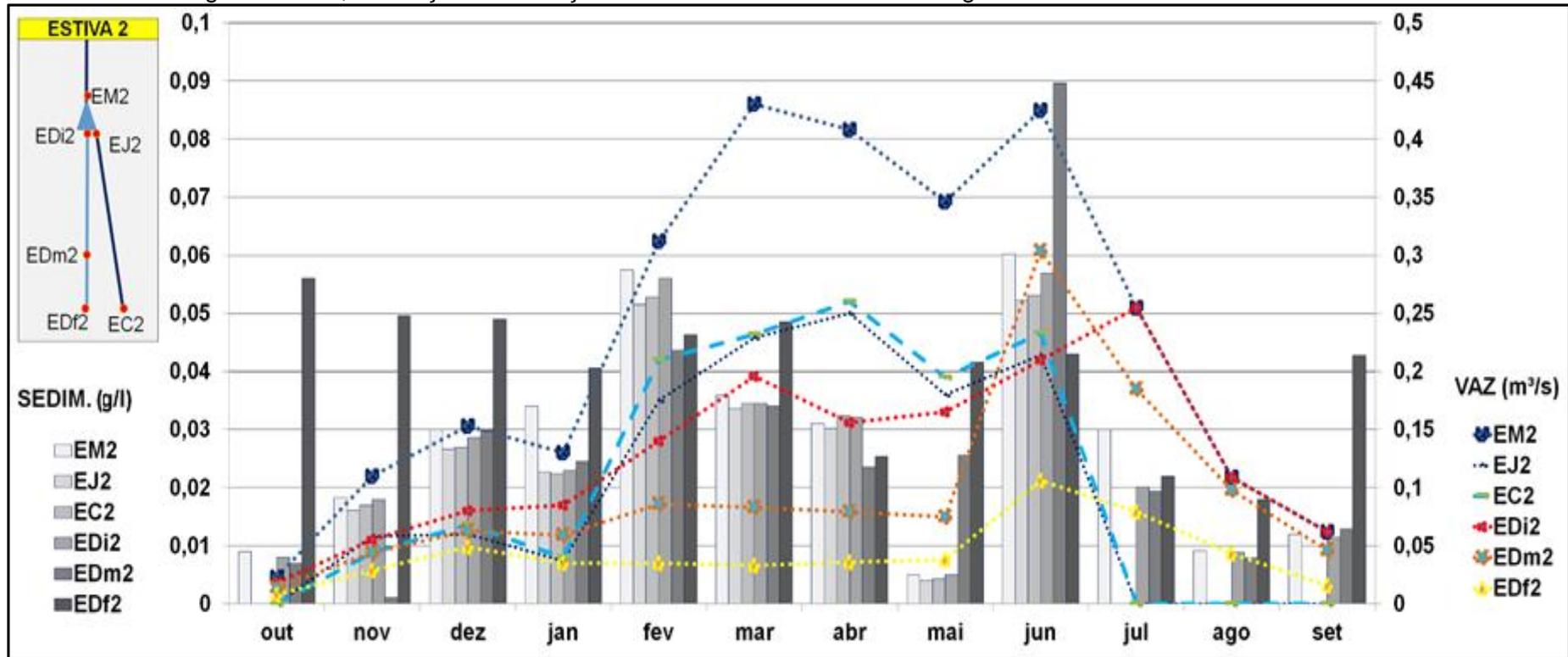
Fonte: elaborado pelo autor

Para as correlações nos pontos artificiais, o início da primeira derivação – EDi1 – se porta como esperando, acompanhando com alguma proximidade o curso natural fonte, já o ponto médio da derivação – EDm1 – traz interessantes possibilidades, ao apresentar correlações muito fortes. Para esse caso, cenários em que o ponto médio do canal artificial apresenta boas relações entre vazões e sedimentos sugerem tanto ligações com as vertentes, quanto canais mais limpos e eficientes no transporte de materiais. Por exemplo, em junho, um episódio chuvoso em meio a estação seca, revelou justamente a existência destas conexões vertente/derivação entre EDi1 e EDm1, pela elevação das variáveis estudadas que, ao receberem adições externas de água, também são acrescidos os índices de CSS,

No ponto final da primeira derivação – EDf1 – é interessante notar uma correlação positiva que destoa dos outros pontos finais de derivações, já que TDf, CDf e EDf2 (próxima derivação a ser discutida) apresentaram correlações negativas, atribuídas a constantes intervenções e presença de animais. Em EDf1, ajudou a justificar estas mudanças, o fato que nesse trecho a presença de animais domésticos é muito pequena, bem como poucas as manutenções. Portanto a vegetação cresce no canal e auxilia na deposição de partículas que acabam variando com boas relações para as vazões, ali já reduzidas. A única exceção para EDf1 provém de uma manutenção realizada em julho no mesmo dia das medições desta pesquisa, oportunidade excepcional para entender a dinâmica de limpeza dos canais.

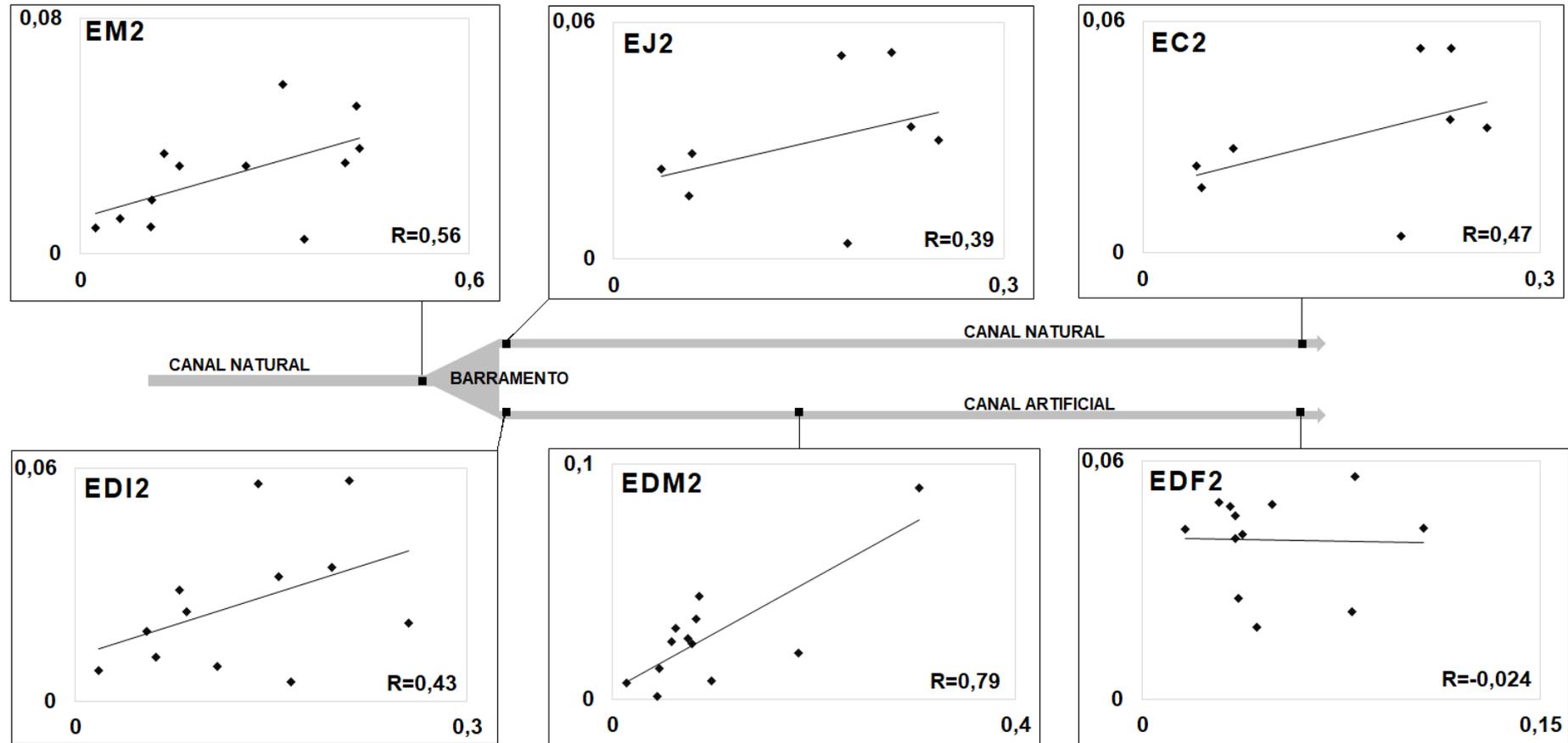
Na segunda derivação (Gráficos 11 e 12) o início do canal artificial – EDi2 – foi repetidamente escavado, de forma que tem tolerância maior aos picos de cheia, oriundos do curso natural, como pode ser visto no Gráfico 9. Contudo, do meio para o fim da estação seca as vazões foram totalmente tomadas do curso natural para o canal artificial, constituindo grave problema ambiental.

**Gráfico 11:** Córrego da Estiva, Derivação 2 - Variação da CSS e Vazão no ano hidrológico avaliado



Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 12:** Córrego da Estiva, Derivação 1 – Correlações entre a CSS e Vazão



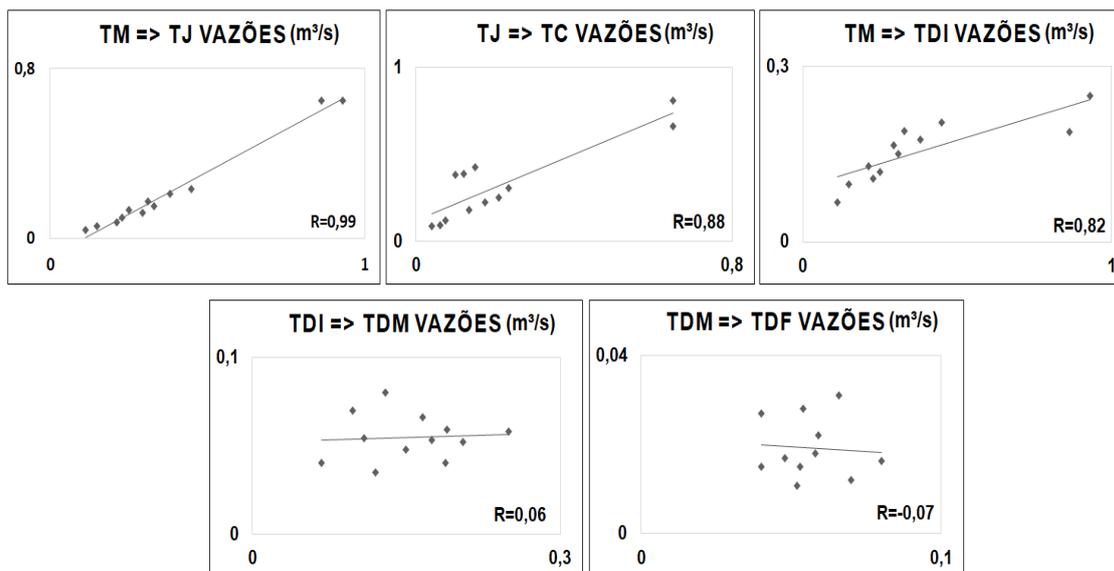
Fonte: elaborado pelo autor

Para o restante da derivação, seguem comportamentos semelhantes a outros casos levantados. Como no ponto intermediário – EDm2 – onde os picos estão atenuados por transbordamentos, uma vez que o canal não segue com a capacidade inicial para comportar os fluxos. Em campo, estas condições foram confirmadas, bem como a existência de conexões com a vertente que responderam pelos picos de vazões observados em EDm2 (fevereiro e junho). Já as correlações fracas e negativas, no ponto final da segunda derivação – EDf2, podem ser atribuídas às constantes manutenções, em área de sede rural (como visto em TDf) e associação de gado, caso semelhante ao CDf.

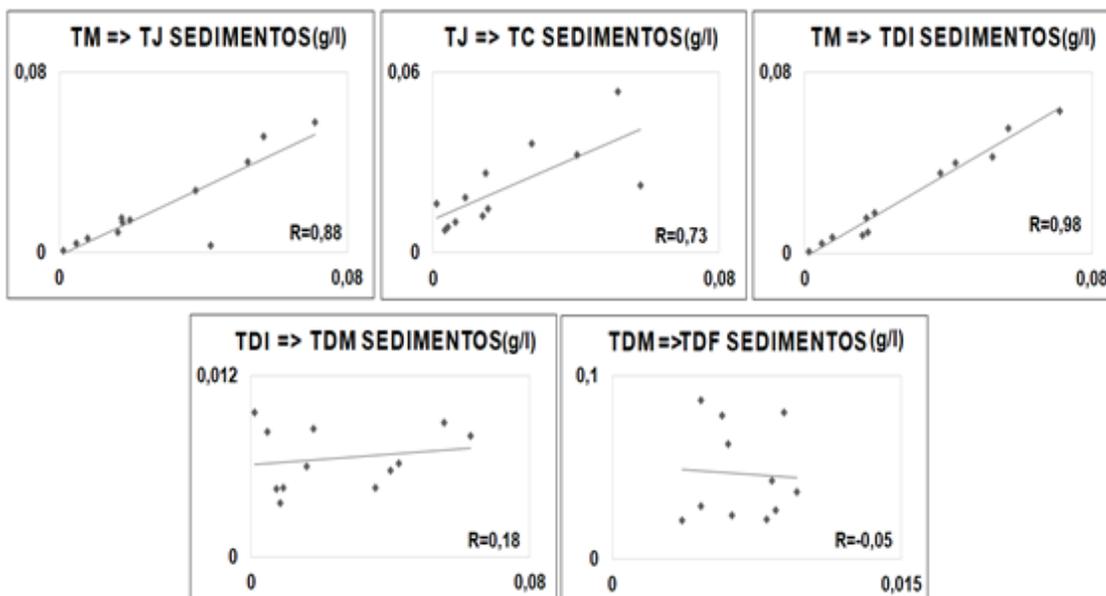
Os dados apresentados, correlacionando vazões e sedimentos em suspensão, revelam como as atividades antrópicas tornam estes ambientes mutáveis e afastados de comportamentos tidos como regulares. Ainda sobre estas análises é possível correlacionar um mesmo parâmetro para observar possíveis mudanças ao longo dos canais promovidas em seus leitos ou que sugiram interferências pelas suas conectividades com as vertentes. Os Gráficos de 13 a 48, reúnem as correlações, tanto para as vazões quanto para os sedimentos, com as análises organizadas pelas semelhanças nas correlações estudadas.

São significativas as correlações positivas, quando ótimas ou boas, sugerindo que entre uma seção transversal e a próxima a seguir existem poucas influências externas, permitindo que o ponto a jusante se comporte com semelhança para aquele a montante. Conforme os elementos, referentes as assinaturas topográficas e a dinâmica antrópica e da vegetação, vão influenciando a dinâmica da vazão ou o transporte de partículas em suspensão, as relações entre os pontos podem ir diminuindo, se tornando fracas.

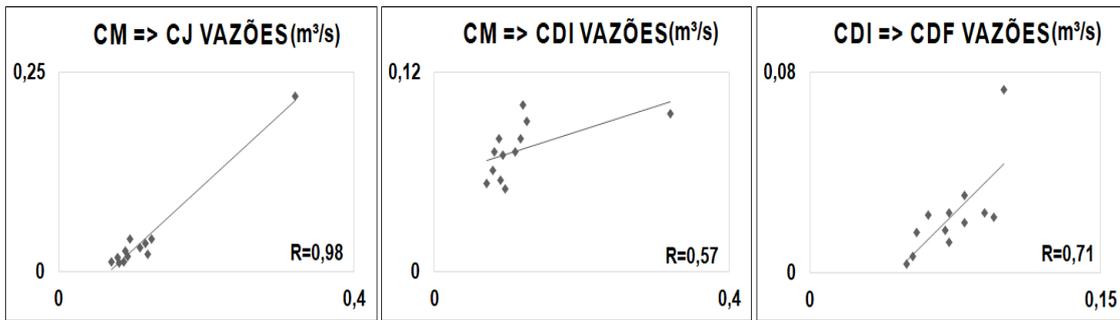
**Gráficos de 13 a 17:** Das correlações das vazões entre os pontos da derivação do córrego da Taquara



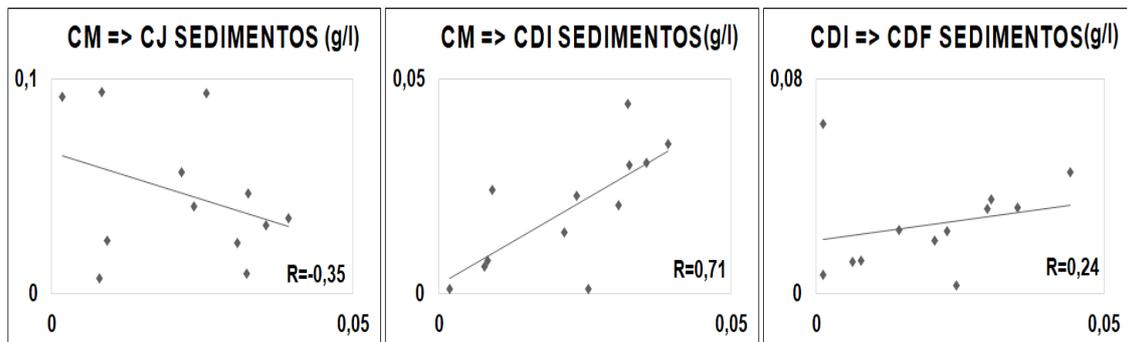
**Gráficos de 18 a 22:** Das correlações dos sedimentos entre os pontos da derivação do córrego da Taquara



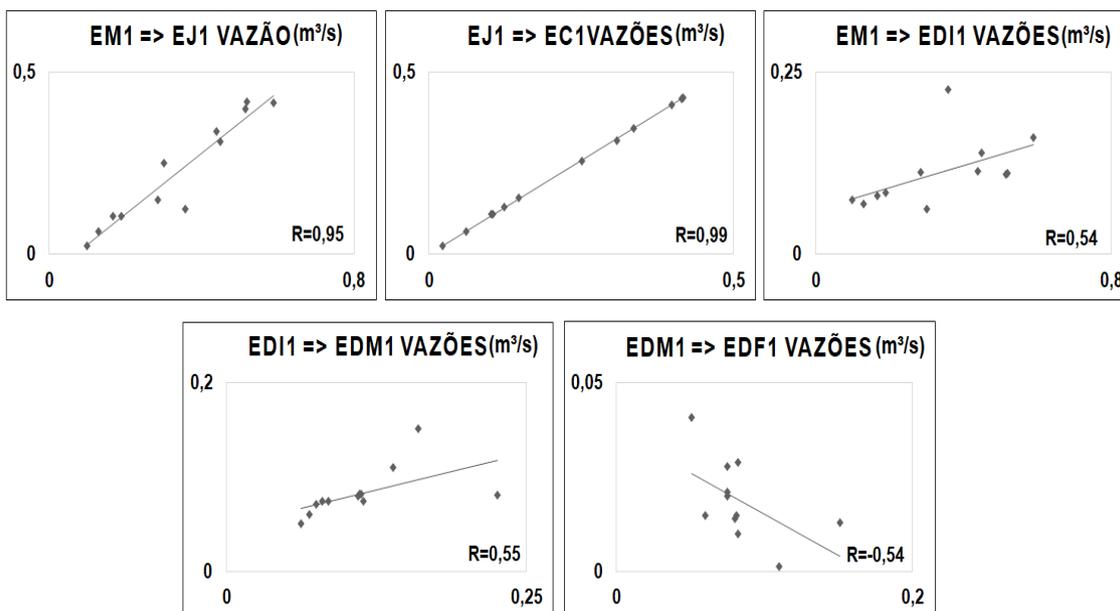
**Gráficos de 23 a 25:** Das correlações das vazões entre os pontos da derivação do córrego da Cava



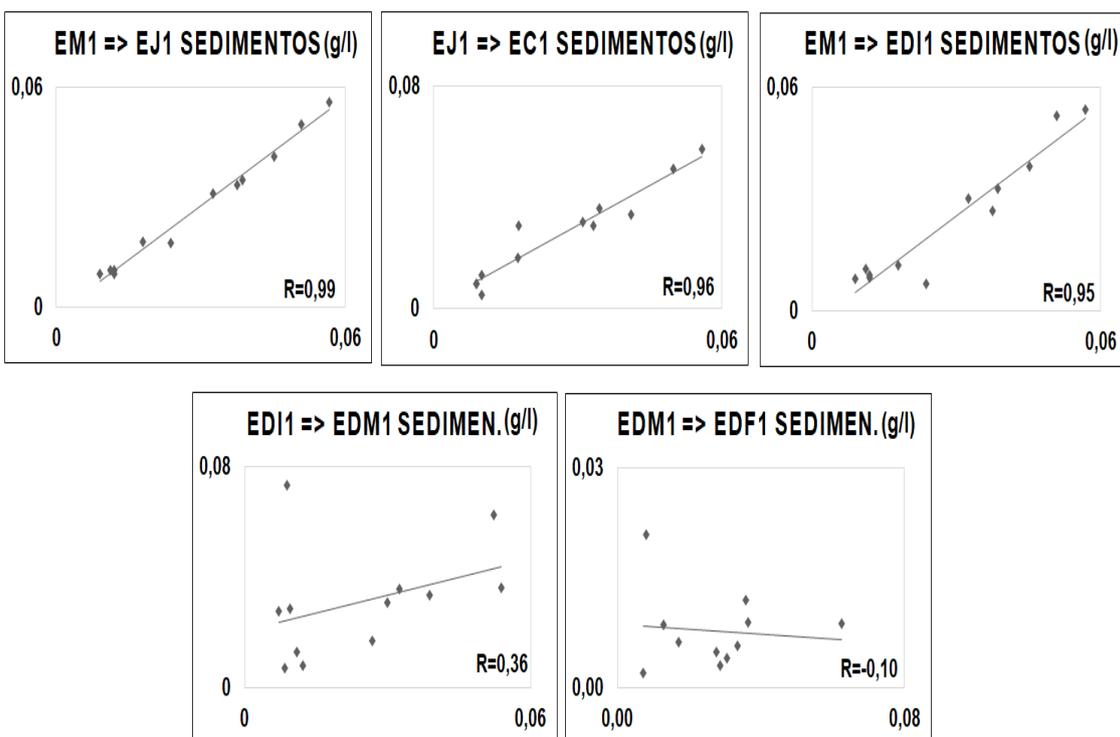
**Gráficos de 26 a 28:** Das correlações dos sedimentos entre os pontos da derivação do córrego da Cava



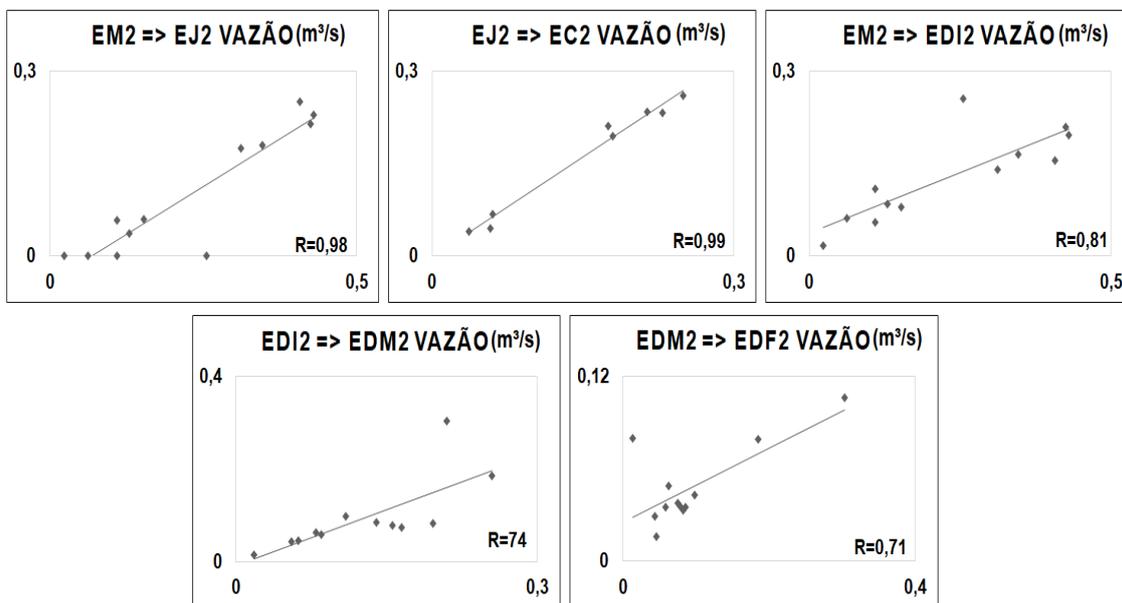
**Gráficos de 29 a 33:** Das correlações das vazões entre os pontos da derivação do córrego da Estiva (derivação 1)



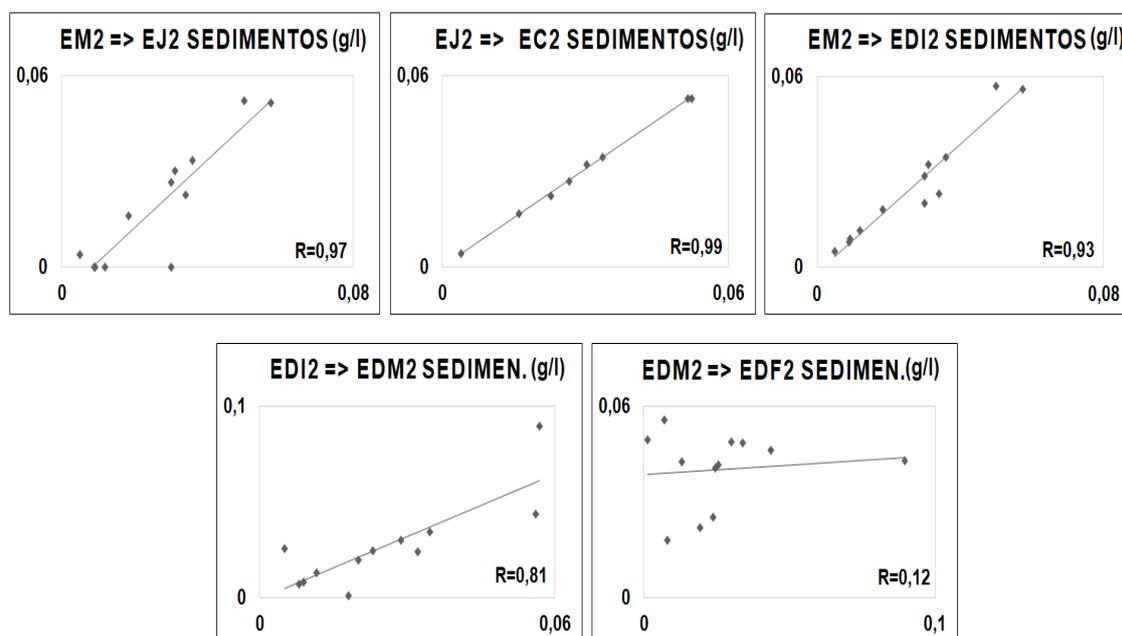
**Gráficos de 34 a 38:** Das correlações dos sedimentos entre os pontos da derivação do córrego da Estiva (derivação 1)



**Gráficos de 39 a 43:** Das correlações das vazões entre os pontos da derivação do córrego da Estiva (derivação 2)



**Gráficos de 44 a 48:** Das correlações dos sedimentos entre os pontos da derivação do córrego da Estiva (derivação 2)



Fonte: elaborado pelo autor

- Correlações fortes entre os pontos dos canais naturais: A dinâmica do fundo de vale contribui para estes resultados, ainda que o barramento de derivação provoque reduções nas vazões. Por exemplo, nas cheias as águas se concentram no fundo de vale e são conduzidas pelos canais, com as variações em um ponto repercutindo nos seguintes. São os casos entre pontos a montante e jusante dos barramentos (TM/TJ, CM/CJ, EM1/EJ1, EM2/EJ2) e da jusante dos barramentos com os pontos de controle (TJ/TC, EJ1/EC1, EJ2/EC2);
- Correlações positivas medianas entre o canal natural e o início da derivação: O argumento anterior, sobre a capacidade dos canais em acomodarem episódios de cheia, é reforçado quando são analisadas as correlações positivas medianas para vazão, não por acaso, entre os canais naturais e pontos de derivação (TM/TDi, CM/CDi, EM1/EDi1, EM2/EDi2). O perfil sugere que no período da seca, embora as vazões estão em redução nos canais naturais, as quedas são amenizadas nos artificiais por reparos que podem manter as vazões mais elevadas nestes ambientes, tomando mais águas dos córregos. Já na estação chuvosa, os canais artificiais possuem um limite na sua capacidade em comportar caldais, com os valores nos canais naturais podendo continuar a subir, enquanto nas derivações, após o limite da seção transversal, estabilizam pelo transbordamento;
- Correlações positivas ao longo das derivações: Em geral os canais artificiais mostraram capacidade de conduzir os fluxos sem grandes oscilações. Nos trechos em questão as perdas gradativas por consumo, evaporação, evapotranspiração, infiltração e vazamentos são as responsáveis pelas reduções das vazões e pela atenuação das forças dessas correlações, observadas em CDi/CDf, EDi1/EDm1, EDi2/EDm2, EDm2/EDf2.
- Casos específicos com correlações baixas ou negativas: A relação baixa entre o início da derivação no córrego Taquara e o seu ponto médio (TDi/TDm) foi considerada pela existência de pontos de vazamentos no início do canal. Em seguida, em direção ao ponto final (TDm/TDf) a correlação negativa pode ser explicada por desvios significativos entre os pontos que, mesmo notado um aumento em TDm, não são seguidos no

final da derivação. Por fim a correlação negativa entre EDm1 e EDf1 pode ser entendida pelas mudanças ao longo do percurso do canal, alterando a maneira como áreas alagadas recebem mais ou menos fluxos entre os dois pontos, alterando as vazões observadas.

Para os sedimentos, os índices coincidentes são, em alguns casos, diferentes dos que foram observados para vazão:

- Correlações positivas fortes: Ainda que existam obstáculos, como os barramentos e mudanças no comportamento do canal, com redução das velocidades, os sedimentos em suspensão apresentaram correlações fortes nestes locais. Foram principalmente identificadas nos pontos iniciais das derivações que conjugam o canal natural, a montante e a jusante do barramento da derivação, e o início da própria derivação (TM/TDi, TM/TJ, CM/CDi, EM1/EDi1, EM1/EJ1, EM2/EDi2, EM2/EJ2). Um caso de correlação forte, mas não pertencente ao início das derivações, esta ao longo da segunda derivação do córrego da Estiva (EDi2/EDm2), indicando boa condução de fluxos ao longo da derivação não sendo tão intensas as deposições pois o canal está bem aberto;
- Correlações positivas fracas: Encontradas ao longo dos canais artificiais (TDi/TDm, CDi/CDf, EDi1/EDm1, EDm2/EDF2), possivelmente apresentando influências da vegetação e redução dos fluxos que geram cenários distintos entre os pontos de correlação. Também podem ocorrer manutenções que acabam por alterar os índices de sedimentos suspensos, principalmente no final das derivações;
- Correlações negativas: Em 3 faixas ocorreram correlações negativas (TDm/TDf, CM/CJ, EDm1/EDm1), sugerindo como as intervenções humanas podem impedir que um ponto influencie regularmente outro. Entre as intervenções estão, as já consideradas, reformas dos canais, desvio de vazões e presença de animais domésticos.

Conforme as relações vão se enfraquecendo indicam algum tipo de intervenção seja antrópica ou das variáveis que se desenvolvem nos canais, como a vegetação.

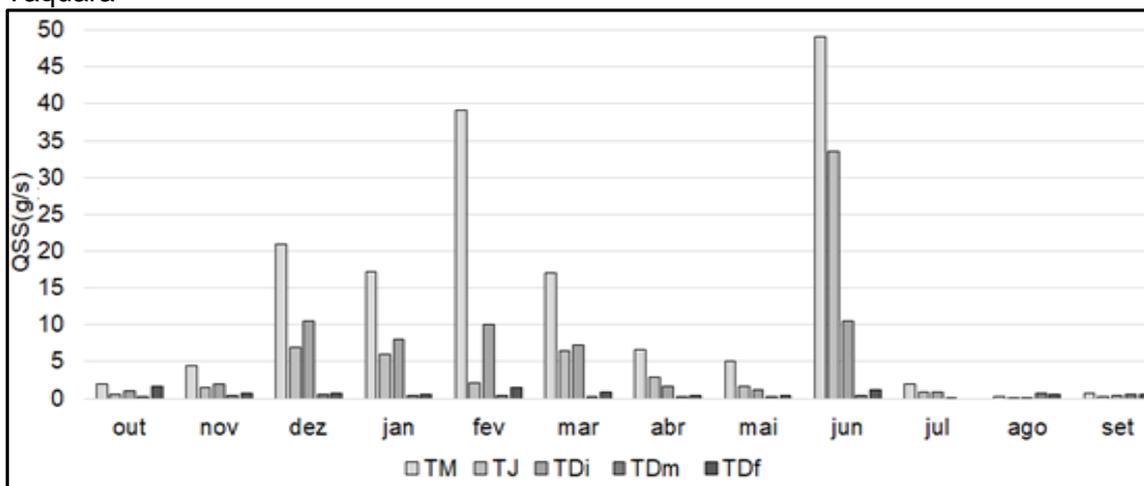
#### **4.4.3 Cargas sólidas registradas nas seções transversais dos sistemas de derivação**

As análises anteriores mostraram que tanto as variações quanto as correlações das vazões (Q) e da concentração de sedimentos em suspensão (CSS) são mais fortes nos canais naturais, havendo redução das mesmas nos cursos artificiais. Porém, como lembram López-Tarazón et al (2011), as concentrações de sedimentos podem ser altas mesmo em fluxos baixos, questão vista em alguns casos neste estudo. Logo, para perceber melhor o deslocamento e acomodação dos sedimentos em transporte é necessário multiplicar os dois parâmetros para se obter a carga sólida transportada (QSS), revelada nos Gráficos de 49, 50, 51, 52.

Em geral, os maiores valores de QSS estão nos pontos iniciais dos canais naturais que decaem em seguida, pelos componentes do sistema de derivação. Entre estes, se destaca o papel dos barramentos, divisões e perdas nas vazões, bem como canais propícios à deposição. Os sistemas de derivação possuem então franco papel na acomodação de materiais, sendo importante lembrar dos fluxos e sedimentos das vertentes, que ficam retidos ao longo das faces externas dos diques marginais ao invés de se conectarem aos canais.

