

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**PLANEJAMENTO DE INTERVENÇÕES EM
CURSOS DE ÁGUA: PRIORIZAÇÃO E
AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS**

Janaína de Andrade Evangelista
2016

**PLANEJAMENTO DE INTERVENÇÕES EM
CURSOS DE ÁGUA: PRIORIZAÇÃO E
AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS**

Janaína de Andrade Evangelista

Janaína de Andrade Evangelista

**PLANEJAMENTO DE INTERVENÇÕES EM
CURSOS DE ÁGUA: PRIORIZAÇÃO E
AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Linha de pesquisa: Sistemas de Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Márcio Benedito Baptista

Coorientadora: Prof.^a Priscilla Macedo Moura

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2016

E92p

Evangelista, Janaína de Andrade.

Planejamento de intervenções em cursos de água [manuscrito] :
priorização e avaliação de alternativas / Janaína de Andrade Evangelista. -
2016.

332 f., enc : il.

Orientador: Márcio Benedito Baptista.

Coorientadora: Priscilla Macedo Moura.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de
Engenharia.

Inclui anexos e apêndices.

Bibliografia: f. 307-332.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Recursos hídricos - Desenvolvimento
- Teses. 3. Cursos de água - Fluxo - Teses. 4. Planejamento - Teses.
I. Baptista, Márcio Benedito. II. Moura, Priscilla Macedo. III. Universidade
Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 628(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Avenida Antônio Carlos, 6627 - 4º andar - 31270-901 - Belo Horizonte – BRASIL

Telefax: 55 (31) 3409-1882 - posgrad@desa.ufmg.br

<http://www.smarh.eng.ufmg.br>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Planejamento de intervenções em cursos de água: priorização e avaliação de alternativas

JANAÍNA DE ANDRADE EVANGELISTA

Tese defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:


Prof. MÁRCIO BENEDITO BAPTISTA - Orientadora


Prof.^a PRISCILLA MACEDO MOURA - Coorientadora


Prof. VALTER LÚCIO DE PÁDUA


Prof. OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO


Prof. ADEMIR PACELI BARBASSA

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Versão Final aprovada por

Prof. Nilo de Oliveira Nascimento
Coordenador

Prof. Márcio Benedito Baptista
Orientador

Belo Horizonte, 02 de dezembro de 2016.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e à minha irmã
Cláudia, pelo apoio e incentivo.

Ao meu amado Iuri,
pelo apoio, compreensão
e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pelas grandes oportunidades de crescimento profissional e humano que tem me proporcionado. Agradeço a Deus também pelos diversos enviados nos momentos mais difíceis dessa jornada.

Aos meus queridos pais, que sempre acreditaram na minha capacidade e no valor da educação e do conhecimento, e à minha irmã Cláudia, companheira e colaboradora de sempre.

Ao meu amado Iuri, que me deu apoio incondicional, compreendendo a importância deste trabalho e a necessidade de dividir as nossas horas de convívio com os estudos.

Ao professor Márcio Baptista, que acreditou neste trabalho desde o começo, tendo sempre uma palavra de incentivo e um apoio técnico decisivo no desenvolvimento desta pesquisa, sendo uma referência de profissional, professor, pesquisador e ser humano.

À professora Priscilla, pela amizade, experiência transmitida, apoio e contribuições precisas, e incentivo em momentos de dificuldade no desenvolvimento desta pesquisa.

À Professora Sylvie Barraud do Insa de Lyon pela coorientação durante a complementação de estudos no exterior com importantes contribuições para o aprimoramento deste trabalho, e pelo carinho e amizade com que me recebeu.

À Administração e colegas do Tribunal de Contas do estado de Minas Gerais - TCE - MG - que me auxiliaram a obter a licença para realização do estágio de complementação de estudos no Insa de Lyon.

À CAPES pela bolsa para realização do estágio de complementação de estudos no exterior, realizado no Insa de Lyon.

Aos meus coordenadores do TCE-MG, Denise Delgado, Jaqueline Somavilla e Ryan Brwnner que sempre me deram apoio e viabilizaram a conciliação de metas do trabalho com compromissos acadêmicos.

Aos colegas da Coordenadoria de Auditoria Operacional pelo incentivo e apoio para que eu pudesse cumprir as obrigações relativas ao trabalho e à Tese.

Aos pesquisadores do *Laboratoire Déchets, Eaux, Environnement, Pollutions - DEEP* - do Insa de Lyon (Laboratório de Resíduos, Água, Meio Ambiente e Poluição) que contribuíram para o aprimoramento metodológico da tese, Pascal Le Gauffre e Frédéric Cherqui, e ao Diretor Jean Luc Bertrand-Krajewski pela acolhida e apoio no Insa de Lyon.

Aos colegas do Insa de Lyon que me receberam tão bem e preencheram o vazio causado pela saudade da família e dos amigos que ficaram no Brasil durante o estágio para complementação de estudos no exterior.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG que me auxiliaram a subir mais um degrau na escala do conhecimento e da minha formação profissional.

Aos funcionários da Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG e do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG pela gentileza e auxílio na solução de questões administrativas entre outras.

A todos os colaboradores que de alguma forma contribuíram com este trabalho em todas as etapas, em especial aos entrevistados e aos respondentes dos questionários aplicados (pesquisadores, consultores, técnicos da PBH, do Igam e de entidades equiparadas à Agência de Bacia, pesquisadores e técnicos de agências e instituições francesas com atuação na gestão de recursos hídricos, membros de comitês e líderes comunitários, em especial aos membros do subcomitê do Ribeirão Arrudas e lideranças da bacia do Córrego Bonsucesso).

À Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, pela disponibilização de dados do Programa Drenurbs.

RESUMO

Grande parte dos rios encontra-se degradada e a escassez de água, em qualidade e quantidade, é uma realidade em diversas partes do mundo. Esse cenário tem impulsionado discussões e implementação de projetos para a conservação e restauração de cursos de água. O elevado custo desses projetos e a necessidade de conciliação dessa e de outras demandas setoriais evidenciam a importância do aprimoramento do estabelecimento dessas políticas públicas. Essas devem visar máximo benefício ao maior número de pessoas possível, o que é potencializado pela adoção de critérios e metodologias robustas. Entretanto, verifica-se ainda reduzido número de projetos de restauração fluvial com abordagem sistêmica que integrem aspectos ambientais, sociais, econômico-financeiros, políticos, entre outros. Além disso, verifica-se a carência de modelos ou sistemas formalizados de avaliação de prioridades quanto às intervenções em rios. Nesse contexto está inserida esta pesquisa, cujo objetivo é avaliar de forma integrada aspectos ambientais, sociais, técnicos e de custos para orientação do planejamento de intervenções fluviais. A análise compreende duas etapas de avaliação. Na Etapa I é feita a priorização das áreas a intervir com uso de métodos multicriteriais e indicadores de estado da área e de impacto sobre os serviços ecossistêmicos. Os resultados da análise apresentam-se sob a forma de gráficos, mapas temáticos e lista hierarquizada de áreas prioritárias. Esses instrumentos subsidiam a discussão e a tomada de decisão em contextos com várias partes interessadas. Na Etapa II, procede-se à avaliação das alternativas para cada trecho priorizado. A avaliação é feita por meio de metodologia multicriterial e indicadores de desempenho ambiental, sanitário, hidráulico, hidrológico e de custos. O sistema proposto foi aplicado e validado em estudo de caso na bacia do Córrego Bonsucesso, situada na região sul de Belo Horizonte. Os resultados obtidos pelo estudo de caso confirmaram a sua adequação para discriminar as prioridades de intervenção em uma bacia. Foi possível ainda confrontá-los com as escolhas feitas pelo Programa Drenurbs, que fez intervenções nessa bacia, havendo convergência quanto às áreas mais vulneráveis.

ABSTRACT

Large part of the river is degraded and the scarcity of water, in terms of quality and quantity, is a reality in many parts of the world. This scenario has led to discussions and implementation of watercourses conservation and restoration projects. The high cost of these projects and the need for conciliation of this and other sectoral demands show the importance of the improvement of these public policies. These should aim at maximum benefit to greatest number of people possible, which is enhanced by the adoption of criteria and robust methodologies. However, there is still small number of river restoration projects with systemic approach to integrate environmental, social, economic, financial, political, and others criteria. In addition, there is a lack of models or formal systems to priorities evaluation in river interventions. This research is inserted in this context and it aims to evaluate in an integrated way environmental, social, technical and cost guidance for the river interventions planning. The analysis comprises two evaluation steps. In the step 1 it is made the prioritization of intervention areas with the use of multicriteria methods and state area indicators and impact on ecosystem services. The results are presented in the form of charts, thematic maps and hierarchical list of priority areas. These instruments supports the discussion and decision making in contexts with various stakeholders. In the step 2, it is proceeded the alternatives evaluation for each prioritized reach. This evaluation comprises multicriteria methodology and indicators of environmental performance, health, hydraulic, hydrologic and costs. The proposed system was applied and validated in a case study in Bonsucesso stream basin, located in the south of Belo Horizonte. The results confirmed by the case study their suitability to discriminate the intervention priorities in a watershed. It was also possible to compare them with the choices made by Drenurbs program that made interventions in this watershed, there is convergence on the most vulnerable areas.

RESUMÉ

Une grande partie des rivières est dégradée et la rareté de l'eau en termes de qualité et de quantité est une réalité dans des nombreuses régions du monde. Ce scénario a conduit des discussions et la mise en œuvre des projets pour la conservation et la restauration des cours d'eau. Le coût élevé de ces projets et la nécessité de concilier cela et d'autres demandes sectorielles montrent l'importance de la mise en place d'amélioration de ces politiques publiques. Ceux-ci devraient viser à offrir le maximum avantage au plus grand nombre possible de personnes, et l'adoption de critères et de méthodologies robustes contribue à cet objectif. Cependant, il est encore faible le nombre de projets de restauration fluviale avec approche systémique qui intègrent aspects environnementales, sociaux, économiques, financières, politiques, entre autres. In addition, il manque de modèles ou de systèmes formels d'évaluation de priorités interventions dans les cours d'eau. Dans ce contexte, il est inséré cette recherche, dont l'objectif est d'évaluer de façon intégrée aspects environnementales, sociaux, techniques et économiques pour la planification des interventions dans les cours d'eau. L'analyse comprend deux étapes d'évaluation. Dans l'étape 1 est faite la hiérarchisation des domaines d'intervention avec l'utilisation de méthodes multicritères et indicateurs d'état dans la région et de l'impact sur les services écosystémiques. Les résultats d'analyse sont présentés sous forme de tableaux, de cartes thématiques et liste hiérarchique des domaines prioritaires. Ces outils soutiennent la discussion et la prise de décision dans des contextes avec diverses parties prenantes. À l'étape 2, il est fait l'évaluation des alternatives pour chaque tronçon prioritaire. L'évaluation est faite grâce à la méthodologie multicritères et indicateurs de performance environnementale, sanitaire, hydraulique, hydrologique et des coûts. Le système proposé a été appliqué et validé dans une étude de cas dans le bassin de flux Bonsucesso, situé dans la région sud de Belo Horizonte. Les résultats ont confirmé leur aptitude à discriminer les priorités d'intervention dans un bol. Il était également possible de les comparer avec les choix effectués par le programme DRENURBS qui a fait des interventions dans ce bassin, il y a convergence sur les zones les plus vulnérables. Le système proposé a été appliqué et validé par une étude de cas dans le bassin du courant Bonsucesso, situé dans la région sud de Belo Horizonte. Les résultats ont confirmé leur aptitude à discriminer les priorités d'intervention dans un bassin versant. Il était également possible de les comparer avec les choix effectués par le programme DRENURBS qui a fait des interventions dans ce bassin, il y a eu convergence sur les zones les plus vulnérables.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	26
2	OBJETIVOS E ETAPAS METODOLOGICAS.....	31
2.1	Objetivo geral.....	31
2.2	Objetivos específicos.....	31
2.3	Etapas Metodológicas.....	31
2.3.1	Revisão da literatura.....	32
2.3.2	Proposição dos critérios e do modelo preliminar de priorização.....	32
2.3.3	Avaliação dos critérios e do modelo preliminar de priorização.....	32
2.3.4	Consolidação dos critérios e do modelo de priorização.....	35
2.3.5	Definição da forma de mensuração dos indicadores.....	36
2.3.6	Definição da metodologia para estabelecimento dos pesos dos indicadores e subindicadores.....	36
2.3.7	Aplicação do método Electre III para avaliação de alternativas de projeto.....	36
2.3.8	Estudo de Caso.....	36
2.3.9	Avaliação de instrumentos de representação gráfica dos resultados.....	39
2.3.10	Consolidação final do SAD, conclusões e recomendações.....	39
3	LEGISLAÇÃO.....	40
3.1	Considerações iniciais.....	40
3.2	Política Urbana.....	41
3.3	Áreas protegidas nas margens de cursos de água.....	43
3.4	Política de Meio Ambiente e o Licenciamento Ambiental.....	49
3.5	Política de Recursos Hídricos.....	53
3.6	Gestão de sistemas de drenagem urbana.....	60
3.7	Considerações gerais.....	66
4	INTERVENÇÕES FLUVIAIS – CONCEITOS E METODOLOGIAS.....	68
4.1	Planejamento urbano em bases sustentáveis.....	68
4.2	Serviços fluviais.....	79
4.3	Restauração de rios.....	85
4.3.1	Restauração ecológica.....	87
4.3.2	Restauração geomorfológica.....	97
4.3.3	Restauração Sistêmica.....	107
4.3.4	Técnicas de restauração.....	108
4.3.5	Projetos de restauração de rios.....	110
4.3.6	Considerações gerais.....	121
4.4	Priorização de ações em ambiente fluvial.....	121
4.4.1	Aspectos gerais da priorização de projetos ambientais.....	122
4.4.2	Priorização com objetivos ecológicos e geomorfológicos.....	125
4.4.3	Planos de reabertura de rios.....	133
4.4.4	Priorização em drenagem.....	137
4.5	Considerações gerais.....	140
5	SISTEMAS DE AUXILIO A DECISÃO.....	142
5.1	Matriz DPSIR.....	142
5.2	Indicadores.....	144
5.3	Metodologias para definição de critérios.....	155
5.4	Metodologia quantitativa ou qualitativa?.....	155
5.5	Métodos de análise dos indicadores.....	159
5.6	Considerações gerais.....	168

6	MODELO PRELIMINAR DE PRIORIZAÇÃO - APRESENTAÇÃO, AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO.....	170
6.1	Indicadores e modelo preliminar de priorização.....	170
6.2	Avaliação dos critérios e do modelo preliminar de priorização	171
6.2.1	Critérios de priorização – Avaliação pelos especialistas.....	171
6.2.2	Processo de planejamento e priorização – Avaliação por especialistas .	177
6.3	Consolidação dos critérios e da estrutura do SAD.....	182
6.4	Considerações gerais.....	189
7	SISTEMA DE AUXÍLIO À DECISÃO PARA PLANEJAMENTO DE INTERVENÇÕES EM CURSOS DE ÁGUA.....	190
7.1	Considerações iniciais.....	190
7.2	Estrutura Geral do Sistema de auxílio à decisão consolidado	190
7.3	Definição dos trechos homogêneos	193
7.4	Etapa I – Definição de trechos de cursos de água prioritários.....	195
7.4.1	Pesos dos indicadores de impacto sobre serviços fluviais – Serviços prioritários na bacia	197
7.4.2	Indicadores de impacto sobre os serviços fluviais.....	198
7.4.3	Mensuração dos subindicadores de estado	209
7.4.4	Priorização - Agregação dos indicadores e tomada de decisão	215
7.4.5	Avaliação dos indicadores para o cenário de desenvolvimento	221
7.4.6	Decisão sobre a prioridade das áreas a intervir	223
7.5	Etapa II - Escolha da alternativa de projeto	223
7.5.1	Indicadores de desempenho	224
7.5.2	Avaliação desempenho x custos – Método TOPSIS e gráfico de Pareto	234
7.5.3	Avaliação das alternativas pelo Método Electre-III	238
7.6	Considerações gerais.....	239
8	ESTUDO DE CASO	240
8.1	Caracterização geral da bacia.....	240
8.2	Matriz DPSIR da Bacia do Córrego Bonsucesso.....	246
8.3	Serviços fluviais prioritários	252
8.4	Subindicadores de estado	257
8.5	Indicadores de impacto sobre os serviços fluviais.....	259
8.6	Avaliação dos cenários de desenvolvimento	273
8.7	Escolhas feitas pelo Programa Drenurbs	276
8.8	Avaliação das alternativas de projeto	281
8.8.1	Trechos estudados.....	281
8.8.2	Alternativas de projeto.....	287
8.8.3	Indicadores de desempenho	290
8.8.4	Indicadores de custo	290
8.8.5	Avaliação desempenho-custo - Topsis e Gráfico de Pareto	292
8.8.6	Comparação aos pares das alternativas – método Electre III	295
8.8.7	Discussão dos resultados pelas duas sistemáticas	297
9	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	298
	REFERENCIAS	307
	APÊNDICE I.....	333
	APÊNDICE II.....	336
	APÊNDICE III	341
	APÊNDICE IV	347
	APÊNDICE V.....	377
	APÊNDICE VI.....	379

ANEXO I.....	380
ANEXO II.....	383

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1: Matriz institucional do sistema de gerenciamento de recursos hídricos.....	57
Figura 3-2: Mapa das UPGRHs em Minas Gerais	57
Figura 4-1: Relação entre a saúde funcional e estado de degradação em ecossistemas .	69
Figura 4-2: Cidade Regenerativa – ciclos fechados	73
Figura 4-3: Trajetórias de um sistema degradado submetido à restauração	89
Figura 4-4: Relação entre o estado, tempo, custos e serviços ecossistêmicos.....	91
Figura 4-5: “Riparian Forest buffer systems – RFBS” (Sistemas de mata tampão).....	92
Figura 4-6: Formas fluviais e escalas	97
Figura 4-7: Seção fluvial típica	98
Figura 4-8: Poços e corredeiras em rios, perfil e planta	98
Figura 4-9: Classificação de rios em planta.....	99
Figura 4-10: Classes propostas por Rosgen (1997).....	100
Figura 4-11: Sistema de classificação de cursos de água proposto por Rosgen (1997)	100
Figura 4-12: Balança de Lane.....	102
Figura 4-13: Morfologia e qualidade de <i>habitats</i> de um rio natural e outro canalizado	103
Figura 4-14: Rio Danúbio – Países inseridos na Bacia e Áreas Protegidas (números)	111
Figura 4-15: Sequência de trechos tratados no projeto piloto de restauração do Danúbio - Parque Donau-Auden	112
Figura 4-16: Rio Danúbio – Áustria - Vista de margens em enrocamento	112
Figura 4-17: Rio Danúbio – Áustria - Vista de margens onde o enrocamento foi removido.....	112
Figura 4-18: Rio Danúbio – Áustria – Draga que retira sedimentos a jusante e os transporta para montante	113
Figura 4-19: Rio Danúbio – Áustria – Meandro abandonado sendo religado ao rio....	113

Figura 4-20: Vista do Ródano em Avignon – França.....	114
Figura 4-21: Rio Ravensbourne em Londres – Antes da restauração	117
Figura 4-22: Rio Ravensbourne em Londres - Imediatamente após a restauração	117
Figura 4-23: Rio Ravensbourne em Londres – Alguns anos após a restauração	118
Figura 4-24: Modelo físico para simulação da dinâmica fluvial do Rio Isar	120
Figura 4-25: Trecho do rio Isar retificado com estabilização de margens	120
Figura 4-26: Trecho do Rio Isar após restauração.....	121
Figura 5-1: Matriz DPSIR	142
Figura 5-2: Distância das alternativas à solução ideal e anti-ideal.....	163
Figura 5-3: Situações de preferência	164
Figura 6-1: Matriz DPSIR - Impactos antrópicos sobre serviços fluviais de um curso de água.....	186
Figura 7-1: Diagrama do planejamento das intervenções em cursos de água.....	191
Figura 7-2: Exemplo de representação de prioridades no rio Bega/Austrália.....	193
Figura 7-3: Indicadores de impacto sobre serviços fluviais	196
Figura 7-4: Subindicadores de estado para abastecimento de água.....	200
Figura 7-5: Subindicadores de estado para Manutenção de fauna, flora e processos ecológicos	201
Figura 7-6: Subindicadores de estado para manutenção de processos geomorfológicos	202
Figura 7-7: Subindicadores de estado para manutenção da saúde e bem estar da população.....	202
Figura 7-8: Subindicadores de estado para manutenção da segurança da população ..	203
Figura 7-9: Subindicadores de estado para contemplação, aspectos cênicos e paisagísticos.....	204
Figura 7-10: Subindicadores de estado para relações culturais e religiosas.....	205
Figura 7-11: Subindicadores de estado para recreação, lazer e práticas esportivas	206

Figura 7-12: Subindicadores de estado para navegabilidade.....	207
Figura 7-13: Subindicadores de estado para recurso pesqueiro	207
Figura 7-14: Subindicadores de estado para Agricultura - Irrigação.....	209
Figura 7-15: Indicadores de desempenho	224
Figura 7-16: Indicador I_{EG} em função da velocidade de escoamento, com $V_{máx}=V_1$ a V_2	229
Figura 7-17: Indicador I_{EG} em função da velocidade de escoamento, com $V_{máx}=V_1=V_2$	230
Figura 8-1: Localização da bacia do Córrego Bonsucesso.....	240
Figura 8-2: Bacia do Córrego Bonsucesso - Hidrografia e densidade populacional....	241
Figura 8-3: Divisão da bacia do Córrego Bonsucesso em sub-bacias.....	242
Figura 8-4: Córrego Bonsucesso - Características gerais dos trechos.....	243
Figura 8-5: Vista das bacias dos Córregos Bonsucesso (parte alta) e Olhos D'água em 2002	244
Figura 8-6: Vista das bacias dos Córregos Bonsucesso (parte alta) e Olhos D'água em 2011	244
Figura 8-7: Vista da bacia do Córrego Bonsucesso (parte baixa) em 2002	245
Figura 8-8: Vista da bacia do Córrego Bonsucesso (parte baixa) em 2011	245
Figura 8-9: Matriz DPSIR do Córrego Bonsucesso	247
Figura 8-10: Placa indicativa de área sujeita a inundação em período chuvoso (3/8/2011)	250
Figura 8-11: Imagens do Córrego Bonsucesso antes da intervenção (3/8/2011)	251
Figura 8-12: Pesos dos indicadores normalizados.....	256
Figura 8-13: Impacto sobre serviços fluviais por trechos.....	260
Figura 8-14: Avaliação quanto a opções de recreação e lazer por trecho	261
Figura 8-15: Avaliação quanto a manutenção da saúde e bem estar da população por trecho	261

Figura 8-16: Mapa de impacto sobre opções de recreação e lazer	262
Figura 8-17: Mapa de impacto sobre a manutenção da saúde e bem estar da população	263
Figura 8-18: Avaliação quanto a manutenção da segurança da população por trecho .	264
Figura 8-19: Avaliação quanto a integração paisagística e aspectos cênicos por trecho	264
Figura 8-20: Avaliação quanto a manutenção da segurança da população por trecho .	265
Figura 8-21: Mapa de impacto sobre contemplação, aspectos cênicos e integração paisagística	266
Figura 8-22: Avaliação quanto a manutenção de processos geomorfológicos por trecho	267
Figura 8-23: Avaliação quanto a manutenção de fauna, flora e processos ecológicos por trecho	267
Figura 8-24: Mapa de impacto sobre a manutenção de processos geomorfológicos ...	268
Figura 8-25: Mapa de impacto sobre a manutenção de fauna, flora e processos ecológicos	269
Figura 8-26: Priorização de áreas após a agregação dos indicadores de impacto sobre serviços fluviais	272
Figura 8-27: Priorização de áreas final	275
Figura 8-28: Córrego Bonsucesso, Bacia de Contenção – Vista geral em 12/11/2015 - não há equipamentos de lazer	277
Figura 8-29: Córrego Bonsucesso, (a) antes do programa e (b) após o programa	277
Figura 8-30: Confluência do Córrego Bonsucesso, trecho mais a montante, 2011/2015	278
Figura 8-31: Trecho em gabião, lançamentos de esgoto direto das casas das margens	279
Figura 8-32: Córrego Bonsucesso Próximo ao Hospital Eduardo de Menezes.....	280
Figura 8-33: Trechos executados ou em fase de contratação pelo Drenurbs	281
Figura 8-34: Córrego Bonsucesso - Trechos para avaliação de alternativas de projeto	282
Figura 8-35: Trechos 16 e 17 à jusante, na entrada do Hospital Eduardo de Menezes	283

Figura 8-36: Trecho 18 à montante, na Junção dos Trechos 19, 20 e 21	284
Figura 8-37: Trecho 18 à jusante após o bueiro da rua Ópera.....	284
Figura 8-38: Trecho 18A a jusante do trecho canalizado da Vila CEMIG	285
Figura 8-39: Junção dos Trechos 19, 20 e 21	286
Figura 8-40: Bacia de contribuição do Trecho 19 e Trecho 20.....	286
Figura 8-41: Alternativa 1 – Intervenção intermediária Seção típica do canal trapezoidal em enrocamento.....	287
Figura 8-42: Alternativa 2 – Intervenção Tradicional	288
Figura 8-43: Alternativa 3 – Intervenção Ambientalizada (biomanta e biorretentores).....	289
Figura 8-44: Trecho 18A - Resultado da avaliação desempenho- custo	293
Figura 8-45: Trecho 20 - Resultado da avaliação desempenho-custo	293
Figura 8-46: Trecho 21 - Resultado da avaliação desempenho-custo	294
Figura 8-47: Trecho 18 - Resultado da avaliação desempenho-custo	295
Figura 8-48: Trecho 16-17 - Resultado da avaliação desempenho- custo.....	295

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1: Larguras mínimas de APP para cursos de água	45
Tabela 3-2: Índice de impacto gerado pela intervenção em cursos de água.....	52
Tabela 3-3: Tipos de intervenções permitidas por classe	52
Tabela 3-4: Identificação das UPGRHS do Estado de Minas Gerais.....	58
Tabela 4-1: Características do velho e novo paradigma da gestão da águas urbanas	77
Tabela 4-2: Serviços e funções fluviais	81
Tabela 4-3: Implicações do uso de técnicas não testadas e do não uso de princípios ecológicos	95
Tabela 5-1: Propriedade dos indicadores.....	146
Tabela 5-2: Indicadores obtidos na literatura como referência para a definição dos indicadores do SAD em estudo	149
Tabela 5-3: Escala de Saaty	167
Tabela 5-4: Exemplo de cálculo dos pesos pelo jogo de cartas de Simos.....	168
Tabela 6-1: Critérios obtidos do referencial teórico	171
Tabela 6-2: Limitação entre serviços fluviais.....	183
Tabela 7-1: Escala de representação gráfica da prioridade de cursos de água	193
Tabela 7-2: Critérios para avaliação de trechos de rio	195
Tabela 7-3: Escala de pesos dos subindicadores de estado para os indicadores de Impacto sobre os serviços fluviais.....	199
Tabela 7-4: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da conectividade de áreas verdes.....	209
Tabela 7-5: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da biodiversidade e funções ecológicas	211
Tabela 7-6: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da estabilidade de margens.....	211
Tabela 7-7: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da sinuosidade.....	212

Tabela 7-8: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da conectividade longitudinal.....	213
Tabela 7-9: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da interação do curso de água com o lençol freático	213
Tabela 7-10: Escala de avaliação da vulnerabilidade quanto à ocupação das margens	214
Tabela 7-11: Escala de avaliação da vulnerabilidade das habitações ribeirinhas.....	214
Tabela 7-12: Escala de avaliação da vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes	215
Tabela 7-13: Escala de avaliação da deficiência na disponibilidade de opções de recreação e lazer da bacia	215
Tabela 7-14: Representação matricial dos subindicadores, indicadores e pesos para cada trecho	217
Tabela 7-15: Fator k_{AV} - relevância das áreas verdes ou matas ciliares criadas ou tratadas.....	231
Tabela 7-16: Indicador de Integração Ambiental - Valores do coeficiente de integração ambiental	233
Tabela 7-17: Pesos dos indicadores de desempenho	234
Tabela 7-18: Custos – Técnicas Tradicionais.....	236
Tabela 7-19: Custos de implantação e manutenção corretiva – Técnicas Ambientalizadas	237
Tabela 7-20: Indicadores e pesos – Análise Electre III.....	239
Tabela 8-1: Características Físicas das Sub-bacias do Córrego Bonsucesso	242
Tabela 8-2: Principais indústrias situadas na bacia do Córrego Bonsucesso	249
Tabela 8-3: Rol de referência para definição dos serviços fluviais.....	253
Tabela 8-4: Ordenação dos Serviços fluviais do mais relevante ao menos relevante pelos informantes consultados.....	254
Tabela 8-5: Ponderação final dos pesos pelo método de Simos.....	255
Tabela 8-6: Serviços fluviais a serem considerados e os pesos antes e pós-normalização (método da média ponderada)	256

Tabela 8-7: Serviços fluviais e pesos (Método Electre Tri)	257
Tabela 8-8: Subindicadores de estado dos trechos - bacia do Córrego Bonsucesso ...	258
Tabela 8-9: Critérios para avaliação da perturbação da estabilidade de margens	258
Tabela 8-10: Indicadores de impacto sobre os serviços fluviais obtidos pelo método da média ponderada.....	259
Tabela 8-11: Indicadores de impacto sobre os serviços fluviais obtidos pelo método da média ponderada.....	270
Tabela 8-12: Avaliação das zonas de uso e ocupação do solo e vetor de crescimento	273
Tabela 8-13: Características dos trechos avaliados	289
Tabela 8-14: Indicadores e Índices de desempenho por trecho para cada alternativa..	290
Tabela 8-15: Indicadores de custo das alternativas do estudo do caso - Córrego Bonsucesso	291
Tabela 8-16: Índices de custo das alternativas do estudo de caso - Córrego Bonsucesso	291
Tabela 8-17: Córrego Bonsucesso T16, T17, T18, T19 e T20 - Indicadores de desempenho, custo e respectivos pesos	296
Tabela 8-18: <i>Ranking</i> das alternativas por trecho pelo método Electre III	297

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABEP	- Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa
ABHA	- Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari
ACB	- Análise Custo Benefício
ADE	- Área de Diretrizes Especiais
AGB Peixe Vivo	- Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo
AGEVAP	- Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
AHP	- Análise Hierárquica ou Analytic Hierarchy Process
a_{ij}	- Ponto da alternativa “i” analisada para o critério “j”
a^M_j	- Valor máximo do critério “j” (valor ideal)
a^m_j	- Valor mínimo do critério “j” (valor anti-ideal)
ANA	- Agência Nacional de Águas
ANP	- Analytic Network Process
APP	- Área de Preservação Permanente
ASCE	- American Society of Civil Engineers
BMP	- Best Management Practice
CBD	- Convention on Biological Diversity
CEDEPLAR	- Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional
CEMIG	- Companhia Energética de Minas Gerais
CERH	- Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CI	- Custo de implantação
CIA	- Companhia
CIREF	- Centro Ibérico de Restauración Fluvial
CM	- Custo total de manutenção
CMC	- Custo de manutenção corretiva
CMLT	- Custo de manutenção de longo termo
CMO	- Custos de manutenção e operação
COMAM	- Conselho Municipal de Meio Ambiente
COMUSA	- Conselho Municipal de Saneamento
CONAMA	- Conselho Nacional de Meio Ambiente
CNRH	- Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COPAM	- Conselho Estadual de Política Ambiental
COPASA	- Companhia de Saneamento do Estado de Minas Gerais
CWP	- Center of Watershed Promotion
DAEE	- Departamento de Águas e Energia Elétrica
d_M	- Distância ao ponto ideal
d_m	- Distância ao ponto anti-ideal
DMD	- Decisão Multicritério Discreta
DN	- Diretriz Normativa
DO1	- Bacia do rio Piranga
DO2	- Bacia do rio Piracicaba
DO3	- Bacia do rio Santo Antônio
DO4	- Bacia do rio Suaçuí
DO5	- Região dos rios Caratinga
DO6	- Bacia do rio Manhuaçu
$D_p(a_i)$	- Taxa de similaridade