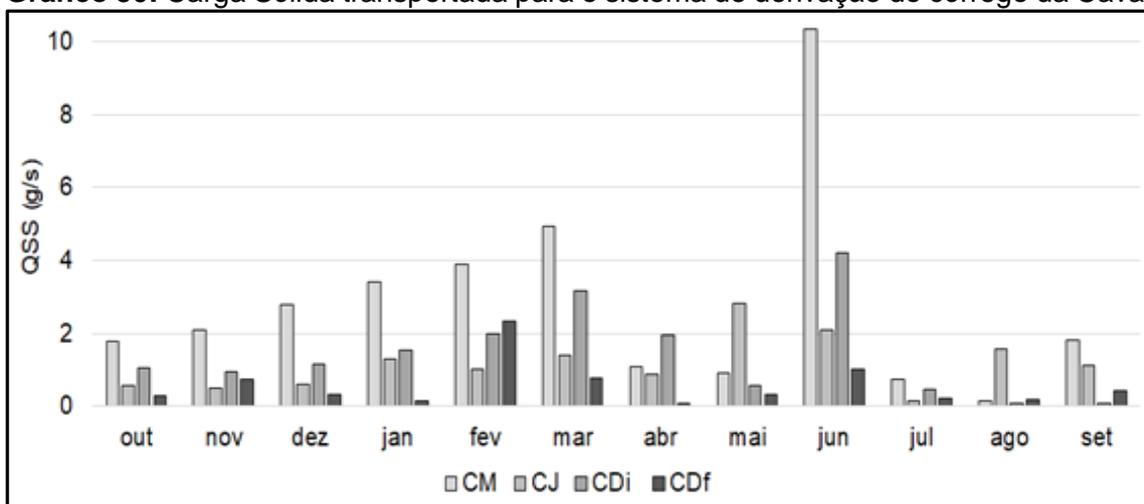
É relevante que, além de dividir os sedimentos entre duas direções, os barramentos retêm materiais, em torno dos 13% em cada derivação do córrego da Estiva e chegando a 22% no córrego da Taquara. Para o córrego da Cava a decomposição de matéria orgânica em CJ inviabiliza o cálculo uma vez que passa a cobrir os valores oriundos do ponto a montante. Quando ocorre a redução de sedimentos nos canais artificiais, significa que os mesmos foram depositados nos leitos e, posteriormente, transferidos para os diques marginais, como já observado no item 4.3.

**Gráfico 49:** Carga Sólida transportada para o sistema de derivação do córrego da Taquara



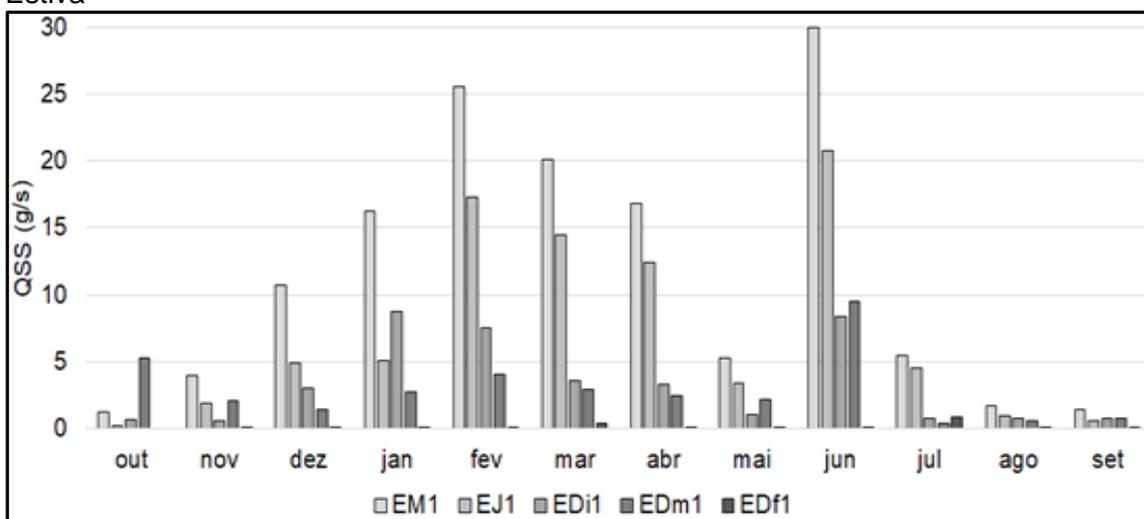
Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 50:** Carga Sólida transportada para o sistema de derivação do córrego da Cava



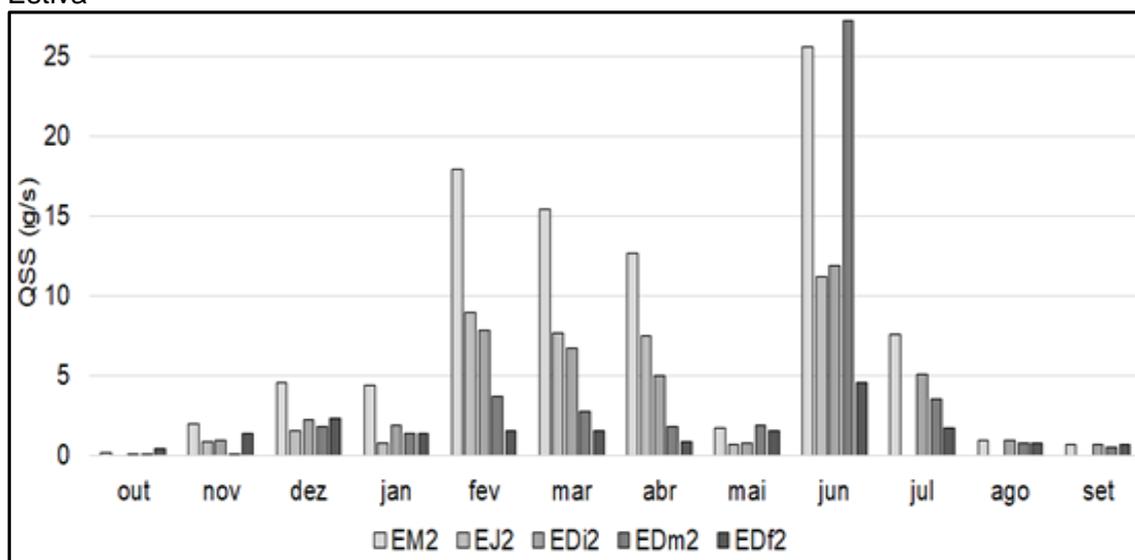
Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 51:** Carga Sólida transportada para o sistema de derivação 1 do córrego da Estiva



Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 52:** Carga Sólida transportada para o sistema de derivação 2 do córrego da Estiva



Fonte: elaborado pelo autor

Ainda sobre os efeitos das manutenções nas remoções da vegetação e materiais dos leitos, são elevados os índices de sedimentos disponíveis para transporte que pode superar a redução do volume de água no canal, explicando valores maiores em TDf que TDm, em CDf que CDi e ainda de EDf2 sobre EDm2. Estes aumentos, não se referem às conexões com as vertentes, já que também ocorrem no período da seca e, quando na estação chuvosa, não são acompanhados da elevação dos fluxos, o que indicaria tais ligações.

#### 4.4.4 Os valores derivados em dois cenários para toda a bacia

O potencial de transposição dos canais derivados, e como os mesmos podem alterar a dinâmica hidrológica na bacia, é mostrado na Tabela 1 com os percentuais das vazões que são deslocadas dentro da bacia de estudo, em um cenário na estação chuvosa e outro dentro da estação seca. É chamativo como na estação seca os valores se tornam elevados, com dois canais naturais tendo suas águas totalmente suprimidas, o que pode, justamente, refletir no histórico de reduções das vazões mínimas no exutório da bacia (item 4.2).

**Tabela 1:** Porcentagem de águas desviadas dos canais naturais, pelo sistema de derivação, em amostragens nas estações chuvosa e seca (ano hidrológico 2015/2016)

Nº	Derivação	jan/16	set/16
1	Córrego do Mariano D1	20%	30%
2	Córrego do Mariano D2	11%	13%
3	Córrego do Mariano D3	52%	69%
4	Córrego do Mariano D4	62%	78%
5	Córrego do Mariano D5	66%	100%
6	Córrego da Estiva D1	64%	23%
7	Córrego da Estiva D2	63%	100%
8	Córrego da Onça D1	30%	45%
9	Córrego da Cava D1	61%	70%
10	Córrego da Cava D2	58%	79%
11	Córrego da Taquara D1	26%	37%
12	Córrego da Taquara D2	30%	54%
13	Córrego da Taquara D3	55%	42%
14	Córrego da Taquara D2	10%	20%
15	Córrego da Lavrinha D1	42%	60%
16	Córrego Preto D1	10%	26%

Fonte: elaborado pelo autor

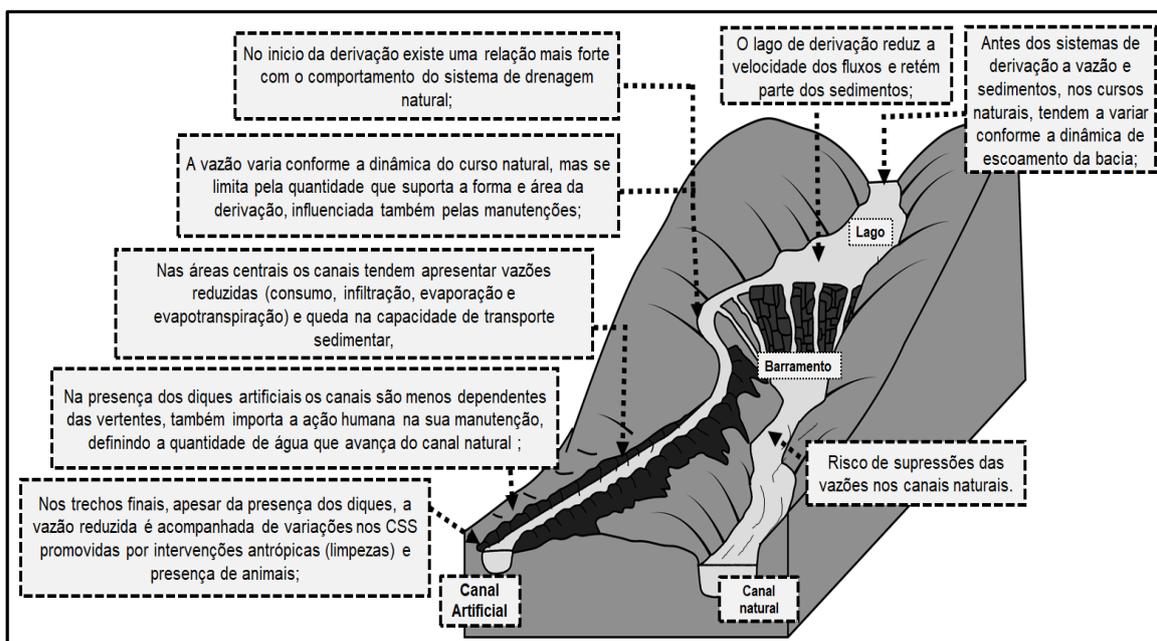
Na bacia de estudo, como mostrado por Silva (2014) o perfil de ocupação predominante até início dos anos de 1990 era tradicional. Logo, os canais derivados eram menores, dadas as técnicas de manejo, e mantidos conectados não apenas no início das derivações, mas no final, retornando volumes de água aos canais naturais. O registro é reforçado pelos relatos dos moradores antigos que sugerem a conexão dos canais como estratégia para a captura de peixes no período do defeso (período da reprodução). É possível que os diques antrópicos fossem menores, permitindo o melhor deslocamento de águas dentro da bacia de drenagem. Contudo, a partir da inserção de novos meios de manutenções, os diques cresceram, reduzindo a capacidade de concentração desta bacia, ao mesmo tempo que as manutenções foram abandonadas nos trechos finais das derivações.

Desta maneira, conforme se encaminha para a modernização, os moradores estão mantendo os canais derivados, mas com uma nova abordagem de gestão. Sendo perceptível que as estruturas se tornam mais largas e profundas, com diques mais proeminentes se tornando ainda mais eficientes em impactar cursos naturais e vertentes, embora tamanha eficiência não seja notada nos pontos de retorno das vazões.

#### 4.4.5 Sistematização

A partir dos cenários divisados no item 4.4, se confirmou a hipótese que os sistemas de derivação, que devem promover mudanças das vazões ao longo dos canais naturais, seriam depósitos dos sedimentos para eles orientados tanto dos rios quanto das vertentes. Cabe à Figura 57 apresentar como variam estes aspectos ao longo dos canais. Como visto em Terajima et al (1997), os estudos em cabeceiras de drenagens, relativos à retirada, transporte e sedimentação de materiais, são válidas análises dos processos hidrogeomórficos. Dunne (1979), ao avaliar dezenas de bacias hidrográficas, atestou como é preponderante o papel humano nas respostas sedimentares e hidrológicas. Nesta bacia, entre os elementos que se revelaram influentes na dinâmica entre vazão e sedimentos, se destacou a vegetação, como questão a ser avaliada a seguir.

**Figura 57:** Síntese do comportamento hidrossedimentar de uma bacia com canais abertos artificiais



Fonte: elaborado pelo autor

#### **4.5 A turbidez, em sistemas derivados, como indicativo das relações entre vegetação e velocidade dos fluxos**

Como ao longo das análises entre sedimentos e vazão, se tornou evidente a importância da presença da vegetação nos canais, este item busca entender o papel da vegetação na alteração das velocidades dos fluxos e nas retenções de partículas, tendo por indicativo a turbidez. Nos sistemas de drenagem se destacam estes estudos, uma vez que os índices de partículas suspensas interferem na passagem de luz pela coluna de água (DAVIES-COLLEY; SMITH, 2001; VON SPERLING, 2005), acabam por desequilibrar as cadeias tróficas (TAVARES, 2005) e revelando como se tem dado a dinâmica de transporte de materiais ao longo do fluxo.

Estas partículas são oriundas de processos erosivos, remobilização de depósitos e matéria orgânica. Na acomodação de parte desses materiais influem aspectos como declividade do canal, existências de obstáculos, redução da competência de transporte, pela redução da velocidade, ou dispersão dos fluxos (VAN RIJIN, 2005). É possível tratar também da conectividade hidrológica na relação vertente-canal, já que as condições destas superfícies promovem ou impedem o deslocamento das partículas (CROKE; MOCKLER, 2001; BRACKEN; CROKE, 2007; MICHAELIDES; CHAPPELL, 2009).

Para James et al (2001), a vegetação tem o potencial de influenciar dinâmicas fluviais, tanto para questões físicas quanto químicas e ecológicas, associada ao comportamento sedimentar. Nos canais estudados, a vegetação incide sobre características como fluxos, estruturas dos canais, contenção da erosão, na dinâmica do turbilhonamento, decaimento de partículas e sua deposição (investigados por meio da turbidez).

A relação geomorfologia/vegetação nos canais não deve ser unidirecional pois, na verdade, a vegetação influi nos processos hidrogeomórficos e formas desde as vertentes até os leitos de escoamento concentrado (GURNELL, 1997). Para Corenblit et al (2007), é válido o conceito de sucessão biogeomórfica, para analisar a integração da evolução do canal com a vegetação nele e nas suas adjacências. Como exemplo, os estudos de Lee e Shih (2004), Gurnell et al (2012) e Gurnell et al (2016) em análises do potencial da vegetação de alterar dinâmicas de escoamento, sejam nas vertentes ou canais. Neste estudo se

observa que os usuários, ainda que poderiam assumir o revestimento dos canais, insistem em mantê-los de terra. Logo, a presente investigação auxilia no entendimento desta escolha, e no modo como repercute no desenvolvimento das formas dos canais e suas adjacências.

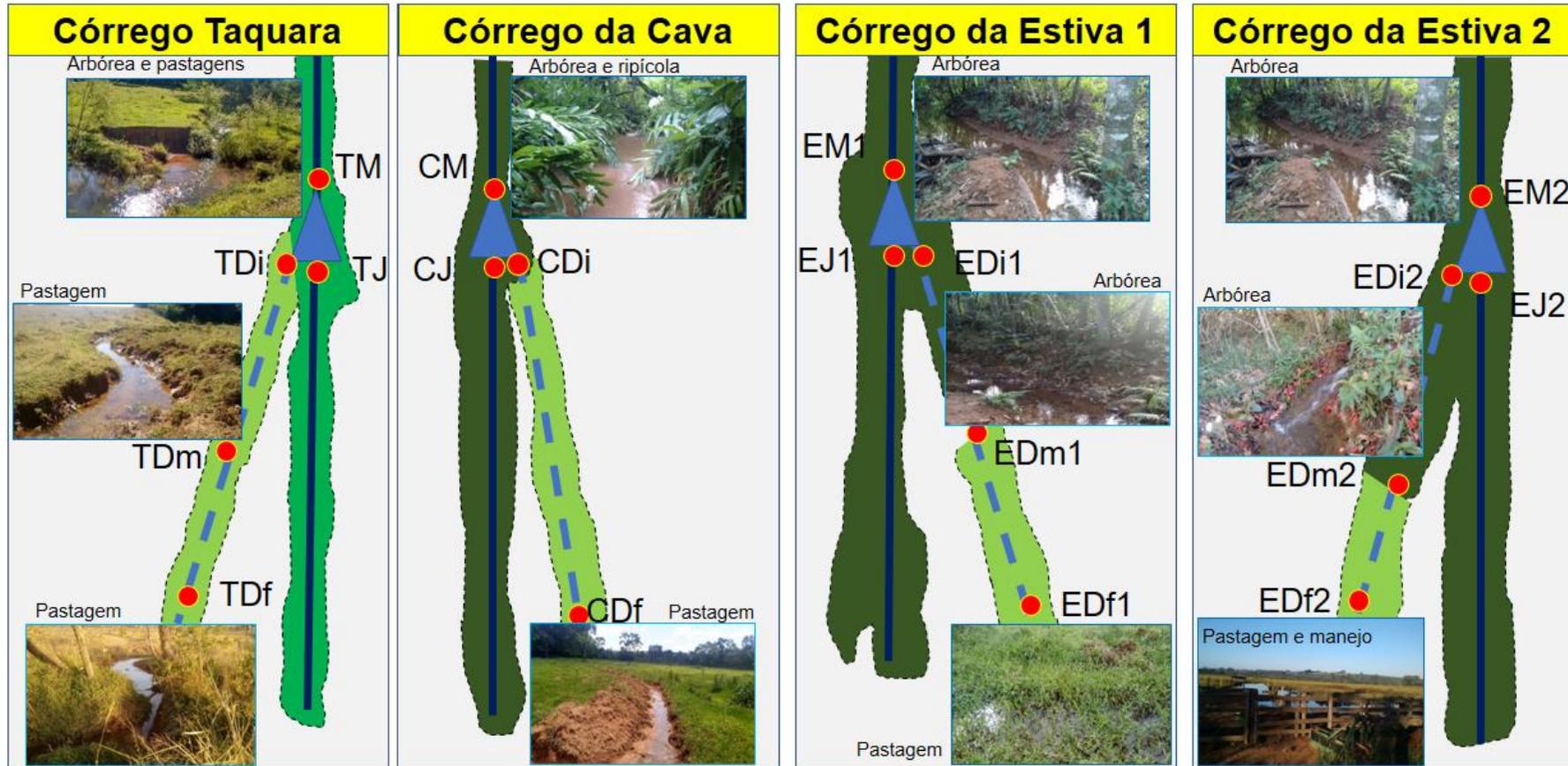
#### **4.5.1 O papel dos barramentos e das fases de interferência da vegetação nos canais derivados multifuncionais**

Os valores de turbidez foram obtidos nos pontos de análises, definidos para os outros parâmetros como vazão e CSS. Porém, para a progressão da vegetação e a velocidade dos fluxos, as medições não se limitaram a seção transversal da coleta de turbidez, mas se estenderam aos trechos a montante destes pontos. Na figura 58 são apresentados os pontos de coleta da turbidez e as condições predominantes nas adjacências dos canais analisados.

Entre os elementos dos sistemas de derivações, os barramentos, muitos dos quais vegetados, têm seus comportamentos passivos de leitura pela turbidez. Como lembra Comiti (2011) estes promovem impactos aos sistemas de drenagem naturais, pela retenção de parte das partículas e representam mudanças a jusante, na funcionalidade dos canais, seus habitats e sua evolução. Nos lagos formados por serem pequenos, ocorrem reduções nas velocidades dos fluxos e não, necessariamente, construções de ambientes lênticos. A maneira como os fluxos se portam nestes setores parece influenciar na distribuição e direcionamento das partículas

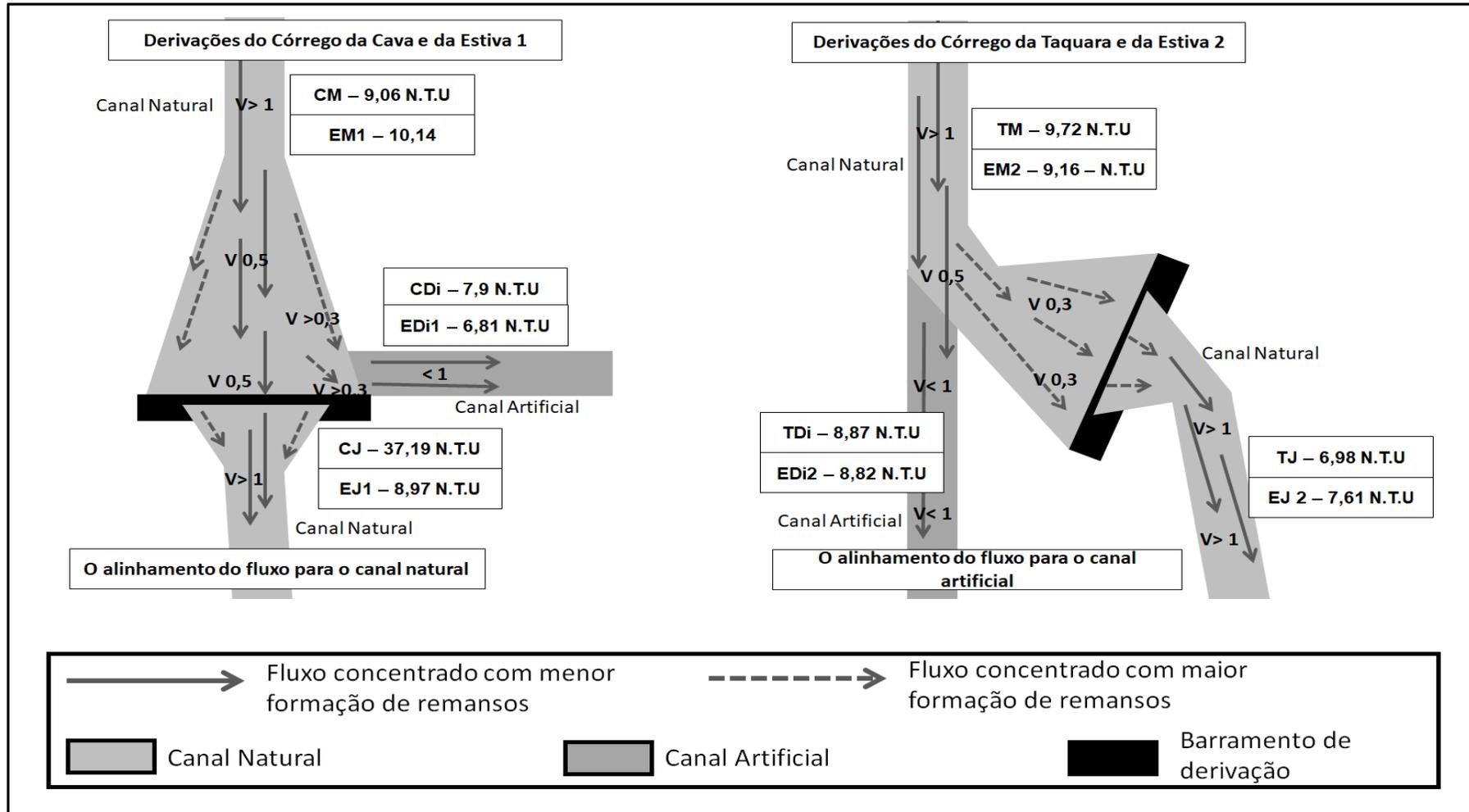
Em campo, foram notadas duas configurações de barramentos: uma primeira em que a posição da estrutura levou os fluxos a se direcionarem com maior facilidade para o canal artificial. Já o segundo caso, os fluxos ficaram orientados para o canal natural. Os leitos, conectados nas laterais dos barramentos, sofreram influências de características como remansos e contra fluxos. Como resultado os valores médios de turbidez estão mais baixos nestes locais que aqueles cujos fluxos se alinharam diretamente, entre o ponto a montante e a jusante no sistema formado pelo barramento (Figura 59).

**Figura 58:** Os pontos de amostragem nos sistemas de derivação e suas principais características quanto a uso e ocupação nas margens dos canais



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 59:** Comportamento dos barramentos para a turbidez (N.T.U) e velocidade dos fluxos ( $v=m^3/s$ )

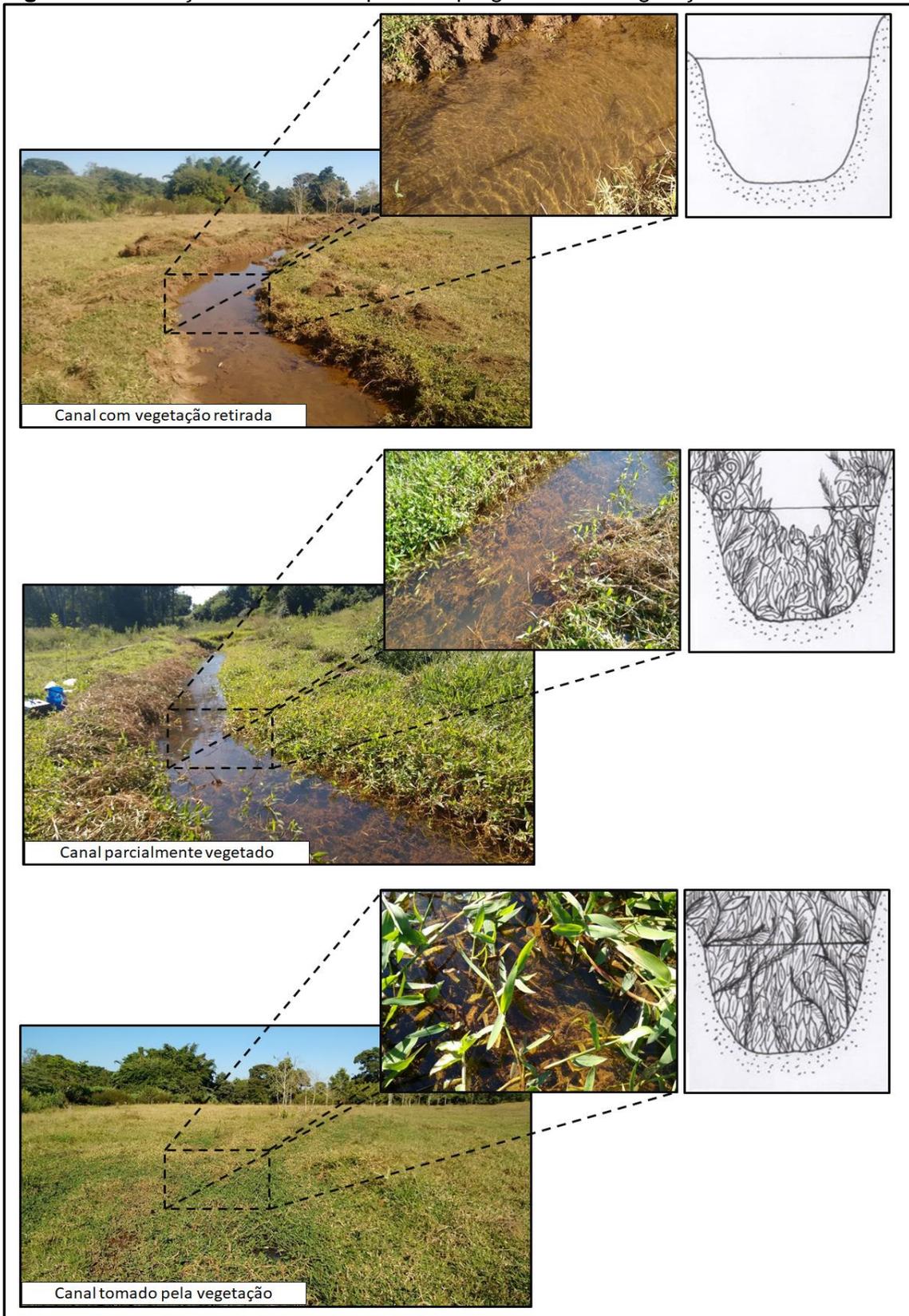


Fonte: elaborado pelo autor

Os dois modelos revelam que as direções dos fluxos influem na deposição de partículas, bem como impactam no direcionamento daquelas que ainda seguem disponíveis ao transporte. Se o fluxo principal se dirige diretamente para o canal artificial, os valores de turbidez foram maiores nesta direção, se comparados com o ponto a jusante do curso natural. O inverso, fluxo direcionado para o canal natural, deverá provocar menores índices de turbidez e sedimentos no canal artificial. A ação antrópica ainda gera outros contextos, como o aprofundamento de uma das saídas de água (com mais fluxos e sedimentos naquela direção).

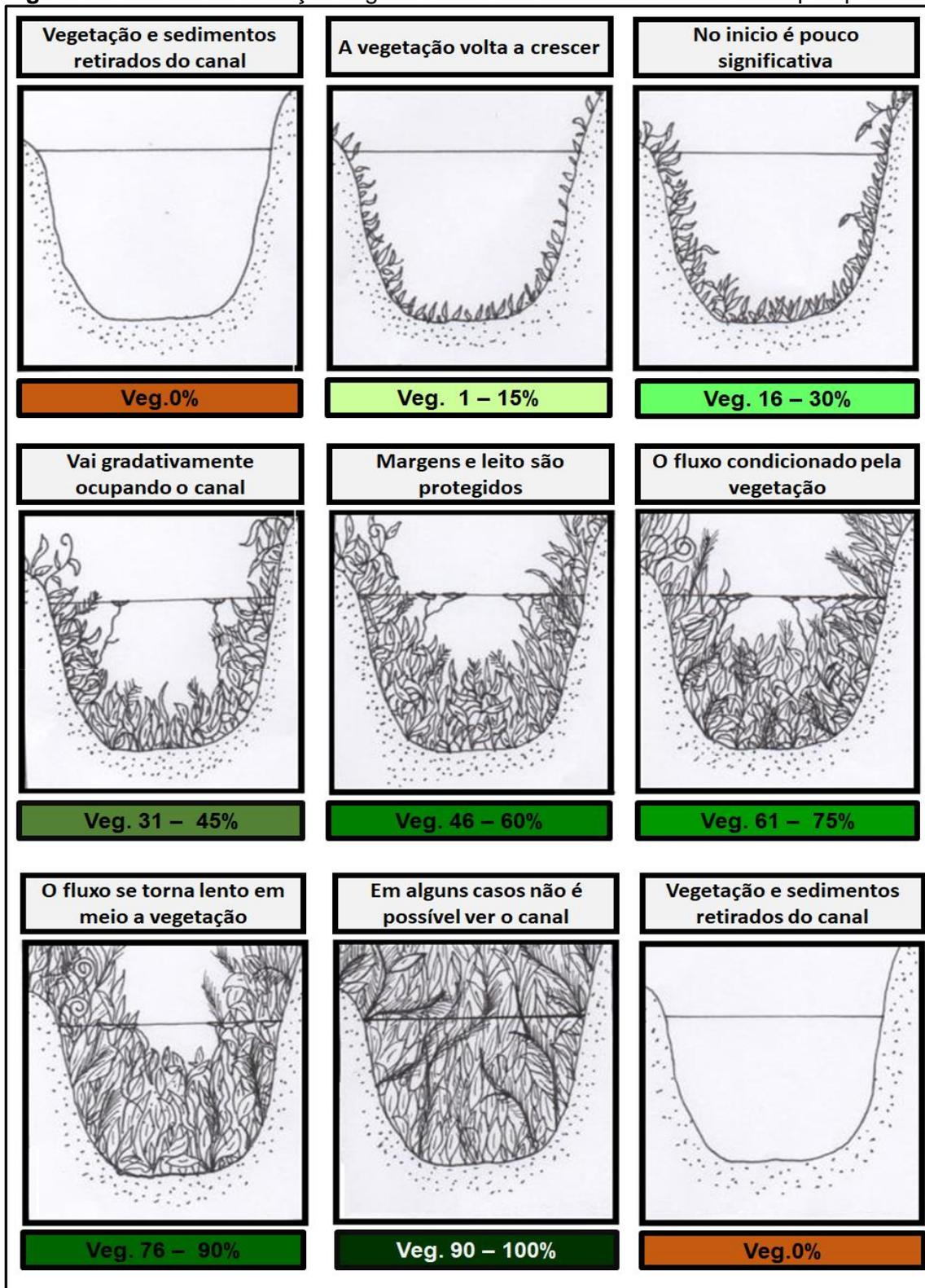
Nos barramentos e ao longo dos sistemas de derivação se deve acrescentar a dinâmica da vegetação, com observação de duas configurações: nos canais em áreas abertas, independentemente do uso e ocupação adjacente, são observados o predomínio de gramíneas variadas (destaque a *Urochloa* – invasora), com presença da taioba (gênero *xanthosoma* – cultura originária da América Central) e de espécies aquáticas como o Pinheirinho d'água (*Myriophyllum aquaticum*) e Chapéu de Sapo (*Hydrocotyle*). Estas últimas duas podem ser tratadas como bioindicadoras de canais com turbidez baixa, pois dependem da luz na coluna d'água para se desenvolverem. Já nas áreas sombreadas, cobertas por vegetação arbórea, as gramíneas são raras e cedem lugar à plantas como a flor de são José (*Hedychium coronarium* - invasora), e pteridófitas nativas a exemplo da samambaia e da avenca.

Os dados (de turbidez e velocidade dos fluxos) foram associados com o desenvolvimento da vegetação, dentro dos canais. A Figura 60 apresenta a variação da vegetação, dentro dos canais, entre a limpeza e a tomada completa do leito. Considerando as alturas das plantas, foram adequadas as sugestões de Haan (1994), que avaliou como velocidade do fluxo e transporte de partículas são influenciados frente ao avanço de caules, hastes e folhas. É importante o registro da vegetação nos canais, ao longo do ano hidrológico, para considerar sua influência hidráulica nos fluxos, como velocidade, turbilhonamento e na capacidade de transferência de partículas (FISCHER-ANTZE et al, 2001). Neste estudo, considerando o avanço da vegetação, foram sugeridos 8 cenários com porcentagens da área ocupada nos canais pelas plantas (Figura 61).

**Figura 60:** Alterações nos canais quanto a progressão da vegetação

Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 61:** Modelo da evolução vegetal dentro dos canais abertos artificiais pesquisados



Fonte: elaborado pelo autor. Na figura é possível notar que foram agrupadas faixas da ocupação da vegetação no canal, partindo de 0%, quando o canal foi limpo, até sua total tomada pela vegetação (em 100%), neste caso a água passa a circular lentamente entre as hastes e folhas, tornando o nível do fluxo mais elevado, podendo mesmo gerar zonas de transbordamento.

Em todos os canais derivados, embora apresentem espécies diferentes, são observados os impactos da vegetação alterando a distribuição da velocidade, sob influência do coeficiente da rugosidade e aumento da força de cisalhamento (HUALI, et al, 2012; LI et al, 2014). Dessa forma, conforme cresce, a vegetação promove gradativa mudança no turbilhonamento da água, formando remansos e contra fluxos os quais contribuem para as quedas das partículas ao longo da coluna de água.