DPSIR	- Driving forces, Pressure, State, Impacts, and Responses
Drenurbs	- Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e Córregos em Leito Natural da Cidade de Belo Horizonte
EIA	- Estudo de Impacto Ambiental
Electre	- Elimination et Choix Traduisant Realité
ETE	- Estação de Tratamento de Esgoto
EUA	- Estados Unidos da América
EVAMIX	- Evaluation of Mixed Data
Fhidro	- Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais
FISRWG	- Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group
GD1	- Bacia do Alto rio Grande
GD2	- Bacias dos rios das Mortes
GD3	- Bacia do Reservatório de Furnas
GD4	- Bacia do rio Verde
GD5	- Bacia do rio Sapucaí
GD6	- Bacias dos Afluentes Mineiros dos rios Mogi-Guaçu/Pardo
GD7	- Bacia dos Afluentes Mineiros do Médio rio Grande
GD8	- Bacia dos Afluentes Mineiros do Baixo rio Grande
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais
IBIO	- Instituto BioAtlântica - Entidade Equiparada da Bacia Hidrográfica dos Comitês dos rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Suaçuí, Caratinga e Manhuaçu
IC _k	- Índice de custo da alternativa k
IDHM	- Índice de Desenvolvimento Municipal
IE	- Indicador de Ações emergenciais
IEF-MG	- Instituto Estadual de Floresta do Estado de Minas Gerais
IHE	- Institute for Water Education
IGAM	- Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IGBN	- Índice Biológico Global Normalizado
INCC	- Índice de Custos da Construção Civil
INSA de Lyon-	Institut National des Sciences Appliquées de Lyon
IQA	- Índice de Qualidade da Água
IR	- Indicador de Ações de Rotina
JQ1	- Bacia do Alto Jequitinhonha
JQ2	- Bacia do rio Araçuaí
JQ3	- Bacia do Médio e Baixo Jequitinhonha
LI	- Limite inferior
LS	- Limite superior
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
MSPA	- Morphological Spacial Pattern Analysis
MU1	- Bacia do rio Mucuri
OECD	- Organization for Economic Cooperation and Development
ONG	- Organização não governamental
PA1	- Bacia do Rio Pardo
PBH	- Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.
PCJ	- Consórcio Intermunicipal das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
PDDI	- Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado
PJ1	- Bacia dos rios Piracicaba/Jaguari

PN1	- Bacia dos Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba
PN2	- Bacia do rio Araguari
PN3	- Bacia dos Afluentes Mineiros do baixo Paranaíba
PNRH	- Política Nacional de Recursos Hídricos
PROMETHÉE	- Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations
PS1	- Bacia dos Afluentes Mineiros dos rios Preto e Paraibuna
PS2	- Bacia dos Afluentes Mineiros dos rios Pomba e Muriaé
RMBH	- Região Metropolitana de Belo Horizonte
SAD	- Sistema de Auxílio à Decisão
SEAMA	- Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SEMAD	- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SEQ	- Système d'Evaluation de la Qualité
SF1	- Alto curso da bacia hidrográfica do rio São Francisco
SF2	- Bacia do rio Pará
SF3	- Bacia do rio Paraopeba
SF4	- Bacia do Entorno da Represa de Três Marias
SF5	- Bacia do rio das Velhas
SF6	- Bacias dos rios Jequitaí e Pacuí
SF7	- Bacia hidrográfica dos Afluentes Mineiros do rio Paracatu
SF8	- Bacia do rio Urucuia
SF9	- Bacias dos rios Pandeiros e Calindó
SF10	- Bacia dos Afluentes Mineiros do rio Verde Grande
SINGRH	- Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SLU	- Serviço de Limpeza Urbana
SM1	- Bacia do Rio São Matheus
SMAA	- Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis
SMMA	- Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SMURB	- Secretaria Municipal de Políticas Urbanas
SRHU	- Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
SUDECAP	- Superintendência de Desenvolvimento da Capital
SUDS	- Sustainable Drainage Systems
SWITCH	- Sustainable Water Management Improves Tomorrow's Cities' Health
TODIM	- Tomada de Decisão Interativa Multicritério
TOPSIS	- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
UFMG	- Universidade Federal de Minas Gerais
UK	- United Kingdon
UNEP	- United Nations Environment Programme
UNESCO	- Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura
UPGRH	- Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
URBEL	- Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte
USACE	- United States Army Corps of Engineers
VPL	- Valor Presente Líquido
WEF	- Water Environmental Federation
ZEIS	- Zona de Interesse Social
ZPAM	- Zona de Proteção Ambiental

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das cidades esteve historicamente atrelado à sua proximidade a cursos de água, elemento essencial para a sobrevivência humana e desenvolvimento econômico. Entretanto, essa relação baseou-se, geralmente, na visão antropocêntrica, na qual os rios e os processos a eles associados deveriam ser adaptados às necessidades humanas. Essas medidas geravam novos problemas que exigiam novas intervenções em um processo sucessivo de degradação e perda das funções dos rios. Com o passar do tempo a gestão baseada no “controle e comando” foi gradativamente mostrando-se ineficaz e abrindo espaço para discussão e estabelecimento de formas de gestão mais integradas, orientadas pelo convívio e respeito entre os sistemas ambientais e sociais (Brierley e Fryirs, 2008; Herzog, 2013).

A incorporação de aspectos ambientais na gestão de águas urbanas e tratamento de fundo de vales, concebendo a restauração ou revitalização dos cursos de água passaram a ser discutida nas últimas décadas, mas ainda representa desafio aos gestores. Esse tipo de abordagem requer a avaliação de critérios de natureza diversa. Segurança e saúde pública, garantia de água em quantidade e qualidade para o abastecimento público, disponibilidade de água para atividades econômicas, melhoria de qualidade de vida da população, acessibilidade e mobilidade urbana, bem como, a importância da preservação ambiental, são algumas das questões que precisam ser consideradas no planejamento de intervenções em cursos de água.

Nesse processo a observação das funções do curso de água integrando múltiplos aspectos representa a evolução das análises tradicionais, puramente técnico-financeiras, para os atuais modelos que incorporam benefícios sociais e ambientais. Nilsson *et al.* (2007) destacaram a priorização com base em uma visão sistêmica frente à frequente ênfase no viés desenvolvimento, em detrimento dos processos naturais dos rios, e incremento da degradação do meio ambiente. Ressalta-se que para considerar essas e outras questões, decidir sobre quais são as áreas e cursos de água mais vulneráveis e qual a melhor técnica a ser utilizada de forma transparente e eficiente é preciso definir objetivos e sistematizar o processo.

Na priorização, a definição dos objetivos da intervenção é etapa decisiva do processo. Projetos de restauração de rios possuem abordagem complexa e não raras vezes fracassam sem solucionar os problemas que os motivaram. Para Rutherford *et al.* (2000), tomando como referência a experiência australiana, os insucessos estão associados à falta de planejamento, e à frágil definição de objetivos e estratégias de atuação.

Os projetos têm envolvido cada vez mais múltiplos objetivos, já que a garantia dos usos múltiplos orienta a gestão de recursos hídricos no Brasil (BRASIL, 1997) e em outras partes do mundo. Deve-se ressaltar, entretanto, que os modelos atuais de priorização de intervenções em cursos de água ou de ações relacionadas ou direcionadas aos recursos hídricos, ainda têm análises focadas em objetivo único (Alvarez-Guerra, 2010; Trenholm *et al.* 2013; Birol *et al.*, 2010; Lindhe *et al.*, 2011; Brierley e Fryirs, 2000; Rutherford *et al.*, 2000; Cleirici e Vogt, 2013; Bendix e Hupp, 2000; Almansa e Martínez-Paz, 2011; Oldford, 2013). Esse, na maioria dos casos, envolve a restauração de processos ecológicos e geomorfológicos, apesar de alertarem para a possibilidade de outros fatores alterarem a hierarquização feita, como critérios sociais e políticos (Rutherford *et al.*, 2000). A análise biofísica, ou morfológica, deve ser elemento base e direcionador da tomada de decisão, construída dentro de uma avaliação socioeconômica e ambiental com participação das diversas partes interessadas (Brierley e Fryirs, 2000).

No tocante à sistematização da tomada de decisão, no Brasil verifica-se que as prefeituras não possuem modelos de avaliação, de maneira que a avaliação sistêmica, criteriosa e transparente ainda é um desafio. Além disso, trata-se geralmente de um planejamento *top down*, com decisões tomadas de “cima para baixo”, ou seja, a administração decide e impõe sua escolha à sociedade. Esse tipo de abordagem tem gerado experiências com resultados pouco satisfatórios. Conflitos entre as diferentes percepções de especialistas/gestores e da população quanto aos serviços ecossistêmicos e valores associados ao curso de água, têm sido considerados por autores como Baranud e Chapuis (1996), Gobster (2000) *apud* Cottet *et al.* (2013) como a principal causa de falhas em projetos de restauração fluvial. A decisão construída de forma participativa trabalha tais conflitos de maneira a conciliar interesses e obter maior sucesso em projetos de restauração.

Ademais, com a incipiente disseminação da restauração de cursos de água no Brasil, torna-se ainda mais importante a comprovação da sua viabilidade técnica, ambiental e socioeconômica, assim como a aferição de resultados e benefícios, para que os gestores tenham segurança para implementar esse tipo de projeto. Dessa maneira, metodologias expeditas e que possam ser aplicadas às diversas situações possíveis, contribuem para a transparência, participação social e equidade na avaliação de prioridades dentro de um mesmo recorte territorial, além de dar legitimidade às decisões.

Nesse contexto foi estabelecida a questão de pesquisa:

Quais os elementos e procedimentos chave na definição das prioridades de intervenção em cursos de água em um dado recorte territorial?

E então definidas as hipóteses da pesquisa:

- A escolha dos cursos de água prioritários para intervenções físicas pode ser conduzida com base em indicadores sociais, ambientais e econômicos, utilizando-se métodos multicriteriais.
- Essa sistematização facilita a participação das diversas partes interessadas, em especial da comunidade local, a qual, muitas vezes, não possui conhecimento técnico sobre o assunto.
- A sistematização e maior participação social conduzem a maior respaldo, efetividade e eficiência das escolhas.

O sistema proposto tem por finalidade definir áreas prioritárias para essas intervenções, de acordo com a vulnerabilidade das funções e serviços fluviais. Na sequência as alternativas viáveis são avaliadas e escolhida a de melhor desempenho ambiental, hidráulico, sanitário e econômico. Esse sistema pode ainda ser utilizado na fase de monitoramento e avaliação das intervenções, pois os indicadores podem ser reavaliados e comparados aos valores obtidos antes da implantação dos projetos. O tipo de intervenções consideradas neste estudo compreendem ações de reabilitação ou restauração da calha e suas margens. Apesar da avaliação partir de uma visão do que ocorre também na bacia o foco será o tratamento dos fundos de vale.

Apesar da avaliação de áreas prioritárias proposta poder ser aplicada em qualquer tipo de bacia, urbana, rural ou mista, sua aplicação em áreas urbanas ou mistas permite a exploração de maior gama de aspectos e reflexões mais aprofundadas. Tal vantagem está associada à maior complexidade das áreas urbanas, onde os aspectos sociais ganham maior importância e precisam ser inseridos na avaliação. Dessa maneira o estudo de caso a ser realizado no Capítulo 8 foi feito em uma bacia urbana, Bacia do Córrego Bonsucesso em Belo Horizonte.

Atualmente os principais agentes realizadores de intervenções em cursos de água são as prefeituras municipais. Os Estados e a União atuam geralmente como financiadores dos projetos, mas a execução é geralmente competência do município, e em alguns casos, tem-se a execução por associações e ONGs. Portanto, a Administração Municipal, por meio das suas secretarias de meio ambiente ou de recursos hídricos, ou autarquias responsáveis pelo planejamento e execução de ações de drenagem e tratamento de fundo de vales, são os potenciais usuários do procedimento apresentado.

As agências de bacia começam a se estruturar, com isso o recurso da cobrança pelo uso da água tem sido aplicado prioritariamente na elaboração dos planos de bacia e outros instrumentos de gestão, de maneira que são poucos os exemplos de intervenções físicas com recursos da cobrança. Entretanto, com a perspectiva das agências de bacia começarem a realizar intervenções físicas, elas são consideradas potenciais usuárias do modelo proposto neste estudo.

De forma mais geral, qualquer órgão ou entidade que elabore planos ou programas de intervenções fluviais é potencial utilizador do Sistema de Auxílio à Decisão - SAD desenvolvido.

A construção do SAD iniciou-se pela revisão da literatura cuja síntese e discussões pertinentes são apresentadas nos capítulos 3, 4 e 5.

A revisão da literatura permitiu o estabelecimento de referencial teórico e da primeira versão do SAD. Essa primeira versão foi submetida à avaliação de especialistas e partes interessadas no processo por meio de entrevistas realizadas em outubro e novembro de 2014. O SAD foi objeto ainda de discussões com pesquisadores do Insa de Lyon durante o estágio para complementação de estudos no exterior.

Pode-se afirmar que diversas críticas e considerações possíveis sobre tomada de decisão para priorização de intervenções foram amplamente avaliadas, sendo a versão final do SAD apresentada no Capítulo 6.

A estrutura desta tese compreende este capítulo introdutório, a apresentação dos objetivos e etapas metodológicas no Capítulo 2 e a revisão da literatura subdividida nos capítulos 3 – Legislação relativa à gestão de recursos hídricos, de meio ambiente, de águas urbanas; 4 - Intervenções fluviais – conceitos e metodologias e 5 - Sistemas de auxílio à decisão. No Capítulo 6 são desenvolvidas as discussões quanto aos critérios e estrutura do SAD. O SAD é apresentado no Capítulo 7 - Sistema de auxílio à decisão para planejamento de intervenções em cursos de água. A aplicabilidade e limitações do SAD foram testadas em um estudo de caso apresentado no Capítulo 8. No Capítulo 9 são apresentadas as conclusões e recomendações da pesquisa, acrescentando-se ainda à estrutura deste trabalho os itens finais correspondentes às referências bibliográficas e aos apêndices.

2 OBJETIVOS E ETAPAS METODOLOGICAS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral é:

Realizar avaliação integrada dos aspectos ambientais, sociais, técnicos e de custos e estabelecer procedimento para orientação do planejamento de intervenções em cursos de água no tocante a alternativas de projeto e identificação de trechos prioritários.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Definir os aspectos mais relevantes para a avaliação da prioridade de intervenções fluviais, por meio de revisão da literatura e entrevistas a especialistas.
- Propor sistema de indicadores e pesos para a hierarquização das ações.
- Propor sistema de auxílio à decisão para planejamento de intervenções em cursos de água, integrando a priorização de áreas a intervir com a avaliação da melhor alternativa de projeto tratado por Evangelista (2011).
- Avaliar o SAD e verificar sua pertinência por meio de sua aplicação em estudo de caso.

2.3 Etapas Metodológicas

Neste item será apresentada a metodologia utilizada para definição dos critérios e da estrutura do Sistema de Auxílio à decisão proposto no Capítulo 7. Para o desenvolvimento desta pesquisa foram estabelecidas dez etapas: 1 – revisão da literatura; 2 – proposição dos critérios e do modelo preliminar de priorização; 3 – avaliação dos critérios e do modelo de priorização; 4 – consolidação dos critérios e do modelo de priorização; 5 – definição da forma de mensuração dos indicadores; 6 – definição da metodologia para estabelecimento dos pesos dos subindicadores e indicadores; 7 – Aplicação do método Electre III para avaliação de alternativas de

projeto; 8 – estudo de caso; 9 – Avaliação de instrumentos de representação gráfica dos resultados; 10 – Consolidação final do SAD, conclusões e recomendações.

2.3.1 Revisão da literatura

A Revisão da literatura contemplou temas relacionados à restauração de rios e modelos de priorização, assim como ferramentas metodológicas aplicáveis ao estudo proposto. Entre os temas de maior contribuição para o desenvolvimento da pesquisa podem-se citar:

- Legislação relacionada;
- Processo de urbanização das cidades e o conceito de “Green City” – cidades verdes;
- Geomorfologia fluvial;
- Recuperação de áreas degradadas e matas ciliares;
- Restauração de rios, técnicas, abordagens e planejamento;
- Serviços ecossistêmicos;
- Metodologias para priorização, com destaque para aquelas aplicáveis a ações ou projetos em ambiente fluvial;
- Metodologia de análise de dados qualitativos e metodologia *survey*;
- Metodologias para definição de critérios e pesos de indicadores;
- Sistemas de auxílio à decisão e métodos multicriteriais.

2.3.2 Proposição dos critérios e do modelo preliminar de priorização

A partir da revisão da literatura foram propostos o rol de critérios e o modelo preliminares para o procedimento de priorização das intervenções em cursos de água. A etapa seguinte constituiu-se da avaliação da pertinência desses critérios e da adequação da estrutura de avaliação.

2.3.3 Avaliação dos critérios e do modelo preliminar de priorização

Há poucas referências específicas para priorização de áreas de intervenções em cursos de água, as quais em sua maior parte referem-se a estudos desenvolvidos fora do Brasil

(Alvarez-Guerra, 2010; Trenholm *et al.*, 2013; Birol *et al.*, 2010; Lindhe *et al.*, 2011; Brierley e Fryirs, 2000; Rutherford *et al.*, 2000; Cleirici e Vogt, 2013; Bendix e Hupp, 2000; Almansa e Martínez-Paz, 2011; Oldford, 2013; Cleirici e Vogt, 2013). Essa constatação, aliada à interveniência de fatores socioeconômicos, culturais e políticos no processo de priorização, indicaram a necessidade de um levantamento específico para a realidade brasileira. Esse levantamento poderia ser feito por meio de consulta às partes interessadas com aplicação de questionários ou realização de entrevistas.

Como o processo de priorização de áreas para intervenção em cursos de água ainda não está completamente estruturado e formalizado, o desenho amplo das entrevistas com flexibilidade para redirecionamento das questões foi considerado o mais adequado. Ademais, em entrevistas com especialistas trabalha-se geralmente com roteiro semiestruturado, pois o maior interesse está no entrevistado enquanto representante de um grupo do que como pessoa (Flick, 2009). Assim, optou-se por utilizar entrevistas semiestruturadas com as partes interessadas no processo, especialistas e atores com vivência em processos de discussão e tomada de decisão em ambiente fluvial. Tal escolha justifica-se ainda pelo fato de a questão de pesquisa e a revisão da literatura terem permitido estabelecer questões direcionadas às informações necessárias, mas que ao mesmo tempo permitissem ao entrevistado abrir o leque de interpretações e concepções ainda não registradas pela literatura.

O roteiro de entrevistas, Apêndice I, demandava dos entrevistados, entre outras questões, que eles apontassem quais critérios deveriam ser considerados no planejamento e priorização de intervenções em cursos de água. Após a indicação pelo entrevistado, era solicitado que considerassem o rol de critérios obtido da literatura e apontassem a sua pertinência ou não. Então, era solicitado aos entrevistados que indicassem qual a ordem de prioridade do rol final de critérios. Questões relativas à avaliação do processo de tomada de decisão em intervenções fluviais também foram objeto da entrevista.

A amostragem desta etapa da pesquisa foi feita por meio da definição de casos (ou perfis) críticos, ou de maior relevância, dos representantes das principais classes profissionais com atuação em estudos e projetos em ambiente fluvial, assim como interessados de forma geral nas intervenções em cursos de água. Partiu-se de um grupo

pré-selecionado, e na medida em que as entrevistas eram realizadas foi avaliada a necessidade e a possibilidade de incluir novos entrevistados, utilizando-se a técnica “bola de neve” para seleção dos novos informantes.

Para o primeiro grupo de técnicos foram selecionados profissionais de áreas presentes nos estudos da revisão da literatura e de atuação frequente em projetos de restauração de cursos de água e gestão de bacias hidrográficas. As áreas selecionadas foram:

- geografia com foco em geomorfologia fluvial e espaço urbano;
- biologia aplicada em recuperação de áreas degradadas e ecologia;
- hidráulica e hidrologia em ambiente fluvial;
- sociologia aplicada à mobilização social em projetos em ambiente fluvial;
- arquitetura e urbanismo;
- gestão de recursos hídricos;
- licenciamento ambiental de projetos de intervenções em rios;
- planejamento urbano, projeto e execução de sistemas de drenagem pluvial e tratamento de fundos de vale.

No segundo grupo de interessados foram selecionados membros de comitês de bacias hidrográficas e técnicos de agências de bacias.

A esses dois grupos inicialmente selecionados foram incorporados outros técnicos indicados pelos entrevistados e que se enquadravam nas categorias retro citadas e representantes da população. Foram entrevistados três líderes comunitários de bacias com histórico de mobilização e atuação nos processos de planejamento das intervenções em cursos de água pela prefeitura de Belo Horizonte. O roteiro de entrevista foi adaptado para esses líderes comunitários e pode ser consultado no Apêndice I.

Ao final do trabalho foram entrevistadas 30 pessoas em outubro e novembro de 2014. Esses profissionais e atores têm atuação principalmente no município de Belo Horizonte e no estado de Minas Gerais, devido à limitação de tempo e recursos. Entende-se, entretanto, que os resultados das entrevistas são válidos e podem ser adaptados e utilizados como referência em outras regiões. Tal conclusão se baseia no fato de Minas

Gerais ser um dos estados onde o modelo de gestão de recursos hídricos estabelecido na Lei Federal 9.433 de 1997 encontra-se em estágio mais avançado de implementação, o que cria o ambiente propício para a discussão realizada.

As entrevistas foram realizadas presencialmente com uso de gravadores, os resultados foram transcritos e procedida à análise categorial (Bardin, 2009), para então, consolidar o rol de critérios, Capítulo 6.

2.3.4 Consolidação dos critérios e do modelo de priorização

Após a avaliação dos critérios e do processo de tomada de decisão pelos entrevistados, procedeu-se à discussão da estrutura do SAD com pesquisadores franceses com ampla experiência em sistemas de auxílio à decisão. Essa etapa foi realizada durante o estágio para complementação de estudos no exterior no INSA de Lyon. Ainda com a finalidade de aprimorar critérios e estrutura do SAD foram realizadas entrevistas com técnicos e pesquisadores com atuação na gestão de rios na França. Nesse momento a estrutura de avaliação em três eixos, estado, pressão e custos teve mais uma vez suas fragilidades evidenciadas. Aprofundou-se ainda a discussão dos métodos de análise multicritério e de definição dos pesos dos indicadores com escolha para este estudo do Electre III, Electre Tri e método de Simos.

Após essa etapa da pesquisa concluiu-se que a priorização mais completa e adequada aos problemas da gestão de rios deveria partir da avaliação dos serviços ecossistêmicos. A avaliação que permitiria a adequada interpretação da interação entre sistema ambiental e sistema social deveria partir do conhecimento dos serviços ecossistêmicos da bacia e da influência das atividades antrópicas na sua manutenção. Assim, buscou-se entender quais seriam os serviços ecossistêmicos relacionados aos cursos de água, ou serviços fluviais, o que será objeto de discussão neste item 6.3. O modelo conceitual que melhor se adaptou ao problema foi a matriz DPSIR, que permitiu a interpretação das relações entre atividades antrópicas, alterações do meio e impactos sobre os serviços fluviais. Essa matriz permitiu a definição dos indicadores e subindicadores apresentados no item 7.4.2.

2.3.5 Definição da forma de mensuração dos indicadores

A forma de mensuração dos indicadores foi estabelecida com base na revisão da literatura, com destaque para as referências citadas na Tabela 5-2. Houve uma tentativa inicial de se estabelecer indicadores quantitativos, mas que nos primeiros testes mostraram-se insuficientes para abarcar a grande variabilidade de situações. Assim, foram definidas as escalas qualitativas apresentadas no Capítulo 7.

2.3.6 Definição da metodologia para estabelecimento dos pesos dos indicadores e subindicadores

Etapa I: A metodologia utilizada nesta pesquisa foi o jogo de cartas para os pesos dos indicadores de impacto sobre os serviços fluviais, que requerem maior envolvimento das partes interessadas. Já para os subindicadores de estado a definição dos pesos é feita pelo analista quando da avaliação para o caso concreto, utilizando-se da escala: Não é relevante – 0; Pouco relevante – 1; Relevante-2; Muito relevante-3.

Etapa II: Os pesos definidos para a avaliação de alternativas foram os propostos por Evangelista (2011) que resultaram da consulta a especialistas. Para a sistemática com Topsis-Pareto foi mantido o mesmo referencial. Para a sistemática com o Electre III, objeto desta pesquisa, foi deixado a cargo do analista avaliar o peso do indicador de custos e adaptando os pesos para os indicadores de desempenho de Evangelista (2011) para que a somatória seja mantida igual a 1,0.

2.3.7 Aplicação do método Electre III para avaliação de alternativas de projeto

Em Evangelista (2011) foi proposta uma sistemática de avaliação de alternativas de projeto para intervenções fluviais com base em avaliação multicriterial com indicadores de desempenho e custos. A segunda etapa do SAD, avaliação de alternativas de projeto, foi feita com base nessa sistemática que foi testada, neste estudo, para a agregação de indicadores pelo método Electre III, amplamente testado na literatura e de reconhecida robustez.

2.3.8 Estudo de Caso

Para a verificação da pertinência do SAD foi escolhida a Bacia do Córrego Bonsucesso, situada na região sul do município de Belo Horizonte. Trata-se de uma bacia urbana

com a maior parte dos cursos de água em leito natural e em diferentes estados de preservação. A bacia está inserida no Programa Drenurbs da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, município localizado no sudeste do Brasil, que tem por objetivo priorizar a utilização de soluções alternativas de intervenção em cursos de água com maior integração social e ambiental.

Algumas intervenções previstas no Programa Drenurbs para a bacia foram implementadas dentro de uma escala de prioridades estabelecida pela prefeitura de Belo Horizonte. Outras ações previstas e ainda não implementadas aguardam disponibilidade de recursos, ou articulação com outros órgãos como COPASA (Companhia de Saneamento do Estado de Minas Gerais) e URBEL (Companhia Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte), ou ainda a finalização do processo de contratação.

Estar inserida no programa Drenurbs e ter havido priorização das ações, com alguns resultados já mensuráveis demonstrou a forte indicação da bacia para realização do estudo de caso. A verificação da pertinência do SAD consistiu da aplicação do procedimento proposto à bacia, com base nos dados disponíveis à época da definição das ações do programa, obtendo-se então a escala de prioridades de acordo com o SAD proposto que pôde ser comparado com as escolhas feitas pela prefeitura.

Foram utilizados os estudos e projetos realizados pela prefeitura, e feita a avaliação dos principais problemas verificados nos estudos de viabilidade: inundações, processos erosivos, baixa qualidade da água devido ao lançamento de esgoto e de resíduos sólidos urbanos. A partir desses dados procedeu-se à avaliação mais geral apresentada no item 8.2, como item introdutório do estudo de caso.

A etapa referente à definição dos trechos homogêneos foi suprimida do estudo de caso devido ao interesse em comparar a priorização do SAD com a feita pela prefeitura. A prefeitura subdividiu a rede fluvial da bacia em vinte e nove trechos, em função da estrutura hidrográfica, das características de ocupação da bacia e impacto dos cursos de água, o que guarda coerência com a proposta de divisão em trechos homogêneos proposta no item 7.3.

Etapa I

Na sequência procedeu-se à estimativa dos subindicadores de estado, e a partir desses foram obtidos os indicadores de impacto sobre os serviços fluviais do SAD e sua agregação segundo as prioridades em termos de serviços ecossistêmicos da bacia. Foi avaliada a influência do cenário de desenvolvimento da bacia, caracterizado principalmente pela consolidação da ocupação urbana informal, e a partir desse cenário a reavaliação das prioridades e definição do mapa de priorização de áreas final, Figura 8-27.

Os serviços ecossistêmicos prioritários na bacia, que correspondem aos pesos dos indicadores de impacto, foram obtidos por meio de consulta a líderes comunitários da bacia do Bonsucesso e de membros do Subcomitê do Ribeirão Arrudas, que tem o Bonsucesso como um de seus afluentes. Destaca-se que a bacia do Ribeirão Arrudas é uma sub-bacia do Rio das Velhas, não havendo registro no Estado ou no Brasil desse modelo de gestão de recursos hídricos, por meio de subcomitês, em um recorte menor que permite discussões quanto a questões locais.

A consulta dos pesos foi realizada por meio da aplicação do método de Simos (jogo de cartas), indicado para definição de pesos de indicadores. De acordo com o perfil do consultado e seu nível de inclusão digital foram utilizados os formulários apresentados no apêndice II, com aplicação por e-mail, ou presencialmente na forma clássica do “jogo de cartas”. Foram utilizados dois formulários porque, de acordo com o perfil dos membros do subcomitê, alguns deles residiam em outros dois municípios, ou eram funcionários de indústrias e empresas não localizadas na bacia do Córrego Bonsucesso, e poderiam não enxergar a realidade específica da bacia em estudo. Diante disso, para aos residentes na bacia do Córrego Bonsucesso o questionamento foi direto sobre os serviços fluviais prioritários dessa bacia, e para os membros do subcomitê sobre as prioridades para o Arrudas. Essa avaliação permitiria avaliar o grau de distanciamento das necessidades das bacias do Arrudas e do Bonsucesso, bem como a validade dos resultados de uma possível consulta somente ao subcomitê.

O SAD foi aplicado utilizando o método da média ponderada e o método Electre Tri para a priorização. Os gráficos, listas hierarquizadas e mapas foram elaborados para os vinte e nove trechos do programa e seus resultados são apresentados no Capítulo 8.

Etapa II

Nessa parte do estudo de caso foi utilizada a sistemática de Evangelista (2011) e os resultados obtidos para o estudo de caso realizado naquele estudo, o qual compreendeu sete trechos da bacia do Córrego Bonsucesso, em uma análise desempenho-custo para três alternativas de projeto. Os resultados obtidos no estudo de Evangelista (2011) foram comparados com os obtidos com a hierarquização pelo método Electre III para o mesmo recorte, mesmos indicadores e mesmas alternativas. A apresentação dos resultados e a avaliação comparativa constam do Capítulo 8.

2.3.9 Avaliação de instrumentos de representação gráfica dos resultados

Para a representação dos resultados foram utilizadas listas com os valores dos indicadores de impacto sobre os serviços fluviais definidos pelos membros do subcomitê e da comunidade como mais importantes. Esses dados foram representados na forma de gráficos de barra, gráfico radar e de mapas. Esses indicadores de impacto foram agregados e obtida a classificação de vulnerabilidade (priorização pela vulnerabilidade) da bacia pelo método da média ponderada e pelo Electre Tri, essa classificação foi representada em forma de tabela e mapa. Essa priorização foi reavaliada considerando o cenário de desenvolvimento e apresentado o mapa de priorização final.