#### **4.5.2 Vegetação e turbidez na gestão de canais derivados**

É necessário observar como as velocidades dos fluxos e as demandas por manutenções dos canais artificiais estão submetidos ao desenvolvimento das plantas. O Quadro 4 plota os estágios do desenvolvimento vegetativo com mudanças na velocidade dos fluxos, para que seja viável comparar tais questões. Sobre este quadro, para as análises que seguem:

- 1 - As cores estão determinadas conforme as etapas do desenvolvimento da ocupação do canal pela vegetação (indicadas também pelos percentuais), em alguns casos ocorrem limpezas parciais, sugeridas pela redução nos percentuais da vegetação, mas não por sua retirada completa (0%);
- 2 - Como visto no item relativo a vazão (ITEM 4.4.2), nos canais artificiais, sendo portadores de declividades quase insignificantes, as velocidades dos fluxos variam geralmente entre 0,3 e 1,1 m/s, se comparados aos naturais que vão de 1,2 a 4 m/s (para as medições realizadas);
- 3 - No mês de setembro de 2015 foi mensurada somente a vegetação, como base para o início das atividades de monitoramento em outubro do mesmo ano;
- 4 - Quando atingem valores, maiores que 90% de cobertura vegetal, não significa que os fluxos foram interrompidos, mas que a área da seção molhada é permeada pelas hastes da vegetação.

Quadro 4: Evolução da vegetação e da velocidade dos fluxos nos canais ao longo do ano hidrológico 2015/2016

	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Trecho do Canal (TM) córrego da Taquara a montante do barramento de derivação													
condição do leito	em rocha												
vel. fluxo (m³/s)	1,6	1,9	2,3	2,8	3,1	2,9	2,2	2,3	3,6	1,9	1,6	1,4	
Trecho do Canal (TJ) córrego da Taquara a jusante do barramento de derivação													
condição do leito	em rocha/material depositado												
vel. fluxo (m³/s)	1,9	2,2	2,7	3	3,1	3	2,6	2,4	3	2,2	1,8	1,7	
Trecho do Canal (TDi) início da derivação no córrego da Taquara													
condição do leito	9%	14%	25%	43%	69%	84%	95%	99%	100%	34%	53%	71%	0%
vel. fluxo (m³/s)	0,6	1,1	0,9	0,8	0,76	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,33	0,5	
Trecho do Canal (TDm) trecho médio do canal com aproximadamente 850 metros a partir do início da derivação													
condição do leito	7%	16%	22%	48%	74%	86%	98%	100%	100%	40%	58%	73%	0%
vel. fluxo (m³/s)	0,5	0,75	0,7	0,6	0,56	0,53	0,45	0,39	0,51	0,48	0,39	0,5	
Trecho do Canal (TDf) trecho a partir do ponto médio com 800 metros aproximadamente													
condição do leito	0%	0%	12%	65%	43%	6%	10%	60%	87%	0%	0%	0%	0%
vel. fluxo (m³/s)	0,42	0,49	0,53	0,51	0,52	0,53	0,45	0,4	0,51	seco	0,53	0,55	
Trecho do Canal (CM) córrego da Cava a montante do barramento de derivação													
leito e margem	em rocha/material depositado												
vel. fluxo (m³/s)	1,2	1,5	1,6	1,4	1,7	1,3	1,2	1,1	2,9	1,4	1,2	1,2	
Trecho do Canal (CJ) córrego da Cava jusante do barramento de derivação													
condição do leito	em rocha/material depositado												
vel. fluxo (m³/s)	1,2	1,5	1,6	1,4	1,7	1,3	1,2	1,1	2,9	1,4	1,2	1,2	
Trecho do Canal (CDi) início da derivação no córrego da Cava													
condição do leito	14%	28%	36%	56%	73%	40%	50%	64%	80%	15%	31%	0%	0%
vel. fluxo (m³/s)	0,55	0,53	0,51	0,4	0,67	0,53	0,5	0,48	0,59	0,53	0,64	0,58	
Trecho do Canal (CDf) trecho a partir do ponto médio com 900 metros aproximadamente													
leito e margem	0%	0%	10%	20%	33%	47%	18%	34%	50%	20%	32%	0%	0%
vel. fluxo (m³/s)	0,55	0,53	0,5	0,43	0,4	0,48	0,46	0,39	0,44	0,41	0,39	0,33	
Trecho do Canal (EM1) córrego da Estiva a montante do primeiro barramento de derivação													
leito e margem	em rocha/material depositado												
vel. fluxo (m³/s)	1,8	2,3	2,4	3	3,5	3,8	3,4	3,1	4,4	2,8	2,1	1,7	
Trecho do Canal (TJ) córrego da Estiva a jusante do primeiro barramento de derivação													
condição do leito	em rocha/material depositado												
vel. fluxo (m³/s)	2,4	2,5	2,7	2,6	2,8	3,3	3,5	3,7	4,1	2,3	2,1	1,9	
Trecho do Canal (EDi1) início da primeira derivação no córrego da Estiva													
condição do leito	0%	0%	0%	0%	9%	14%	18%	23%	29%	6%	11%	27%	0%
vel. fluxo (m³/s)	0,6	0,73	0,83	0,86	1,1	0,89	0,85	0,83	1,4	0,75	0,63	0,65	
Trecho do Canal (EDm1) trecho médio do canal com aproximadamente 820 metros a partir do início da derivação													
leito e margem	0%	0%	5%	8%	13%	16%	28%	35%	5%	10%	15%	0%	0%
vel. fluxo (m³/s)	0,52	0,6	0,62	0,63	0,61	0,56	0,5	0,68	0,82	0,63	0,56	0,5	
Trecho do Canal (EDf1) trecho a partir do ponto médio com 880 metros aproximadamente													
condição do leito	81%	0%	10%	28%	48%	66%	81%	92%	100%	50%	0%	0%	8%
vel. fluxo (m³/s)	seco	0,53	0,51	0,49	0,47	0,43	0,39	0,33	0,42	0,46	0,42	0,39	
Trecho do Canal (EM2) córrego da Estiva a montante do segundo barramento de derivação													
condição do leito	em rocha/material depositado												
vel. fluxo (m³/s)	2,3	2,9	2,8	2,3	2,4	3,1	3,2	3,7	3,8	1,9	2,3	1,6	
Trecho do Canal (EJ2) córrego da Estiva a jusante do segundo barramento de derivação													
condição do leito	em rocha/material depositado												
vel. fluxo (m³/s)	seco	seco	1,8	1,7	2,6	2,6	2,75	2,88	2,69	2,9	seco	seco	seco
Trecho do Canal (EDi2) início da segunda derivação do córrego da Estiva													
condição do leito	0%	0%	6%	9%	15%	20%	27%	34%	40%	50%	57%	0%	0%
vel. fluxo (m³/s)	0,7	0,82	0,79	0,75	0,73	0,72	0,73	0,7	0,6	0,56	0,64	0,6	
Trecho do Canal (EDm2) trecho médio do canal com aproximadamente 610 metros a partir do início da derivação													
condição do leito	0%	8%	13%	25%	39%	52%	68%	20%	33%	0%	0%	0%	8%
vel. fluxo (m³/s)	0,85	1,2	1,1	0,9	0,88	0,81	0,85	0,76	1,2	0,76	0,7	0,8	
Trecho do Canal (EDf1) trecho a partir do ponto médio com 450 metros aproximadamente													
condição do leito	0%	6%	4%	0%	0%	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	5%
vel. fluxo (m³/s)	0,6	0,64	0,67	0,71	0,69	0,65	0,67	0,63	0,79	0,64	0,6	0,53	



Fonte: elaborado pelo autor

O quadro 4 sugere que os canais naturais estão em leitos estabelecidos na areia, cascalho ou rochas e com vegetação nas laterais, sendo sua maior influência nas cheias quando o nível de água se eleva, atingindo as áreas vegetadas. Nestes cenários, as áreas de inundações possuem papel ecológico com o desenvolvimento de espécies herbáceas, arbustivas arbóreas, que influem sobre a dinâmica dos sedimentos e a conectividade vertente-canal (NEPF; VIVONI, 2000). Ainda nos canais naturais é franca a influência meteorológica, pela entrada de águas com elevações das velocidades dos fluxos, ou suas reduções na estiagem (KADLEC, 1994). Pelos perfis longitudinais declivosos, as velocidades são maiores que as encontradas nas derivações.

A partir das derivações, as influências meteorológicas, principalmente na estação chuvosa, são reduzidas, pois os episódios de cheia nos cursos naturais não conseguem ser transferidos completamente aos canais artificiais, valendo mais as condições do terreno, vegetação associada e a intervenção humana. Para esses espaços, a análise da vegetação, como sugerem Ghisalberti e Nepf (2004) é complexa, pela existência de diferentes espécies e, quando não tomam por completo o leito, promovem alterações de velocidade e cisalhamento em uma mesma seção transversal. Ainda existe, como expõem Kadlec, (1994) e Yen (2002), o aumento da resistência hidráulica, reduzindo tanto a capacidade erosiva do fluxo quanto seu poder de transporte de partículas o que conduz à um incremento da sedimentação.

As variações de velocidade reafirmam o papel dos caules das plantas em criar obstáculos a circulação de água, cujo fluxo se torna turbulento pela conversão da energia cinética em cinética turbulenta (NEPF, 1999). Como a vegetação se impõem ao fluxo de água, pode ser aparato para a interceptação e deposição de materiais em suspensão (Figura 62), o seu crescimento significa também eficiência na retenção destas partículas na coluna de água (SHARPE; JAMES, 2006). Mas o papel de retenção dos sedimentos no canal derivado, seja no leito ou nos caules da vegetação, é provisório já que, como visto no quadro 4, ocorrem remoções da massa sedimentar e orgânica quando os canais perdem sua eficiência.

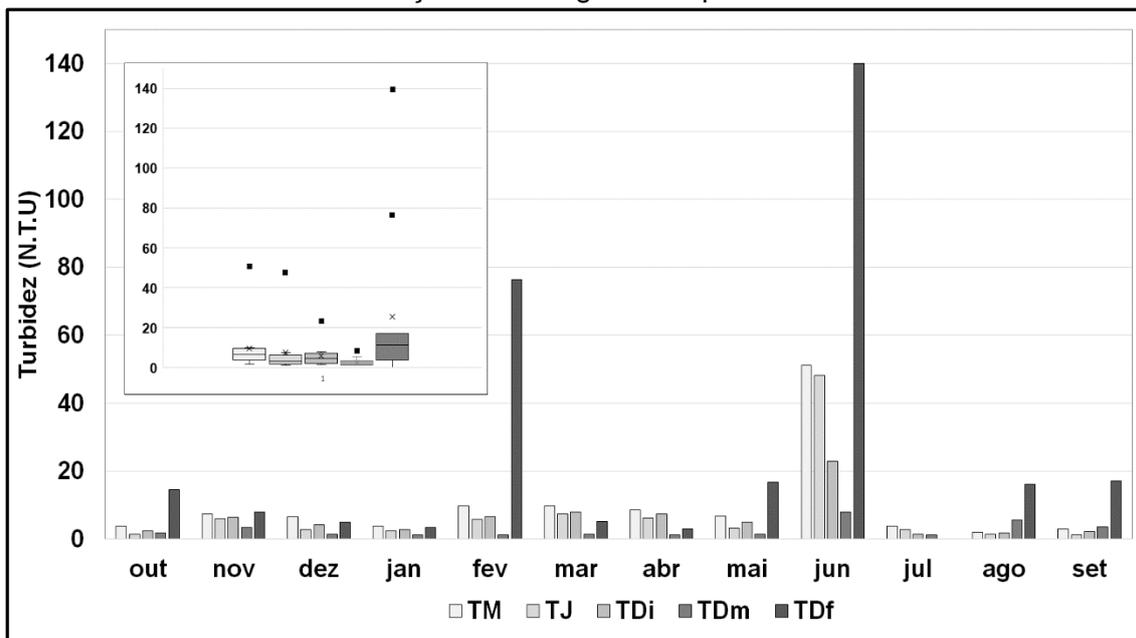
**Figura 62:** Materiais antes em suspensão agora fixados nas hastes da vegetação em um canal derivado multifuncional



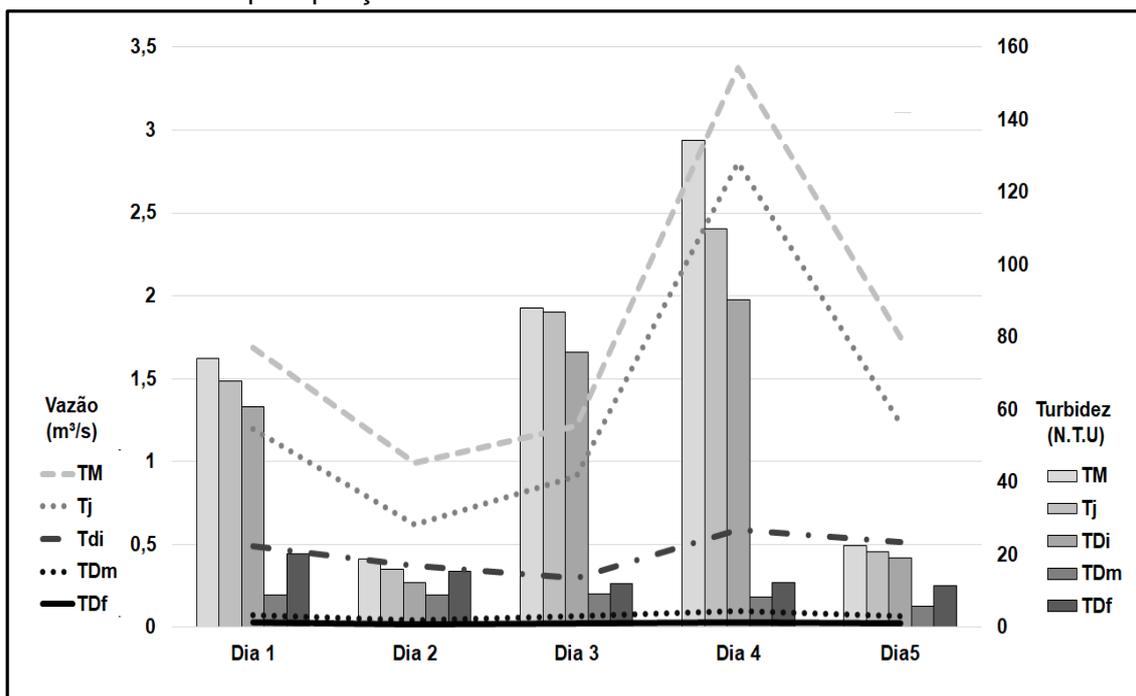
Fonte: elaborado pelo autor

Para os dados de turbidez, dispostos nos gráficos a seguir, na derivação no córrego da Taquara (Gráfico 53), os maiores valores ocorreram no final do canal artificial – TDf – dada o histórico de constantes limpezas, contrastando com o ponto médio – TDm – tendo apenas duas limpezas e menores índices de turbidez. Inclusive em alguns casos TDf apresentou velocidades maiores que aquelas encontradas a montante, apesar da redução da vazão.

O gráfico box plot auxilia nesta interpretação, apontando ser, justamente, o ponto TDm aquele com menor variação da turbidez, já os comportamentos semelhantes entre TM, TJ e TDi mostraram como o início da derivação ainda sofre influências do sistema natural. Neste caso o maior atenuador de partículas, já citado anteriormente, é o barramento de derivação. Realçam estas condições o recorte com 5 dias (Gráfico 54), com os setores naturais apresentando maiores valores de turbidez e vazão e com as derivações tendo reduções consideráveis nestes indicadores, quando da presença de vegetação ao longo dos canais.

**Gráfico 53:** Turbidez na derivação no córrego da Taquara em 12 cenários mensais

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 54:** Vazão e Turbidez na derivação no córrego da Taquara nos 5 dias consecutivos com precipitações

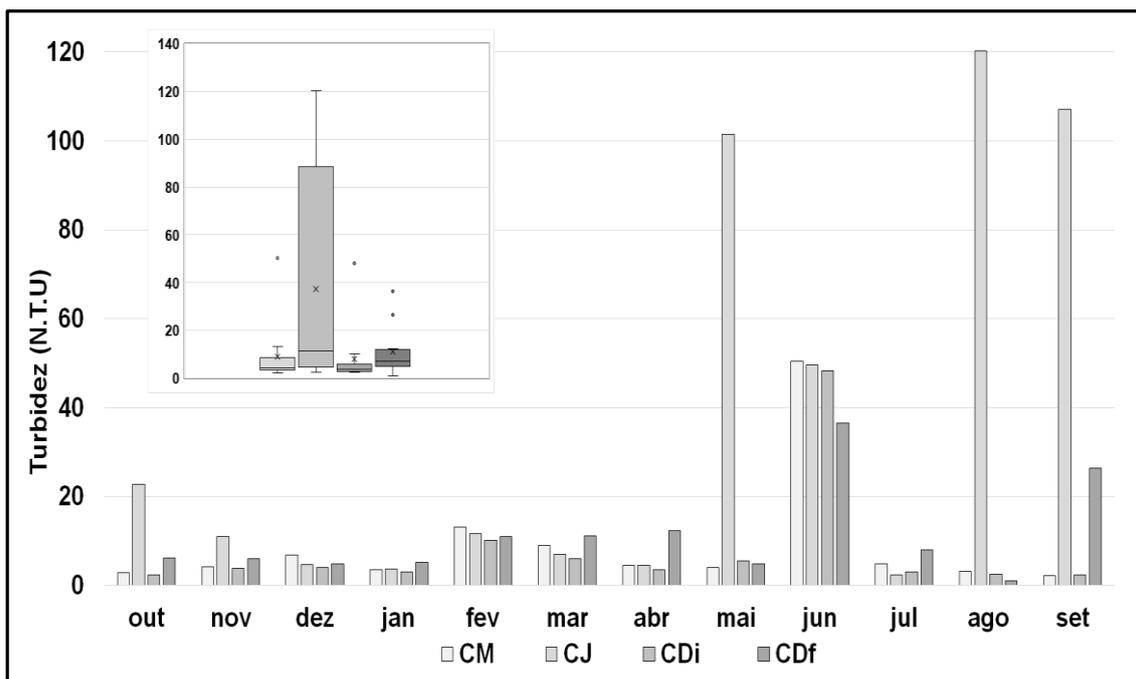
Fonte: elaborado pelo autor

Como visto, tanto vazões quanto turbidez variam com intensidade, dado o contexto das precipitações, ao passo que nas derivações, os índices têm menores variabilidades e são influenciados pelas formas dos canais, diques antrópicos, declividades, vegetação e intervenções. É interessante que no ponto TDf, em janeiro, apesar de ter sofrido uma redução de 66,15% na área vegetada,

comparada ao mês de dezembro, os valores de turbidez se ergueram levemente, indicador que o canal segue isolado das vertentes nestes trechos.

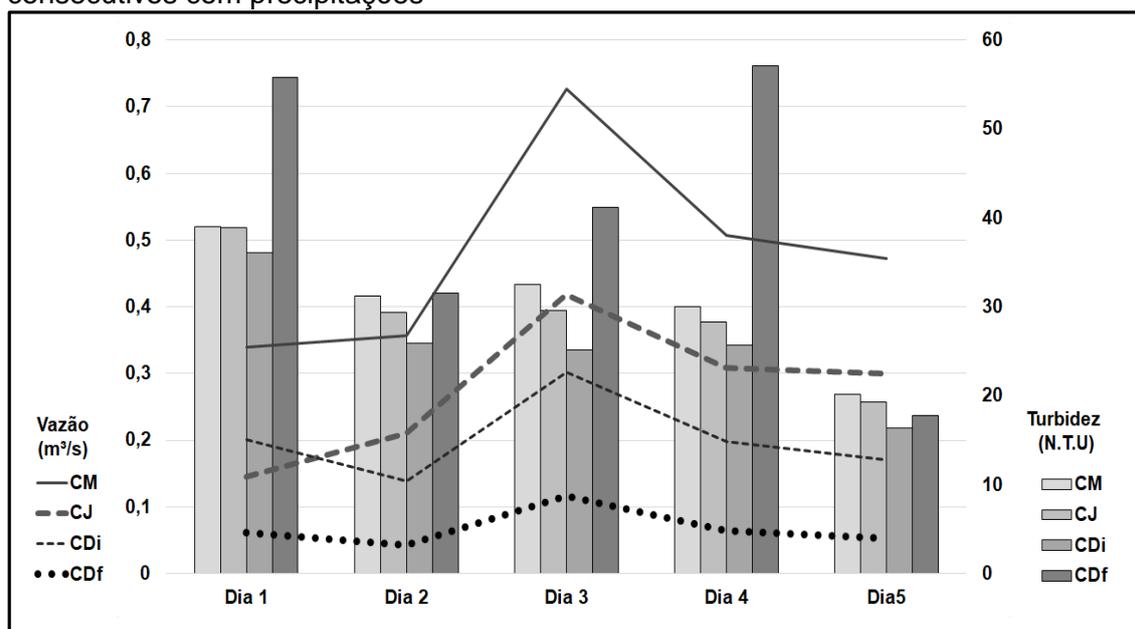
Para o córrego da Cava, o gráfico 55, destaca a variação no ponto CJ (realçado no box plot), onde os elevados índices de partículas, nos meses de seca, resultam da redução na vazão, pelo desvio para o canal artificial (cerca de 70%), que torna o trecho incapaz de depurar a matéria orgânica em decomposição. Na derivação, em CDf as limpezas diminuem a vegetação que, associadas a presença de gado, promovem a circulação de partículas e consequente aumento dos valores da turbidez. Na análise dos 5 episódios consecutivos (Gráfico 56), sendo normalizada a condição da vazão em CJ (período chuvoso), as demais impressões da série anual são reforçadas. As quedas das vazões entre CDi e CDf revelaram o isolamento do canal em relação aos processos da vertente, sendo o gado o principal agente de impacto.

**Gráfico 55:** Turbidez na derivação no córrego da Cava em 12 cenários mensais



Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 56:** Vazão e Turbidez na derivação no córrego da Cava nos 5 dias consecutivos com precipitações

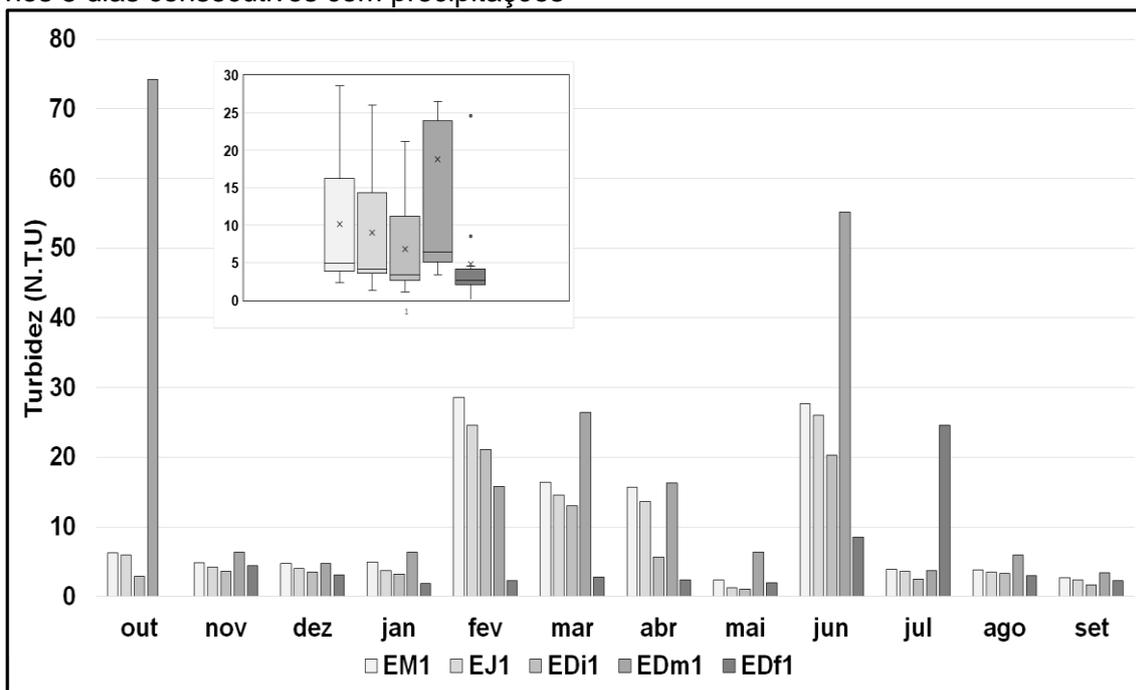


Fonte: elaborado pelo autor

No córrego da Estiva, a primeira derivação (Gráfico 57), entre EDi1 e EDm1, encontra-se sob vegetação arbórea, reduzindo o desenvolvimento de espécies invasoras no canal, com a resposta da turbidez variando, próxima ao curso natural, fato bem observado nos registros entre março e junho. A presença esporádica da vegetação no canal, formada por samambaias e avencas, não é eficiente como as gramíneas na retenção de sedimentos. A análise do box plot sugere que o ponto EDm1 tem conexões com fluxos da vertente, principalmente a partir de março, apresentando elevações na turbidez em relação aos pontos anteriores EM1 e EDi1.

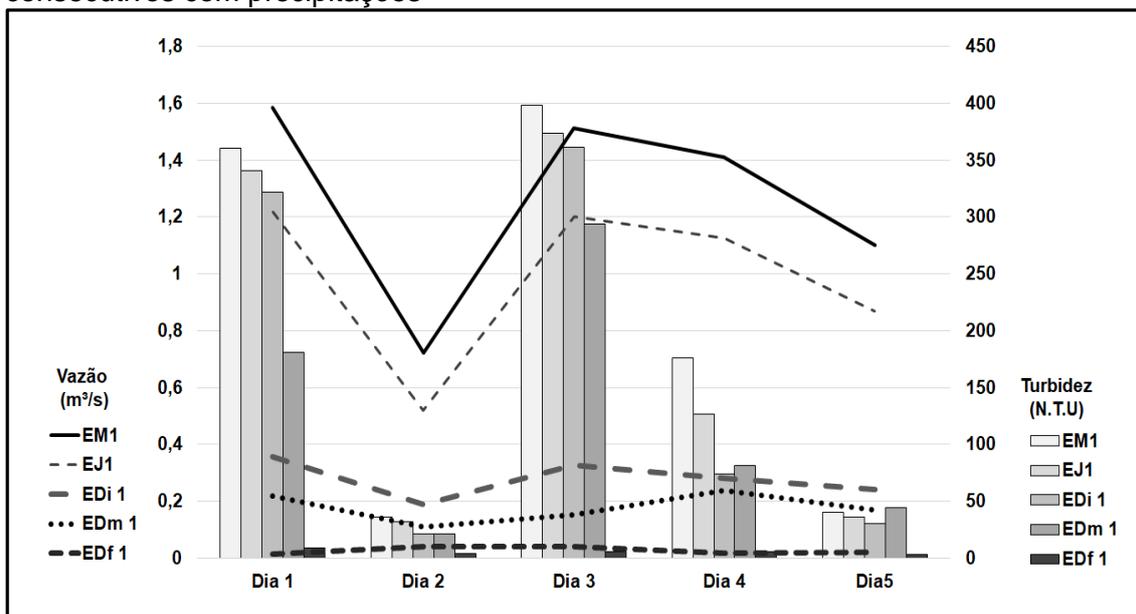
O ponto EDf1 que responde por índices baixos de turbidez, também no quinquídio (Gráfico 58), sob influência da vegetação do canal e do pequeno índice de inclinação do mesmo. Quanto aos registros consecutivos, prevalecem a condição de redução da turbidez ao longo da derivação, que chegou a ser ter picos de 360 N.T.U em seu início (EDi1), mas não ultrapassou os 8,5 N.T.U em seu final (EDf1).

**Gráfico 57:** Turbidez na derivação 1 no córrego da Estiva em 12 cenários mensais e nos 5 dias consecutivos com precipitações



Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 58:** Vazão e Turbidez na derivação 1 no córrego da Estiva nos 5 dias consecutivos com precipitações

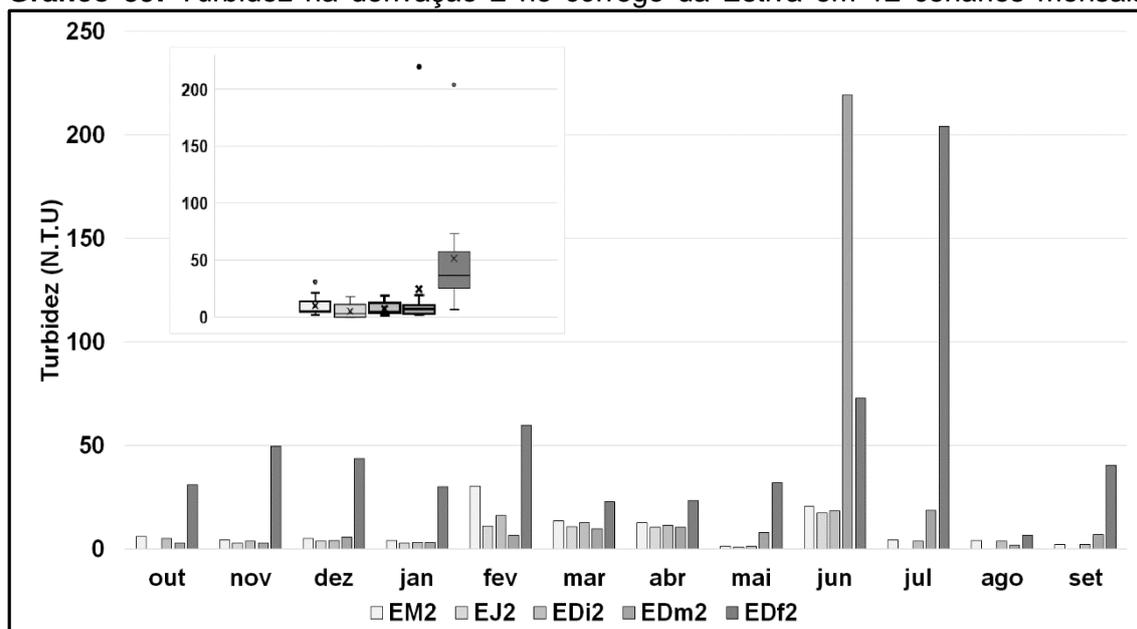


Fonte: elaborado pelo autor

Na derivação seguinte – Estiva 2 – (Gráficos 59 e 60), ocorre um desvio total das vazões (do canal natural para o artificial), entre os meses mais secos, com o comportamento da turbidez entre EM2 e EDi2 atenuado pela redução da velocidade no barramento e não pela divisão do fluxo. Na maior parte dos cenários, EDf2 possui índices mais elevados de turbidez, causada

principalmente pela presença de animais, destacando-se no gráfico box plot, condição muito semelhante a já citada em CDf. Uma exceção ocorre no evento chuvoso de julho, quando uma conexão entre vertente e canal artificial foi identificada em campo, causando elevação dos valores de turbidez em EDm2, questão já apontada anteriormente para vazão e sedimentos, semelhante ao trecho EDm1.

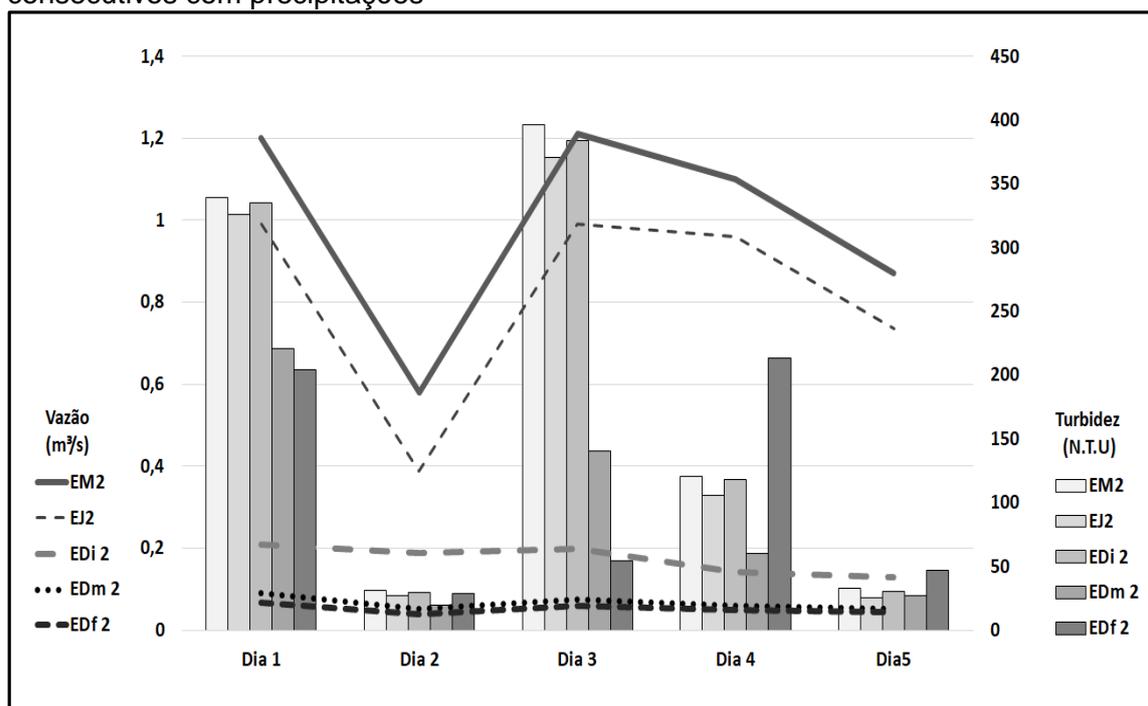
**Gráfico 59:** Turbidez na derivação 2 no córrego da Estiva em 12 cenários mensais



Fonte: elaborado pelo autor

Para os episódios de 5 dias consecutivos, em EDf2 é interessante notar que a presença de animais domésticos foi preponderante, no quarto dia de monitoramento, quando os valores de turbidez ficaram elevados na presença de animais na área. Como sugerem Lininger e Latrubesse (2016), áreas alagadas tem papel de atenuar picos da vazão, pela dispersão dos fluxos, o que significa potencial de deposição dos materiais. Contudo, para esse caso, os animais são mantidos continuamente junto aos pequenos alagados o que gera a remobilização de partículas e altera o quadro proposto pelos autores. Os demais pontos gozam de semelhanças para EM2, EJ2 e EDi2, havendo constante redução da turbidez para EDm2 que apresentava alguns vazamentos e formação vegetal em trechos do canal.

**Gráfico 60:** Vazão e Turbidez na derivação 2 no córrego da Estiva nos 5 dias consecutivos com precipitações



Fonte: elaborado pelo autor

Para todos estes exemplo, é realçado o papel de filtragem da vegetação, como em Gharabaghi et al (2000) onde filtros vegetais reduziram em 50% as partículas suspensas em trecho de 2,44 metros, chegando a 98% em 19,52 metros. Estas distancias são menores que os 780 metros médios nos canais estudados que, embora não apresentem um sistema de filtro vegetal, chegaram a mostrar redução da turbidez de 80% em meio a vegetação bem desenvolvida.