2.3.10 Consolidação final do SAD, conclusões e recomendações.

Com a aplicação do estudo de caso foi constatada a possibilidade de avaliar de forma integrada o indicador de impacto sobre a manutenção de fauna e flora e de manutenção de serviços ecossistêmicos. Alguns indicadores tiveram suas escalas de avaliação ampliadas ou flexibilizadas para abarcar maior diversidade de tipo de dados disponíveis. O aprimoramento da metodologia é apresentado na versão final, Capítulo 8. As conclusões e recomendações contemplam reflexões e resultados provenientes de todo o estudo desenvolvido, embasadas nos vários capítulos desta tese, essas considerações são apresentadas no Capítulo 9.

3 LEGISLAÇÃO

3.1 Considerações iniciais

Neste capítulo será abordada a legislação brasileira relacionada às políticas de meio ambiente, recursos hídricos e desenvolvimento urbano, no que diz respeito às intervenções fluviais. Será possível, assim, identificar os princípios/diretrizes norteadores dessas políticas, as limitações para implantação de projetos de intervenções em cursos de água, e os principais atores envolvidos no processo, com suas respectivas competências.

A Constituição da República (BRASIL, 1988) estabeleceu como direito de todos o meio ambiente ecologicamente equilibrado, e impôs ao “Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Com intuito de assegurar esse direito, atribuiu ao Poder Público o dever de “preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas” (BRASIL, 1988). Definiu, ainda, como competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, a proteção ao meio ambiente, assim como a promoção de programas de melhoria das condições de saneamento básico.

As questões ambientais possuem amplo arcabouço legal, compreendendo as Constituições da República e dos Estados, diversas Leis Federais, Estaduais e Municipais, Resoluções e Diretrizes Normativas dos diversos órgãos e conselhos ambientais existentes. A legislação ambiental possui importante interface com a legislação sobre ordenamento urbano e recursos hídricos, sendo prevista a integração e articulação entre as gestões ambiental, de recursos hídricos e de uso e ocupação do solo.

Neste trabalho, será dado enfoque à legislação federal, por conter as diretrizes dessas políticas, a serem seguidas por todos os entes da federação. Quanto à atuação dos estados, será apresentado o arcabouço institucional dos estados da Região Sudeste, por terem legislação e estrutura que servem, muitas vezes, de referência aos demais estados. Pelos mesmos motivos, quanto a municípios, tomou-se como parâmetro o município de Belo Horizonte.

Dentro desse universo, observa-se a complementariedade de atribuições entre órgãos e entidades, mas também sobreposição de determinadas competências. Quando se destaca

as intervenções em recursos hídricos, verifica-se que os responsáveis pela normatização estão bem definidos. Entretanto, ao se tentar identificar os tomadores de decisão e os executores dessas ações, encontram-se vários atores implementando intervenções em cursos de água sem a necessária articulação.

Como atuação complementar à regulação, planejamento e execução das ações em meio ambiente, tem-se o papel dos agentes fiscalizadores, dentre os quais se destaca o Ministério Público, a quem a Constituição da República (BRASIL, 1988) atribuiu a função de defensor do meio ambiente, entre outros direitos difusos e coletivos. A atuação do Ministério Público em processos de licenciamento e na fiscalização de impactos ambientais, tem sido por muitas vezes alvo de críticas ou de grande apoio pelas diversas partes interessadas. Entretanto, é indiscutível o importante papel dessa instituição, em especial no tocante à promoção de discussões e envolvimento da população nas questões ambientais, mostrando-se um importante ator nesses processos de tomada de decisão.

3.2 Política Urbana

A Constituição da República (BRASIL, 1988) conferiu ao município a competência de “promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano” de maneira a “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”.

A política urbana do Brasil foi então estabelecida pela Lei nº.10.257 de 10 de julho de 2001 (BRASIL, 2001), Estatuto da Cidade. Essa Lei fixa no Art. 2º, entre outras diretrizes: a garantia do direito a cidades sustentáveis e ao saneamento; a gestão democrática e participativa quanto a planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano; a ordenação e controle do uso do solo de maneira a evitar a poluição e a degradação ambiental; e a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído.

O instrumento básico dessa política é o Plano Diretor, obrigatório para cidades: com mais de vinte mil habitantes; integrantes de região metropolitana; pertencentes a áreas de especial interesse turístico; ou inseridas em áreas sob influência de empreendimentos

ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional (BRASIL, 2001).

O Plano Diretor do município traça as diretrizes para o seu desenvolvimento urbano e pode ser definido como:

um plano que, a partir de um diagnóstico científico da realidade física, social, econômica, política e administrativa da cidade, do município e de sua região, apresentaria um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento socioeconômico e futura organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infraestrutura e de elementos fundamentais da estrutura urbana, para a cidade e para o município, propostas estas definidas para curto, médio e longo prazos, e aprovadas por lei municipal (VILLAÇA, 1999).

Destaca-se dentre os outros instrumentos de implementação da política urbana, a lei de uso e ocupação do solo. Essa lei estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município. De especial importância para este estudo são as áreas de interesse social¹, que geralmente são submetidas a regras especiais para sua urbanização, assim como as áreas *non aedificandi* estabelecidas ao longo de ferrovias, rodovias e margens de cursos de água. A Lei nº 7.166, de 27 de agosto de 1996 (BELO HORIZONTE, 1996b), estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município de Belo Horizonte e prevê no § 6º do inciso V do Art. 17:

III - nos projetos de parcelamento realizados ao longo de águas canalizadas, é obrigatória a reserva, em cada lado, a partir de sua margem, de faixa de segurança *non aedificandae*, cujas dimensões serão estabelecidas pelo Executivo, até o máximo de 15,00m (quinze metros) de largura.

§ 7º - As áreas *non aedificandae* devem ser identificadas na planta de aprovação do parcelamento. (BELO HORIZONTE, 1996b)

Na mesma lei encontra-se a previsão de construção de parques lineares e orientação para manutenção de determinados cursos de água em leito natural:

Art. 86-C - No parcelamento das áreas lindeiras aos principais cursos d'água da ADE² de Interesse Ambiental do Isidoro, em especial do Ribeirão do

¹ **Áreas de interesse social** - áreas edificadas originárias de conjuntos habitacionais de interesse social ou que tenham sido ocupadas de forma espontânea, nas quais há interesse público em ordenar a ocupação por meio de implantação de programas habitacionais de urbanização e regularização fundiária, urbanística e jurídica, visando à promoção da melhoria da qualidade de vida de seus habitantes e à sua integração à malha urbana. (BELO HORIZONTE, 1996b)

² ADE – Área de Diretrizes Especiais – são as que, por suas características, exigem a implementação de políticas específicas, permanentes ou não, podendo demandar parâmetros urbanísticos, fiscais e de funcionamento de atividades diferenciados, que se sobrepõem aos do zoneamento e sobre eles preponderam. (BELO HORIZONTE, 1996b)

Isidoro, do Córrego dos Macacos e do Córrego da Terra Vermelha, será prevista a implantação de parques lineares destinados a atividades de lazer, preservação e requalificação ambiental, respeitado o disposto na legislação específica.

§ 1º - Os parques lineares de que trata o caput deste artigo deverão, sempre que possível, interligar-se com as áreas definidas como ZPAM³, de modo a criar eixos contínuos de preservação ambiental, e deverão ser implantados nas áreas delimitadas pelas cotas máximas de cheia, a serem definidas de acordo com estudos técnicos específicos.

§ 2º - Todos os córregos na área da ADE de Interesse Ambiental do Isidoro devem ser mantidos em leito natural, ressalvadas as transposições do sistema viário quando não houver alternativa tecnicamente viável, devendo ser evitadas, em todos os casos, as movimentações de terra junto a esses córregos. (BELO HORIZONTE, 1996b com redação alterada pela Lei nº 9.959, de 20/7/2010).

Como condição para a implantação de empreendimentos, o Estatuto da Cidade prevê a realização de Estudo de Impacto Ambiental – EIA. O EIA está previsto também na Lei Federal nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981) e detalhado na Resolução CONAMA⁴ nº. 01 de 23 de janeiro de 1986 (BRASIL, 1986) e tem por objetivo identificar os impactos ambientais provenientes do empreendimento.

As políticas urbanas atuais têm buscado o ordenamento orientado por modelos de ocupação que garantam desenvolvimento econômico, qualidade de vida, manutenção da relação homem natureza, segurança, apoio e infraestrutura básica para comunidades marginalizadas e a participação social.

A regulação urbana direciona as intervenções no sentido de se construir cidades sustentáveis, permitindo a coexistência das atividades urbanas com áreas verdes, parques, corredores verdes e azuis com cursos de água abertos e sempre que possível em leito natural. Apesar de inseridas em ambiente urbano essas áreas verdes que são de interesse ambiental precisam atender também à legislação específica de áreas protegidas, a qual define quais áreas devem ser preservadas e em qual extensão, como será tratado no item seguinte.

3.3 Áreas protegidas nas margens de cursos de água

Envolvendo áreas urbanas e rurais, foi concluída em 2012 a revisão do Código Florestal Brasileiro, com a promulgação da Lei nº. 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012). Essa Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação - Áreas de

³ ZPAM - Zona de Proteção Ambiental

⁴ CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

Preservação Permanente - APPs⁵ e de Reserva Legal⁶ -, e atividades relacionadas à exploração florestal e sua proteção contra incêndios. Entre seus princípios, está a “responsabilidade comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais”, inciso IV do Art. 1º. (BRASIL, 2012).

Para a compreensão das determinações dessa lei é importante conhecer os seguintes conceitos por ela utilizados:

- nascente - afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso de água;
- olho d'água - afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente;
- Leito regular - calha por onde correm regularmente as águas do curso de água durante o ano;
- área verde urbana - compreende espaços, públicos ou privados, com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para construção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais;
- várzea de inundação ou planície de inundação - áreas marginais a cursos de água sujeitas a enchentes e inundações periódicas;
- faixa de passagem de inundação - área de várzea ou planície de inundação adjacente a cursos de água que permite o escoamento da enchente.

⁵ **Área de Preservação Permanente** – área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas - Código Florestal (Brasil, 2012).

⁶ **Reserva Legal** - área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12 da Lei 12.651/2012, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa - Código Florestal (Brasil, 2012).

Dentre as determinações do Código Florestal de maior interesse para as intervenções em cursos de água estão aquelas relacionadas às APPs que podem estar localizadas em zonas rurais ou urbanas, com áreas mínimas de preservação definidas de acordo com as larguras indicadas na Tabela 3-1.

Tabela 3-1: Larguras mínimas de APP para cursos de água
faixas marginais de qualquer curso de água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros⁷

Largura do curso de água – B(m)	Largura mínima da APP desde a borda da calha do leito regular (m)
B < 10	30
10 < B < 50	50
50 < B < 200	100
200 < B < 600	200
B > 600m	500

O estabelecimento das faixas de proteção de APPs foi um dos pontos que gerou maior polêmica quando da discussão do novo Código Florestal no Congresso Nacional. Algumas das principais críticas dizem respeito à falta de justificativa técnica para a fixação das faixas de proteção e à falta de clareza quanto ao ponto para a medição da extensão da faixa.

De fato, diante da complexidade dos processos ecológicos, a definição da faixa de proteção em função somente da largura do curso de água pode ser qualificada como simplista. Critérios como o tipo de cobertura vegetal, tipo de solo, geomorfologia fluvial, fatores climáticos, entre outros, possuem grande relevância quanto ao papel desempenhado pelas matas ciliares e de galeria e deveriam ser considerados.

A faixa de proteção foi estabelecida a partir da borda da calha do leito regular, que conforme definição do Código Florestal, corresponde à calha por onde correm regularmente as águas do curso de água durante o ano. Essa definição é vaga e incoerente, já que o regime hidrológico possui grandes variações de vazões durante o ano. Uma adequada definição para esse ponto seria a cota atingida por uma vazão de referência, a qual deveria ser fixada em função de parâmetros como tempo de retorno, vazão média anual, etc.

⁷ **Cursos de água efêmeros** - os que se formam somente quando há fortes chuvas.

A vegetação situada em APP deve ser mantida pelo proprietário, ocupante ou possuidor da área, que, no caso de ter ocorrido sua supressão, é obrigado a promover a recomposição da vegetação, ressalvados os usos autorizados previstos na referida Lei, artigos 7º e 8º (BRASIL, 2012). Alguns desses casos de intervenção ou supressão permitida são os de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental.

A lei não faz diferenciação entre zona urbana ou rural e as regras estabelecidas são de difícil aplicação em áreas urbanas. Nessas áreas o processo de ocupação das margens encontra-se em grande parte consolidado, principalmente por habitações irregulares e precárias. A recuperação dessas áreas está geralmente associada a grande impacto social e elevados custos, devido à necessidade de remoção ou reassentamento das famílias que ali vivem. Apesar de não fazer diferenciação entre as faixas de APP em áreas urbanas e rurais, o legislador previu tratamento diferenciado em situações específicas.

O Art.65 do Código Florestal (BRASIL, 2012) permite a regularização fundiária de interesse específico dos assentamentos inseridos em área urbana consolidada e que ocupem APPs. Desde que não sejam identificadas como áreas de risco, a regularização ambiental será admitida por meio da aprovação do projeto de regularização fundiária, na forma da Lei nº. 11.977 de 7 de julho de 2009 (BRASIL, 2009). Verifica-se aqui a convergência quanto ao entendimento de que para áreas de ocupação consolidada, mesmo que ocupadas de forma irregular, o tratamento a ser dado deve ser diferenciado, assim como ocorre na legislação referente a parcelamento, uso e ocupação do solo. O § 2º do art.65 do Código Florestal determina que para a referida regularização ambiental, de qualquer curso de água, deve ser mantida faixa não edificável com largura mínima de quinze metros de cada lado. Complementa ainda o § 3º que “em áreas urbanas tombadas como patrimônio histórico e cultural, essa faixa não edificável poderá ser redefinida de maneira a atender aos parâmetros do ato do tombamento”.

Além da dificuldade para localização da faixa a ser protegida nas margens de cursos de água, existe uma sobreposição de Leis na definição dessa faixa, o que algumas vezes gera dúvidas, conforme apontado por Cardoso (2012). Entretanto, uma leitura mais criteriosa permite entender a prevalência do Código Florestal. Esse, conforme discutido, estabelece a faixa de APP, ou seja, de vegetação a ser preservada ou reconstituída, de no mínimo 30m para cursos de água com largura inferior a 10m. A Lei nº. 6.766 de 19 de

dezembro de 1979 (BRASIL, 1979), que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano determina em seu Art. 4º., a manutenção de faixa não-edificável de no mínimo 15m de largura, ao longo dos cursos de água, mas ressalva que se trata de faixa mínima e que as demais legislações que tratam do assunto devem ser verificadas. A maior dificuldade está em conseguir desocupar e restaurar essa faixa mínima de 30m em áreas urbanas densamente ocupadas.

O Código Florestal considera ainda, como área de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, aquelas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades (BRASIL, 2012):

- conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;
- proteger as restingas ou veredas;
- proteger várzeas;
- abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;
- proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;
- formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
- assegurar condições de bem-estar público;
- auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares;
- proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional.

Percebe-se o intuito de preservar não somente ecossistemas de especial interesse ecológico, mas também, aqueles de interesse social e de segurança nacional. Como forma de assegurar o custeio da criação e manutenção dessas áreas protegidas, o Estatuto da Cidade previu a criação de programas de incentivo à conservação do meio ambiente, que compreendam o pagamento ou incentivo a serviços ambientais. Esse incentivo pode ser com retribuição monetária ou não às atividades de conservação e melhoria dos ecossistemas, que gerem serviços ambientais, a conservação das águas e dos serviços hídricos e a manutenção de áreas de APP, Reserva Legal e de uso restrito.

Outros instrumentos econômicos são previstos como forma de compensação e incentivo à conservação dessas áreas, tais como: dedução de áreas de APP e de Reserva Legal da base de cálculo do Imposto sobre Propriedade Territorial Rural; isenção de impostos sobre equipamentos e insumos necessários à recuperação e manutenção de áreas de APP e reserva legal; destinação de parte dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso da água para manutenção e recomposição dessas áreas.

Diante das exigências do Código Florestal verifica-se que projetos de intervenção em cursos de água devem prever a restauração da faixa de APP, exceto para os casos previstos nos artigo 8º, que correspondem a áreas de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental. Nesses casos poderiam ser inseridas as áreas ribeirinhas ocupadas por vilas e favelas, com grande número de famílias a serem remanejadas e que não se enquadrem como áreas de risco.

Destaca-se o crescente incentivo para projetos e ações que visem à preservação e restauração de vegetação nativa, em especial em nascente e APPS. Como exemplos de incentivos monetários já implantados podem ser citados a bolsa verde do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais – IEF-MG, o Programa Produtor de água da Agência Nacional de Águas – ANA e o Programa Estadual de Conservação da Água do Governo do Estado de Minas Gerais.

A Bolsa Verde, Lei 17.727 de 13 de agosto de 2008 (MINAS GERAIS, 2008), concede uma bolsa como pagamento por serviços ecossistêmicos aos proprietários e posseiros que preservem ou que se comprometem a recuperar a vegetação de origem nativa em suas propriedades ou posses. A prioridade é para agricultores familiares e pequenos produtores rurais, sendo também contemplados produtores cujas propriedades estejam localizadas no interior de unidades de conservação e sujeitos à desapropriação.

O programa Produtor de Água também está baseado no pagamento de serviços ecossistêmicos relacionados com a preservação hídrica. O programa oferece apoio técnico e financeiro a projetos que visem à redução da erosão e assoreamento de mananciais no meio rural, propiciando melhoria da qualidade e quantidade de água nas bacias hidrográficas. Alguns tipos de projetos que podem ser beneficiados pelo programa são a construção de terraços, bacias de infiltração, recuperação e proteção de nascentes, reflorestamento de áreas de proteção permanente e reserva legal. Trata-se de

modelo orientado pelo princípio do provedor-recebedor, fornecendo um benefício financeiro ao proprietário que fizer sua adesão. Entretanto, os benefícios vão além do recurso financeiro e técnico, pois há reflexos ecológicos positivos nas áreas cultivadas que podem se estender para as propriedades vizinhas.

Ainda baseado no pagamento de serviços ecossistêmicos, o Programa Estadual de Conservação da Água em Minas Gerais criado pela Lei nº 12.503 de 30 de maio de 1997 (Minas Gerais, 1997) tem como objetivo proteger e preservar os recursos naturais das bacias hidrográficas sujeitas a exploração com a finalidade de abastecimento público ou de geração de energia elétrica. A lei determina que as empresas concessionárias de serviços de abastecimento de água e de geração de energia promovam ações de preservação ambiental na bacia onde ocorrer a exploração nos termos citados a seguir.

Art. 2º - Para a consecução dos objetivos previstos nesta lei, as empresas concessionárias de serviços de abastecimento de água e de geração de energia elétrica, públicas e privadas, ficam obrigadas a investir, na proteção e na preservação ambiental da bacia hidrográfica em que ocorrer a exploração, o equivalente a, no mínimo, 0,5% (meio por cento) do valor total da receita operacional ali apurada no exercício anterior ao do investimento.

Parágrafo único - Do montante de recursos financeiros a ser aplicado na recuperação ambiental, no mínimo 1/3 (um terço) será destinado à reconstituição da vegetação ciliar ao longo dos cursos de água, nos trechos intensamente degradados por atividades antrópicas. (Minas Gerais, 1997).

Além da definição das áreas que precisam ser preservadas, é preciso observar também a legislação específica do licenciamento ambiental de empreendimentos que possam causar degradação ambiental, na qual, entre outras regras, são previstas medidas necessárias para a mitigação ou compensação dos impactos ambientais.

3.4 Política de Meio Ambiente e o Licenciamento Ambiental

A Política Nacional de Meio Ambiente foi instituída pela Lei nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), e estabelecida a estrutura do Sistema Nacional de Meio Ambiente que após alterações compreende:

- Conselho de Governo, órgão superior com a função de assessorar o Presidente da República;
- Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA - que é um órgão consultivo e deliberativo;

- O Ministério do Meio Ambiente- MMA - com função de planejamento, coordenação, supervisão e controle da política nacional de meio ambiente;
- dois órgãos executores, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes;
- órgãos ou entidades ambientais dos estados e dos municípios.

Estados e municípios contam também com conselhos estaduais e municipais de meio ambiente, respectivamente, com atribuições similares ao CONAMA na sua jurisdição.

A Lei Complementar nº. 140 de 8 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), discrimina as formas de cooperação entre os entes da federação, União, Estados, Distrito Federal e Municípios, para ações relacionadas à proteção do meio ambiente, entre elas o licenciamento. O município tem competência para efetuar o licenciamento ambiental de empreendimentos com impacto no âmbito local e de acordo com as tipologias definidas pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente. Entretanto, para isso o município deve dispor de conselho de meio ambiente e de órgão ambiental capacitado a executar as ações administrativas correlatas. A mesma Lei considera órgão ambiental capacitado aquele que possui técnicos próprios ou em consórcio, devidamente habilitados e em número compatível com a demanda.

Em linhas gerais, a definição do responsável pelo licenciamento ambiental, e em especial das intervenções em cursos de água, depende da extensão das áreas impactadas, se for local, o município, se alcançar mais de um município, o Estado, e se envolver mais de um estado ou áreas fronteiriças com outros países, a União. No entanto, a realização pelo município do licenciamento ambiental depende ainda da existência de estrutura institucional e administrativa exigida.

Quanto ao licenciamento ambiental, sua obrigatoriedade para intervenções em cursos de água está prevista nas Resolução do CONAMA nº. 237 de 19 de dezembro de 1997 (BRASIL, 1997) Anexo 1, onde consta que obras como canais para drenagem e retificação de curso de água, assim como, serviços de dragagem, derrocamentos em corpos de água e recuperação de áreas contaminadas ou degradadas devem proceder ao licenciamento ambiental. Para o município de Belo Horizonte a Lei nº 7.277, de 17 de

janeiro de 1997 (BELO HORIZONTE, 1997), que institui a Licença Ambiental no município de Belo Horizonte, estabelece que estão sujeitos ao licenciamento ambiental os empreendimentos de impacto, públicos ou privados, que venham a sobrecarregar a infraestrutura urbana ou a ter repercussão ambiental significativa. No § 1º do Art. 2º são listados os tipos de empreendimentos considerados de impacto, dentre os quais, na alínea “o” tem-se as “obras para exploração de recursos hídricos, tais como barragens, canalizações, retificações de coleções de água, transposições de bacias e diques”.

A Diretriz Normativa do COPAM DN nº. 95 de 12 de abril de 2006 (MINAS GERAIS, 2006) dispõe sobre critérios para o licenciamento ambiental de intervenções em cursos de água de sistemas de drenagem urbana no Estado de Minas Gerais. Tal norma foi motivada pela necessidade de critérios para o licenciamento dessas intervenções, pela tendência de preservação de cursos de água, despoluição e manutenção das planícies de inundação, assim como, pelo reconhecimento do efeito negativo do revestimento das calhas dos rios, que aumenta a velocidade de escoamento e transfere as inundações para jusante, e elimina os ecossistemas aquáticos.

As intervenções são classificadas em classes de acordo com o índice de impacto Geral, que é definido com o auxílio da Tabela 3-2. O índice é composto pela soma dos indicadores de impacto de ocupação marginal, impacto de eventos e de ocorrência de focos erosivos. Por sua vez, os indicadores de impacto são obtidos da seguinte forma:

- indicador de impacto de ocupação marginal: definido pela soma dos produtos do fator de ponderação pela taxa de ocupação e pelo fator de impacto, para os diferentes tipos de ocupação identificados no local, a montante e a jusante da intervenção;
- indicador de impacto de eventos de inundação: definido pela soma dos produtos do fator de ponderação pelo fator de impacto identificado no local, a montante e a jusante da intervenção;
- indicador de impacto de ocorrência de focos erosivos: definido pela soma dos produtos do fator de ponderação pelo fator de impacto identificado no local, a montante e a jusante da intervenção.

Tabela 3-2: Índice de impacto gerado pela intervenção em cursos de água
 Fonte: (MINAS GERAIS, 2006)

Localização	Ocupação Marginal					eventos de inundação			ocorrência de focos erosivos		
	Fator de Ponderação	Tipo	Taxa de Ocupação (%)	Fator de Impacto	Indicador de Impacto	Fator de Ponderação	Fator de Impacto anual =100 eventual= 200 não ocorre=300	Indicador de Impacto	Fator de Ponderação	Fator de impacto sim = 100 não = 200	Indicador de Impacto
Montante	0,10	Urbana		1		0,10			0,10		
		Industrial		2							
		Veg.nativa		4							
		Não ocup.		3							
			Índice de Impacto Montante								
Local	0,50	Urbana		1		0,30			0,30		
		Industrial		2							
		Veg.nativa		4							
		Não ocup.		3							
			Índice de Impacto Local								
Jusante	0,40	Urbana		1		0,60			0,60		
		Industrial		2							
		Veg.nat.		4							
		Não ocup.		3							
			Índice de Impacto Jusante								
			Índice de Impacto								
Índice de Impacto Geral											

De acordo com o valor do índice de impacto geral, a intervenção é classificada em classes de A a D, e então definido o tipo de intervenção permitida para melhoria da drenagem natural e de águas pluviais, conforme Tabela 3-3.

Tabela 3-3: Tipos de intervenções permitidas por classe

Classe	Índice de Impacto	Intervenção permitida
A	≤ 900	preservação do curso d'água, com a manutenção da seção natural de escoamento
B	≤ 695	intervenção no curso d'água, com a manutenção da seção de escoamento, sem adoção de revestimentos impermeabilizantes e, se necessário, adoção de soluções que permitam o amortecimento da cheia;
C	≤ 455	intervenção no curso d'água, com adoção de canais em seção aberta, com revestimento das paredes laterais e manutenção do leito natural;
D	≤ 335	intervenção no curso d'água, com adoção de canais em seção aberta, com revestimento das paredes laterais e leito.

Essa classificação tem por finalidade restringir o uso de intervenções de maior alteração da seção transversal a cursos de água com índice de impacto (degradação) mais elevado. A tabela 3-3 indica limite para o impacto da intervenção a ser feita de acordo com seu

estágio atual de degradação. O revestimento das paredes laterais do curso de água e leito, por exemplo, será permitido somente se o índice de impacto for inferior ou igual a 335 (Classe D), mas o enquadramento nessa classe não impede que sejam utilizadas outras técnicas de menor impacto, como manutenção em leito natural, manutenção da seção, correspondam às classes A, B, e C.

A DN COPAM nº. 95/2006 prevê, entre outras exigências para licenciamento, que sejam apresentados:

- projeto de intervenção no curso de água incluindo estudos hidrológicos e modelagem hidráulica, com a definição da mancha de inundação;
- os planos de desapropriação de imóveis, remoções e reassentamento das populações atingidas;
- o projeto e cronograma de implantação dos interceptores no trecho da intervenção e o cronograma de implantação do tratamento dos esgotos;
- a delimitação das áreas *non aedificandi*, ao longo do curso d'água, de acordo com as normas de uso e ocupação do solo aplicáveis;
- descrição do sistema de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos do município.

A DN COPAM nº. 95/2006 proíbe ainda a utilização de seção fechada, ou galerias, exceto se o empreendimento for enquadrado na classe D e autorizada pelo COPAM.

Apesar da importante contribuição da DN COPAM nº. 95/2006, para orientação técnica do licenciamento de intervenções em cursos de água, a análise precisa ir além dos critérios propostos, os quais são elementos mínimos quanto à ocupação e uso do solo nas margens. A análise deve considerar também aspectos ecológicos, econômicos e benefícios advindos da recuperação das margens.

3.5 Política de Recursos Hídricos

A gestão de recursos hídricos no Brasil orienta-se pela Lei Federal nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH - e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGRH. Entre os fundamentos da PNRH encontram-se a gestão de forma a

proporcionar os usos múltiplos das águas, a definição da bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da PNRH, a atuação do SINGRH e a gestão descentralizada com participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

O SINGRH tem por finalidades coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente conflitos relacionados aos recursos hídricos; implementar a PNRH; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e promover a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Os instrumentos da política nacional de recursos hídricos são: enquadramento dos corpos de água, plano de recursos hídricos, sistema de informações, outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e a compensação a Municípios.

- O enquadramento categoriza cada trecho do curso de água em classes predefinidas na Lei 9.433/1997 de maneira a assegurar às águas qualidade compatível com os usos preponderantes da bacia. Em outras palavras, define-se o padrão de qualidade mais exigente a ser cumprido em cada trecho em função dos usos existentes ou desejados, assim como as ações, projetos e programas para garantir esse padrão.
- Os planos de recursos hídricos são planos diretores que orientam a longo prazo a gestão de recursos hídricos na bacia.
- O Sistema de informações sobre recursos hídricos consiste de amplo sistema de coleta, tratamento, armazenamento, disponibilização e divulgação de informações sobre recursos hídricos para subsídio da gestão dos recursos hídricos.
- A outorga é ato administrativo pelo qual o poder público concede ao requerente o direito de uso de recursos hídricos, podendo ser concedido pelo órgão gestor dos recursos hídricos na respectiva jurisdição, em que se encontra o empreendimento, em Minas Gerais é concedida pela ANA ou IGAM.
- A cobrança de remuneração pelo uso da água, que é um bem público, cujo preço é fixado de forma participativa pelos usuários, poder público e sociedade civil no âmbito dos comitês. Os recursos da cobrança são utilizados para custeio da

agência de bacia e em ações previstas no plano de recursos hídricos. Já a compensação aos municípios consiste do repasse de recursos aos municípios devido à exploração ou restrição de uso de recursos hídricos no seu território.

Integram o SINGRH: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH; a Agência Nacional de Águas - ANA; os conselhos de Recursos Hídricos dos estados e do Distrito Federal; comitês de bacia hidrográfica; órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências compreendam a gestão de recursos hídricos; e as agências de água/bacia.

Os Conselhos e os comitês de bacia hidrográfica são órgãos colegiados, consultivos e deliberativos constituídos por representantes do poder público, usuários e organizações civis de recursos hídricos. Dentre suas competências, destaca-se a promoção do debate e deliberação quanto a questões relacionadas aos recursos hídricos, e solução de conflitos pelo uso múltiplo na respectiva área de jurisdição, definida em função dos limites das bacias hidrográficas. Especificamente aos comitês foi concedida a competência de estabelecer mecanismos de cobrança pelo uso dos recursos hídricos, estabelecer critérios e promover o rateio das obras de uso múltiplo de interesse comum ou coletivo.

No Governo Federal a Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano - SRHU -, integrante da estrutura do Ministério do Meio Ambiente - MMA -, atua como secretaria executiva do CNRH. Por outro lado, a ANA, autarquia sob regime especial, Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000 BRASIL (2000), tem a atribuição de outorgar e fiscalizar os usos da água e também de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, assim como coordenar o SINGRH.

Nos estados e municípios compete aos órgãos estaduais implementar as políticas estaduais de recursos hídricos, outorgar e fiscalizar o uso dos recursos hídricos. Em alguns estados e no Distrito Federal, foram criados órgãos específicos para a gestão dos recursos hídricos, em outros a responsabilidade pela implementação das políticas estaduais de recursos hídricos está atrelada a outra área dos poderes executivos estaduais, geralmente ao meio ambiente, estando sujeitas às mudanças de administração que ocorrem periodicamente nas instituições (BRASIL, 2013).