#### 4.5.3 O conhecimento prático na interferência dos canais derivados

Ao longo do ano hidrológico as escolhas das datas de limpeza dos canais, ainda que partiram, primariamente, da necessidade de levar água até as sedes rurais, consideraram também a turbidez na água, como visto nos tópicos anteriores. Pelo contato com os usuários e pelo registro das atividades de limpeza apontar que:

- Em setembro, no final da estação seca, foram vistos canais praticamente sem vegetação, intervenção necessária quando suas vazões estão baixas. Sendo menor o transporte de sedimentos, não seria necessário manter a vegetação ao longo dos canais;

- Conforme outubro avançou e as primeiras chuvas ocorreram a vegetação foi retomando os canais, sem qualquer obstrução por parte dos usuários da água. Para os consumidores é vantajoso esse desenvolvimento ao longo da estação chuvosa que diminui as partículas em transporte;
- Na estação chuvosa, enquanto os canais naturais apresentaram oscilações nas vazões por cheias bruscas e transporte de materiais, os canais derivados se mantiveram estáveis e com menores índices de turbidez;
- No avanço da estação seca, a vegetação progrediu, onde estes canais se mostraram verdadeiros refúgios para espécies vegetais, beneficiadas pela umidade já não disponível em outros setores das vertentes;
- Em muitos lugares, seu crescimento foi tão expressivo que provocou o transbordamento do canal, formando alagados tomados pela vegetação e aproveitadas como reforço para as pastagens, além de serem extensões dos habitats fluviais e ripícolas;
- No ápice da estação seca, com as vazões muito reduzidas, já não era possível permitir que a vegetação seguisse evapotranspirando parte do fluxo. Com boa parte das gramíneas reduzidas, pela demanda dos animais domésticos, foram finalmente retiradas dos canais, reforçando os diques laterais e facilitando o avanço da água pelo sulco.

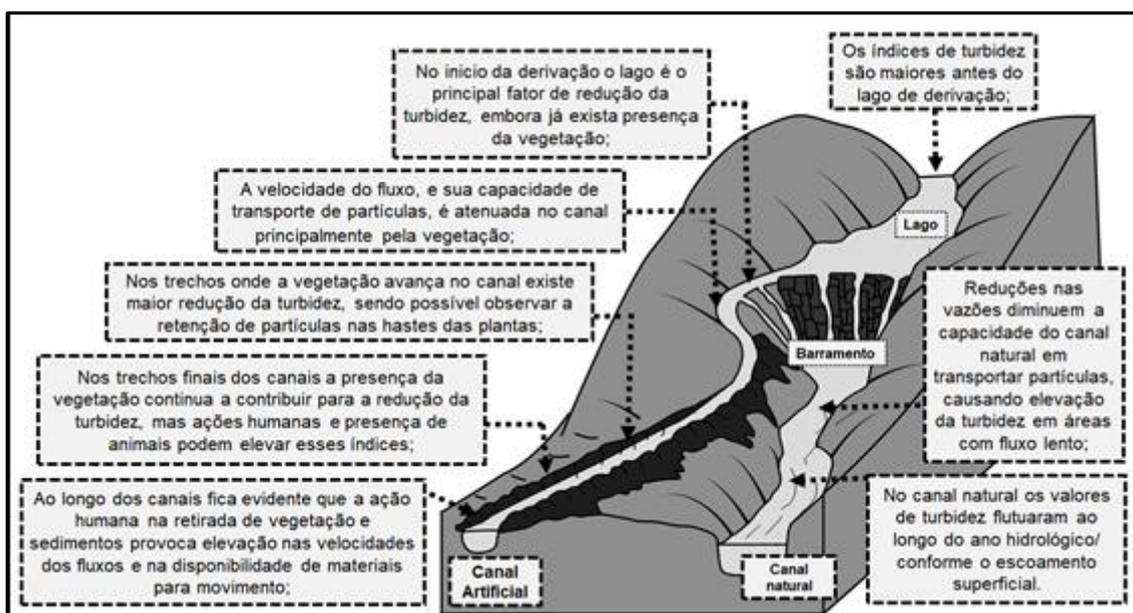
Logo é possível dizer que os moradores associam as principais limpezas das derivações à segurança hídrica e a “qualidade aparente” que para eles é expressa por águas menos turvas. Corroboram para estas escolhas estudos como de Blick et al (2004) que sugerem a vegetação como elevadora da rugosidade, contribuindo para o decaimento das partículas.

Infante e Segerer (2010) apontam que, se por um lado, o crescimento da vegetação gera consumo de água e diminui o perímetro molhado do canal, por outro, estabilizam as margens e reduzem a remobilização de materiais, reforçando a queda de sedimentos. A condição dos canais naturais em episódios de cheias, onde a drenagem agrícola pode contribuir para a elevada presença de sedimentos (BORSELLI et al, 2008), gerando inundações lamacentas, não é seguida ao longo dos canais artificiais vegetados.

#### 4.5.4 Sistematização

Os conhecimentos levantados no item 4.5 atenderam a hipótese que as manutenções dos canais, conforme surjam transbordamentos/vazamentos, acúmulos de sedimentos e crescimento vegetal, são influenciadas pela turbidez, um indicativo para os usuários desses canais. Fatores que evidenciam a adaptação dos consumidores às condições climáticas, pela maneira como gerem as águas da bacia, principalmente na associação com vegetação. Ao longo dos episódios de monitoramentos, as conexões dos indicadores se mostraram complexas e são sintetizadas na Figura 63.

**Figura 63:** Síntese do comportamento das relações entre vegetação



Fonte: elaborado pelo autor

Como as adequações antrópicas geram mudanças significativas no comportamento dos canais, incluindo a vazão, velocidade do fluxo, carga de sedimentos, e, por consequência, a turbidez, podem também impactar elementos da qualidade da água. Nesta etapa os índices da turbidez, estiveram, na maior parte do tempo, dentro do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357, que indica o limite de 40 N.T.U's para turbidez. De forma que para continuar esta avaliação, no contexto hidrogeomorfológico apresentado, foram realizadas novas análises, no próximo item, para temperatura, potencial hidrogeniônico, sólidos totais dissolvidos, condutividade e resistividade.

#### **4.6 Análise da variabilidade de indicadores hídricos em um sistema de drenagem permeado por canais abertos artificiais**

Os itens anteriores revelaram significativas alterações na bacia de pesquisa, pelos sistemas de derivação, que provocaram mudanças nas vazões, velocidades dos fluxos, sedimentos e turbidez. Sendo considerável a proposição de Tarolli (2016) sobre os impactos em ambientes agrícolas, sobremaneira nos sistemas de drenagem, promovendo a perda ou alteração dos ecossistemas fluviais, pela mudança tanto na qualidade quanto no comportamento hidrológico. Logo, cabe a esta etapa analisar se as mudanças, hidrogeomorfológicas apresentadas, interferem em parâmetros utilizados para a análise hidrológica e no desenvolvimento dos habitats fluviais e ripícolas.

Para tanto são avaliados os indicadores, ligados a qualidade ambiental, como temperatura, sólidos totais dissolvidos, condutividade, resistividade e potencial hidrogeniônico, também sofrem impactos por estas assinaturas topográficas. Embora estes indicadores possam parecer distantes das análises hidrogeomorfológicas, é lembrado que condições físicas repercutem sobre as características hidrológicas.

Neste sentido, a contribuição de Harpold et al (2010), é significativa, ao mostrar a análise de parâmetros ligados a qualidade das águas subordinadas aos contextos hidrogeomorfológicos. O autor considera que os elementos na bacia que influem na distância percorrida pela água até o exutório, são fundamentais na análise de como esses fluxos respondem pela maior ou menor capacidade em lidar com alterações físicas e/ou químicas. Os resultados das propriedades analisadas, nestes contextos hidrogeomorfológicos, podem revelar impactos nas bacias.

É fato, como colocam Von Sperling, 2007, que a fase terrestre do ciclo hidrológico determina características das águas pelas substâncias químicas nelas dissolvidas. Para Alvarenga (2012), as interferências humanas são transformadoras do ciclo hidrológico, alterando condições físico-químicas e biológicas dos ecossistemas. O modo como a água passa pela superfície e alcança o fundo de vale deve ser avaliada a partir do papel que os canais artificiais desempenhariam, sobre variáveis físicas e químicas, ao interceptarem estes caminhos.

#### **4.6.1 Abordagem dos indicadores hidrológicos no contexto das derivações multifuncionais e possibilidades de análise de habitats atrelados**

Como as atividades com os canais derivados demandaram deslocamentos constantes, com um elevado número de análises, era vantajoso obter dados imediatamente em campo, sem a necessidade de acondicionar e transportar grandes volumes de amostras. Logo, todos os indicadores, apresentados a seguir, foram coletados em 12 campanhas, e tratadas imediatamente por Sonda Multiparâmetro, sendo consideráveis as características:

- Temperatura da água nos canais ( $T^{\circ}$ ): É a medida da intensidade do calor, dada em graus Celsius, refletindo o grau de aquecimento das águas a partir de fatores ligados a radiação solar, componentes climáticos, geológicos, cobertura vegetal (MATIC et al, 2013). Também atuam as intervenções humanas, como da retirada da vegetação ou alteração das condições do canal, inserção de fontes poluidoras ou de fluxos com diferentes características;
- Sólidos totais dissolvidos (STD): Partículas em solução, dadas em mg, cuja entrada na água pode decorrer a partir de processos erosivos, da ação de organismos e seus detritos (VON SPERLING, 2005). A ação humana contribui para a entrada destas partículas, pelo lançamento de esgotos ou disponibilidade de elementos, pelos perfis de uso e ocupação, a serem alcançados pela água. O STD auxilia na definição de condições ambientais, uma vez que, pela intervenção antrópica, podem causar danos a vida aquática, e a qualidade de água para consumo;
- Condutividade elétrica ( $C_e$ ): Capacidade da água de conduzir correntes elétricas, dada em siemens, pela presença de substâncias dissolvidas na água, portadoras de íons (GASPAROTO, 2011). Embora seja possível que exista relação direta com a quantidade de sólidos dissolvidos, a condutividade pode variar independentemente, justificando sua análise para indicação de contaminantes nos mananciais. Espera-se que quanto maior o índice de contaminação do meio aquoso, maior será a condutividade, pelo número de íons provocando a condução elétrica. Vale ressaltar que, embora possa indicar alterações nas condições qualitativas

dos mananciais, a condutividade não expressa a quantidade e os componentes ali encontrados;

- Resistividade (Re): Dada em Ohm, o inverso da condutividade, significando uma menor quantidade de íons (quantidade de substâncias dissolvidas) disponíveis à condução elétrica (MATOS, 2013). O aumento de sólidos dissolvidos representaria a conexão com fontes de contaminação, a resistividade elevada sugere o contrário. Uma relação inversa de condutividade e resistividade é um meio de aumentar a confiabilidade amostral do meio aquoso avaliado.
- Potencial hidrogeniônico (pH): Indicador químico, representa a intensidade ácida ou alcalina da água (CETESB, 2011), levantando a quantidade dos íons de hidrogênio (H<sup>+</sup>), sendo exposta em uma faixa de 0 a 14 onde valores menores que 7 indicam acidez (progressiva em direção a 0) e maiores que 7 a alcalinidade (progressiva em direção a 14). A variação do pH pode estar condicionada pela natural dissolução das rochas, fotossíntese, ou decomposição de matéria orgânica, cabendo a influência humana por lançamento de resíduos, alteração nos volumes de água, necessários ao desenvolvimento regular ecossistêmico (habitats fluviais). A quantidade de matéria orgânica morta, demandando decomposição, reduz o pH uma vez que tal cenário exige a produção de ácidos para este processo.

Considerando os parâmetros adotados neste trabalho, o Quadro 5 apresenta quais índices seriam considerados aceitáveis para corpos hídricos. É preciso considerar que a área da bacia de estudo drena um relevo Dômico, cuja presença de Cálcio e Magnésio eleva consideravelmente as partículas influenciadoras da condutividade e sólidos totais dissolvidos. Logo, neste trabalho a maior preocupação se traduz em verificar as variações dos indicadores ao longo dos sistemas de derivação.

**Quadro 5:** Parâmetros ligados a caracterização hídrica e suas faixas de normalidade

Indicador	Faixa de valores	Fonte
Sólidos totais dissolvidos	≤ 500 mg/L	Res. CONAMA 357
Condutividade Elétrica	≤ 100 μ S/cm	GASPAROTTO, 2011
Potencial de hidrogênio	6,0 a 9,0	Res. CONAMA 357

Fonte: Elaborado pelo autor

De posse dos dados apresentados foi possível avaliar o potencial que os canais artificiais poderiam ter tanto para alterar as características a eles atribuídas, da água nos canais naturais, quanto para o desenvolvimento de extensões dos habitats fluviais, entre os quais:

- a) Condições que emulem habitats fluviais: as características de habitats fluviais variam conforme os aspectos ambientais e as espécies associadas para cada região. Nesta pesquisa foram considerados indícios a vazão, velocidade do fluxo, forma do canal, presença de vegetação, turbidez, temperatura, sólidos totais dissolvidos, condutividade, resistividade, potencial hidrogeniônico bem como as características morfológicas dos canais;
- b) Fluxos perenes: Uma vez que a vegetação e fauna da região estão condicionadas aos perfis dos cursos naturais perenes, é necessário verificar se os canais artificiais são constantes;
- c) Ambientes lênticos associados aos canais artificiais: Ainda que não sejam comuns as interrupções dos caudais, é, de toda maneira válida, a presença de ambientes que permitam o refúgio de espécies aquáticas em algum eventual interstício dos fluxos;
- d) Inexistência de fontes contaminantes: Se tratando de habitats em condições ideais, espera-se a ausência, nas leituras dos parâmetros apontados, de características que apontem conexões com de fontes de contaminação.

Ao longo das atividades de campo ainda foram realizadas observações da fauna, para embasar a indicação de habitats próximos ou junto aos canais artificiais. Os registros não foram sistematizados, mas dedicado ao apontamento de espécies observadas rotineiramente em campo, estas são citadas para constatação das interações entre canais artificiais e elementos bióticos.

#### **4.6.2 Comportamento dos indicadores hidrológicos nos cenários levantados**

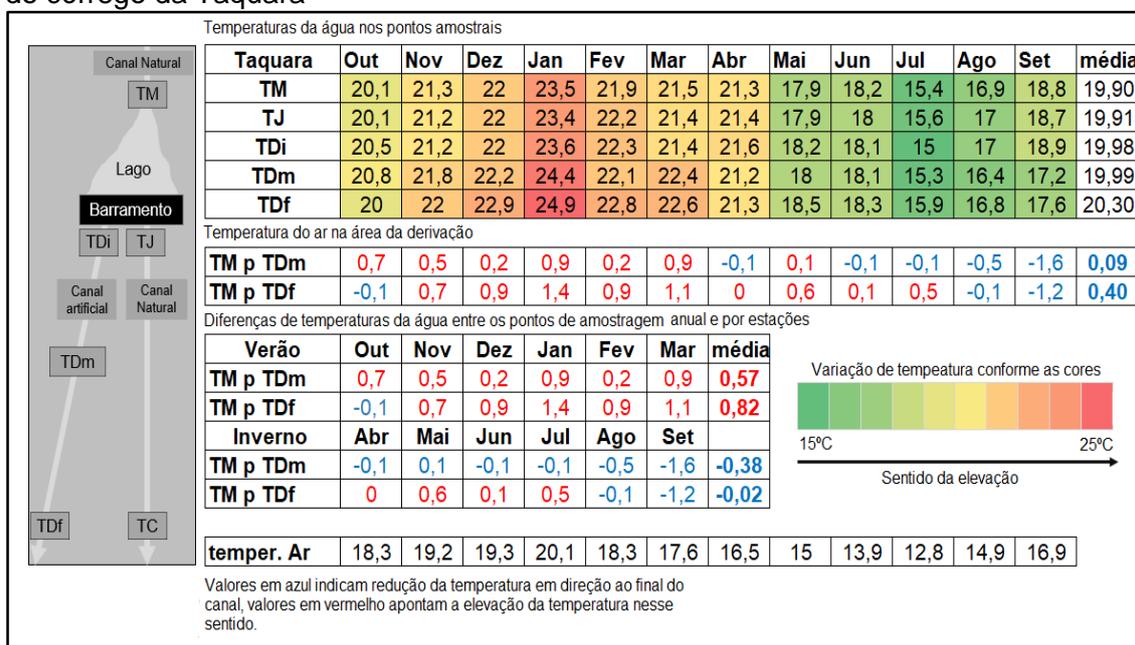
- Temperatura da água ( $T^{\circ}$ )

Como sugerem Matic et al, 2013 a temperatura da água é dependente do clima, variação térmica atmosférica diária, das condições superficiais da presença de vegetação, tipos de uso e ocupação entre outros. Como os canais derivados acabam por percorrer diferentes paisagens, muita das quais sem vegetação

ciliar, é possível que promovam mudanças de temperatura na água, por sua exposição à radiação solar.

Na derivação do córrego da Taquara (Figura 64), a ausência de cobertura arbórea no canal artificial, pode justificar, no verão, as temperaturas mais elevadas, em relação ao canal natural. Em seu estudo, Marmontel e Rodrigues (2015) viram o efeito da ausência da vegetação elevando temperatura de canais naturais, o que poderia ser aplicado a este caso, já que o canal derivado percorre áreas expostas ao sol.

**Figura 64:** Registros de temperatura por campanha mensal no sistema de derivação do córrego da Taquara



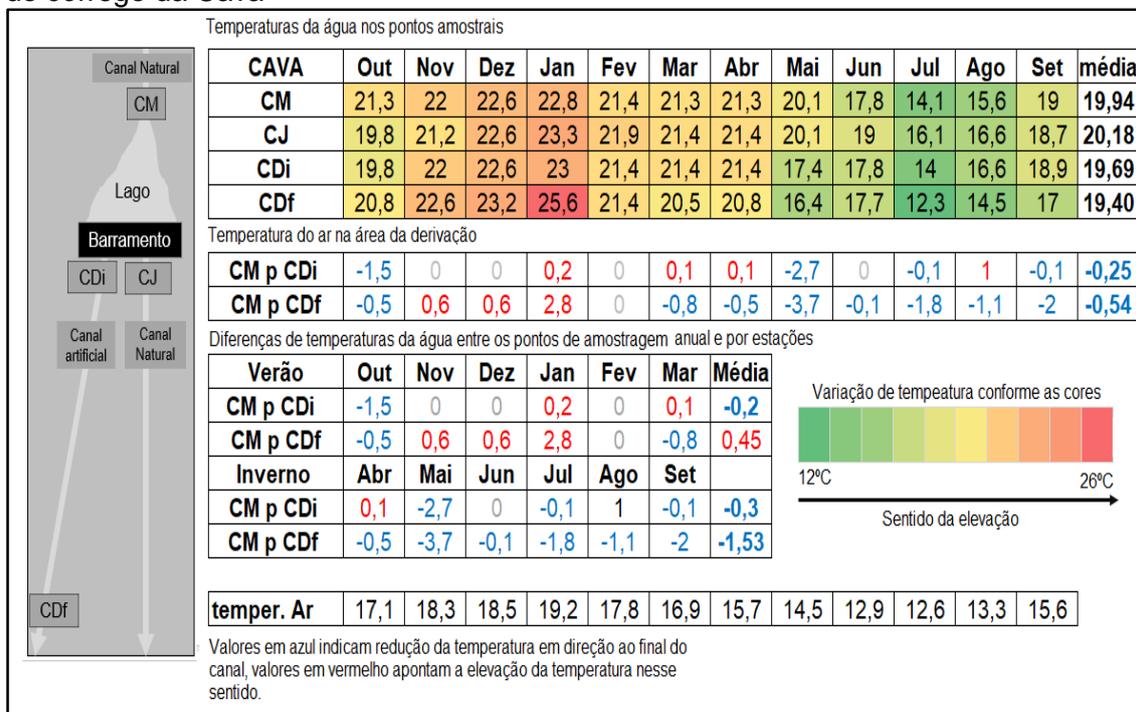
Fonte: elaborado pelo autor

Na derivação, as temperaturas mais baixas são notadas no inverno, quando dois fatores são considerados: os fluxos lentos ao longo do canal que contribuem com temperaturas baixas e os menores índices de vazão que expostos as temperaturas baixas do ar, acabam perdendo calor rapidamente, pela troca com a atmosfera.

No córrego da Cava as mesmas características foram notadas, tendo a derivação percorrido áreas agrícolas diversificadas (Figura 65), com gramíneas em suas bordas e boa exposição solar. Donadio et al (2005) registraram temperaturas mais elevadas em mananciais próximos de lavouras, em comparação com aqueles ambientes florestados, o mesmo princípio certificado por Fritzsons, et al (2005), se tratam de áreas com pouca cobertura vegetal e,

portanto, menor sombreamento para atenuar as temperaturas. No inverno as tendências mais frias devem seguir a lógica da menor disponibilidade de fluxo e sua reduzida velocidade.

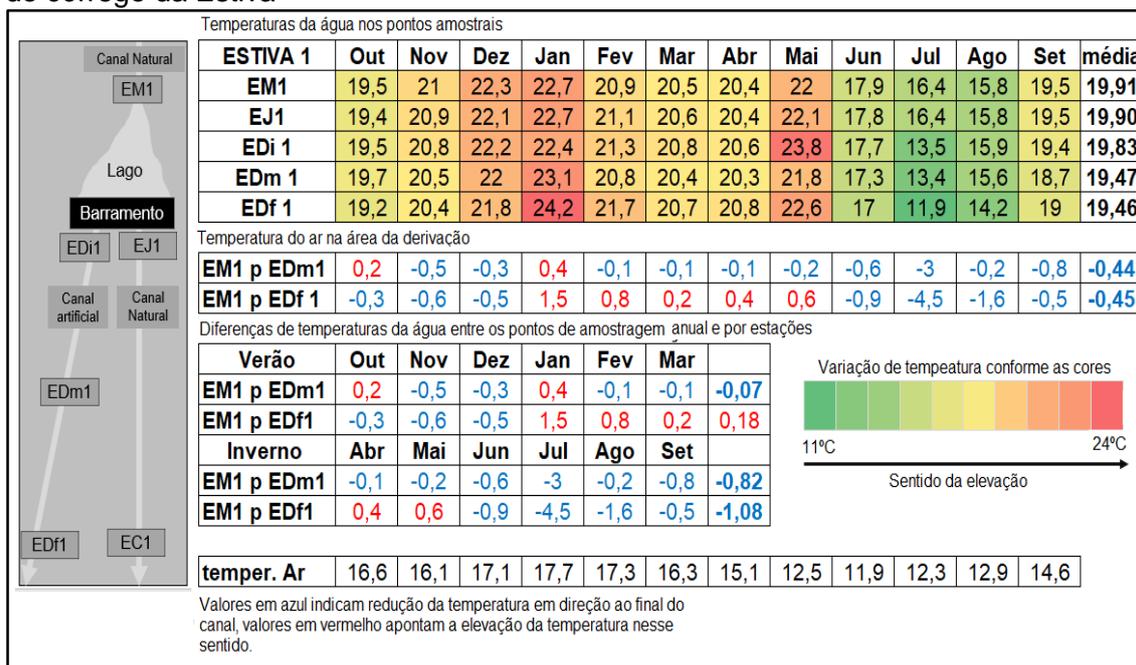
**Figura 65:** Registros de temperatura por campanha mensal no sistema de derivação do córrego da Cava



Fonte: elaborado pelo autor

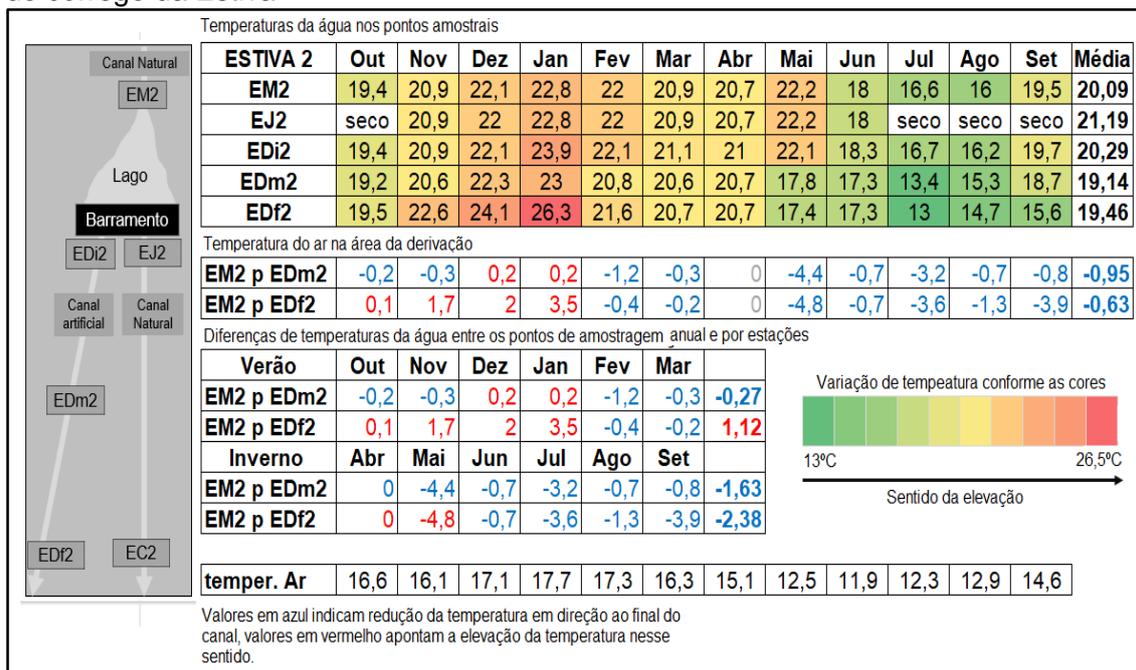
Para o córrego da Estiva, as duas derivações se iniciam em trechos vegetados, sendo possível observar, nas Figuras 66 e 67, que no verão e inverno apresentaram temperaturas suavemente mais baixas que as encontradas no canal natural. Mais uma vez, deve ser vista a velocidade do fluxo, menor em comparação ao canal natural, facilitando a queda da temperatura. Os trechos seguintes, ambos em campo aberto, repetem a tendência já observada com temperaturas no verão mais elevadas e no inverno mais baixas.

**Figura 66:** Registos de temperatura por campanha mensal no sistema de derivação 1 do córrego da Estiva



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 67:** Registos de temperatura por campanha mensal no sistema de derivação 2 do córrego da Estiva



Fonte: elaborado pelo autor

As condições identificadas reafirmam o caráter estabilizador que áreas vegetadas possuem para a temperatura entre outros fatores ecológicos. Como recordam Von Sperling (2005) e Lira (2008), as propriedades como densidade e viscosidade da água, alteradas pela temperatura, comprometem os habitats aquáticos. Albuquerque (2010) expos como organismos aquáticos são

dependentes das faixas térmicas as quais estão habituados para manterem seu pleno desenvolvimento. Este argumento é necessário para as derivações, uma vez que foram observadas espécies da fauna e flora, sugerindo não ter sido a temperatura um fator limitante para as mesmas. As variações encontradas na bacia, ainda que leves, revelaram que os canais derivados levam as águas para ambientes, cujas condições físicas nem sempre são as mesmas encontradas nos fundos de vale.

- Potencial Hidrogeniônico (pH)

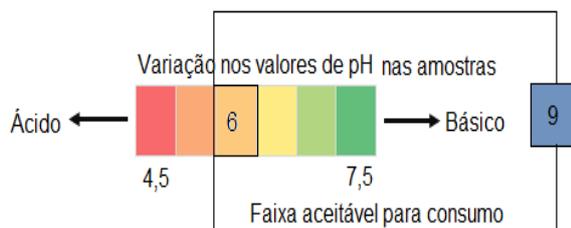
Além das diferenças de temperatura, outros indicadores são considerados, como sugere Von-Sperling (2005), os sistemas de drenagem sofrem processos diversos, como os ligados a matéria orgânica que influi, por exemplo, no pH. Para este indicador, embora tenha sido notado um predomínio de valores dentro da faixa indicada, de 6 a 9 (GASPAROTTO, 2011), foram também coletadas algumas baixas significativas que precisam ser avaliadas (Tabela 2).

Para os cursos naturais e suas derivações, os maiores valores de pH ocorreram no período chuvoso, comportamento visto em outras bacias. Para Carvalho et al (2000) e Silva (2008), com o aumento das chuvas, ocorre a tendência de elevação da diluição dos compostos dissolvidos nos cursos fluviais. Ainda na estação chuvosa, os índices mais baixos estão em EDf2 e CJ, o primeiro pela presença de animais domésticos, já CJ, com trecho florestado, seria visto por Alvarenga (2012) ligado a existência da matéria orgânica da própria vegetação, junto aos canais que, decompondo, diminuiria o índice de pH.

A lógica da redução da vazão e elevação da acidez dos canais é melhor observada na estação seca, quando caem as capacidades depurativas dos fluxos. Como sugere Esteves (1998), a disponibilidade de matéria orgânica contribui para a redução do pH, uma vez que os processos de decomposição produzem uma grande quantidade de ácidos que precisam ser transportados e depurados. As derivações contribuem para a queda nos índices de pH, já que reduzem fluxos ou se conectam a fontes contaminantes, tendo sido este o caso dos pontos finais das duas derivações do córrego da Estiva (EDf1, EDf2) e, novamente, a jusante do barramento da derivação do córrego da Cava (CJ).

**Tabela 2:** Variação do potencial hidrogeniônico nos pontos amostrais

Taquara	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	máx	min	média
TM	6,5	7	7	7	7	7	7	6,5	6	6	6,5	6,5	7,0	6,0	6,7
TJ	6,5	7	7	7	7	7	7	6,5	6	6	6,5	6,5	7,0	6,0	6,7
TDi	6,5	7	7	7	7	7	7	6,5	6	6	6,5	6,5	7,0	6,0	6,7
TDm	6,5	7	7	7	7	7	7	6,5	6	6	6,5	6,5	7,0	6,0	6,7
TDf	6	6,5	6,5	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6	6	6	7,0	6,0	6,5
Cava	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	máx	min	média
Cm	6,5	6,5	7	7	7	7	7	6,5	6	6	6,5	6,5	7,0	6,0	6,6
CJ	4,5	6	6	6,5	6,5	7	6,5	6	6	5,5	4,5	4,5	7,0	4,5	5,8
CDi	6,5	6,5	7	7	7	7	6,5	6	6	6	6,5	6,5	7,0	6,0	6,5
CDf	6,5	7	7,5	7,5	7	7,5	7	6,5	6,5	6,5	6	6,5	7,5	6,0	6,8
Estiva 1	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	máx	min	média
EM1	6,5	7	7,5	7,5	7	7	7	6,5	6	6	6	6,5	7,5	6,0	6,7
EJ1	6,5	7	7,5	7,5	7	7	7	6,5	6	6	6	6,5	7,5	6,0	6,7
EDi1	6,5	7	7,5	7,5	7	7	7	6,5	6	6	6	6,5	7,5	6,0	6,7
EDm1	6,5	6,5	7	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6	6	6,5	7,5	6,0	6,6
EDf1	5,5	6,5	7	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5	7,5	5,5	6,4
Estiva 2	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	máx	min	média
EM2	6,5	7	7,5	7,5	7	7	7	6,5	6	6	6	6,5	7,5	6,0	6,7
EJ2	seco	7	7,5	7,5	7	7	7	6,5	6	seco	seco	seco	7,5	6,0	6,9
EDi2	6,5	7	7,5	7,5	7	7	7	6,5	6	6	6	6,5	7,5	6,0	6,7
EDm2	6,5	7	7	7,5	7	7	6,5	6,5	6,5	6	6	6	7,5	6,0	6,6
EDf2	6	6	6,5	7	7	6	6	6	5,5	6	6,5	6	7,0	5,5	6,2



Fonte: elaborado pelo autor

Em EDf2, contribui para estes valores a disponibilidade de matéria orgânica, oriunda de resíduos (gado bovino, aves silvestres e domésticas) e da área de alagamento do canal artificial com vegetação rasteira. Já em EDf1 é a redução na vazão que não deve permitir que ácidos sejam rapidamente retirados das áreas com decomposição da matéria orgânica. Em ambos os casos os indicadores de pH nas águas derivadas sofreram alterações pelos perfis de uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos.

Os valores de pH, quando muito baixos, tanto nas derivações quanto em canais naturais, precisam ser mitigados, como apontam Naime e Fagundes (2005), influem sobre os processos ecossistêmicos, podendo tornar estes ambientes impróprios à vida. Os exemplos mais expressivos estão nos índices observados

na estação seca em CJ, onde a derivação reduz, para além do aceitável, o fluxo que deveria continuar no curso natural e desempenhar papel ecossistêmico.

- Condutividade e Resistividade elétrica

Outro indicador é a condutividade elétrica, cujas oscilações não causam danos imediatos ao ser humano, mas indicam possível contaminação do meio aquático, por efluentes ou assoreamento acelerado de rios pelas alterações das condições ripícolas. Nos sistemas de derivação dos córregos da Estiva e da Taquara, foram notados valores expressivos no período seco, embora existam alguns registros elevados na estação chuvosa. Bacias tropicais, segundo Esteves (2011), apresentam condutividade relacionada a alternância das duas estações do ano, para Franca et al (2006) a condutividade é reduzida pela diluição dos íons a partir da entrada das águas das chuvas.

As instabilidades mencionadas, foram mais intensas no córrego da Cava, tornando a condutividade maior no período chuvoso. Esta não é uma condição isolada, tendo sido apontada por Pereira (2008), em uma bacia no Cerrado, pela ausência da vegetação que facilita que materiais em dissolução cheguem ao canal. Em outras bacias tropicais a mesma condição foi associada a fontes de poluição ou conexão com formas e processos erosivos (ALVARENGA et al, 2012; MARMONTEL; RODRIGUES, 2015). Nos canais estudados, a presença de animais domésticos, danificando as margens e produzindo resíduos, pode ajudar na explicação dos valores encontrados.

Como sugere Albuquerque (2010) o crescimento dos sólidos dissolvidos na água pode ser lido também pelo o aumento da condutividade, sendo que a Tabela 3 apresenta a força das correlações entre sólidos totais dissolvidos, condutividade e resistividade, esta última apontada como índice de confirmação das tendências apresentadas para Sólidos totais dissolvidos e Condutividade elétrica.

**Tabela 3:** Correlações para Sólidos torais dissolvidos, condutividade e resistividade nas amostras obtidas nos canais artificiais e naturais

	C-STD	C-R	R-STD		C-STD	C-R	R-STD
TM	↑ 0,969	↓ -0,976	↓ -0,993	EM1	↑ 0,953	↓ -0,854	↓ -0,907
TJ	↑ 0,963	↓ -0,965	↓ -0,864	EJ1	↑ 0,991	↓ -0,873	↓ -0,916
TDi	↑ 0,967	↓ -0,980	↓ -0,903	EDi1	↑ 0,980	↓ -0,890	↓ -0,884
TDm	↑ 0,905	↓ -0,867	↓ -0,838	EDm1	↑ 0,997	↓ -0,697	↓ -0,663
TDf	↑ 0,983	↓ -0,745	↓ -0,813	EDf1	↑ 0,939	↓ -0,946	↓ -0,871
Cm	↑ 0,999	↓ -0,927	↓ -0,923	EM2	↑ 0,962	↓ -0,857	↓ -0,820
CJ	↑ 0,990	↓ -0,633	↓ -0,666	EJ2	↑ 0,911	↓ -0,771	↓ -0,579
CDi	↑ 0,859	↓ -0,921	↓ -0,788	EDi2	↑ 0,969	↓ -0,755	↓ -0,722
CDf	↑ 0,952	↓ -0,992	↓ -0,968	EDm2	↑ 0,905	↓ -0,861	↓ -0,983
				EDf2	↑ 0,974	↓ -0,932	↓ -0,985

Setas realçam se as correlações são positivas ↑ ou negativas ↓

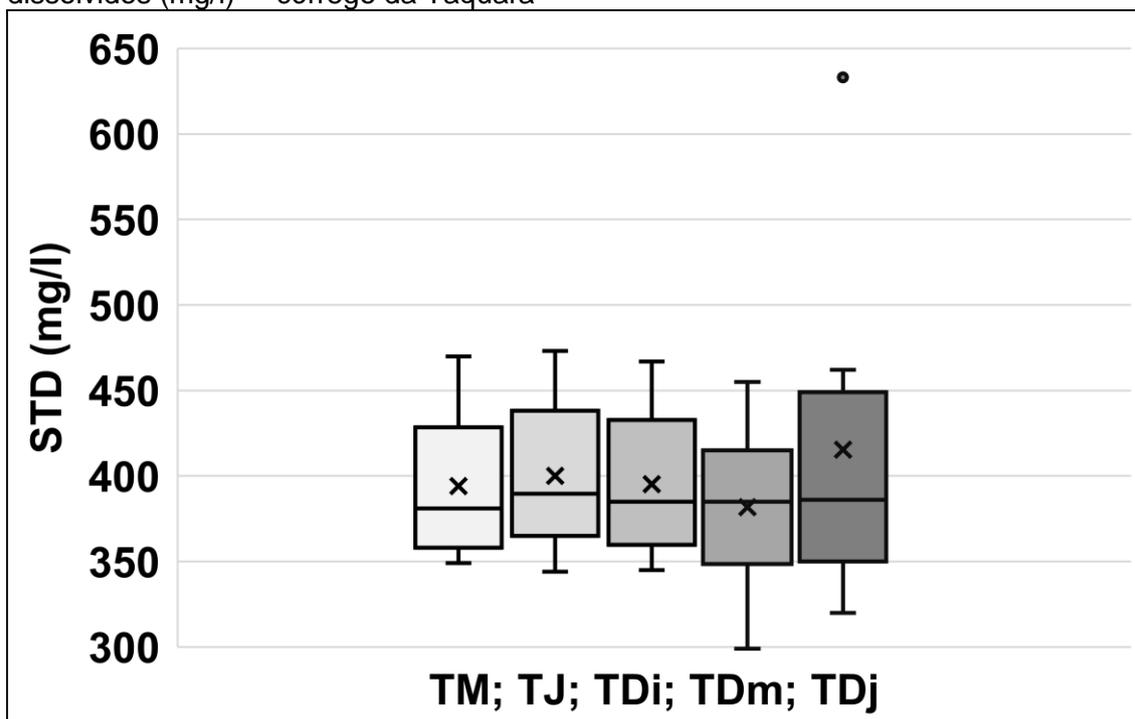
Fonte: elaborado pelo autor

Embora a condutividade elétrica não revele qual a quantidade e os tipos de componentes que estão em suspensão no meio aquoso (BOESCH, 2002), pode ser correlacionada a outras variáveis elevando o conhecimento sobre os mananciais. Como expõem Tundisi e Matsumura-Tundizi (2008) e Esteves (2011), é possível que exista boa correlação entre a condutividade e diversos elementos e íons. De forma que explorar os sólidos totais dissolvidos permite apontar condições anômalas nos sistemas de drenagem com derivações.

- Sólidos totais Dissolvidos (STD)

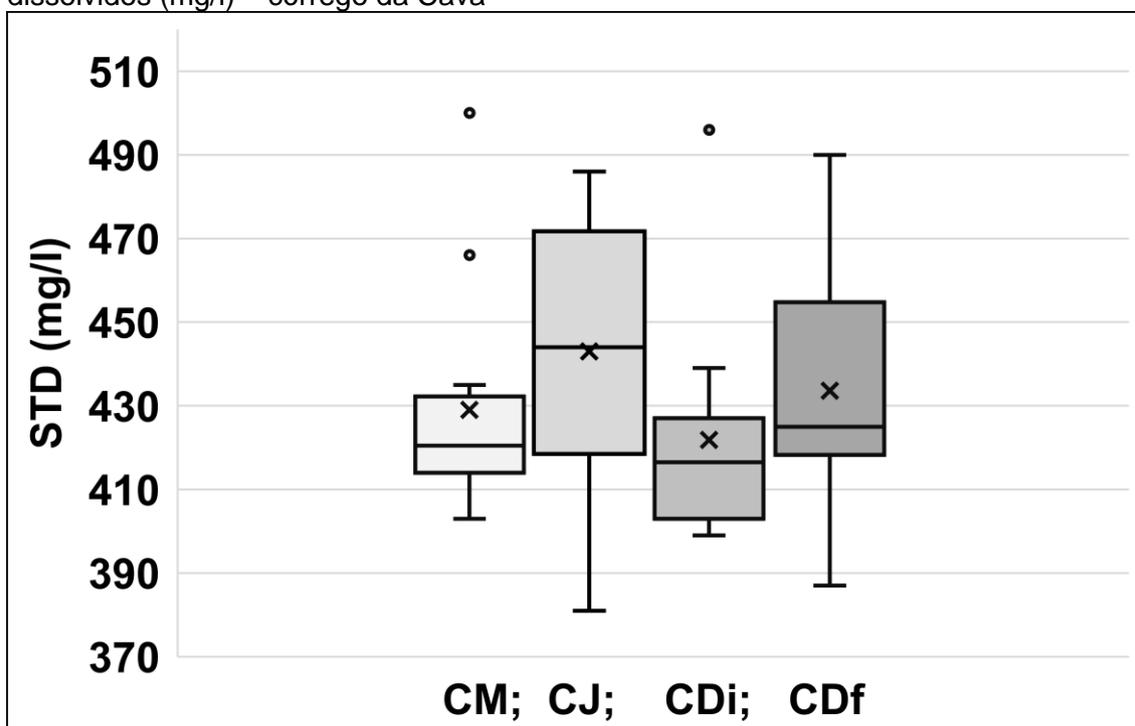
Como estas variações revelaram conexões com diferentes cenários de uso e ocupação ao longo das bacias (FRANČIŠKOVIĆ-BILINSKI, et al. 2013), uma possibilidade é avaliar como os sólidos totais dissolvidos, por exemplo, se distribuem ao longo dos canais derivados, para identificar estas possíveis interações entre canais e vertentes. Em caso de mudanças bruscas que sugiram a inserção de fontes contaminantes, como sugere Von Sperling (2005) são efetuadas abordagens detalhadas para o seu entendimento. Um meio de observar possíveis picos e tendências no comportamento dos sólidos totais dissolvidos é por sua análise em box plot, buscando avaliar as variações bem como suas medianas (Gráficos 61, 62, 63 e 64).

**Gráfico 61:** Variação no ano hidrológico, representada por Box plot, para sólidos totais dissolvidos (mg/l) – córrego da Taquara



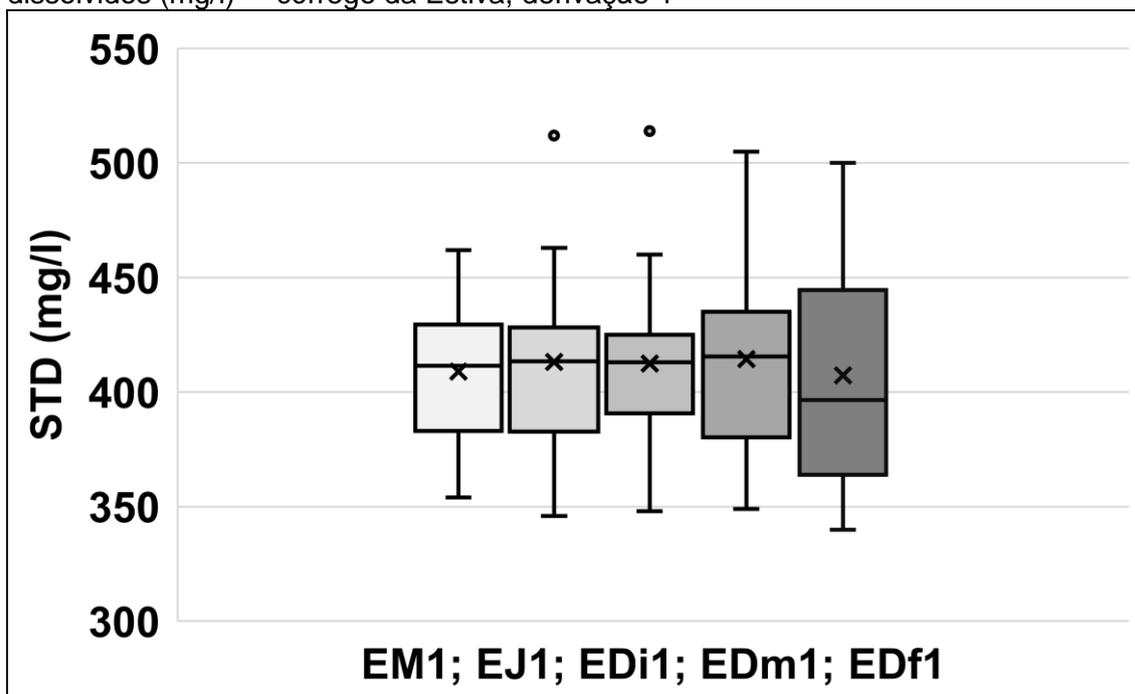
Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 62:** Variação no ano hidrológico, representada por Box plot, para sólidos totais dissolvidos (mg/l) – córrego da Cava



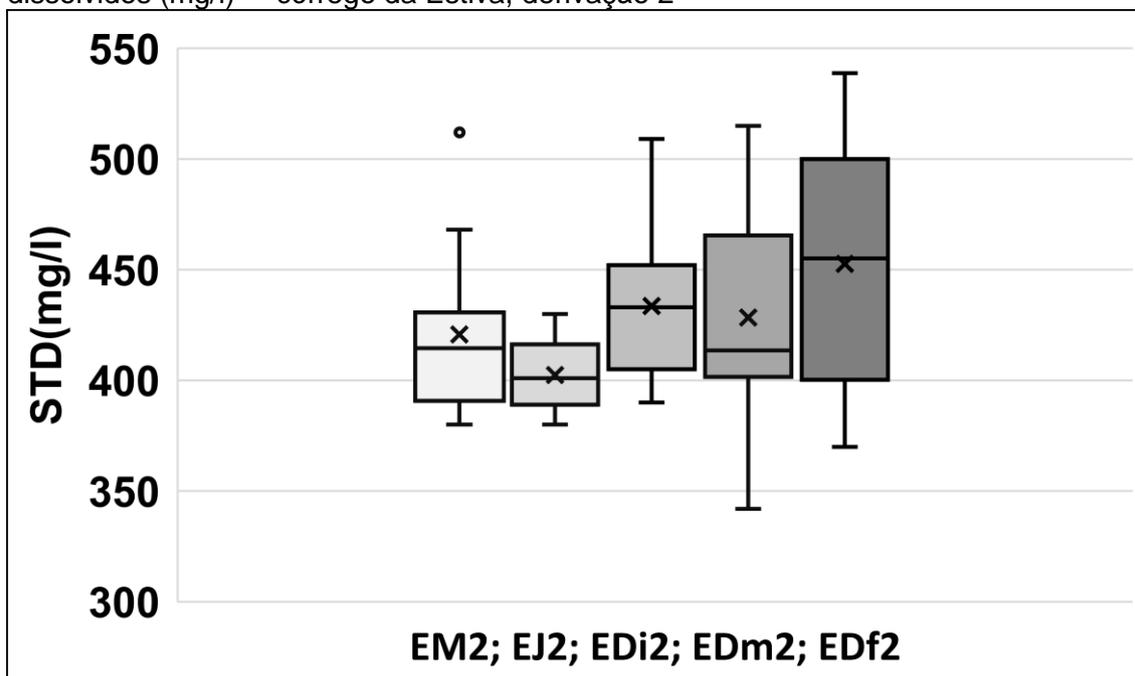
Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 63:** Variação no ano hidrológico, representada por Box plot, para sólidos totais dissolvidos (mg/l) – córrego da Estiva, derivação 1



Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 64:** Variação no ano hidrológico, representada por Box plot, para sólidos totais dissolvidos (mg/l) – córrego da Estiva, derivação 2



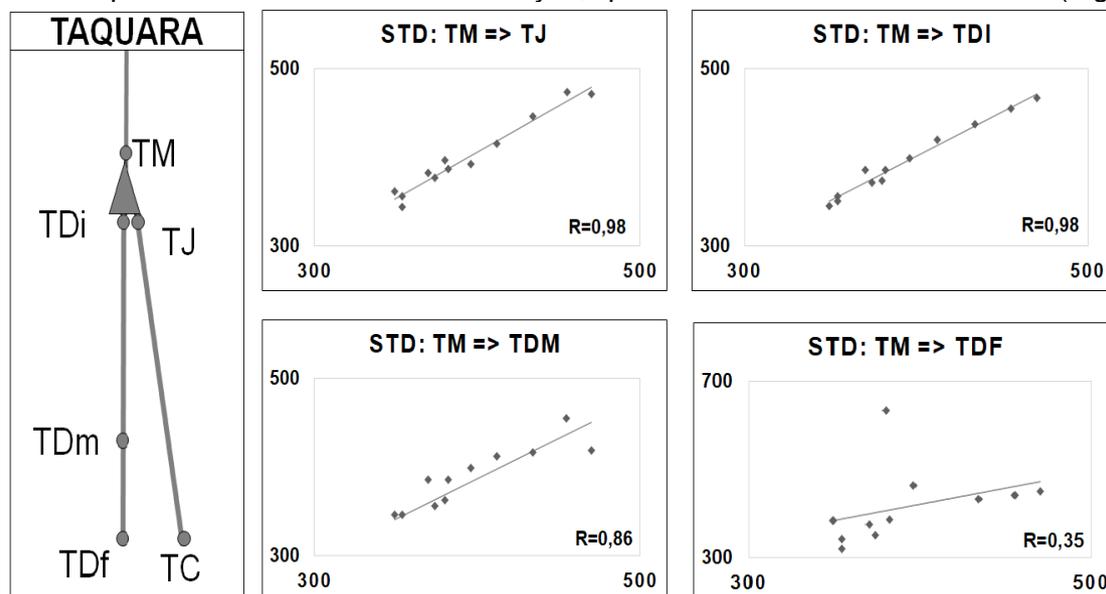
Fonte: elaborado pelo autor

Em geral, as maiores variações se encontram nos finais dos canais artificiais, em meio ao rápido crescimento vegetativo, disponibilidade de matéria orgânica em decomposição (principalmente EDf1), existência de intervenções constantes (TDf), presença de animais domésticos (CDf) ou a junção de todos estes

elementos, no mais intenso ponto de variação (EDf2). Nos canais naturais, CJ, tem alturas expressivas, dado o crescimento dos valores de STD, por motivos, já explorados, relativos a queda da capacidade depurativa no inverno.

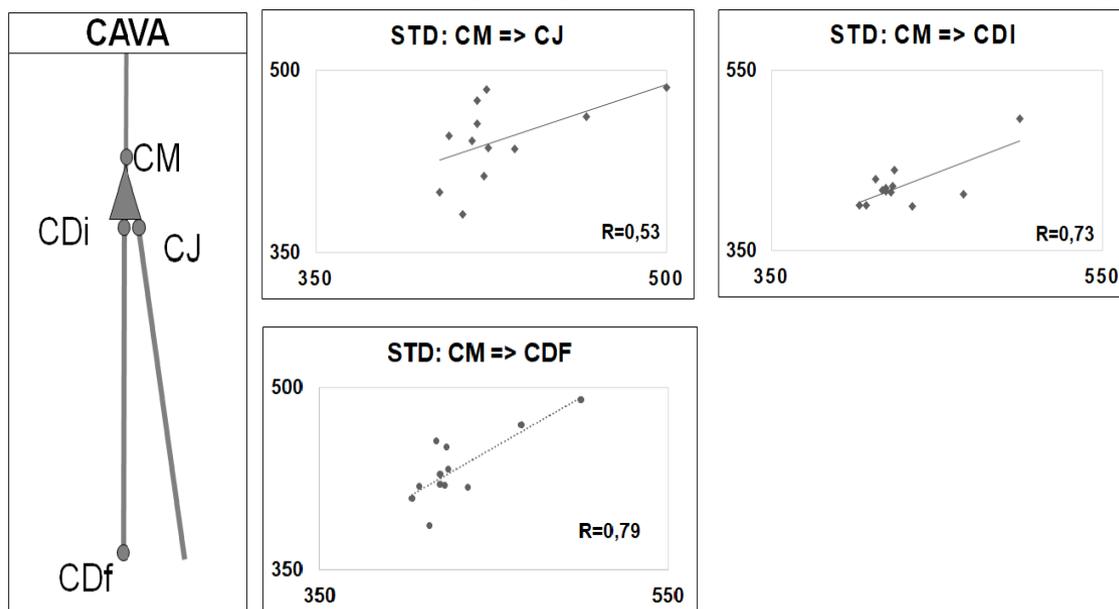
Como os gráficos box plot sugeriram, que alguns pontos dos sistemas de drenagem destoam dos demais, os gráficos 65, 66, 67 e 68 realizam correlações dos pontos a montante dos barramentos para observar o grau de correlação em direção as seções transversais a jusante. Nestes casos as menores mudanças nas correlações de STD sugerem que poucos impactos ocorreram ao longo dos canais derivados, mantendo as águas próximas as suas condições originais.

**Gráfico 65:** Correlações entre o canal da Taquara, a montante do barramento, e os demais pontos do sistema de derivação, para sólidos totais dissolvidos (mg/l)



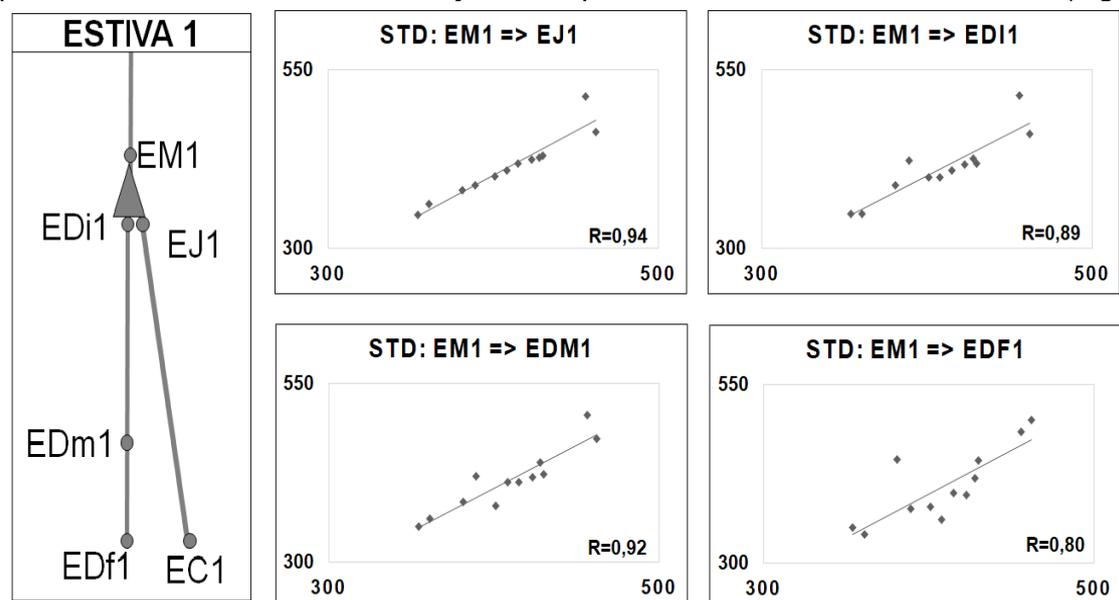
Fonte: elaborado pelo autor. Onde: Série 1 – TM/TJ, Série 2 – TM/TDi, Série 3 – TM/TDm e Série 4 – TM/TDf

**Gráfico 66:** Correlações entre o canal da Cava, a montante do barramento, e os demais pontos do sistema de derivação, para sólidos totais dissolvidos (mg/l)



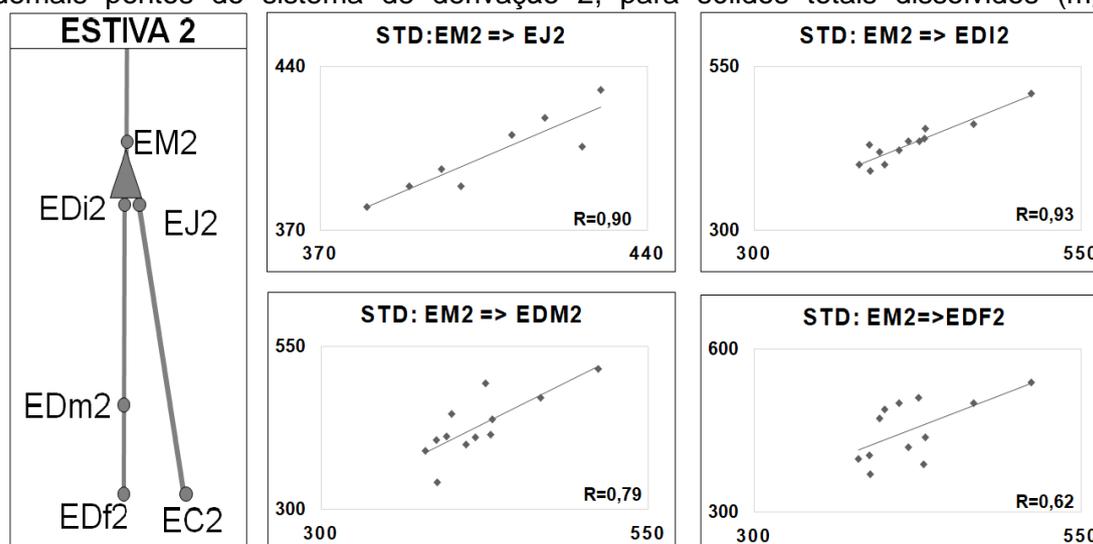
Fonte: elaborado pelo autor. Onde: Série 1 – CM/CJ, Série 2 – CM/CDi, Série 3 – CM/CDm e Série 4 – CM/CDf

**Gráfico 67:** Correlações entre o canal da Estiva a montante do barramento, e os demais pontos do sistema de derivação 1, para sólidos totais dissolvidos (mg/l)



Fonte: elaborado pelo autor. Onde: Série 1 – EM1/EJ1, Série 2 – EM1/EDI1, Série 3 – EM1/EDm1 e Série 4 – EM1/EDf1

**Gráfico 68:** Correlações entre o canal da Estiva, a montante do barramento, e os demais pontos do sistema de derivação 2, para sólidos totais dissolvidos (mg/l)



Fonte: elaborado pelo autor. Onde: Série 1 – EM2/EJ2, Série 2 – EM2/EDI2, Série 3 – EM2/EDm2 e Série 4 – EM2/EDf2

As correlações mais fortes, foram observadas em todo o sistema de derivação 1 do córrego da Estiva, com valores acima de 0,8, resultado da menor intervenção humana e da pouca presença de animais confinados aos espaços dos canais artificiais. Também TM/TJ, TM/TDi, EM2/EJ2 e EM2/EDI2 apresentaram valores elevados e são outros ambientes cujos sistemas de derivação sofrem um menor número de manutenções ou que o desenvolvimento da vegetação dentro dos canais é pouco significativo. As correlações fracas TM/TDm, EM1/EDf1, CM/CDi, CM/CJ, CM/CDf, EM2/EDm2 são, portanto, aquelas com intervenções humanas mais intensas.

#### 4.6.3 Elementos indicadores dos habitats fluviais na interface entre canais naturais e artificiais

Embora as evidências, apresentadas ao longo dos **Resultados**, promovam a impressão que os canais artificiais são geradores de impactos exclusivamente negativos, é preciso considerar que uma correta gestão destes sistemas pode gerar produtos positivos, entre os quais se destaca o prolongamento dos habitats aquáticos e ribeirinhos (LEIBUNDGUT; KOHN, 2014). Na comparação entre aspectos dos canais naturais e artificiais da bacia de estudo foram notados alguns pontos:

- Os regos d'água apresentaram semelhanças aos setores mais lentos dos canais naturais a eles conectados, com velocidades médias dos fluxos em 0,6 m/s, as

profundidades muitas vezes maiores que 0,5 m, além da presença de densa vegetação, ou locais próximos a pontes, manilhas, ou outras estruturas, que formam ambientes protegidos, nesses remansos são observados exemplares da fauna aquática, como peixes e anfíbios;

- b) Não foram registrados, com os moradores, momentos em que os canais artificiais apresentaram alguma interrupção dos serviços, que ultrapassasse um dia de trabalho, prevalecendo a rápida resolução destes casos, logo não sendo comprometidos as áreas com características de refúgios, como poços, tanques e alagados;
- c) Na região estudada, além dos canais artificiais terem inúmeros setores com potencial para reter água, como segmentos mais profundos, existem alagados e pequenos poços, criados pelos moradores, que oferecem refúgios a diferentes espécies da ictiofauna, uma segurança em caso de esgotamento dos fluxos;
- d) Os canais artificiais investigados (na maior parte dos casos) estão isolados de fontes de esgotos pontuais ou difusas, dado as demandas de consumo de seus usuários que não permitiriam estas conexões, também contribuindo para a proteção os diques antrópicos.

Durante as atividades de campo, era rotineiro encontrar espécies animais junto aos canais derivados artificiais, como peixes, anfíbios, reptéis, aves e mamíferos. Entre os peixes estão apontados lambaris (espécie *Astyanax bimaculatus*), os cascudos representantes da superfamília *Loricarioidea*, os pequenos bagres (família dos *Pimlodídeos*), a tuvira (família *Gymnotidae*), traíras (família *Erythrinidae*), além dos peixes africanos da família dos *Cichlidae*, comumente chamados de Tilápias e que foram inseridos nos mananciais brasileiros. Na ictiofauna é interessante notar a presença comum de alevinos, peixes que recém eclodiram os ovos, sugerindo condições para berçários, o mesmo valendo para espécies de anfíbios anuros (família *Bufo*) em variadas fases do desenvolvimento.

Ao longo do canais, nos tanques e trechos alagados, além de seu papel como refúgios das espécies aquáticas, são vistos representantes da avifauna, tendo sido observados espécies como: saracura três potes (espécie *Aramides cajaneus*), o saracurão (espécie *Aramus guaraúna*), a jaçanã (espécie *Jacana jacana*), gaviões e outros *Falconiformes*, mutuns (família *Cracidae*), jacuaçus

(espécie *Penelope Obscura*), garças (Família *Ardeidae*), curicacas (espécie *Theristicus caudatus*), quero-quero (espécie *Vanellus Chilensis*), patos selvagens (família *Anatidae*) e uma variedade de aves menores como Sabiá (genêro *Turdus*), João de Barro (família *Furnariidae*), Martim Pescador (família *Alcedinidae*), Canário da Terra (família *Frigillidae*), Pica Paú (família *Picidae*) entre outros.

Entre os mamíferos a presença de ariranhas (espécie *Pteronura brasiliensis*) junto aos barramentos de derivação é um registro da possibilidade destes ambientes em abrigar animais seriamente ameaçados de extinção. Ainda foram observados raposinhas (Gênero *Lycalopex*) e lontras (subfamília *Lutrinae*), bem como vestígios de outras espécies cuja identificação não foi possível, mas possivelmente representantes das famílias *caviidae* (capivaras) e *cuniculidae* (pacas). A consideração dos dados de qualidade da água e os avistamentos em campo, levam a considerar o que seria a condição dos habitats aquáticos da bacia, bem como possíveis espaços com afinidade ripícola.

A verificação de espécies da fauna nos canais derivados, ou em suas proximidades, por representarem casos em que os animais têm sua sobrevivência atrelada aos habitats aquáticos e ripícolas é um interessante apontamento. O fato dos canais abertos artificiais estarem apresentando elementos faunísticos e florísticos, impõem um complexo cenário que não permite reduzir os sistemas de derivação a simples impactos negativos.

Pelo contrário, é um fato que o processo de artificialização das paisagens foi, sob diversos aspectos, incorporado pelos agentes naturais, uma reposta pertinente que sugere a adaptação de uma série de espécies. Tal dinâmica sugere que os ambientes naturais em um primeiro lugar influenciaram as dinâmicas de ocupação da área, sendo limitantes ou potencializadores dos perfis de uso destes espaços. Em seguida, a partir das capacidades técnicas humanas, estes locais foram adequados as demandas existentes, entre as quais a construção de canais artificiais para fornecimento de águas junto as sedes rurais. Finalmente estes espaços artificializados passaram a repercutir sobre os ambientes naturais, contudo, tais repercussões não se limitaram a impactos negativos, como da supressão da vazão ou alteração de características físico/químicas da água.

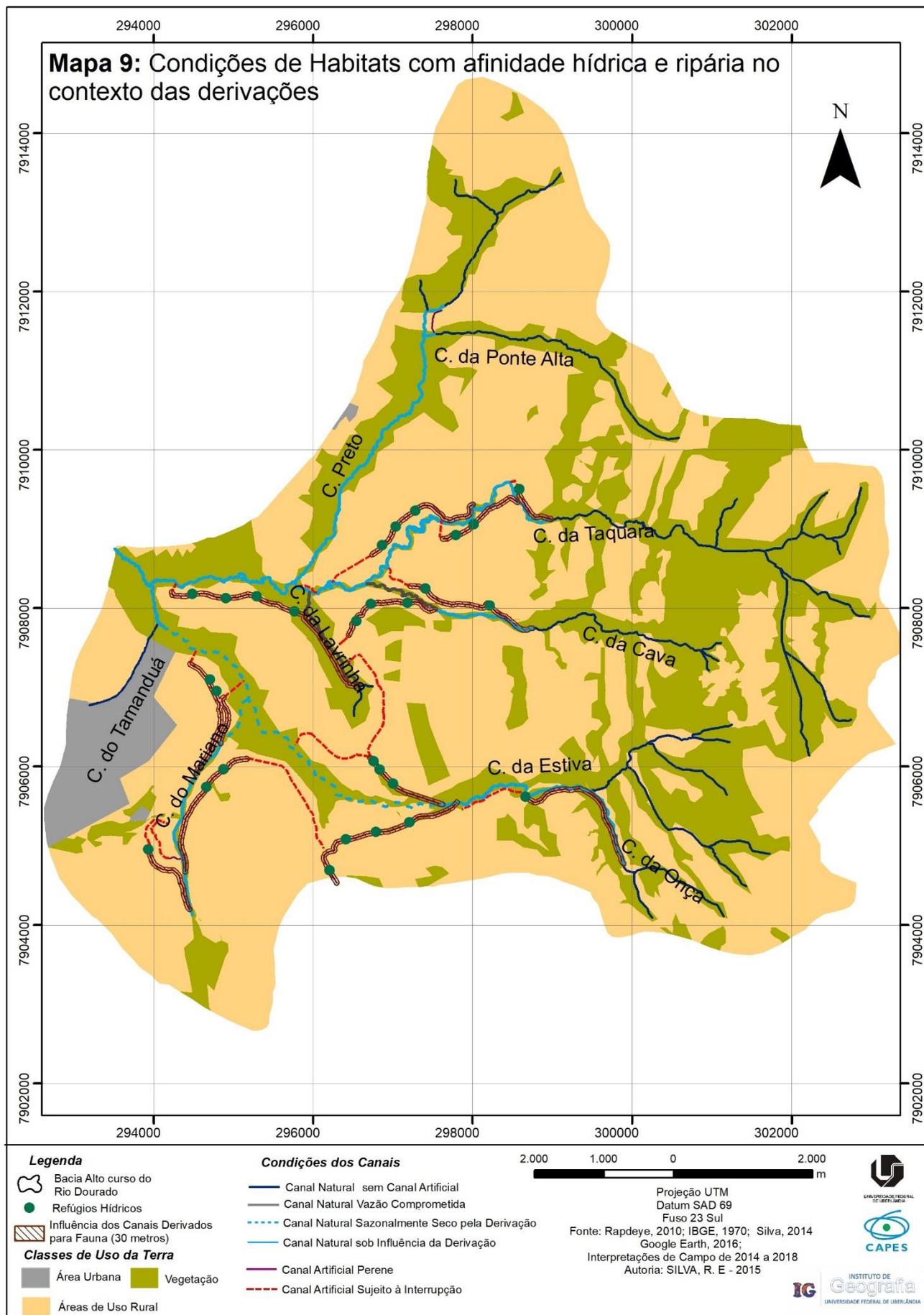
Durante atividades de campo, a observância de alevinos de peixes continentais, presentes nos canais artificiais, mostra como estes ambientes passam a ter um papel positivo para o desenvolvimento de espécies, que posteriormente circulam nas grandes bacias hidrográficas. As aves, muitas das quais migratórias, tem nestas áreas ambientes para caça, além da presença de outros representantes da avifauna que se reproduzem nestes locais.

A construção desta paisagem é delicada e passa, pela interferência humana que garante que barramentos e canais estejam funcionais. Por este motivo é tão importante o argumento que insiste em classificar tais canais como multifuncionais e não apenas de irrigação. Pois, se fossem ligados a irrigação, estariam funcionais somente na estação seca, e não serviriam como refúgios na estação chuvosa, quando é o período de defeso (piracema), das espécies de peixes em fase reprodutiva.

Para melhor espacializar a complexidade que os canais da bacia assumiram, ao longo de décadas de apropriação, o Mapa 9 traz as principais condições dos canais naturais e artificiais encontrados na bacia.