Atendo-se à região Sudeste, no Estado de Minas Gerais o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM -, uma autarquia vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, cumpre o papel de órgão gestor dos recursos hídricos, Lei nº. 13.199 de 29 de janeiro de 1999 (MINAS GERAIS, 1999). No estado de São Paulo essa responsabilidade é do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE - Lei nº. 7.663 de 30 de dezembro de 1991 (SÃO PAULO, 1991), com vinculação à Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos. O DAEE é responsável também por obras na região metropolitana e sua manutenção. No Estado do Rio de Janeiro essa atribuição é do Instituto Estadual do Ambiente por meio da sua Diretoria de Gestão das Águas e do Território. No Espírito Santo a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEAMA - e o Instituto de Meio Ambiente, Lei Complementar nº. 248 de 28 de junho de 2002 (ESPIRITO SANTO, 2002), por meio da Diretoria de Recursos Hídricos, são os responsáveis pela gestão das águas.

As agências de águas por sua vez exercem a função de secretaria executiva do respectivo (os) comitê (s) de bacia hidrográfica. Dentre suas competências destaca-se a análise e emissão de pareceres sobre projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso de recursos hídricos e encaminhá-los à instituição financeira responsável pela administração desses recursos. Compete, ainda, às agências, acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de atuação.

A Figura 3-1 sintetiza esse arcabouço institucional, ou matriz institucional das Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos. Essa organização da gestão dos recursos hídricos descentralizou as decisões que hoje são tomadas em nível local pelos comitês, e na medida em que há conflitos de interesse ou questões que envolvam mais de uma instância local são levadas ao órgão ou entidade em posição hierárquica superior. Os órgãos gestores estaduais e a ANA têm cumprido papel importante na estruturação e apoio aos comitês, que ainda encontram dificuldades técnicas e financeiras para cumprir seu papel de forma plena.

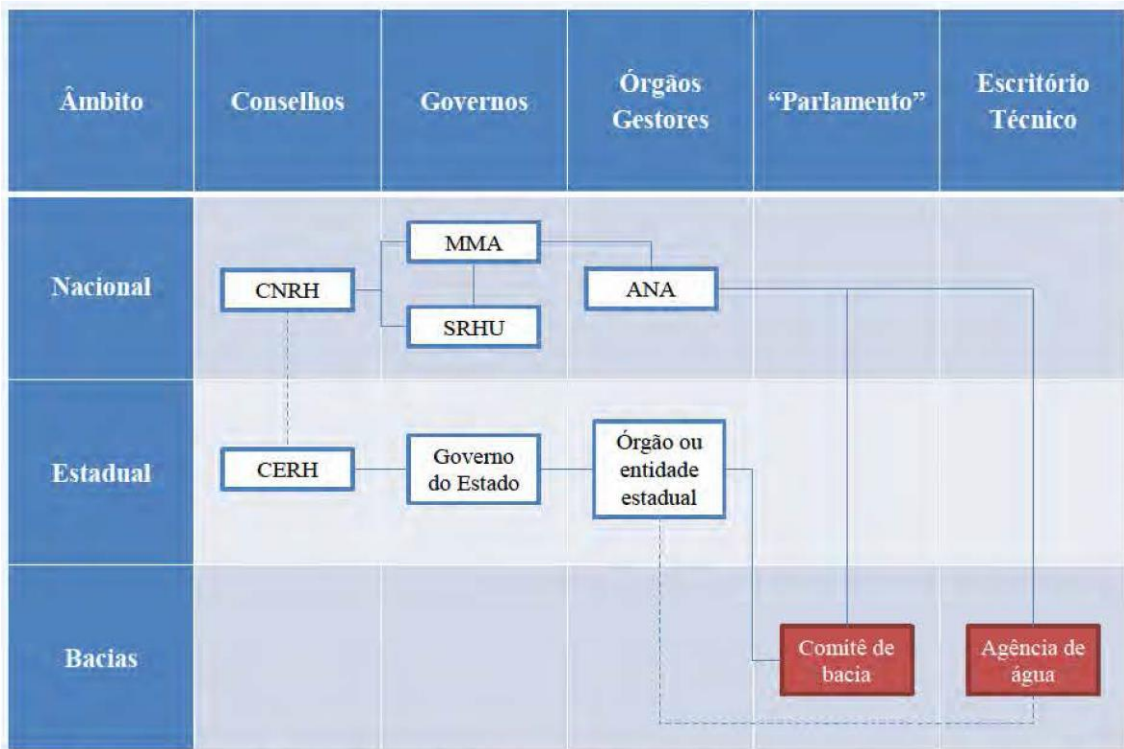


Figura 3-1: Matriz institucional do sistema de gerenciamento de recursos hídricos
 Fonte: Brasil (2013)

Minas Gerais possui 36 comitês instituídos para as 36 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - UPGRHs - representadas na Figura 3-2.

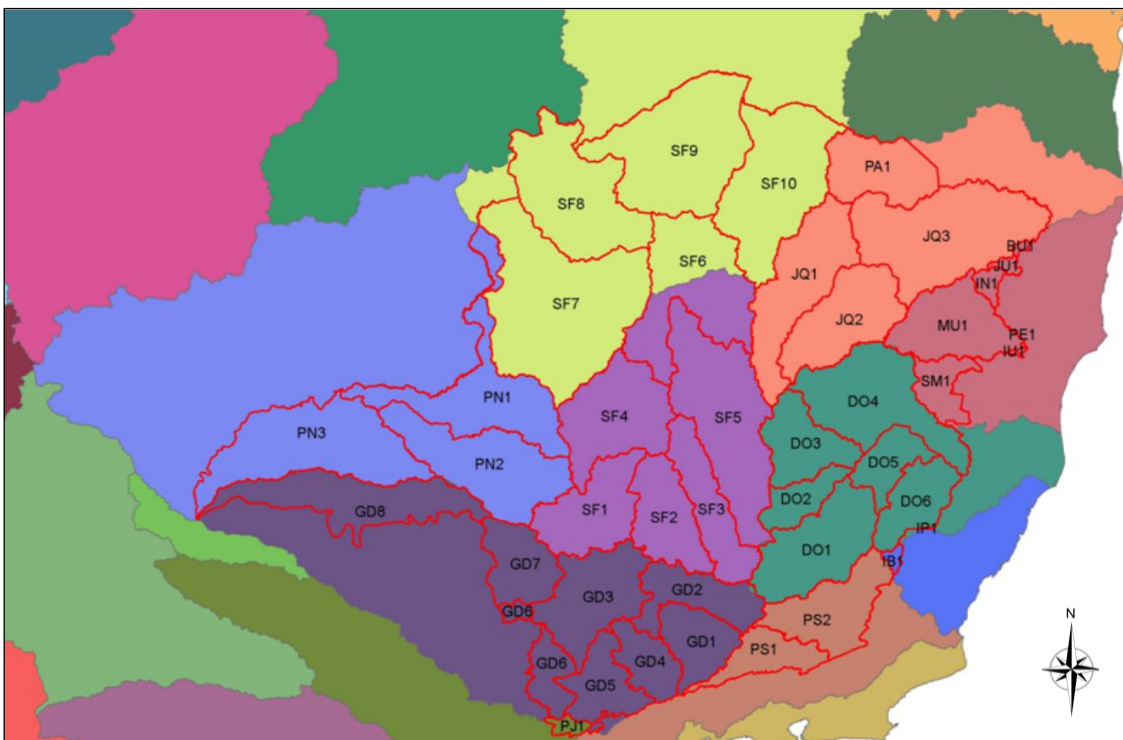


Figura 3-2: Mapa das UPGRHs em Minas Gerais
 Fonte: IGAM (2011)

A Tabela 3-4 associa as siglas apresentadas na Figura 3-2 ao nome da unidade de planejamento, onde as UPGRHs iniciadas pela sigla SF integram a bacia do Rio São Francisco, PN a bacia do Paranaíba, GD a bacia do Rio Grande, DO a bacia do Rio Doce, JQ a bacia do Rio Jequitinhonha, PS a Rio Paraíba do Sul, PA a bacia do Rio Pardo, MU a bacia do Rio Mucuri, PJ as bacias dos Rios Piracicaba e Jaguari e SM a bacia do Rio São Mateus.

Tabela 3-4: Identificação das UPGRHS do Estado de Minas Gerais

Lista das UPGRHs
SF1: Bacia Hidrográfica Afluentes do Alto São Francisco
SF2: Bacia Hidrográfica do rio Pará
SF3: Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba
SF4: Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias
SF5: Bacia Hidrográfica do rio das Velhas
SF6: Bacia Hidrográfica dos rios Jequitaí e Pacuí
SF7: Bacia Hidrográfica do rio Paracatu
SF8: Bacia Hidrográfica do rio Urucuia
SF9: Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio São Francisco
SF10: Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do rio Verde Grande
PN1: Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba
PN2: Bacia Hidrográfica do rio Araguari
PN3: Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do baixo Paranaíba
GD1: Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Alto rio Grande
GD2: Bacia Hidrográfica das Vertentes do rio Grande
GD3: Bacia Hidrográfica do Entorno do Lago de Furnas
GD4: Bacia Hidrográfica do rio Verde
GD5: Bacia Hidrográfica do rio Sapucaí
GD6: Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos rios Mogi-Guaçu e Pardo
GD7: Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio rio Grande
GD8: Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Baixo rio Grande
DO1: Bacia Hidrográfica do rio Piranga
DO2: Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba
DO3: Bacia Hidrográfica do rio Santo Antônio
DO4: Bacia Hidrográfica do rio Suaçuí
DO5: Bacia Hidrográfica dos rios Caratinga
DO6: Bacia Hidrográfica do rio Manhuaçu
JQ1: Bacia Hidrográfica do Alto Jequitinhonha
JQ2: Bacia Hidrográfica do rio Araçuai
JQ3: Bacia Hidrográfica do Médio e Baixo rio Jequitinhonha
PS1: Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos rios Preto e Paraibuna
PS2: Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos rios Pomba e Muriaé
PA1: Bacia Hidrográfica do Rio Mosquito e demais afluentes Mineiros do rio Pardo
MU1: Bacia Hidrográfica do rio Mucuri
PJ1: Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba/Jaguari
SM1: Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus

No Estado existem 5 entidades equiparadas a agência de bacia nos seguintes comitês:

- Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas – ABHA: Entidade Equiparada à Agência da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari (UPGRH PN2);
- Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo – AGB Peixe Vivo: Entidade Equiparada à Agência das Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas (UPGRH SF5) e do Rio Pará (UPGRH SF2), entretanto, atualmente existe contrato de gestão e cobrança implementada somente na Bacia do Rio das Velhas;
- Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP: Entidade Equiparada à Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Preto e Paraibuna (UPGRH PS1) e dos Rios Pomba e Muriaé (UPGRH PS2);
- IGAM atua como Entidade Equiparada à Agência da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba e Jaguari (UPGRH PJ1), desde 2014, quando se encerrou o contrato de gestão com o Consórcio Intermunicipal das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – Consórcio PCJ;
- Instituto BioAtlântica - IBIO: Entidade Equiparada da Bacia Hidrográfica dos Comitês dos rios Piranga (UPGRH DO1), Piracicaba (UPGRH DO2), Santo Antônio (UPGRH DO3), Suaçuí (UPGRH DO4), Caratinga (UPGRH DO5) e Manhuaçu (UPGRH DO6).

Apesar de terem sido constituídos os 36 comitês, com lei de criação e conselho constituído, o modelo de gestão não foi totalmente implantado tendo em vista que o braço executivo do comitê é a agência de águas, e somente cinco bacias implantaram a cobrança, sendo que para uma delas o IGAM ainda cumpre o papel de agência e para as outras quatro foram contratadas entidades equiparadas à agência.

Apesar do modelo de gestão dos recursos hídricos adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, devido ao grande número de comitês sem agência implantada, o município ainda é o principal interventor em cursos de água. As ações municipais são custeadas recursos próprios ou captados junto ao governo federal, com

projetos desenvolvidos com base no limite político municipal. No item seguinte discute-se a gestão dos sistemas de drenagem urbana.

3.6 Gestão de sistemas de drenagem urbana

Além dos órgãos e entidades que compõem os sistemas nacionais, estaduais e municipais de meio ambiente e de recursos hídricos, pode-se acrescentar como agentes que planejam e implementam intervenções em cursos de água, órgãos municipais, geralmente vinculados à secretaria de obras, com competência sobre a gestão dos sistemas de drenagem pluvial urbana. Nesse ponto é importante destacar que a gestão da drenagem urbana é atribuição dos municípios, já que segundo a Constituição da República Art.30 (BRASIL, 1988) é competência do município “organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local (...)”, dentre eles os de saneamento, que incorpora a drenagem pluvial e o tratamento de fundo de vales.

Conforme discussão feita sobre a política de recursos hídricos, a sua gestão tem como unidade territorial a bacia hidrográfica, sendo suas questões discutidas no respectivo comitê. A agência de bacia é responsável pela elaboração do Plano da Bacia e também o plano de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e rateio dos custos de obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

Já os órgãos e autarquias municipais também incorporam em seu planejamento/orçamento e execução de obras de drenagem pluvial, intervenções em rios e outras ações de controle de inundações. O município deve planejar as ações de saneamento por meio do Plano Municipal de Saneamento, Lei 11.445/2007, que compreende os serviços de drenagem, art.3º.:

Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I - saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

(...)

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas. (BRASIL, 2007).

A Lei 11.445/2007 prevê ainda que “os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais: (...) XII - integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.” Entretanto, deixa claro que a gestão dos recursos hídricos não integra os serviços de saneamento, mas que possuem importante interface e que as duas políticas têm que estar integradas. Conforme Art. 4º. da Lei 11.445/2007:

Os recursos hídricos não integram os serviços públicos de saneamento básico.

Parágrafo único. A utilização de recursos hídricos na prestação de serviços públicos de saneamento básico, inclusive para disposição ou diluição de esgotos e outros resíduos líquidos, é sujeita a outorga de direito de uso, nos termos da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, de seus regulamentos e das legislações estaduais. (BRASIL, 2007).

Apreende-se pelo exposto que órgãos ou autarquias municipais, assim como as agências de bacia realizam intervenções em cursos de água, embora algumas vezes com objetivos diferentes. Os primeiros primam pelo controle de inundações, saúde e segurança pública, já as agências de bacia pela proteção e manutenção dos recursos hídricos para atendimento de interesses sociais e econômicos em harmonia com os processos ecológicos. Nota-se o caráter macro do plano de bacia com diretrizes para toda a bacia. Já ao município cabe o planejamento e implementação dos serviços de saneamento e de tratamento de fundo de vale no seu território alinhados àquelas diretrizes.

Pode-se apontar também projetos realizados por algumas ONGs que compreendem intervenções em cursos de água. Tais projetos podem receber recursos das três esferas do governo, por meio de convênios ou programas de governo, ou parcerias estabelecidas com empresas e produtores rurais. Entretanto, apesar de haver diversos agentes envolvidos, uma intervenção desse tipo deve ser levada para discussão no comitê e estar alinhado com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia e o Plano Municipal de Saneamento. Alguns agentes financeiros solicitam a carta de aprovação do comitê para se candidatar ao recebimento de recursos, como no caso do Fhidro⁸ em Minas Gerais (Minas Gerais, 2013).

⁸ **Fhidro** - Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais, tem por objetivo dar suporte financeiro a programas e projetos que promovam a racionalização do uso e a melhoria dos recursos hídricos, quanto aos aspectos qualitativos e quantitativos,

Ressalta-se por outro lado que o modelo de gestão de recursos hídricos ainda não se encontra totalmente consolidado, com alguns comitês pouco atuantes e algumas agências ainda em processo de criação, o que abre espaço para atuações pontuais, desconectas sem que se priorize as áreas estratégicas de uma bacia.

Além disso, a atuação dos órgãos e autarquias municipais responsáveis pela drenagem urbana têm recorte territorial político, não coincidente com a divisão por bacia hidrográfica. Os planejamentos deveriam ser complementares e articulados entre comitê/agência de bacia e municípios, de maneira a evitar sobreposição e pulverização dos recursos.