Entre as mudanças observadas na bacia de estudo, para o caso dos canais pesquisados, constituindo reduções e aumentos dos habitats, estão:

- Trecho natural sem comprometimento de fluxos: Correspondem, praticamente, as áreas mais elevadas da bacia onde não foram encontradas condições favoráveis aos canais derivados. Nestes ambientes, os cursos fluviais ainda são praticamente dependentes das interferências climáticas ou das tipologias tradicionais de uso da bacia e consumo de água;
- Trecho natural sob influência das derivações: As derivações vão, gradativamente, reduzindo os fluxos dos canais naturais, mas ainda não foram comprometidas as vazões ou observados indicadores hídricos anômalos. Nestes ambientes a fauna é observada regularmente;



- Trecho com vazão comprometida por derivações: Quando as vazões, muito captadas, promovem um cenário em que o canal natural perde sua capacidade depurativa, são vistos indicadores como pH e STD comprometendo a qualidade da água e exemplares da fauna se tornam escassos;
- Trecho natural sazonalmente seco: Condição extrema, observada quanto a vazão do canal natural é toda desviada para as derivações. Nestes casos são interrompidas as condições hidrológicas e ecossistêmicas do sistema de drenagem naquele trecho;
- Canal artificial perene: Quando os canais estão em boas condições, atendendo serviços, constituem ambientes propícios ao desenvolvimento de faunas tanto aquática quanto associada às condições fluviais;
- Canal artificial sujeito a interrupção de fluxo: Geralmente trechos finais dos canais artificiais ou pontos de partilha de água ocorrem por falta de manutenções e constituem elemento problemático para a dinâmica de conectividade entre canais artificiais e os naturais;
- Área de influência do canal artificial: ao longo das margens dos canais artificiais perenes, foram observadas condições favoráveis ao desenvolvimento de espécies tanto animais quanto vegetais. São exemplares que tem nesta dinâmica uma extensão dos habitats fluviais e ripários;
- Refúgios hídricos: Os alagados, barramentos, poços e tanques permitem o desenvolvimento da fauna, garantindo condições de refúgios, mesmo que os fluxos artificiais sejam interrompidos. Na bacia de estudo se mostraram muito comuns e repletos de atividade de espécies tanto silvestres como domésticas.

As condições observadas em campo somente não foram mais significativas pela falta de orientação que alguns usuários apresentaram quanto à gestão dos canais. No caso de problemas, como supressão total das vazões dos cursos naturais, sejam resolvidos e se invista novamente no retorno das águas aos cursos naturais é possível considerar que estes ambientes se tornarão ainda

mais eficientes para a reprodução de características naturais, auxiliando no desenvolvimento de um considerável número de espécies.

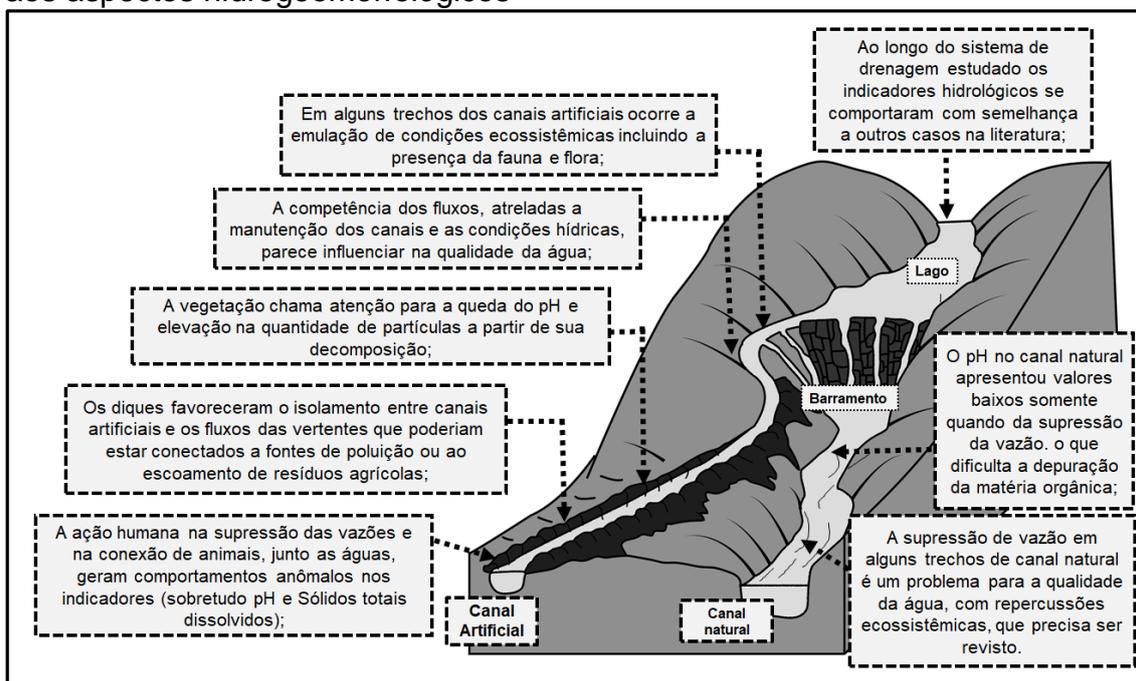
Contudo, ainda que seja evidenciado que as derivações funcionam como corredores ecológicos (conectando manchas de habitats) e permitam o trânsito de animais aquáticos e terrestres, existem questões que precisam ser resolvidas. Entre estas, a associação de espécies exóticas, que se conectam aos canais naturais a partir dos cursos artificiais e de tanques criatórios. Também a condição frágil de certos trechos artificiais, sujeitos a interrupção dos fluxos, que podem formar armadilhas a espécies da fauna.

#### **4.6.4 Sistematização**

Ao longo do item 4.6 foi confirmada a hipótese que, a partir das alterações na quantidade de águas que passam pelas seções transversais analisadas, ocorrem mudanças em suas características (indicadores hídricos), confirmados por elementos morfológicos e das interações bióticas influenciados por estes ambientes artificiais. A associação de parâmetros como Condutividade, resistividade, sólidos totais, temperatura e pH, com alterações antropogeomorfológicas e suas implicações hidrogeomorfológicas revelaram que, nestes canais, a construção, manutenção e a condução de água, em direção a vertentes, impactam nas vazões que por sua vez ecoam nos parâmetros estudados e nos habitats fluviais e ripícolas (Figura 68)

Mudanças causadas por atividades humanas impactam as bacias de drenagem, tanto na morfologia quanto nos indicadores susceptíveis a estas mudanças ambientais. Alterações pelas construções de reservatórios, projetos de irrigação, canais derivados como os aqui estudados, entre outros atrelados ao comportamento e resposta hidrológica são exemplos pertinentes destas atividades.

**Figura 68:** Síntese das condições observadas para os canais derivados quanto aos aspectos hidrogeomorfológicos

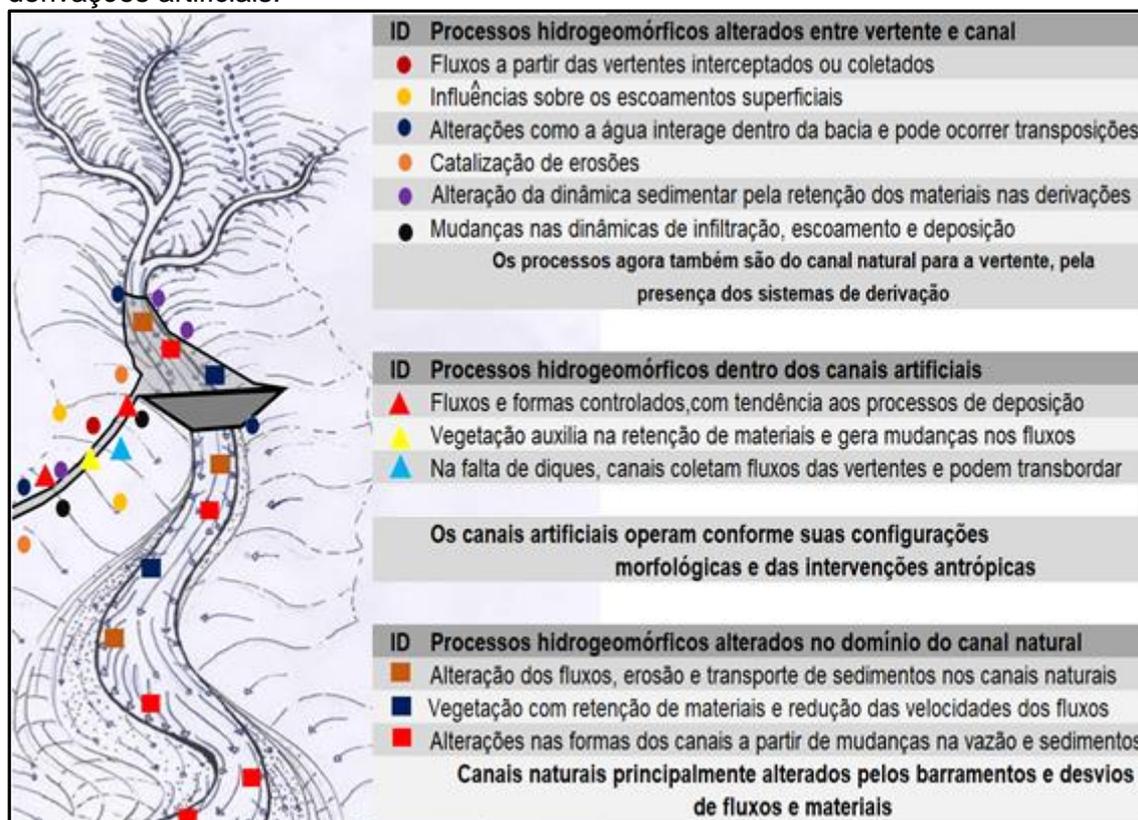


Fonte: elaborado pelo autor

## 4.7 Síntese geral

A partir dos exemplos da inclusão dos canais artificiais nos sistemas de drenagem, encontrados em atividades de campo na Caxemira, Portugal e Brasil, bem como as diferentes abordagens realizadas na bacia hidrográfica de estudo (alto curso do rio Dourados), foi possível apontar uma série de impactos relativos à dinâmica hidrogeomorfológica. De posse dos argumentos discutidos ao longo destes resultados (item 4), a Figura 69 sintetiza como os impactos hidrogeomorfológicos, tratados na revisão da literatura especializada (item 2.3), encontraram espaço em uma bacia cuja paisagem foi alterada por estes canais e são reavaliados quanto as suas dinâmicas.

**Figura 69:** Síntese dos processos com propensão de alteração no contexto das derivações artificiais.



Fonte: elaborado pelo autor

A figura, após o caminho percorrido desde as primeiras observações bibliográficas até a apresentação dos resultados, sugere como de fato os sistemas de derivação impactam nas dinâmicas da drenagem repercutindo sobre a hidrogeomorfologia da bacia. Os fluxos, que antes se deslocavam das

vertentes para os fundos de vale, agora se dirigem novamente as vertentes com possibilidade de dispersão.

Nas vertentes, também precisam ser considerados as mudanças como circulam as águas e se dispõem as formas superficiais, havendo ainda alterações na dinâmica subsuperficial, já que estes canais permitem a infiltração. Estas estruturas e suas assinaturas, ainda contribuem para a redução da energia que alcançariam os fluxos entre os interflúvios e os fundos de vale, uma vez que ficam a meia vertentes interceptando estes deslocamentos. Estes cenários, contribuem para a redução dos processos erosivos, na formação dos diques antrópicos, porém, quando apresentam vazamentos, desenvolvem ambientes propícios a remoção dos materiais superficiais.

Os canais naturais são alterados, com mudanças nos níveis de base e podem, além da redução dos fluxos, terem os leitos aprofundados na redução dos sedimentos que poderiam ser depositados. Deste modo que os conhecimentos, técnicas e dinâmicas da hidrogeomorfologia, que já se mostravam pertinentes as investigações de outras assinaturas topográficas avaliadas pela antropogeomorfologia, foram úteis na abordagem destes canais e como se relacionam com a bacia de drenagem, os ambientes naturais e as demandas humanas.

As comparações entre canais naturais e artificiais, realizadas nos itens, ao longo do tópico dos Resultados, apontaram especificidades elencadas a seguir:

- Enquanto os canais naturais têm, na dinâmica vertente e fundo de vale, sua principal forma de conexão para fluxos e sedimentos, os canais artificiais tendem a se isolar das adjacências, conforme evoluem os diques marginais;
- Vazões, sedimentos em suspensão, índices de turbidez e velocidades dos fluxos variam com maior intensidade nos leitos naturais, dadas as condições subordinadas às dinâmicas da bacia de drenagem;
- Nos canais artificiais estes elementos são estabilizados pelo isolamento do canal, sua menor capacidade de conter fluxos e a ação da vegetação, aliada à dinâmica hidráulica artificial;

- Portanto, os canais naturais estão atrelados às configurações naturais e antrópicas, já os artificiais são subordinados principalmente às dinâmicas de manutenção de seus leitos, estas influenciadas pela disponibilidade de água;

Assim a bacia tem novos ambientes voltados a influência antrópica desde as diferentes tipologias de uso e ocupação, até a rede de drenagem que é permeada por canais artificiais, emulando trechos naturais, e rios que sofreram artificializações, caso dos pontos de derivação, mudanças de suas vazões, degradações por problema na qualidade e quantidade da água. Tais proposições, observadas principalmente no estudo de caso, podem ser aplicadas também a outras áreas, como aquelas visitadas para apontamento das morfologias (Caxemira e Portugal-insular e continental). O mosaico complexo, como foi apresentado e discutido, culmina nas reflexões apresentadas na **Conclusão** a seguir.

## 5. CONCLUSÕES



No início desta pesquisa chamava a atenção a ausência de estudos sobre os canais abertos artificiais, especialmente em Geografia, na interface com o planejamento ambiental e ordenamento territorial. Inicialmente acreditava-se que, sendo presentes em diferentes lugares do mundo, seriam alvos de investigações nestas áreas, uma vez que estava implícito que os mesmos causavam transformações ambientais.

Contudo, conforme periódicos, atas de eventos e livros que foram analisados, se evidenciou que estas intervenções eram, quase em sua totalidade, abordadas para o ordenamento, com foco quase que exclusivo em apontamentos técnicos e econômicos. Raras, comparados a estas atividades, se mostraram as socioambientais e, mais inexpressivas, aquelas que poderiam revelar suas influências na evolução da paisagem.

Especificamente para os canais pretendidos a ausência de estudos se mostrou maior, limitados em algumas considerações históricas, breves ensaios ou citações. Se tornou claro que geralmente eram simplesmente reduzidos, do ponto de vista da multifuncionalidade que os caracterizam, em canais de irrigação. Apesar desse foco técnico, as análises dominantes na bibliografia, não se mostraram de pouca valia. Pelo contrário, ao mesmo tempo que úteis para a classificação dos diferentes canais artificiais, seu funcionamento e serviços, revelaram carências de abordagens nas interfaces ambientais. Desta forma, se deparar com uma lacuna como esta constitui oportunidade singular de expandir a fronteira do conhecimento científico, ao mesmo tempo que são lançadas as bases para que outros estudos surjam nesta direção. Para tanto, foi necessário definir quais abordagens poderiam revelar novos aspectos, influenciando a dinâmica ambiental.

Assim, perante tamanha lacuna e com grande número de demandas investigativas, esta pesquisa poderia ter sido direcionada para várias frentes do conhecimento científico. Como resultado poderiam ser preenchidos vazios sobre estes sistemas de derivação dentro da Biogeografia, Cartografia, Hidrologia, Gestão do território. Porém, em meio às visitas de campo, se tornou evidente a urgência de uma investigação que tratasse das rupturas morfológicas representadas pelos canais derivados para os ambientes apropriados, cujos

estudos eram praticamente inexistentes e que constituem mais uma contribuição deste material.

De posse desta responsabilidade, as escolhas de investigação, a partir da interação de conhecimentos, principalmente ligados a Geografia Física, considerando suas relações com a ação humana se mostraram acertadas. Por exemplo, terminologias na interface da Antropogeomorfologia, tratando os canais em questão como assinaturas topográficas (humanas), foram fundamentais na construção desta pesquisa.

Logo, indícios de influências entre as formas da superfície e os fluxos, pela presença das derivações, se mostraram significativas para estas investigações, como visto em atividades de campo que, não limitadas ao Brasil, incluíram Portugal Continental, Ilha da Madeira e nas fronteiras himalaias da Índia com o Paquistão. Tendo sido observado que, diferente do sugerido inicialmente, não somente as formas dos canais interessariam na captação dos fluxos, mas a presença de diques marginais poderiam alterar a dinâmica das vertentes, isolando-as dos canais derivados.

Os padrões encontrados, quanto às formas dos canais, os depósitos sedimentares em suas margens e o modo como eram geridos a partir de suas dinâmicas hidrossedimentares, permitiram apontar os aspectos comuns de sua evolução. Contributo que realçou o potencial da reprodutibilidade desta pesquisa, reconhecendo os canais derivados como alteradores da hidro/morfodinâmica das bacias.

A partir da ideia que a conectividade hidrológica estaria sob influência dos canais, enquanto ATH's, a hidrogeomorfologia se mostrou pertinente, pelo seu foco nas formas e processos, buscando integrá-los ao longo de todo o sistema de drenagem. Assumindo que estes canais gerariam efeitos sobre o relevo e hidrologia (passíveis de indicação por análises de vazão, sedimentos, turbidez e assoreamento), o direcionamento para esta área da geomorfologia foi válido em confirmar as hipóteses levantadas, como se vê a seguir.

Portanto, na bacia hidrográfica tomada como estudo de caso se tornou evidente a relação entre formas e processos, no contexto da intervenção humana, e como a hidrogeomorfologia poderia oferecer adaptações às suas investigações. De

maneira que para esta abordagem, foram fundamentais as bases desenvolvidas em estudos cartográficos ligados a conectividade entre vertentes e canais; formas do relevo; mapeamentos hidrogeomorfológicos, bem como de intervenções bióticas e antrópicas contemporâneas. Estes enfoques, até então, concentrados na espacialização e representação de canais naturais, agora possuem indicativos para a representação dos canais abertos artificiais, amparando novos perfis de investigações sobre os mesmos.

Em levantamentos de campo, se reafirmaram que as ATH's não devem ser limitadas como formas dos canais, enquanto valas, mas que incluam outros elementos modificadores dos processos na bacia como:

1. Os barramentos, que são o primeiro elemento de interferência nos sistemas de derivação, gerando alteração na circulação de água, pela elevação de seu nível e alteração de sua velocidade;
2. As águas derivadas percorrem canais, inicialmente em vertentes íngremes, locais onde a conectividade, tanto da vertente com o canal, quanto do canal com a vertente, é perceptível, dada a presença insignificante das formas marginais (diques antrópicos);
3. Os diques antrópicos são resultado das limpezas realizadas para garantir a continuidade dos canais, retirando materiais do leito e os depositando nas margens;
4. Inicialmente são formados diques inferiores, dispostos na margem do canal artificial voltada ao fundo de vale. Estes impedem transbordamentos e rompimentos, conduzindo com mais eficiência as águas derivadas;
5. Os diques quando encontrados apenas nas margens inferiores, os canais ainda podem receber fluxos das vertentes;
6. Trechos com transbordamentos podem formar, em áreas com superfícies suaves, alagados, que tem papel de deposição, embora possam se conectar aos fluxos oriundos de outras áreas das vertentes;
7. Diques duplos surgem em direção ao final dos canais, como resultado do aumento das atividades de manutenção que acabam levando à formação destas estruturas nas margens voltadas ao topo do interflúvio;

Tendo em vista estes argumentos, foram positivas as escolhas de análises da velocidade dos fluxos, vazão, sedimentos em suspensão, turbidez, e indicadores

da qualidade da água para evidenciar como a dinâmica hidrogeomorfológica da bacia estava sendo alterada.

Em primeiro lugar, para os elementos de impacto nas dinâmicas hidrossedimentares, os barramentos, alteraram a velocidade dos fluxos, promovendo o decaimento das partículas, na coluna de água. Estas questões foram especialmente comprovadas pelos valores dos sedimentos em suspensão, da turbidez e na leitura das velocidades dos fluxos nestes ambientes. A literatura está repleta de estudos que testemunham como barramentos possuem a capacidade de reter sedimentos, interromper conexões fluviais e alterar a dinâmica de erosão/sedimentação a jusante dos mesmos.

É pertinente considerar que como são obras bastantes rústicas não devem constituir impedimento definitivo à transição da fauna, onde se notou a elevação do nível de água formando redutos para a mesma. Já a redução da sedimentação, a jusante destas estruturas, promove novos trechos de escavação no leito, alterando a dinâmica dos habitats fluviais, onde nenhum impacto foi mais expressivo que o desvio total das águas para as derivações, extinguindo o fluxo em alguns trechos fluviais e atestando falhas na gestão dos canais.

Quanto à direção dos fluxos, naturalmente, se espera que as águas fluam, pela gravidade, a partir dos interflúvios para as vertentes e alcancem os fundos de vale para então, finalmente, passarem pelos exutórios das bacias hidrográficas. Contudo, esta pesquisa mostrou como mecanismos de derivação alteram tais sistemas, fazendo com que águas do fundo de vale, sejam elevadas aos níveis das vertentes e por elas circulem em canais de escoamento lento, dada pouca declividade. As mudanças direcionais dos fluxos reorientam também os sedimentos e, por consequência, de processos a eles atrelados, onde:

1. Predominam, nos canais naturais, comportamentos de vazão e sedimentos com maior variação, dada as condições em que estão expostos, do ponto de vista climático, ao longo do ano analisado;
2. Em eventos chuvosos, as vazões apresentaram considerável incremento positivo, resultado do papel que cabe aos canais naturais de comportarem os fluxos disponíveis. Quando dos baixos índices pluviométricos, se descreve as diminuições das vazões, motivada pelas adequações

- realizadas no início da derivação para garantir a constância do fluxo de consumo;
3. Como parte dos fluxos e sedimentos são desviados para os canais artificiais, ocorrem transferências do fundo de vale às encostas. O comportamento esperado é rompido por esta nova orientação;
  4. Para os canais artificiais, ao menos no início das derivações, existe uma limitação da forma do leito, para comportar vazões que acabam por variar menos, em comparação aos cursos naturais;
  5. Os pontos médios são aqueles com maior estabilidade, pois os fluxos excedentes, observados nos inícios das derivações, são logo perdidos por transbordamentos, e não são comuns novas inclusões de fluxos;
  6. Nos pontos finais estão as menores variações, e os volumes mais reduzidos de vazão, comprometidos pela infiltração, evaporação, evapotranspiração e consumo;
  7. Para os sedimentos eles apresentaram maior subordinação à vazão nos canais naturais, sobretudo nos trechos livres de interferências nos fluxos, especificamente os barramentos;
  8. Nas derivações, a relação entre sedimentos e vazão diminuem, conforme elementos antrópicos ou das condições existentes nos canais, como inclinação e vegetação, se tornam preponderantes;
  9. Os sedimentos são levemente maiores antes do barramento de transição, que atua como meio de retenção de uma fração das partículas, exceção de casos onde se verificou a presença de materiais orgânicos em decomposição;
  10. As derivações apresentaram as variações de sedimentos relacionadas mais com as intervenções humanas, em comparação com processos ao longo das vertentes;
  11. Os materiais depositados ao longo do canal, pela redução das vazões, pouca declividade do leito e pela vegetação, acabam por bloquear o fornecimento de água, demandando limpezas periódicas;
  12. Os diques, conforme avançam nos canais em direção aos seus finais, tornam-se maiores, expressões do aumento da sedimentação, e acabam por isolar os canais artificiais das dinâmicas das vertentes;

13. As vertentes isoladas, nos setores com canais artificiais, passam a apresentar depósitos de sedimentos nas adjacências dos mesmos, o que pode elevar a superfície junto dos diques antrópicos.

Para a velocidade do fluxo, indicadora da competência de transporte de sedimentos, os canais naturais apresentaram valores maiores, enquanto as derivações foram subordinadas a inclinação do terreno, presença da vegetação e redução da vazão. Logo, enquanto no fundo de vale os pequenos córregos transportam materiais sedimentares em direção ao exutório da bacia, nas meias vertentes as derivações provocam deposições tanto em seus leitos quanto nas margens. Nestes casos interessam as limpezas dos canais, do contrário os mesmos seriam com o tempo interrompidos pelo acúmulo de vegetação e sedimentos.

Sendo evidente que os sistemas derivados são dependentes da interferência humana, foi importante perceber como esses tornam o sistema natural em artificializado, com dados de vazão e sedimentos tendo sido fundamentais na construção destas proposições. Como no caso da maior retenção de sedimentos no período chuvoso, pela presença da vegetação, ou sua remobilização na estação seca, quando das manutenções para garantir os fluxos mínimos necessários. Fatores que ajudaram a justificar os motivos que fazem da troca dos canais de terra por tubulações ou, ao menos, o seu revestimento, pouco comum.

O estudo da turbidez revelou que a vegetação tem papel no acúmulo de partículas e a sua redução ao longo dos canais artificiais. Na estação chuvosa a presença de canais derivados, gradativamente vegetados, sugeriu que mantê-los no lugar de captação de água, diretamente nos cursos naturais, era uma opção coerente, pois os canais naturais apresentam maiores índices de turbidez, comparados aos cursos artificiais. Portanto:

- 1- O comportamento dos canais naturais é alterado pela perda de volumes de água e pela retenção de parte das partículas em suspensão nos barramentos de derivação. Em caso de grande redução da vazão, podem ser notados comportamentos anômalos na relação com a turbidez dada a queda da capacidade de transporte do canal para dissipar partículas;

- 2- Os valores de turbidez estão melhor relacionados à vazão nos cursos naturais uma vez que as conectividades vertentes/canais podem ocorrer parcial ou completamente;
- 3- Nos cursos artificiais a formação de diques, dada a limpeza dos leitos, pode isolar trechos destes canais reduzindo tais conexões;
- 4- As menores declividades dos canais artificiais e a presença de vegetação podem contribuir para a redução da turbidez, uma vez que a velocidade do fluxo é reduzida e é alterado o turbilhonamento, contribuindo para o decaimento das partículas nos leitos;
- 5- Nos canais artificiais, ações de retirada da vegetação e a presença de animais são os principais responsáveis por reverter a tendência de redução da turbidez, promovendo disponibilização de materiais nos canais, aumento da velocidade do fluxo e conectividade com as vertentes;
- 6- Enquanto os canais naturais tendem a responder às influências oriundas das vertentes se conectando ao seu comportamento hidrogeomorfológico, os artificiais seguem se isolando não só da vertente, mas da influência do curso natural, ao passo que se tornam cada vez mais dependentes das interferências humanas.

Estes pontos confirmam a turbidez como válido instrumento de monitoramento, contribuindo para o entendimento dos comportamentos hidrológicos de canais artificiais, e dos impactos que sofrem a partir de elementos naturais e antrópicos. Então, se os moradores realizassem trocas, dos canais de terra por encanamentos, perderiam a disponibilidade de águas com turbidez reduzida. Nesta dinâmica, elementos como vegetação e as ATH's (sobretudo os barramentos e diques) se mostraram fator preponderante de seu sucesso para distribuição de águas, persistindo em meio à “modernização rural”.

Toda esta argumentação foi embasada pelo encontro de sedes rurais, próximas a cursos naturais, que buscavam águas derivadas em uma vertente distante. Neste caso, eram usados encanamentos ligados aos regos d'água em trechos onde já se apresentavam bons índice de turbidez, sendo ignorados o canal natural nas proximidades. Portanto, a relação entre usuários e canais é mais sofisticada do que se suporia inicialmente, ultrapassando a ideia limitada que a ausência de recursos e técnicas justificaria a persistência do modelo.

Por se tratar de uma intermediação antroponatural, iniciada nos barramentos e que se estende pelas vertentes, as derivações mantidas geração após geração, se tornam emulações dos cursos fluviais. Tendo sido preponderante, para estas observações, as abordagens relativas aos parâmetros da qualidade da água e às constatações de campo, pela existência de indícios para a presença dos habitats fluviais e ripícolas nos canais artificiais.

Os dados físicos e químicos mostraram considerável semelhança entre canais naturais e artificiais, na bacia de estudo. As exceções foram apontadas quando da interação de animais nos canais, ou em locais onde as enxurradas, superando as assinaturas topográficas, alcançavam os leitos artificiais. Os impactos não incluíram as faixas com maior número de propriedades consumidoras, mas os trechos finais dos canais. Problemas foram apontados na supressão de vazões nos cursos naturais, principalmente na redução do potencial hidrogeniônico, logo:

1. Em comparação com os cursos naturais, ocorrem elevações da temperatura na água encontrada nos finais das derivações, no verão, e queda, ao longo dos canais, no inverno;
2. Estas alterações de temperatura não se mostraram suficientes para serem responsabilizadas por comprometimento da qualidade da água ou de suas funções ecossistêmicas;
3. Os índices do potencial hidrogeniônico ficam dentro dos valores aceitáveis, com exceção de episódios de decomposição de material vegetal e presença de animais domésticos associados à redução da vazão;
4. Os valores de Resistividade se comportam com forte correlação negativa aos de Condutividade, de maneira que atestam a qualidade dos resultados;
5. Como sólidos totais dissolvidos e condutividade são fortemente correlacionáveis tornam-se bons indicadores de fontes contaminantes ou de associação com fluxos oriundos de formas erosivas;
6. Nesta pesquisa, estes valores variaram conforme a disponibilidade hídrica nos canais, decaindo a correlação, conforme se intensificavam os impactos da intervenção humana;

7. O maior número de mudanças nos indicadores ocorreu a partir de elementos internos aos canais (redução de vazão, crescimento de vegetação, ação de animais) e não por uma constante conexão às encostas;
8. Embora possam causar, pelo desvio de água, danos nos habitats fluviais originais, os canais derivados possuem condições para o desenvolvimento de fauna e flora.

Os indícios da formação de habitats aquáticos e ripícolas, expressos para além dos parâmetros mencionados, se basearam na observância da fauna e flora, entre as quais exemplares raros de peixes, aves e mamíferos, que têm se beneficiado da extensão destes ambientes. Contudo, as derivações, quando mal geridas, podem captar o fluxo total dos canais naturais. A solução desse cenário passa pela (re) orientação dos usuários, dimensionamentos corretos dos pontos de derivação, fiscalização e partilha equivalente das águas, entre as derivações e, sobretudo, sem supressão da vazão ecossistêmica dos canais naturais.

Também cabe aos pesquisadores, em suas esferas de atribuições, um olhar atento para os ambientes que investigam, para que não sejam ignoradas a presença destes canais, como tem ocorrido em tantas produções científicas. Atestados os mesmos em diferentes paisagens, precisam ser levados em consideração em investigações ambientais. Do contrário, muitos estudos estariam mascarando elementos que influenciam no comportamento destas bacias e, por consequência, gerando análises equivocadas. Sendo recomendado que estudos ligados a análise sistêmica de bacias hidrográficas levassem em consideração, para os casos de bacias com estes canais:

1. O levantamento correto da rede de drenagem: muitos trabalhos são realizados em ambientes, cuja presença dos canais derivados é ignorada desde a proposição cartográfica. Na realidade brasileira, é comum encontrar bacias com mapeamentos que não incluem estes sistemas de derivação. A situação segue problemática em estudos sobre redes de drenagem, hidrologia, recursos hídricos, análises ambientais, entre outras abordagens relativas a bacias hidrográficas. As mesmas falhas são notadas em relatórios técnicos, construídos com fins ao planejamento e gestão do território;

2. Consideração das assinaturas topográficas humanas: A partir do mapeamento é necessário considerar que variadas formas superficiais antrópicas se encontram nestas bacias, e que as interações entre elas e os processos variam conforme contextos climáticos e superficiais. Portanto, cabe ao investigador apresentar como estes sistemas de derivação podem influir, em análises, desde os barramentos até as vertentes;
3. Apontamentos dos canais derivados artificiais em análises hidrológicas: Estudos que se propõem a trabalhar com séries hidrológicas ou cenários hidrogeomorfológicos, caso ocultem as presenças destes canais, tornam-se inválidos em relação aos dados que apresentam e às análises que sugerem. Se a vazão em um exutório é analisada negligenciando os canais artificiais na bacia hidrográfica, os resultados podem ser considerados errados. Esses mesmos sistemas podem ainda interceptar ou isolar fluxos nas vertentes, alterando respostas dos picos de cheias na bacia. Por esses motivos, caso o investigador não possa realizar um levantamento, ao menos de alguns cenários para apontar o quanto de vazão tendem a ser desviadas, cabe apontar que existem alterações nas quantidades de águas e sedimentos que fluem em direção aos exutórios.

Estes argumentos possuem alcance significativo, pois questionam resultados em pesquisas científicas estabelecidas, cabendo ainda a sugestão de temas que poderiam ser pesquisados, a partir do conhecimento dos canais derivados em uma bacia hidrográfica:

1. Inclusão de estudos dos canais derivados multifuncionais em diferentes contextos de drenagens: possibilidade para que as bacias hidrográficas, com estes canais, sejam exploradas em suas particularidades, buscando revelar como estas assinaturas operam em cada cenário, configurações geoambientais e sociais, incluindo os mesmos em estudos relativos a modelagem hidrológica e ambiental;
2. Localização e datação de assinaturas topográficas como os canais estudados: Possibilidade de aprofundar o uso de equipamentos remotos como drones, para análise e que sejam desenvolvidos novos meios de identificação dos canais;

3. Canais artificiais no contexto da gestão dos recursos hídricos: avaliar o significado dos canais derivados multifuncionais para a gestão das bacias, como na destinação correta dos volumes não utilizados;
4. Avaliação da dinâmica entre águas superficiais e subsuperficiais: estudos que tratem de identificar como a circulação da água, no âmbito da infiltração e esfiltração, se dá entre canais derivados e os canais naturais nos fundos de vale. Possibilidade de traçar novas considerações, inclusive, sobre qual o destino das águas que são gradativamente transferidas dos canais para a subsuperfície;
5. Avanço nas análises relativas ao comportamento hidrossedimentar fluvial: estudos que aprofundem a discussão do significado para os cursos fluviais, que tem parte dos sedimentos retidos nos sistemas de derivação, oportunidade de explorar como estes rios poderiam ser afetados, incluindo implicações para os habitats e zonas ripícolas;
6. Investigação das relações bióticas e abióticas: estudos com mais recursos a apontarem o significado destes ambientes para o desenvolvimento biótico em outras regiões;

Este trabalho, ao passo que responde os questionamentos levantados, inclui novos conhecimentos relativos ao modo como a natureza tem sofrido interferências, sobretudo nas intervenções geomórficas, incluindo aspectos fluviais e de vertentes que constroem paisagens artificiais. Fatores que levam a reconsiderar conceitos pré-estabelecidos a respeito de bacias hidrográficas, apropriadas, revelando que, ocultos nas paisagens, estão elementos da Antropogeomorfologia com grande potencial de alteração hidrogeomorfológica.

Se deparar com um tema, cujas nuances e possibilidades estavam para além da linha dos conhecimentos já estabelecidos e que, por consequência, avança na fronteira científica em direção a abordagens e reflexões inéditas, é uma oportunidade significativa de oferecer a comunidade acadêmica e sociedade novas possibilidades a serem ampliadas. Em última análise, confirmada a tese que os comportamentos das bacias, para a evolução das formas e dos processos hidrogeomorfológicos, sofrem mudanças significativas pelas intervenções antrópicas, representadas pelos canais derivados, se reafirma o caráter indissociável entre Sociedade e Natureza. Uma dinâmica que não deve ser

limitada pela insistência de manter o homem como um ente de atuação, exclusivamente, negativa e isolada dos demais elementos naturais. Pelo contrário, tomando por exemplo o potencial que estes canais mostraram em construir ambientes de emulação natural, se busque formar os usuários para que os mesmos participem da construção de paisagens híbridas, marcadas pela adaptação, que sejam geridas em direção a estabilidade, e que esta Tese seja um contributo real na formatação desta realidade.

## 6. REFERENCIAS

ABDEL-DAYEM, S; EL-SAFTY, M. Review of the Egyptian experience in implementing land. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 6, p. 311-324, 1993. <https://doi.org/10.1007/BF01112231>

ABREU, A. A. **Análise geomorfológica**: reflexão e aplicação uma contribuição ao conhecimento das formas de relevo no Planalto de Diamantina. 1982. Tese (Livre docência) – Universidade de São Paulo. São Paulo.

ABREU, C. F. N. R. et al. Análise de Vazão e Sedimentos em Área de Voçoroca na Fazenda Experimental do Glória no Município de Uberlândia (MG). In: **VIII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA**, Recife. Anais, 2010. p. 1-14.

AB'SÁBER, A.A. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário**. Geomorfologia, São Paulo: Igeog-USP (18), 1969.

AGUIAR, A. M. **Análises hidrogeomorfológicas e hidrossedimentológicas para comparação de duas bacias hidrográficas contribuintes do reservatório de Itaipu**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

ALBUQUERQUE F. A. **Estudos hidrológicos em microbacias com diferentes usos do solo na sub-bacia do Alto Natuba-PE**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife.

ALMEIDA, L.Q; CARVALHO, P. F. Representações, riscos e potencialidades de rios urbanos: análise de um (des) caso histórico. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 34, p. 145 -161, 2010.

ALMEIDA, F. M.; HASSUI, Y. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1984.378p.

ALVARENGA, L. A et al. A. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul -São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Ambi-Agua**, v. 7, n. 3, p. 228-240, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Orientações para operação das estações hidrométricas**. Brasília, 2011.

AMARAL, A.J. et al. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do Planalto Sul-Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2145-2155, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000500035>

ANDRADE, M. F. **Negros rebeldes nas Minas Gerais**: a revolta dos escravos de Carrancas. [Apresentação do processo digitalizado da Revolta de Carrancas]. Campanha, 2005.

- ANTOINE, M. et al. What indicators can capture runoff-relevant connectivity properties of the micro-topography at the plot scale? **Advanced Water Resource**, v. 32, p.1297-1310, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2009.05.006>
- ANTONELI, V; BEDNARZ, A. N. Erosão de solos sob o cultivo do tabaco (nicotina tabacum) em uma pequena propriedade rural no município de Irati Paraná. **Caminhos de Geografia Uberlândia**, v. 11, n. 36, p. 150 -167, 2010.
- ANTONELI, V; THOMAZ, E. L. Perda de Solo em Cultivo de Tabaco Sob Diferentes Formas de Cultivo na Região Sudeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, p. 455-469, 2014. <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i3.534>
- ASSUNÇÃO. W. L. Metodologia para a definição da duração das estações seca e chuvosa na região dos cerrados do Brasil Central -primeira aproximação. In: **Encontro de Geografia da América Latina**; Lima. Lima. 2013.
- ASFAHA, T. G. et al. Sediment flux dynamics as fingerprints of catchment rehabilitation: The case of western Rift Valley escarpment of northern Ethiopia **Geomorphology**, v. 250, p. 220 -235, 2015.
- ASHMOR, P. Towards a sociogeomorphology of rivers. **Geomorphology** p.1-35, 2015. (prelo) <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.02.020>
- ATKINSON, E. Numerical Modelling and the design of sediment control structures Pakistan **Workshop, Irrigation e Power Department**, Lahore. Lahore. p. 22 -25. 1989.
- AZEVEDO, F.L.C. **Levadas no Contexto das Paisagens Culturais**, 2010. Dissertação - (Mestrado de Arquitetura Paisagística), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Bragança.
- BAILEY, A.D; BREE, T. Effect of improved land drainage on river flows. In: TELFORD, T. **Flood Studies Report**, London, 1981, p.131-42.
- BAKRY, M, F. Effect of submerged weeds on the design: Procedure of earthen egyptian canals. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 6, p. 179-188, 1992. <https://doi.org/10.1007/BF01109708>
- BAKRY, M.F. KHATTAB, A.F. Regime behavior for alluvial stable Egyptian canals **Irrigation and Drainage Systems**, v. 6, p. 27-36, 1992. <https://doi.org/10.1007/BF01102864>
- BAKRY, M.F. The improvement of hydraulic efficiency of irrigation systems with particular reference to biological control method. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 8, p.123 - 133, 1994. <https://doi.org/10.1007/BF00881180>
- BALLAIS, J. et al. **La Méthode hydrogéomorphologique de détermination des zones inondables**. *Physio-geo*, v.5, p. 1-12, 2011. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.3307>
- BANNA, M. M.E; FRIHY, O. Human-induced changes in the geomorphology of the northeastern coast of the Nile delta, Egypt. **Geomorphology**, v. 107 p. 72-78, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.06.025>
- BARBOSA, L.G; GONÇALVES, D. L. A paisagem em geografia: diferentes escolas e abordagensÉlisée, **Rev. Geo. UEG**, v.3, n.2, p.92-110, 2014.

BARBOSA, G. R. et al. **Análise Climática e suas influências na Cultura Cafeeira no Município De Patrocínio-MG**. Uberlândia: UFU, 13 pp. 2008.

BAZZA, M. Overview of the history of water resources and irrigation management in the Near East region. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 7 (1) p. 201-209, 2007. <https://doi.org/10.2166/ws.2007.023>

BENTO GONÇALVES, A.J. **Geografia dos Incêndios em espaços silvestres de montanha** - o caso da Serra da Cabreira. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 2011.

BELAUD, G. **Modeling of sediment transport in irrigation canals of pakistan: examples of application**. Islamabad: International Sedimentation Research Institute, Pakistan, 1996.

BEKHERDAHL, H. R; DARDIS, G. The role of artificial drainage in the development of soil pipes and gullies: some examples from Transkei, Southirn Africa. In: DARDIS, G.F; MOON, B. P. (Org) **Geomorphological Studies in Southern Africa**. Rotterdam: Balkema, 1988.

BENNION, D.H; MANNY, B.A. **Construction of Shipping Channels in the Detroit River: History and Environmental Consequences**. Washington: U.S. Department of the Interior/ U.S. Geological Survey, 2011.

BENINCASA, V. **Fazendas Paulistas**. Arquitetura rural no ciclo cafeeiro. 2008. Tese (Doutorado em História), Universidade de São Paulo, São Paulo.

BERTALLANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópoles: Editora Vozes, 1973.

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **R. RA'E GA**, n. 8, p. 141-152, 2004.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator c para as culturas de soja e trigo em três sistemas de preparo em um Cambissolo Húmico aluminico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.451-461, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000200021>

BHUTTA, M.N; VAN DER VELDE, E. J. Equity of water distribution along secondary canals in Punjab, Pakistan. **Irrigation and Drainage Systems** v.6, p. 161-177, 1992. <https://doi.org/10.1007/BF01102975>

BLICK, S. A et al. **New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual**. Nova Jersey: Division of Watershed Management. 2004.

BLUMBERG, D. G. et al. Mapping exposed and buried drainage systems using remote sensing in the Negev Desert, Israel. **Geomorphology**, v. 61 p. 239-250, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2003.12.008>

BOESCH, D. F. Challenges and opportunities for science in reducing nutrient over-enrichment of coastal ecosystems. **Estuaries**, v. 25, n. 4b, p. 886-900, 2002. <https://doi.org/10.1007/BF02804914>

BORG, D. et al. The geomorphic and ecological effectiveness of habitat rehabilitation works: Continuous measurement of scour and fill around large logs in sand-bed streams, **Geomorphology**, v. 89, p. 205 -216, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.07.027>

BÖHM H. Die Wiesenbewässerung in Mittel Europ Anmerkungen zu einer Karte von C Troll. **Erdkunde**, v. 44(1), p. 1-10, 1990.

BORSELLI L. et al. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: a GIS and field numerical assessment. **Catena**, v.75(3), p. 268-277. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.07.006>

BRADY, V. et al. **Field Guide for Maintaining Rural Roadside Ditches**. Minneapolis: Fortin Consulting, Inc., 2014.

BRACKEN, L.J; CROKE, J. 2007. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. **Hydrological Processes**, v.21, p.1749-1763. 2007. <https://doi.org/10.1002/hyp.6313>

BRANCO, J.F. Ruralidade insular: a desagregação de comunidades tradicionais na Madeira. (Esboço de problemática). **Análise Social**, v. 19, p. 635-644, 1983.

BRESSAN, F. et al, A. "Improved streambank countermeasures: the Des Moines River (USA) case study." **International Journal of River Basin Management**, v. 1, n.1, p. 69-86, 2014. <https://doi.org/10.1080/15715124.2014.882844>

BROOKFIELD, H. Environmental damage: distinguishing human from geophysical causes, **Environmental Hazards**, v. 1, p. 3-11, 1999. <https://doi.org/10.3763/ehaz.1999.0102>

BROUSSE, G. et al Evolution hydrogéomorphologique de la bande active de l'Ubaye (Alpes françaises du Sud) de 1956 à 2004 : contribution à la gestion des crues. **Geomorphologie**, v. 17, n.3, p. 307 -318, 2011. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.9510>

BRYAN, R.B. Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope, **Geomorphology**, v. 32, p.385-415, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00105-1](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00105-1)

BUENO, I.F. et al. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do horto Ouro Verde - Conchal -SP. **Engenharia Agrícola**. v.25, n.3, p.742-748, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000300020>

BUTZER, K.W. Accelerated Soil Erosion: A Problem of Man-Land Relationships. In: MANNERS, I.R; MIKESELL, K.W. **Perspectives on Environment**, Washington: Commission on College Geography, 1973.

CABOURET M. L'irrigation des prés de fauche en Europe occidentale, centrale et septentrionale. In: **Essai de géographie historique**. Paris: Editions Karthala,1999.

CAMPANA, D. et al. Channel degradation and restoration of an Alpine river and related morphological changes. **Geomorphology**, v.15 p. 230-241, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.06.016>

CARRILHO, M. J. Fazendas de café oitocentistas no Vale do Paraíba. **Anais do Museu Paulista**. v.14. n.1.p. 59-80. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-47142006000100003>

CARVALHO, A.R. et al. Relação da atividade agropecuária com parâmetros físicos e químicos da água. **Revista Química Nova**, v.23, n.5, p.618- 22, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000500009>

- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 600p.
- CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, n.36, ve, p. 26-43, 2014.
- CASSAN, L. et al, Hydraulic Resistance of Emergent Macroroughness at Large Froude Numbers: Design of Nature-Like Fishpasses. **Journal of Hydraulic Engineering**, v, 140, p. 1-9, 2014.
- CASSETI, V. **Estrutura e gênese da compartimentação da paisagem de Serra Negra -MG**. Goiânia: Ed. UFG, 1981.
- CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005].
- CASTRO, C. N. **Transposição do rio São Francisco: análise de oportunidade do projeto**. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, p. 60, 2011.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Guia Nacional De Coleta E Preservação De Amostras**. Brasília, 2011.
- CHAPLOT, V. Impact of terrain attributes, parent material and soil types on gully erosion, **Geomorphology**, v.186, p. 1-11, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.10.031>
- CHIVERRELI, R.C. et al. Coupling relationships: Hillslope-fluvial linkages in the Hodder catchment, NW England. **Geomorphology**, 109 p. 222-235, 2009.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher. 1980.
- CHRISTODOULOU, G. Equivalent Roughness of Submerged Obstacles in Open-Channel Flows. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 140, p. 226-230, 2013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000801](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000801)
- CHOW, V.T, **Open Channel Hydraulics** McGraw-Hill Book Company, New York. P. 780, 1959.
- CLEMMENS A J, SCHUHRMANS J. Simple optimal downstream feedback canal controller: Theory. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 130, p. 26-34, 2004. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2004\)130:1\(26\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2004)130:1(26))
- CHORLEY, R. J. Geomorphology and General Systems Theory. **Theoretical Papers In The Hydrologic And geomorphic Sciences**. p. 1-9, 1962.
- CLASSES DE DECLIVE, **IBGE, 1979**: Rio de Janeiro: CEVAP.
- COMITI, F. How natural are Alpine mountain rivers? Evidence from the Italian Alps. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 37 p. 1 -15, 2011.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA Resolução 357/2005. "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. In: **DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63**

CONFESSOR, J. G; RODRIGUES, S. C. Método para calibração, validação e utilização de simuladores de chuvas aplicados a estudos hidrogeomorfológicos em parcelas de erosão. **Revista Brasileira de Geomorfologia** v. 19, n.1, p. 221-229, 2018. <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1294>

CONTICELLO, L. et al. Dinamica de Comunidades hidrofílicas associadas a canais de riego en El Alto Valle De Rio Negro (Argentina). **Gayana Bot**, v. 59, n. 1, p. 13-20, 2002. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432002000100003>

COELHO, A. L.N. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DE RIOS IMPACTADOS POR BARRAGEN. **Caminhos de Geografia Uberlândia** v. 9, n. 26, p. 16 -32, 2008.

COELHO NETO, A.L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In. GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. Cap. 3, p. 93-148.

COOKE R.U. AND DOORNKAMP J.C. **Geomorphology in Environmental Management**. Oxford: Oxford University Press. 1975.

CORENBLIT D. et al. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. **Earth-Science Reviews** v. 84, i, 1-2, p. 56-86, 2007.

COSTA, R.N.T. **CONDUTOS LIVRES**. Universidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharia Agrícola Hidráulica Aplicada, Fortaleza, p. 6, 2006.

COSTA, R.N.T. **Vertedouros**. Universidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharia Agrícola Hidráulica Aplicada, Fortaleza, p. 6, 2004.

COSTA, D.M. **Lavras do Abade**: estratégias de gestão para o patrimônio arqueológico histórico em Pirenópolis, Goiás. 2003. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia.

COSTA SILVA, M. A. O abastecimento de água em Ituiutaba/MG -1906-1967: estratégias, adaptações e planejamento urbano. **Anais Eletrônicos da II Semana de História do Pontal**. 2013.

COSTA, Y. T. et al. Análise de precipitação e vazão em relação a produção de sedimentos em voçorocas conectada a rede de drenagem - Estudo de caso na Fazenda do Glória no município de Uberlândia. In: XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2013, Vitória. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, v. 1, p. 1-1, 2013.

COWARD, E. W. J. State and locality in Asian irrigation development: The property factor. In: NOBE, K.C; SAMPATH, R.K. (eds.) **Irrigation management in developing countries: Current issues and approaches**. Boulder: Westview Press, 1986. <https://doi.org/10.17730/humo.49.1.g53435062n67k2g2>

COWARD, E.W.J. **Property rights and network order**: The case of irrigation works in the Western Himalayas. *Human Organisation*, 49, pp. 78-88. 1990.

CROKE, J; MOCKLER, S. Gully Initiation And Road-To-Stream Linkage In A Forested Catchment, Southeastern Australia. **Earth Surf. Process. Landforms** v. 26, p. 205-217, 2001. [https://doi.org/10.1002/1096-9837\(200102\)26:2<205::AID-ESP168>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/1096-9837(200102)26:2<205::AID-ESP168>3.0.CO;2-G)

CROKE, J; et al. Sediment concentration changes in runoff pathways from a forest road network and the resultant spatial pattern of catchment connectivity.

**Geomorphology** v. 68, p. 257-268, 2005.  
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.11.020>

CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. . AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS PARA A PCH PIEDADE MONTE ALEGRE / MG. **Caminhos de Geografia** (UFU), v. 14, p. 54-73, 2013.

CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. . A POTENCIAL GERAÇÃO DE SEDIMENTOS NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DO RESERVATÓRIO DA PCH PIEDADE E SEUS REFLEXOS NO ASSOREAMENTO - MONTE ALEGRE DE MINAS (MG). In: 47º **Congresso Brasileiro de Geologia**, 2014, Salvador - BA. 47º Congresso Brasileiro de Geologia, 2014.

CUNHA, M.C. et al Medidas de controle de erosão em estradas rurais na bacia do rio das Pedras, Guarapuava-pr. **Sociedade e Natureza**, v.25 (1), p, 107-118, 2013.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p. 93/148.

CUNHA, M.C.; THOMAZ, E. L. É Possível Reduzir A Turbidez Da Água Em Bacia Rural Por Meio De Implantação De Caixas De Infiltração? **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n 4, p. 657-667, 2015. <https://doi.org/10.20502/rbg.v16i4.725>

DAI, X. et al. The recent history of hydro-geomorphological processes in the upper Hangbu river system, Anhui Province, China. **Geomorphology**, v. 106, p. 363-375, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.11.016>

DAVEAU, S. et al. **Mapas Climáticos de Portugal: nevoeiro e nebulosidade. Contrastes térmicos**, Lisboa: Memórias, C.E.G. 1985.

DAYTON-JOHNSON, J. Irrigation organization in Mexican unidades de riego. Results of a field study. **Irrigation and Drainage Systems**. v. 13, p. 55-74, 1999.

DAVIES-COLLEY, R. J; SMITH, D. G. Turbidity suspended sediment, and water clarity: a review<sup>1</sup>. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 37, p. 1085-1101, 2001. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2001.tb03624.x>

DEPEWEG, H; MÉNDEZ, N. Sediment Transport Applications In Irrigation Canals, **Irrigation and Drainage**. v.51 p. 167-179, 2002. <https://doi.org/10.1002/ird.49>

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Trad. João A. dos Santos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1984.

DIAS, W.A.; THOMAZ, E.L. Avaliação dos efeitos do pastoreio sobre a erosão em margens de canal fluvial em sistema de faxinal, **Sociedade e Natureza**, v. 23 (1), p. 23-35, 2011.

DIETRICH, W; DUNNE, T. Sediment budget for a small catchment in mountainous terrain. **Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Supplement Band** 29, 191-206. 1978.

DIETRICH, W. E. et al. Overview: "Zero-order basins" and problemas of drainage density, sediment transport and hillslope morphology. **IAHS. Plub**, v.165, 49-59, 1987.

DOLLAR, E.S.J. Fluvial geomorphology. **Progress in Physical Geography**, v. 28, p. 405-450, 2004. <https://doi.org/10.1191/0309133304pp419pr>

- DONADIO N. M. M. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, **Engenharia Agrícola**, v. 25(1) p.115-125. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100013>
- DOUGLAS, I. Hydrogeomorphology downstream of bridges: one mechanism of channel widening. **Applied Geography** v. 9, p. 167-170, 1985
- DOWNS, P.W.; GREGORY, K.J. **River Channel Management**, London: Arnold. 2003.
- DUNNE, T. Hydrogeomorphology -An Introduction, **Transactions, Japanese Geomorphological Union**, v.15A p.l-4, 1994
- DUNNE, T.; Black, R.D. Partial Area Contributions to Storm Runoff in a Small New England Watershed. **Water Resources Research**. v.6, n.5, p. 1296 -1311, p. 1970.
- DUNNE, T.; LEOPOLD, L.B. **Water in Environmental Planning**. San Francisco: W.H. Freeman Co. 1978.
- DUNNE T. Sediment yield and land use in tropical catchments, *Journal of Hydrology*, 42, 281-300, 1979. In: LARONNE, J.B; MOSLEY, M. P. (eds) **Erosion and Sediment Yield**, Stroudsburg: Benchmark: Hutchinson Ross, 1982.
- DUIJSINGS, J. J. H. M. A sediment budget for a forested catchment in Luxembourg and its implications for channel development. **Earth Surface and Processes Landforms**. v. 12. p. 173 -184, 1987. <https://doi.org/10.1002/esp.3290120207>
- DUTT, H. et al. Users' Perceptions and Impact of Participatory Irrigation Management. In: **Ecologically Fragile Watershed Areas of Jammu and Kashmir**, India, 2010.
- EGGLESMANN, R. Uber den hydrologischen Einfluss der Moore (About the hydrological effect of moors). **Telma** v.1, p. 37-48, 1971.
- ELLIS, E.C., Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. **Mathematical, Physical and Engineering Sciences**. v. 369, p. 1010-1035, 2011. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0331>
- EINSTEIN, H.A. The Bed-Load Function for Sediment Transportation in Open Channel Flows. **Hydraulic Engineer and Soil Conservation Service**, Washington DC, p.74, 1956.
- EL-SERSAWY, H.; AHMED, A.F. Inland waterways design criteria and its applications in Egypt **Ninth International Water Technology Conference**, IWTC9, 2005, (Anais do evento)
- ESTEVEZ, F.A. Fundamentos de Limnologia. Interciência, Rio de Janeiro. 602 p. 1998.
- FACADIO, A. C. C. et al . Reativação de Voçorocas em Resposta a Mudança de Uso Pastoral para Plantio de Eucalipto em Vales de Cabeceiras Adjacentes: médio vale do rio Paraíba do Sul. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 228-233, 2014.
- FELIPPE, M. F. et al. Sistemas aquíferos de origem de nascentes em Lagoa Santa e Serra do Cipó (MG). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 16, p. 30, 2015. <https://doi.org/10.20502/rbg.v16i2.724>

FELIPPE, M. F. et al. Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes: conflitos, lacunas e alternativas da legislação ambiental brasileira. **Boletim Goiano de Geografia** v. 34, p. 275-293, 2014

FREITAS, L. E; COELHO NETTO, A. L. Reger Córrego Dantas: uma ação coletiva para enfrentamento de ameaças naturais e redução de desastres socioambientais. **Ciência & Tropico**, v. 40, p. 165-190, 2016.

FERNANDES, F. **Pelos Caminhos da Água**. As levadas e Veredas da Ilha da Madeira como Recurso Turístico, 2012. Tese (Doutorado em Turismo) - Universidade de Évora, Évora.

FERREIRA, N. et al. Granitóides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico, **Libro Homenage a L.C. Garcia de Figueirola**, Madrid: ED. Ruela, 1987.

FILHO, O.M.; BUCKUP, P. A. A poorly known case of watershed transposition between the São Francisco and upper Paraná river basins. **Neotropical Ichthyology**, v. 3(3), p. 449-452, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252005000300015>

FISCHER-ANTZE T. et al. 3D numerical modelling of open-channel flow with submerged vegetation. **Journal of Hydraulic Research**. V.39(3), p. 303-310, 2001. <https://doi.org/10.1080/00221680109499833>

FOLEY, J.A. et al. 2005. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, p. 570-574, 2005. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>

FONSECA, D.S. **A Jazida de Fosfato de Patrocínio -Serra do Salitre -MG**. Brasília -DF: DNPM, 2009.

FONSECA et al, **O arquipélago da Madeira**. Funchal: Geodiversidade da Madeira, 2015

FONTANA, C. R. **O efeito do nivelamento de estradas florestais na produção de sedimentos**, 2007. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Escola Superior de Agricultura - Luis de Queiroz, Piracicaba.

FONTANARI, R. **O problema do financiamento**: uma análise histórica sobre o crédito no complexo cafeeiro paulista Casa Branca (1874-1914), 2011. Dissertação (Mestrado em História). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, Franca.

FRANCA, R. M. et al. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n.1, p. 92-102, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000100012>

FRANČIŠKOVIĆ-BILINSKI S. et al. Geochemical and stable isotopic variability within two rivers rising under the same mountain, but belonging to two distant watersheds. **Chemie der Erde-Geochemistry**, v. 73, p. 293-308, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2013.02.004>

FREITAS, L. C. B; SILVA, N.R.A. Antigas fazendas do Planalto Central. **Jornal - Câmara Legislativa - Distrito Federal**, 1993.

FRITZSONS, E. et al. A influência da floresta ciliar sobre a temperatura das águas do rio Capivari, região cárstica curitibana, **FLORESTA**, v. 35, n. 3, 395 -407, 2005. <https://doi.org/10.5380/uf.v35i3.5195>

- FRYIRS, K.A., BRIERLEY, G.J., 2012. Human Impacts on River Systems, in: **Geomorphic Analysis of River Systems**. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 269-296. 2012 <https://doi.org/10.1002/9781118305454.ch13>
- FULLER, I. et al. 2015. The Geography of the Anthropocene in **New Zealand**: Differential River Catchment Response to Human Impact. *Geogr. Res.* n/a-n/a. 2015
- FUJUMOTO, M. et al. Effects of hillslope topography on hydrological responses in a weathered granite mountain, Japan: comparison of the runoff response between the valley-head and the side slope. **Hydrological Processes**. 22, p. 2581–2594, 2008 <https://doi.org/10.1002/hyp.6857>
- FURTADO, A. F. A. S; FONSECA, M. M. Constituintes cristalinos e amorfos dos solos da Ilha da Madeira. Sua distribuição e origem. **Memórias e Notícias**. v.112, p. 265-274, 1991
- GARCIA, M. I. M. et al. Uso do Solo e Vulnerabilidade Socioambiental na Sub-Bacia do Alto Rio das Pedras (Rio de Janeiro/RJ): Subsídios para Regeneração de Rios Neotropicais. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 32, p. 29-38, 2016. <https://doi.org/10.11606/rdg.v32i0.115801>
- GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 90. 2011. <https://doi.org/10.11606/D.64.2011.tde-06072011-104010>
- GHARABAGHI, B. et al. **Sediment-removal efficiency of vegetative filter strips**. Ontário: School of Engineering, University of Guelph. 2000.
- GIL, A. C. **Método e Técnicas de Pesquisa Social**. 5ª Ed., São Paulo: Ed. Atlas S.A., 1995.
- GIREL J. Old distribution procedure of both water and matter fluxes in floodplains of western Europe. Impact on present vegetation. **Environmental Management** v. 18(2), p. 203-221.1994.
- GOERL et al, Hidrogeomorfologia: Princípios, Conceitos, Processos E Aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia** - v. 13, nº 2, 2012
- GOOSEFF et al. Hydrologic connectivity and implications for ecosystem processes -Lessons from naked watersheds. **Geomorphology**, 2016 (prelo)
- GOUDIE, A.S. **Encyclopedia of Geomorphology** Routledge Ltd, London. p.1202, 2004. <https://doi.org/10.1002/hyp.1366>
- GOMI, T. et al, D. N. Hydrogeomorphic linkages of sediment transport in headwater streams, Maybeso Experimental Forest, southeast Alaska. **Hydrological Processes**. v.18, p. 667-683, 2004
- GONCALVES NETO, W.; CARVALHO, C. H. Educação e legislação: importância, pressupostos e análise documental de minas gerais, 1892-1906. In: **III Congresso Brasileiro de História da Educação**, 2004, Curitiba. Anais. Curitiba: PUCPR, 2004. v. 1. p. 1-12.
- GRASSO, C.B. **Petrologia do Complexo Alcalino-Carbonatítico de Serra Negra, MG, 2010**. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Nacional de Brasília, Brasília.
- GRAY, W. et al. Channel Design and Vessel Maneuverability - Next Steps, Marine technology, v. 40(2), v. 93-105, 2003.

GREGORY, K.J; WALLING, D.E. **Drainage Basin Form and Process**, London: Arnold, 1993. <https://doi.org/10.1177/030913337900300103>

GREGORY, K.J. Hydrogeomorphology: how applied should we become? **Progress in Physical Geography**, v. 3, p.84, 1979.

GREGORY, K.J; BROKES, A. Hydrogeomorphology downstream from bridges . **Applied Geography** v.1, p. 3, p. 159, 1983

GREGORY, K. L. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992

GREGORY, K.J. The human role in changing river channels. **Geomorphology** v. 79, p. 172-191, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.018>

GREEN, F.H.W. Aspects of the changing environment: some factors affecting the aquatic environment in recent years. **Journal Environmental Management**, v.1, p.377-391, 1973.

GREENE, S.L; KNOX, J. Coupling legacy geomorphic surface facies to riparian vegetation: Assessing red cedar invasion along the Missouri River downstream of Gavins Point dam, South Dakota. **Geomorphology**, v. 204, n. 277-286, 2014

GRIST, N. Urbanisation in Kargil and its effects in the Suru Valley. In: BEEK, M.V; PIRIE, F. (eds.) **Modern Ladakh: Anthropological perspectives on continuity and change**. Leiden: Brill. 2008. <https://doi.org/10.1163/ej.9789004167131.i-313.33>

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUILHERMO, P. et al. **Operação de modelo de fundo móvel para estudo do desassoreamento de uma tomada de água no rio São Francisco**. Porto Alegre: UFRGS, 1998.

GHISALBERTI M; NEPF H. M. The limited growth of vegetated shear-layers. **Water Resources Research**, v.40(7), p. 2004 <https://doi.org/10.1029/2003WR002776>

GURNELL, A. M. Adjustments In River Channel Geometry Associated With Hydraulic Discontinuities Across The Fluvial Tidal Transition Of A Regulated River. **Earth Surface Processes And Landforms**, v. 22, p. 967-985, 1997. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199710\)22:10<967::AID-ESP791>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199710)22:10<967::AID-ESP791>3.0.CO;2-1)

GURNELL, A. M. et al. Changing river channels: The roles of hydrological processes, plants and pioneer fluvial landforms in humid temperate, mixed load, gravel bed rivers **Earth-Science Reviews** v.111, p. 129-141, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.11.005>

GURNELL, A. M. et al. A conceptual model of vegetation-hydrogeomorphology interactions within river corridors river research and applications. **River Research and Applications**. 32: 142-163, 2016. <https://doi.org/10.1002/rra.2928>

GUTHRIE, R. The catastrophic nature of humans. **Nature Geoscience**, v. 8, p. 421-422, 2015. <https://doi.org/10.1038/ngeo2455>

GUTIERREZ, G,E. **Hidráulica de Canales**. Laboratório de Hidráulica de Canales. Ciudad de México. P. 54, 2013

HAAN, C. T. et al. **Design hydrology and sedimentology for small catchments**. Cambridge: Academic Press, 1994.

Haff, P.K. Neogeomorphology. **EOS**, v. 83, p.310-317. 2002. <https://doi.org/10.1029/2002EO000223>

HAFF, P.K. Neogeomorphology, prediction and the Anthropogenic landscape. In: WILCOCK, P.R., IVERSON, R.M. Prediction in Geomorphology. Geophysical Monograph, Washington: American Geophysical Union, 2003. <https://doi.org/10.1029/135GM02>

HAJDUKIEWICZ, H. Impact of a large flood on mountain river habitats, channel morphology, and valley infrastructure et al, **Geomorphology**, 2015 (prelo)

HAMELIN, L. E. Géomorphologie: Géographie Globale - Géographie Totale. **Cahiers de Géograp**. v. 8, n. 16, p. 199-218, 1964. <https://doi.org/10.7202/020499ar>

HARPOLD, A. A. et al. Relating hydrogeomorphic properties to stream buffering chemistry in the Neversink River watershed, New York State, USA. **Hydrological Processes** v. 24, p. 3759-3771, 2010. <https://doi.org/10.1002/hyp.7802>

HARDY, R.J. Fluvial geomorphology. **Progress in Physical Geography**, p. 30, p. 553-567, 2006.

HART, I.D.M. The effects of altering runoff characteristics. **Letter to New Civil Engineer**. London 66. 1979.

HATTANJI, T; ONDA, Y. Coupling of runoff processes and sediment transport in mountainous watersheds underlain by different sedimentary rocks. **Hydrological Processes**, v. 18, p. 623-636, 2004. <https://doi.org/10.1002/hyp.1262>

HAWLEY, R. J; MACMANNIS, K. R. Wooten, M.S. Bed coarsening, riffle shortening, and channel enlargement in urbanizing watersheds, northern Kentucky, USA, **Geomorphology**, v. 201, p. 111-126, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.06.013>

HILL, J. Farmer-managed irrigation systems in Baltistan and Kargil, **Ladakh Studies**, v. 31, p. 4 – 23, 2014.

HOOKE, R .L. On the history of human as geomorphic agents. **Geology**, v. 28, p. 843-846. 2000. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2000\)28<843:OTHOHA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28<843:OTHOHA>2.0.CO;2)

HIGGIT, D. L.; WARBURTON, Applications of differential GPS in upland fluvial geomorphology. **Geomorphology**, 29, p. 121-134, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00010-0](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00010-0)

HOUBEN, P. Geomorphological facies reconstruction of Late Quaternary alluvial by the application of fluvial architecture concepts. **Geomorphology**, v. 86, p. 94-114, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.08.008>

HRITZ, C; WILKINSON, L.G. Using Shuttle Radar Topography to map ancient water channels in Mesopotamia, **Antiquity**. v. 80, p. 415-424, 2006. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00093728>

HUAI W. et al. Velocity distribution for open channel flows with suspended vegetation. **Advances in Water Resources**, v. 49, p.56-61, 2012, <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.07.001>

HUPP, C.R. The headward extent of fluvial landforms and associated vegetation on massanutten mountain, virginia. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 11, p. 545 -555, 1986. <https://doi.org/10.1002/esp.3290110509>

HUSSEIN A. A. et al. Commissioning of abandoned drainage water reuse systems in egypt: a case study of upgrading the umoum project, Nile delta. **Irrigation and Drainage**. v. 60 p. 115-122, 2011. <https://doi.org/10.1002/ird.561>

IBARRA, E. M. A geographical approach to post-flood analysis: The extreme flood event of 12 October 2007 in Calpe (Spain). **Applied Geography**, v. 32, p. 490-500, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.06.003>

IGRECIAS, L.F.M. **Avaliação da influência do entorno e do Canal de Pereira Barreto na qualidade da água do Baixo São José dos Dourados**, 2009. Dissertação (Mestrado em Hidrologia). Universidade Estadual de São Paulo, Araraquara.

International Institute of Tropical Agriculture (IITA) **Report**, Ibadan, Nigeria. 1973

IMAIZUMI, F. et al. Channel initiation by surface and subsurface flows in a steep catchment of the Akaishi Mountains, Japan. **Geomorphology**, v. 115, p. 32-42, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.09.026>

INACIO, E. S. B. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, n.4, p.355–360, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000400002>

INFANTE, P. S; SEGERER, C. D. **Guía de Estúdio “Obras Hidráulicas I”**. Cuyo: Universidad Nacional de Cuyo -Facultad de Ingeniería. 2010.

ISAPOOR, S. et al. Slope-stability-constrained design of irrigation canals using particle swarm optimization. **Irrigation and Drainage**, v. 60, p.70-79, 2011. <https://doi.org/10.1002/ird.545>

JAMES, L.G. **Principles of Farm Irrigation System Design**. London: Krieger Pub Co. UK. 1993.

JAMES C. S. et al. **Interaction of Reeds, Hydraulics and River Morphology**. Pretória: Water Research Commission, 2001.

JENCOSO, K.G. et al. Hydrologic connectivity between landscapes and streams: transferring reachand plot-scale understanding to the catchment scale. **Water Resource. Research**. v.45, p. 2-16, 2009. <https://doi.org/10.1029/2008WR007225>

JONGEPIER, I. et al, Intertidal landscape response time to dike breaching and stepwise re-embankment: A combined historical and geomorphological study. **Geomorphology**, v. 236, p. 64 -78, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.02.012>

JORDAN, H. et al. Anthropogenic contribution to the geological and geomorphological record: A case study from Great Yarmouth, Norfolk, UK. **Geomorphology**, v.253, p. 534 -546, 2016.

JOLY, F. Point de vuer sur la géomorphologie. **Annales de Géographie**, v. 86, p. 522-541, 1977.

JUSTI, T. A. **Apropriação Territorial: Concessão E Aposamento De Terras Na Região De Franca (1805-1850)**, 2008. Dissertação (Mestrado em História). Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Franca.

KADLEC, R. H. Detention and mixing in free water wetlands **Ecological Engineering**, v. 3, p. 345-380, 1994. [https://doi.org/10.1016/0925-8574\(94\)00007-7](https://doi.org/10.1016/0925-8574(94)00007-7)

KOULOURI, M; GIOURGA, C. Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands, **Catena**, v. 69, p. 74–281, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.07.001>

KHAIR, A. et al. Soil-cement tiles for lining irrigation canals. **Irrigation and Drainage Systems** v. 5, p. 151-163, 1991. <https://doi.org/10.1007/BF01140519>

KIM, M. et al. Effects of soil depth and subsurface flow along the subsurface topography on shallow landslide predictions at the site of a small granitic hillslope. **Geomorphology**, 2016 (prelo).

KOUCHAKZADEH, S.; MARASHI, A. End sill impact on water surface profile in non-prismatic side channels: a design guideline. **Irrigation and Drainage**. v. 54, p. 91-101, 2005. <https://doi.org/10.1002/ird.156>

KURIAN, M. Institutional Analysis of Integrated Water Resources Management, In: **River Basins**, Bangkok: International Water Management Institute, Working, 2014.

LABBAL, V. Traditional oases of Ladakh: A case study of equity in water management. In: KREUTZMANN, H. (ed.) *Sharing water. Irrigation and water management in the Hindukush - Karakoram - Himalaya*. Karachi: Oxford University Press, 2000.

LAET, S. M; SALOMÃO, F. X. T. Contribuição Ao Entendimento Do Funcionamento Hídrico E De Ambientes Alterados Em Microbacia Degradada Pela Exploração Garimpeira, **Geociências**, v. 28, n. 4, p. 377-386, 2009

LANE, S.T; RICHARDS, K. S. Linking River Channel Form and Process: Time, Space and Causality Revisited. **Earth Surface, Processes and Landforms**, v.22, p. 249-260, 1997.

LANDWEHR, K. RHOADS, B. L. Depositional response of a headwater stream to channelization, East Central Illinois, USA. **River Research Applied**, v. 19, p. 77-100. 2003. <https://doi.org/10.1002/rra.699>

LANZANOVA, M.E.; ELTZ, F.L.F.; NICOLOSO, R. da S.; CASSOL, E.A.; BERTOL, I.; AMADO, T.J.C.; GIRARDELLO, V.C. Residual effect of soil tillage on water erosion from a Typic Paleudalf under long-term no-tillage and cropping systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.1689-1698, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000600025>

LATOCHA, A. *Changes of morphological processes and landforms within human-disturbed small catchments (Stolowe Mts case study, SW Poland)*, **4<sup>th</sup> international Seminar on Small Catchments Dynamics: Connectivity in Time & Space**, p 21-25.11.2010, Izrael, Book of Abstracts, s. 49

LAWRENCE, P.; ATKINSON, E. Deposition of fine sediments in irrigation canals. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 12, p. 371-385, 1998. <https://doi.org/10.1023/A:1006156926300>

LEE, H; SHIH, S. Impacts of vegetation changes on the hydraulic and sediment transport characteristics, **Guandu mangrove wetland Ecological Engineering**, v, 23, p 85-94, 2004

LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

\_\_\_\_\_. Lei 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

LEIBUNDGUT, C; KOHN, I. European traditional irrigation in transition part i: irrigation in times past—a historic land use practice across Europe. **Irrigation and Drainage**, v. 63 p. 273-293, 2014. <https://doi.org/10.1002/ird.1826>

Li Y, Wang Y. et al. Flow characteristics in different densities of submerged flexible vegetation from an open-channel flume study of artificial plants. **Geomorphology**, v. 204, p. 314-324. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.08.015>

LIBAULT, A. Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica. Métodos em Questão, **IGEO/USP**, n. 1, p. 1-14. 1971

LIMA, P. H. M. et al . Parâmetros Morfométricos Relacionados às Bacias de 1º Ordem e a Ocorrência de Deslizamentos Rasos na Bacia do Córrego Dantas: Nova Friburgo - RJ. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 165-170, 2014.

LININGER, K. B; LATRUBESSE, E. M. Flooding hydrology and peak discharge attenuation along the middle Araguaia River in central Brazil. **Catena**, v. 143, p. 90-101, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.043>

LIRA, J. B. M. L. **Avaliação preliminar das concentrações de metais pesados nos sedimentos da Lagoa do Araçá**, 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife.

LÓPEZ-TARAZÓN, J. A. et al. The sediment budget of a highly dynamic mesoscale catchment: The River Isábena. **Geomorphology**, v. 138 (1), p. 15-28. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.08.020>

LORD, M.L. et al. Fluvial geomorphology: Monitoring stream systems in response to a changing environment. **Geological Society of America**, p. 69-103, 2009.

LOURENÇO, L.A.B. **A Oeste das Minas: Escravos, índios e homens livres numa fronteira oitocentista, Triângulo Mineiro (1750 - 1861)**. Uberlândia: EDUFU, 2005

LOZANO, D. MATEOS, L. Field Evaluation of Ultrasonic Flowmeters For Measuring Water Discharge In Irrigation Canals. **Irrigation and Drainage**. v. 58, p. 189-198, 2009. <https://doi.org/10.1002/ird.404>

LUNA, H. A. **Manutenção em canais de irrigação revestido em concreto** / Hugo de Andrade Luna. - Recife: O Autor, 2013.

MAAS, S; BROOKES, A. **Fluvial geomorphology**, Londres: FCERM. 2009

MACHADO, M.D.G. **As unidades morfológicas e a estruturação da paisagem no município de Patrocínio –MG**, 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

MACIEL, A. B. C; LIMA Z. M. C. O conceito de paisagem: diversidade de olhares. **Sociedade e Território**, v. 23, nº 2, p. 159 – 17, 2011.

MAGAGNIN, D. et al. **Ajuste de modelo matemático bidimensional de correntologia a um rio de grande porte**. Porto Alegre : UFRGS, 1999.

MARQUES, C. S. **Mapeamento de áreas susceptíveis a movimentos de massa em encostas da área urbana de Manhuaçu (MG)** 2006. Monografia (Geografia) Universidade Federal de Viçosa

MARINI, F, M.; PICCOLO, M. C. Hidrogeomorfología de la cuenca del río Quequén Salado, Argentina. **Investigaciones Geográficas**, n. 37, p. 59-71, 2005. <https://doi.org/10.14198/INGEO2005.37.04>

MARINI, F, M, et al. Carta hidrogeomorfológica de la cuenca superior de los arroyos Pillahuincó Grande y Pillahuincó Chico, Buenos Aires, Argentina. **Revista de Geografía Norte Grande**, n. 42, p. 71-80, 2009.

MARTINS, S.G. et al. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.395-403, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000300001>

MARTINS, M.L. Plantar, Pastorar e Fiar na Vila Formosa de Alfenas, MG: Décadas de 1850-1890 **Estudos Economicos**, v. 43, n.2, p. 397-429, 2013.

MATIC, N. et al. Geochemical and isotopic characteristics of karstic springs in coastal mountains (Southern Croatia). **Journal of Geochemical Exploration**, n. 132, p. 90-110, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.06.007>

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros Indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 171-181, 2015.

MARUJO, J. X. B.V. **As Levadas da Ilha da Madeira**. Uma herança cultural. 2015. Dissertação (Mestrado em História) - Faculdade de Artes e Humanidade . Universidade da Madeira. Funchal.

MATA, J. et al. O Arquipélago da Madeira. In: DIAS, A. et al (Eds) - **Geologia de Portugal**, Vol. II, Lisboa: Escolar Editora, 2013.

MATOS, C.F. **Estudo das Variações dos Sais Totais Dissolvidos das Águas Subterrâneas na Região de Cícero Dantas por Meio de Perfis Geofísicos**. 2013. Monografia (Conclusão do Curso de Geologia) – Universidade Federal de Bahia. Salvador.

McBRIDE, M. et al. Riparian reforestation and channel change: A case study of two small tributaries to Sleepers River, northeastern Vermont, USA. **Geomorphology**, v.102, p. 3-4, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.008>

McCARTNEY et al. **Inland Navigation Channel Training Works**. ASCE MOP. EUA. 2012.

MENDES, C. A. R. **Erosão superficial em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no município de Bom Jardim** – RJ. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

MENDONÇA, F. A. **Geografia e meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2010.

MENTING, F. et al. Downstream fining, selective transport, and hillslope influence on channel bed sediment in mountain streams, Colorado Front Range, USA.

**Geomorphology**, v. 239, p. 91-105, 2015.  
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.03.018>

MEINZEN-DICK, R; VAN DER HOEK, W. Multiple uses of water in irrigated areas. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 15, p. 93-98, 2001.

MICHAELIDES, K., CHAPPELL, A. Connectivity as a concept for characterising hydrological behaviour. **Hydrological Processes**. 23, 517-522. 2009.  
<https://doi.org/10.1002/hyp.7214>

MILONE, G; ANGELINI, F. **Estatística Aplicada**, São Paulo: Atlas Editora, 1995.

MIRUS, B. et al. Simulated effect of a forest road on near-surface hydrologic response: redux. **Earth Surface, Processes and Landforms**, v. 32, p. 126-142, 2007. <https://doi.org/10.1002/esp.1387>

MOHAMMAD ASHRAF MIR, **Jammu and Kashmir Water Resources**, Additional Secretary to Government. Department of Law, Justice and Parliamentary Affairs. 108 p. 2010.

MOTA, P.E.F. et al. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Região do Alto Paranaíba -MG**. Brasília -DF: EMBRAPA, 2004

MONTGOMERY, D.R.; DIETRICH, W.E.; Eiscat is a international facility supported, by France, Finland, West Germany, Norway, Sweden and the United Kingdom. **Nature**, v.336, p. 232-234, 1988. <https://doi.org/10.1038/336232a0>

MONTGOMERY, D.R.; DIETRICH, W.E.; Source Areas, Drainage, and Channel Initiation **Water Resources Research**, v. 25, n. 8, p. 1907 -1918, 1989.

MONTGOMERY, D.R; DIETRICH, W. Channel Initiation and the Problem of Landscape Scale. **Reprint Series**, v. 225, p.826-830, 1992.

MONTGOMERY, D. R. Process domains and the river continuum<sup>1</sup>. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 35 p.397- 410, 1999.  
<https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1999.tb03598.x>

MORLAND, B. Anglers' Directory. Treasure Press, 3rd edn. 1989.

MOSLEY, M. P; LARONNE, J. B. **Erosion and sediment yield**, Hutchinson Ross Pub. Co, Stroudsburg, Pa, 1982.

MOSSA, J; JAMES, L.A. Impacts of Mining on Geomorphic Systems, in: Treatise on Geomorphology. **Elsevier**, v. 13, p 74-95. 2013

MOURA, M. N. et al. GRAU DE ALTERAÇÃO AMBIENTAL DOS HIDROSSISTEMAS DO CAMPUS DA UFJF. **Revista de Geografia**, v. 6, p. 173-183, 2016.

MUELLER, E. N. et al. Impact of connectivity on the modeling of overland flow within semiarid shrubland environments. **Water Resources Research**, v. 43, p. 1-13, 2007. <https://doi.org/10.1029/2006WR005006>

MURRAY-RUST, D. H; VANDER VELDE, E.J. Changes in hydraulic performance and comparative costs of lining and desilting of secondary canals in Punjab, Pakistan. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 8, p. 137-158, 1994.  
<https://doi.org/10.1007/BF00881015>

NADAL-ROMERO, E. et al Relationship of runoff, erosion and sediment yield to weather types in the Iberian Peninsula. **Geomorphology**, v. 228, 372–381. 2015.

NAIME, R.; FAGUNDES, R.S. Controle da qualidade da água do arroio Portão, RS. **Pesquisas em Geociências**, v. 32, n.1, p. 27-35, 2005.

NARAYANA, G. S. et al. Hydrogeomorphological study based on remote sensing of Mulug Taluk, Warangal District, Andhra Pradesh, India **Hydrological Sciences Journal des Sciences Hydrologiques**, v. 2 p. 137 -151, 1996. <https://doi.org/10.1080/02626669609491488>

NEEF, E. Geographie und Umweltwissenschaft. **Petermanns Geogr. Mitteilungen**. v.116. n. 2, p. 81-88, 1972.

NEPF, H. M; VIVONI, E. R. Flow Structure in Depth-limited, Vegetated Flow. **Journal of Geophysical Research** - American Geophysical Union, v. 28, p. 547- 557, 2000.

NEPF, H. M. Drag, Turbulence ad Diffusion in Flow Through Emergent Vegetation. **Water Resources Research** - American Geophysical Union, p. 479-489, 1999.

NEVES, C.; CARDOSO, A.P. A Experiência Internacional Com Projetos De Transposição De Águas - Lições Para O Do Rio São Francisco. In: **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Peru. Peru. 2009 14 p.

NEVES, C. E. Importância dos geossistemas na pesquisa geográfica: uma análise a partir da correlação com o ecossistema. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 26 (2): 271-285, mai/ago/2014.

NEWLIN, B. et al. Southern California Water Markets: Potential and Limitations. **Journal of Water Resource Planning and Management**, v. 128:1(21), p. 21-32, 2002.

National Disaster Risk Reduction Portal. Jammu & Kashmir, Sirinagar, 2014.

OAD, R; KING, P. Irrigation system design for management in mountainous areas **Irrigation and Drainage Systems** v. 5, p. 213-228, 1991.

ODUM, H. T.; ODUM, B. Concepts and methods of ecological engineering. **Ecological Engineering** v. 20 p. 339-361, 2003. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2003.08.008>

OLDFIELD, P. 1983. Drain and be damned. Guardian, London, 9 Apr. 1983.

OLSON, P.L. **City Of Wilkeson - SMP Update**: channel migration assessment. Department of Ecology, Shorelands and Environmental ASSISTANCE. p. 34, 2011

PARCHURE, P. K. **Dynamic ground water resources of Jammu and Kashmir**, Sirinagar: Irrigation & Flood Control Government of J&K Jammu and Kashmir, 2012.

PASSOS, M.M. **A raia divisória**: geossistema, paisagem e eco-história. Maringá: Eduem, 2006- 2008.

PAUDYAL, G. N. et al. Optimization of design of on-farm channel network in an irrigation area. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 5, p. 383-395, 1991.

PAUDEL, K. SCHULTZ, B.; DEPEWEG, H. Design of non-wide canals for sediment transport. Case study of Sunsari Morang irrigation Scheme, Nepal **Irrigation and Drainage**. v. 63 p. 584-589, 2014. <https://doi.org/10.1002/ird.1862>

PEDROSO, D. M. R. Memória e documentação Histórica na Reconstituição da História Regional de Goiás. **Revista UFG**, v. 1, p. 70-80, 2007.

PEREIRA, L. S., **Evolução espaço-temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do ribeirão Piancó - Anápolis – Goiás**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis.

PEREIRA, B. A. S. et al. Florestas Estacionais no Cerrado: uma visão geral, **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 446-455, 2011.

PEREIRA JUNIOR, R. A; RODRIGUES, S. C. . Dinâmica da Vazão e Sedimentos entre os anos de 2010 e 2011 em Áreas de Voçoroca na Fazenda do Glória no Município de Uberlândia - MG. In: **XIV Simpósio de Geografia Física Aplicada**, 2011, Dourados. Anais..., 2011. v. 1. p. 1-1.

PHILLIPS, J. M. et al. Time-integrated sampling of fluvial suspended sediment: a simple methodology. **Hydrological Processes**, 14: 2589-2602, 2000. [https://doi.org/10.1002/1099-1085\(20001015\)14:14<2589::AID-HYP94>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/1099-1085(20001015)14:14<2589::AID-HYP94>3.0.CO;2-D)

PIMENTEL, D., J. et al. World food economy and the soil erosion crisis. **Environmental Biology Rept.** 86-2. Cornell University Press, Ithaca, NY. 1986.

PINTO, N.L.S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Editora Blucher, 1976.

PÔÇAS, I. et al. Pastagens seminaturais de montanha: lameiros, sistemas ancestrais do século XXI. In: **El agua em ibero-America: tecnologias apropiadas e tecnológicas ancestrales**. Lima: Universidade de Piura Peru, 2006.

QUINTAL, R. Levadas da Ilha da Madeira. Da epopeia da água ao nicho de turismo ecológico **Ambientalmente sustentable**, v. I, n. 11-12, p. 137-155, 2011.

RAINA, A.N; DANGA, C, P. **Geography of Jammu & Kashmir State** Jammu, Sirinagar: State of Jammu & Kashmir, 2010.

RELATÁRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA. **Projeto de integração do rio São Francisco**. Distrito Federal: Ministério da Integração Nacional, 2004.

RENAULT, D. Modernization of furrow irrigation in the South-East of France automation at field level and its implications. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 2, p. 220-240, 1988. <https://doi.org/10.1007/BF01103623>

REPLOGLE, J. A. Practical technologies for irrigation flow control and measurement. U.S. Water Conservation Laboratory, **Agricultural Research Service**, v. 11, p. 241-259, 199.

RESCK, D. V. S. A conservação da água via terraceamento em sistemas de plantio direto e convencional no cerrado. Planaltina: **Embrapa Cerrados**, 2002.

RICHARDS, K., 1982. **Rivers: Form and Process in Alluvial Channels**. Methuen, USA, 358 pp, 1982.

RIJO, M; PEREIRA, L. S. Measuring conveyance efficiencies to improve irrigation management Water. **Irrigation and Drainage Systems** v. 3, p. 267-276, 1987.

RIMINGTON, D. Down the drain. Letter in Yorkshire Post, 8 Feb. 1982.

ROCHA, A. A. Sociedade e Natureza: unidade e contradição das relações sócio-espaciais. **OKARA: Geografia em debate**, v.4, n.1-2, p. 5-24, 2010

- ROBINSON, M. **Impact of improved land drainage on river flows**. Institute of Hydrology. Wallingford. p. 233, 1990.
- RODRIGUES, D. M; Ayala-Carcedo, F. J., 1994. **Landslides in the Machico area on Madeira Island**. 7th International IAEG Congress, p. 1495-1500, 1994.
- RODRIGUES, J. A. SOUZA, F. Dimensionamento de sistemas de irrigação por sulcos abertos em declive para o vale do Jaguaribe aplicando o método do SCS, **Ciências Agrônomicas**. v. 22 (1/2) p. 169-178, 1991.
- RODRIGUES, S.C; PEDROSA, A. S. Implicações na dinâmica das vertentes a partir da evolução dos socalcos vitivinícolas da região demarcada do Douro (Portugal) **Sociedade e Natureza**, v. 28 (2): 311-322, 2016.
- RODRIGUES, A. J. **Geografia: introdução à ciência geográfica**. São Paulo: Avercamp, 2008.
- ROSATI, D; KRAUS, N. C. Rapid Methods for estimating navigation channel shoaling. In: **29th Technical Conference & 40th TAMU Dredging Seminar**, Tempe. Tempe. 2009, p. 176-191.
- ROSGEN, D. **River restoration using a geomorphic approach for natural channel design**. Proceedings of the Eighth Federal Interagency Sedimentation Conference (8thFISC), April2-6, 2006, Reno, NV, USA.
- RYCROFT, D.W; MASSEY, W. **The effect of field drainage on river flow**. London: FDEU Technical Bulletin 75/9, MAFF, 1975.
- SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- SAND-JENSEN, K. Drag forces on common plant species in temperate streams: consequences of morphology, velocity and biomass. **Hydrobiologia**, v.610, p. 307-319. 2008.
- SANTOS, R.F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- SANTOS, A. L. P. et al. Aplicabilidade de Sedimentos Estuarinos em Solos com Baixa Aptidão Agrícola: Efeito na Fertilidade do Solo, Nutrição e Crescimento das Plantas. **Geochimica Brasiliensis**, v. 30(1), p.12 - 25, 2016.
- SHAACK, J. USBR canal lining experience. **Irrigation and Drainage Systems** 93-99. 1986. <https://doi.org/10.1007/BF01422980>
- SCHEIDEGGER, A.E. **Theoretical Geomorphology**. SpringerVerlag, pp. 1-550, 1970. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-01025-9>
- SCHEIDEGGER, A. E. Hydrogeomorphology. **Journal of Hydrology**, 20, p. 193-215, 1973. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(73\)90061-9](https://doi.org/10.1016/0022-1694(73)90061-9)
- SHELLBERG, ET AL. The hydrogeomorphic influences on alluvial gully erosion along the Mitchell River fluvial megafan. **Hydrological Processes**. p.1-19. 2012
- SHIH, S. et al. Ecotechnologies Applied to Agricultural Irrigation and Drainage Channels: Case Study of the Taichung Irrigation Association In Taiwan. **Irrigation and Drainage**. v.60, p. 80-92, 2011. <https://doi.org/10.1002/ird.522>

SCHMID, A. T. Minority strategies to water access: The Dom in Hunza, Northern Areas of Pakistan In: KREUTZMANN, H. (ed.) **Sharing water. Irrigation and water management in the Hindukush - Karakoram - Himalaya**. Karachi: Oxford University Press. 2000.

SCHMIDT, M. Interdependencies and reciprocity of private and common property resources in the Central Karakorum. **Erdkunde**, v. 58, p. 316-330. 2004.

SCHMIDT, M. Land use, land administration and land rights in Shigar, Baltistan. In: BEEK, M.V; PIRIE, F. (eds.) **Modern Ladakh: Anthropological perspectives on continuity and change**. Leiden: Brill. 2008.

SCHMINCKE, H. U. Volcanic and chemical evolution of the Canary islands. In: Rad, U. et al, **Geology of the Northwest African Continental Margin**, New York: Springer, 1982. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-68409-8\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-642-68409-8_12)

SCHMITHÜSEN, J. Die Aufgabenkreise der Geographischen Wissenschaft. **Geographische Rundschau**, v. 22, n. 11, p. 431-443, 1970.

SEAR, D. A. River restoration and geomorphology. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 4, p.169-177, 1994.

SEAR, D.A. et al. Groundwater dominated rivers. **Hydrological Processes**. 13, p. 255 – 276, 1999. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(19990228\)13:3<255::AID-HYP737>3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(19990228)13:3<255::AID-HYP737>3.0.CO;2-Y)

SIDLE, R. C. et al, Stormflow generation in steep forested headwaters: a linked hydrogeomorphic paradigm. **Hydrological Processes**, v. 14, p. 369 -385, 2000.

SIDLE, R.C; ONDA, Y. Hydrogeomorphology: overview of an emerging Science. **Hydrological Processes**, v.18, p. 597-602, 2004. <https://doi.org/10.1002/hyp.1360>

SIEFERT, C.A.C.; SANTOS, I. Mecanismos de geração de escoamento e áreas hidrologicamente sensíveis: uma abordagem hidrogeomorfológica para delimitação de áreas de preservação permanente. **RA´E GA**, v.24, p. 227-257, 2012.

SIJBRANDIJ, P; VAN DER ZAAG, P. Canal maintenance: a key to restructuring irrigation management. A case of farmer participation and turnover from Mexico. **Irrigation and Drainage Systems**. v. 7, p.189-204, 1993. <https://doi.org/10.1007/BF00881279>

SILVA, J. B. M. **O interior e sua importância no projeto centralizador do Brasil: Anápolis anos 20-30**. Dissertação (Mestrado em história). Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SILVA, M.A.B. O inventário cultural na prática: dificuldades, imprevistos e descobertas na pesquisa, proteção e preservação de bens culturais em Santo Antônio do Monte -MG. **Fórum de Agentes do Patrimônio** p. 13, 2009.

SILVA, R.E.; ALLAN SILVA, G. A comunidade rural de Dourados no município de Patrocínio -MG: Contatos entre rural e urbano, as relações de resistência e sobrevivência no campo. **XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária -ENGA**. Uberlândia: UFU, 2012.

SILVA et al. **Região das Nascentes do Rio Dourados**. Patrocínio: UNICERP. Fórum Científico. 2006 (Anais do Encontro).

SILVA, R.E. **Disponibilidade e demanda hídrica a partir da análise ambiental da região do alto curso do rio Dourados em Patrocínio/MG**. 2014. Dissertação (mestrado em geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SILVA, R.E; RODRIGUES, S. C. . Identificação de impactos e obras hidráulicas na bacia do córrego Estiva - Patrocínio/MG. In: **I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias**, Uberaba. Uberaba, 2015.

SILVA, R. E.; RODRIGUES, S. C. . Contribuições da Geomorfologia nos estudos de canais abertos artificiais. In: XI SINAGEO - **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA**, 2016, Maringá. XI SINAGEO - SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA - Anais do Evento, 2016.

SILVA, R. E.; Vieira, A.V.B ; RODRIGUES, S. C. . Derivação da levada de água do Piscaredo, assinatura topográfica e impactos hidrogeomorfológicos.. In: **Congresso Nacional de Geomorfologia - Portugal**, Porto. Anais, 2017.

SILVA, A.E.P. et al. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **ACTA AMAZONICA**, v. 38(4), p. 733 – 742, 2008.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS Editora. 2002.

SILVEIRA, A; CUNHA, C. M. L. . Caracterização Geomorfológica em Área de Expansão Urbana: uma Contribuição ao Planejamento Territorial. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, p. 235-244-244, 2012.

SILVEIRA, A; CUNHA, C. M. L. . Análise Empírica da Fragilidade Ambiental em Áreas de Expansão Urbana: o caso do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP). **Geografia**, v. 35, p. 573-588, 2010.

SILVA, M, et al. "Transformações no uso do solo na bacia do rio Borá – BA no período de 1984 a 2001: análise do avanço da agricultura, com recurso a geotecnologias", In: **VIII Jornadas de Geografia e Planeamento**, In Cidades, criatividade(s) e sustentabilidade(s) - Atas das VIII Jornadas de Geografia e Planeamento, Guimarães.

SINGH, H; ANDRABI, R. H. Spatial Differentiation in Agricultural Development in Jammu and Kashmir: A Geographical Approach, **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 5, i. 8, 2015.

SLAYMAKER, O. 2003. The sediment budget as conceptual framework and management tool. **Hydrobiologia**, v. 494, p. 71-82. 2003. <https://doi.org/10.1023/A:1025437509525>

SINGH, I; BHANGOO, K. S. **Irrigation System in Indian Punjab economics department**, Sirinagar: Centre for advanced studies, 2013.

SMITH, R.J; GILLIES, M.H. Head ditch hydraulics and the variability of inflows to irrigation furrows. **Irrigation and Drainage**, v. 59, n. 4 p. 442-452. 2010. <https://doi.org/10.1002/ird.495>

SNELL, M. lining old irrigation canals: thoughts and trials. **Irrigation and Drainage**. v.50 p. 139-157, 2001. <https://doi.org/10.1002/ird.13>

SOFIA, G. et al. Modification of artificial drainage networks during the past half-century: Evidence and effects in a reclamation area in the Veneto floodplain (Italy). **Anthropocene**, v.6, p. 48-62, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2014.06.005>

SPERANDIO, H. V. et al. Avaliação da erosão hídrica pela alteração na superfície do solo em diferentes coberturas vegetais de uma sub-bacia hidrográfica no Município de Alegre, ES. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1411-1418, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n4p1411>

SOTCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre**. São Paulo: IGEO/USP, 1978.

SOUZA, J.A; RIBEIRO, E. Transposição do rio São Francisco e seus efeitos sobre o território. **VII CBG**, 2004 (Anais).

STANFORD, J. A. et al. A general protocol for restoration of regulated rivers. **Regulated Rivers: Research e Management**, v. 12, p. 391-413. 1996. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1646\(199607\)12:4/5<391::AID-RRR436>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199607)12:4/5<391::AID-RRR436>3.0.CO;2-4)

STEIGER, J. E GURNELL, A. M. Spatial hydrogeomorphological influences on sediment and nutrient deposition in riparian zones: observations from the Garonne River, France. **Geomorphology** 49, p. 1 -23, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00144-7](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00144-7)

STEPHENS, T. Manual sobre pequenas barragens de terra, Guia para a localização, projecto e construção. Roma: FAO, 2011.

STOLF et al. Water transfer from São Francisco river to semiarid northeast of Brazil: Technical data, environmental impacts, survey of opinion about the amount to be transferred. **Engenharia Agrícola.**, v.32, n.6, p.998-1010, 2012

STOTT, T. Fluvial geomorphology. **Progress in Physical Geography**, v. 34, n2, p. 221-245, 2010. <https://doi.org/10.1177/0309133309357284>

SVENDSEN, C. E. et al. Flow and sediment regimes at tributary junctions on a regulated river: impact on sediment residence time and benthic macroinvertebrate communities Kristen M. **Hydrological Processes**. v.23, p. 284-296, 2009.

SUERTEGARAY, D. M. A geografia física e geomorfologia: tema para debate. **Revista da ANPEGE**. v. 5, p. 17 – 27, 2009.

SUMMERFIELD, M. Global Geomorphology. New York: Prentice Hall. 1991.

TAROLLI, P. et al. 2014. Terraced landscapes: From an old best practice to a potential hazard for soil degradation due to land abandonment. **Anthropocene**, v. 6, p. 10-25, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2014.03.002>

TAROLLI, P. High-resolution topography for understanding Earth surface processes: opportunities and challenges. **Geomorphology**, 2014. (prelo)

TAROLLI, P.; SOFIA, G. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes, **Geomorphology**, 2015. (prelo)

TAROLLI, P. SOFIA, G. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across Landscapes. **Geomorphology**, 2016. (prelo)

TAROLLI, P, et al. Vineyards in terraced landscapes: new opportunities from Lidar data. **Land Degradation and Development**, v. 26, p. 92-102. 2015. <https://doi.org/10.1002/ldr.2311>

TAVARES, A.R. **Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação**, 2005. Dissertação (Mestrado em Tecnologia), Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA, São José dos Campos.

TERAJIMA, T. et al. Suspended sediment discharge in subsurface flow from the head hollow of a small forested watershed, Northern Japan. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 22, p. 987-1000, 1997.

TONOLLA, D. et al. A field-based investigation to examine underwater soundscapes of five common river habitats, **Hydrological Processes**, v. 24, p. 3146-3156, 2010. <https://doi.org/10.1002/hyp.7730>

TORRES, E.G. **Prospecção Aluvionar no Complexo Ultramáfico -Alcalino de Serra Negra**.1977. Dissertação (mestrado em geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TUCCI, C.E.M. Impacto das variabilidades climáticas e do uso do solo nos recursos hídricos. In: **Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Brasília-DF: ANA, Brasília-DF. 2002.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS Editora. 2002.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VAN RIJIN, L.C. (2005). **Principles of sedimentation and erosion engineering in rivers, estuaries and coastal seas including mathematical modelling package** (toolkit on CD-ROM). Aqua Publications: [s.l.].

VANZELA, L.S. et al. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.14, n.1, p.55-64, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000100008>

VERMILLION, D.L. Potential farmer contributions to the design process: Indications from Indonesia. **Irrigation and Drainage Systems** v. 4, p. 133-150, 1990. <https://doi.org/10.1007/BF01102802>

VINCENT, L. **Hill irrigation. Water and development in mountain agriculture**, London: Intermediate Technology Publications. 1995. <https://doi.org/10.3362/9781780445113>

VIEIRA, A. A. B. Vestígios de glaciação nas serras do NW de Portugal Continental: síntese dos conhecimentos atuais e perspectivas de investigação **Revista Brasileira de Geomorfologia** v.16, n.1, p.79-87. 2015.

VIEIRA, A. A. B. et al. "Geographical Information Technology to support research on forest fires and soil erosion", Trabalho apresentado em 3rd International Meeting of Fire Effects on Soil Properties, In **Fire Effects on Soil Properties**. Proceedings of the 3rd International Meeting of Fire Effects on Soil Properties, Guimarães. 2011.

VIEIRA, A. A. B; BENTO-GONÇALVES, A. 2017. "Processos erosivos em vertentes afetadas por incêndios florestais: exemplos no NW de Portugal", Trabalho apresentado em VIII Congresso Nacional de Geomorfologia, In **Atas do VIII Congresso Nacional de Geomorfologia** - Geomorfologia 2017, Porto. 2017 (a).

VIEIRA, A. A. B; Bento-Gonçalves, A. "Medidas de mitigação da erosão dos solos em áreas afetadas por incêndios florestais: experiências no NW de Portugal", In: **VIII Congresso Nacional de Geomorfologia**, In Atas do VIII Congresso Nacional de Geomorfologia - Geomorfologia, Porto, 2014 (b).

VESTENA, L. R. E KOBAYAMA, M. Identificação e mapeamento dos processos erosivos na bacia hidrográfica do rio Caeté, no município de Alfredo Wagner/SC. **Revista Brasileira de Geomorfologia** v. 15, n. 1, 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

WADT, P. G. S. **Construção de terraços para controle da erosão pluvial no estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2004.

WALLING, D.E; WEBB, B.W. Erosion and sediment yield: a global overview. **IAHSPubl**, n. 236, p.3-20, 1996.

WAHL, T.L. et al. Simplified design of flumes and weirs. **Irrigation and Drainage**, v. 54, p. 231-24, 2005. <https://doi.org/10.1002/ird.160>

WILLIAMS, P.B. **Rethinking Flood Control Channel Design**, New York: Civil Engineering, ASCE, 1990.

WHITTECAR, G. R. E DANIELS, W. L. Use of hydrogeomorphic concepts to design created wetlands in southeastern Virginia **Geomorphology**, v. 31 p. 355 – 371, 1999.

WOHL, E., 2013. Wilderness is dead: Whither critical zone studies and geomorphology in the Anthropocene? **Anthropocene**, v; 2, v. 4-15, 2013.

WOLTERS, W. et al. Division of irrigation water in The Fayoum, Egypt. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 1, p. 159-172, 1987. <https://doi.org/10.1007/BF01139327>

WONG, R. P. L.; KONDOLF, M. Usace flood control projects in Bay Area, Projets Usace de lutte contre les inondations dans la région de la baie de San Francisco. **Is Rivers**, p. 1-3, 2012.

YEN, B. C. Open Channel Flow Resistance, **Journal of Hydraulic Engineering**, p. 20-39, 2002.

ZABALETA, A. et al. Factors controlling suspended sediment yield during runoff events in small headwater catchment of the Basque Country". **Catena**, v.71, p. 179-190, 2007.

ZABALETA, A. et al. Suspended sediment delivery from small catchments to the Bay of Biscay. What are the controlling factors? **Earth Surface and Processes Landforms**, v. 41, p.1894-1910. 2016.

ZALASIEWICZ, J. et al. Human bioturbation, and the subterranean landscape of the Anthropocene. **Anthropocene** v. 6, p. 3-9. 2014.

ZAWADZKA, et al. Comparing physiographic maps with different categorisations. **Geomorphology**, v. 231, p. 94-100, 2015.

ZETLAND, D. **Water reallocation in California**: a broken hub will not wheel. Berkeley: Agricultural & Resource Economics, 2009.

ZETLAND, D. **Colorado River Aqueduct**, Berkeley: Agricultural & Resource Economics. 2011.

ZIGOMAR, M. S; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.18-23, 2003.

ZOLIN, C. A. Perda de solo e água sob integração lavoura-floresta e em sucessão soja-milho, **Pesq. agropec. Bras**, v.51, n.9, p.1223-1230, set. 2016.