Deve-se acrescentar ainda, de acordo com Baptista e Nascimento (2002), que a estrutura administrativa de gestão da drenagem pluvial assume características muito diferenciadas, quer em sua posição no organograma do poder executivo municipal, quer quanto aos recursos financeiros alocados e outros meios materiais e recursos humanos. Essas variações são função do porte do município e de outras características específicas, como a natureza local dos problemas afetos à drenagem, o nível de desenvolvimento técnico e institucional da gestão municipal, entre outros aspectos.

No estado de Minas Gerais pode-se citar o caso de Belo Horizonte com a atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP. Essa autarquia, criada pela Lei Municipal nº. 1.747 de 9 de dezembro de 1969 (BELO HORIZONTE, 1969) está vinculada à Secretaria Municipal de Políticas Urbanas - SMURBE - e tem competência para realizar obras da prefeitura de Belo Horizonte, ou contratá-las e fiscalizá-las.

A SUDECAP no portal da prefeitura de Belo Horizonte (<http://portalpbh.pbh.gov.br>) elenca as suas competências:

- Execução de serviços ou tarefas específicas relacionadas direta ou indiretamente com o desenvolvimento da Capital.
- Estabelecer padrões e normas técnicas para projetos e construções de infraestrutura e edificações do município;
- **Supervisionar a gestão de projetos e estudos nas áreas de edificações** (escolas, creches, centros de saúde, centros culturais e

inclusive os ligados à prevenção de inundações e o controle da erosão do solo, em consonância com as Leis Federais 6.938/1981 e 9.433/1997, e com a Lei Estadual 13.199/1999.

esportivos, restaurantes populares) próprias do município e **infraestrutura urbana em geral** (construção e recuperação de galerias, ruas, avenidas), obras de arte (viadutos, trincheiras) e espaços públicos diversos (praças e áreas de lazer e turismo) em Belo Horizonte;

- **Supervisionar e fiscalizar as obras e serviços** de edificações e infraestrutura;
- **Manter o bom estado dos bens públicos, redes de drenagem, revitalização de córregos, prédios públicos, obras de arte e vias públicas municipais;**
- Celebrar convênios e contratos (inclusive os destinados a obter recursos para a realização de seus objetivos);
- **Prestar suporte técnico e administrativo ao Conselho Municipal de Saneamento – COMUSA;**
- Elaborar plano anual de trabalho e o plano plurianual de investimento. (Belo Horizonte, 2014. Grifos nossos)

A SUDECAP possui dois trabalhos com repercussão diferenciada no sistema de drenagem urbana e nos cursos de água, o projeto SWITCH e o Programa Drenurbs.

O Projeto SWITCH foi um consórcio composto por 32 instituições de 15 países, do qual fizeram parte a Prefeitura de Belo Horizonte e a UFMG, liderado pelo instituto Institute for Water Education - IHE (UNESCO), cujos trabalhos já foram concluídos. O principal objetivo do projeto foi desenvolver, aplicar e avaliar soluções tecnológicas e gerenciais voltadas ao manejo de águas urbanas. Belo Horizonte é uma das nove áreas urbanas de demonstração e tem desenvolvidos experimentos nas áreas:

- planejamento e gestão integrada e participativa de águas urbanas;
- gestão de risco de inundações e desenvolvimento de planos de prevenção de risco (zoneamento de áreas inundáveis, planos de contingência, medidas locais de redução do risco de inundação);
- desenvolvimento de indicadores de qualidade e sustentabilidade da gestão de águas urbanas;
- desenvolvimento, aplicação e avaliação de desempenho de técnicas não convencionais de drenagem urbana de águas pluviais; modelagem hidrológica para fins de gestão de águas urbanas; constituição de alianças de aprendizagem para difusão de conhecimento, formação e treinamento de grupos interessados.

Já o programa Drenurbs tem por objetivo o tratamento de cursos de água degradados, mas que estejam ainda em leito natural, para melhoria da qualidade das águas, com soluções alternativas às canalizações. Esse programa encontra-se ainda em execução e

representa uma das mais expressivas tentativas e políticas de recuperação de rios urbanos em Minas Gerais. Entretanto, o programa apresentou fases distintas de execução, sendo a primeira com maior participação social e criação de parques no entorno dos córregos tratados, Parques Nossa Senhora da Piedade e Primeiro de Maio. A segunda etapa tem sofrido críticas quando à reduzida participação da população e o retorno a intervenções restritas à calha e utilização de técnicas tradicionais, como o gabião, caso da Bacia do Córrego do Bonsucesso. Belo Horizonte representa um exemplo de Município com estrutura dedicada ao planejamento e execução de intervenções em cursos de água urbanos, mas onde se fez notar a dificuldade de se introduzirem novos modelos de tratamento para rios urbanos. A coexistência conflituosa da tradicional concepção de drenagem urbana de canalização dos cursos de água e da proposta do Drenurbs na Prefeitura Municipal de Belo Horizonte fica evidente com o caso do Boulevard Arrudas. O Boulevard Arrudas é um projeto de fechamento do canal do Ribeirão Arrudas, último curso de água em seção aberta no centro da cidade, para ampliação da capacidade de tráfego das Avenidas dos Andradas e do Contorno. Tal obra, apesar de inúmeros questionamentos e protestos da população (Antunes, 2012) e da comunidade científica local (Borsagli, 2016, p.380; Araújo e Pinheiro, 2015; Baptista e Cardoso, 2013; Marques e Magalhães, 2013; Bontempo, *et al.* 2012), foi executada ao mesmo tempo em que a política do Drenurbs era implantada .

Atuação importante tem a Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMMA - não somente pelo licenciamento, mas também pela definição de áreas prioritárias para ações de preservação ambiental. A Lei n.º. 4.253, de 4 de dezembro de 1985, retificada em 15/2/1986, dispõe sobre a política de proteção, controle e conservação do meio ambiente e da melhoria da qualidade de vida no Município de Belo Horizonte.

Art. 3º - À Secretaria Municipal de Meio Ambiente, como órgão central de implementação da política ambiental do Município, nos termos da Lei n.º 3.570, de 16 de julho de 1983, do Decreto n.º 4.489, de 13 de julho de 1983, e do Decreto n.º 4.534, de 12 de setembro de 1983, cabe fazer cumprir esta Lei, competindo-lhe:

I - formular as normas técnicas e os padrões de proteção, conservação e melhoria do meio ambiente, observadas as legislações federal e estadual;
II - estabelecer as áreas em que a ação do Executivo Municipal, relativa à qualidade ambiental deva ser prioritária. (BELO HORIZONTE, 1986).

Como parte integrante da estrutura do sistema municipal de meio ambiente tem-se o Conselho Municipal de Saneamento – COMUSA e o Conselho Municipal de Meio

Ambiente – COMAM, órgãos colegiados que atuam como instância de discussão entre a gestão municipal e a comunidade das questões de interesse sanitário e ambiental. Nesses conselhos são discutidas, respectivamente, as prioridades para investimento em saneamento e a emissão de licenças ambientais, entre elas as intervenções em cursos de água. A SMMA, o COMUSA e COMAM são, portanto agentes que interferem diretamente na definição das intervenções fluviais no município, atuando inclusive como controle social na etapa inicial e final da definição dessas ações.

Por outro lado, a maior parte dos 853 municípios mineiros não possui um órgão específico para essa função, que geralmente é assumida pela secretaria de obras, que com frequência possui carência de corpo técnico qualificado. Em alguns desses municípios a Secretaria tem dificuldades em manter um engenheiro em seu corpo técnico permanente. Muitas vezes a solução é a contratação de um engenheiro, geralmente com formação em construção civil, para prestação de serviço na prefeitura em apenas alguns dias da semana, atuando no planejamento e acompanhamento de serviços e de obras diversas, como edificações, saneamento, transporte e meio ambiente.

Após a descrição dos principais agentes envolvidos no planejamento e execução de intervenções em recursos hídricos, verifica-se uma sobreposição da ação de alguns órgãos e entidades. Essa sobreposição não é exclusividade da administração pública brasileira, McHarg (1997) faz uma comparação entre atuações conflitantes de órgãos e entidades de meio ambiente dos Estados Unidos da América - EUA, demonstrando sobreposição de funções com “políticas redundantes e conflituosas”.

No Brasil é preciso haver maior integração entre a política de recursos hídricos e as políticas de saneamento e de meio ambiente, em especial, na implementação quando é preciso evitar a sobreposição de atuação e conflitos de entendimento. Exemplo da dificuldade de integração do planejamento em saneamento e recursos hídricos é a existência do Plano de Saneamento do Município e do Plano de Recursos Hídricos da Bacia. Em Belo Horizonte a prefeitura, de forma inovadora, adotou a partir do Plano de Saneamento 2001, cuja última versão destina-se ao horizonte de 2012-2015 atualizada em 2014, um sistema de priorização das ações de saneamento, baseada em indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de resíduos, salubridade e

drenagem. Entretanto, o plano de cada bacia hidrográfica traz a indicação de prioridades para intervenções na bacia, o qual é sequer citado no Plano de Saneamento.

Outro instrumento de planejamento municipal com alcance sobre as intervenções fluviais é Plano Diretor de Drenagem Urbana, no qual é feito o diagnóstico da rede de drenagem do município e definição das prioridades de atuação. No caso de Belo Horizonte, foi feito o diagnóstico e a construção das manchas de inundação, entretanto, a priorização dos cursos de água prioritários não foi realizada. Entre as dificuldades relacionadas à drenagem urbana apontadas no Plano de Saneamento 2012-2015 de Belo Horizonte destacam-se:

- **dificuldades para a efetiva gestão integrada do sistema municipal de drenagem**, principalmente no que se refere às interferências com as redes de água e esgotos, sob a responsabilidade da Copasa;
- a existência de lançamentos clandestinos de esgotos em redes de drenagem e de águas pluviais em redes coletoras de esgotos, cujos **cadastros ainda são falhos nas identificações dessas ocorrências e sem uma definição clara quanto às responsabilidades institucionais para sua correção**;
(...)
- A **insuficiência da estrutura técnica e administrativa** para fazer frente às demandas de obras emergenciais, principalmente no âmbito das Administrações Regionais, e dos setores responsáveis pela elaboração de projetos para o atendimento com a agilidade necessária aos setores de manutenção;
- recursos ainda insuficientes, ainda que com os financiamentos dos organismos nacionais e internacionais, para fazer frente a todos os problemas relacionados à drenagem urbana no Município;
(...) (BELO HORIZONTE, 2013).

Mesmo um município como Belo Horizonte, com órgão específico para planejamento e execução de obras de infraestrutura, SUDECAP, tem dificuldades para manter o cadastro de suas redes. A execução de obras por diversos órgãos, a execução de obras sem projeto, e de ações de manutenção sem realização de *as built* foram apontadas no Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte como dificuldades para realizar o planejamento e manutenção do sistema de drenagem no município (BELO HORIZONTE, 2013).

3.7 Considerações gerais

Da revisão feita ficou evidenciada a existência de diversos agentes deliberando sobre e/ou executando intervenções em cursos de água: órgãos ou entidades municipais gestores de sistemas de drenagem; órgãos municipais e estaduais responsáveis pelo

licenciamento ambiental; os comitês e agências de bacias hidrográficas; ONGs e outras entidades da sociedade civil com atuação em recursos hídricos por meio de convênios e parcerias com o poder público ou agentes internacionais.

Da mesma forma pode-se verificar um amplo arcabouço legal definindo regras que alcançam as intervenções em rios, com destaque para a sobreposição de regras para preservação de áreas e vegetação nas margens dos rios. Dessa maneira, apesar da possibilidade de identificar a supremacia de uma lei sobre as demais, pode haver dúvidas quanto ao seu entendimento e dificuldade no alcance dos seus objetivos. Esses são prejudicados também pela falta de embasamento técnico para determinadas exigências, e em alguns casos pela falta de objetividade e clareza na definição dos limites das medidas a serem tomadas.

Deve-se ressaltar ainda a existência de vários instrumentos de planejamento que poderiam orientar a definição de prioridades em intervenções fluviais e que pela legislação deveriam ser articulados como: plano municipal de saneamento, plano de bacia e plano diretor de drenagem. Entretanto, esses instrumentos não têm dialogado entre si com perda de informações e sobreposição de instrumentos desarticulados, que poderiam representar uma visão mais completa dos problemas, partindo do macro, pelo plano de bacia, para o local, por meio do plano de saneamento e do plano diretor de drenagem urbana, e daí para a definição das prioridades de intervenções de cada sub-bacia, por meio de projetos e ações governamentais.

4 INTERVENÇÕES FLUVIAIS – CONCEITOS E METODOLOGIAS

4.1 *Planejamento urbano em bases sustentáveis*

Dentre as diversas definições de meio ambiente, a apresentada por Theys (1993) *apud* Radanne (2013), traz abordagem com elementos que elucidam questões em discussão nesta pesquisa. Para o autor meio ambiente pode ser definido dentro de três concepções. A primeira, denominada biocêntrica ou objetiva, considera meio ambiente como um conjunto de objetos naturais como organismos vivos e recursos minerais em interação. Nesse contexto a sociedade é um dos objetos que depende da natureza, que é uma restrição à qual a sociedade deve se adaptar. A segunda denominada antropocêntrica ou subjetiva tem o meio ambiente como um sistema de relações entre sujeitos (indivíduos, grupos, sociedade, etc.) e objetos (fauna, flora, água, ar, etc.), ou seja, entre o homem e o meio. Por essa perspectiva o meio ambiente não é mais uma restrição, mas sim um recurso a ser gerenciado pela sociedade. Já a concepção tecnocêntrica baseia-se na dependência recíproca entre sociedade e meio ambiente. Com isso a sociedade e o meio ambiente são co-produtos e se impõem restrições mutuamente. Esse domínio conta com a presença de objetos naturais e artificiais, como espaços verdes urbanos e espaços agrícolas cultivados. A atividade humana é vista como origem dos problemas e riscos ambientais, que devem ser gerenciados por uma adaptação dessa atividade.

A visão antropocêntrica, predominante por longo período, esteve associada à degradação do meio ambiente, e em especial aos recursos hídricos, essenciais à sobrevivência humana, explorados e contaminados por séculos sem que houvesse preocupação quanto à sua preservação. “Fatores naturais foram durante longo tempo igualmente excluídos ou inadequadamente incorporados ao planejamento” (McHARG, 1997).

Já a visão tecnocêntrica baseia-se em um conceito de equilíbrio entre preservação e desenvolvimento, onde a exploração da natureza deve ser feita com uso de tecnologias e técnicas com o menor impacto ambiental possível. O presente estudo se alinha com essa concepção no que tange à necessidade de considerar aspectos ambientais e sociais nas avaliações pretendidas, e será o conceito de meio ambiente adotado como referência ao longo do seu desenvolvimento.

A adaptação da atividade deve ser acompanhada da avaliação da capacidade de resiliência⁹ do meio ambiente. Os limiares de restauração, (Hobbs e Norton, 1996; Whisenant, 1999 *apud* Hobbs e Harris, 2001; e Hobbs e Harris, 2001) representam bem essa capacidade de resiliência de um ecossistema, frente a processos de degradação. Foram estabelecidas duas faixas de transição ou limiares de restauração, que correlacionam a perda das funções ao nível de degradação. Na Figura 4-1 a saúde funcional do sistema é representada em função do nível de degradação do ecossistema. Os limiares ecológicos que definem a passagem de um estado de menor para maior degradação estão indicados pelas barras sombreadas verticais. O limiar biótico é aquele até o qual o ecossistema com ações de manejo tem o seu poder de autorecuperação mantido. O abiótico é aquele a partir do qual as intervenções físicas fazem-se necessárias, o sistema sozinho não consegue se recuperar. Entre esses dois limiares o ecossistema requer ações como a reintrodução de espécies, entretanto, não é preciso intervir no meio físico. Assim, o nível de resiliência do ecossistema vai depender do estado de degradação em que ele se encontra.

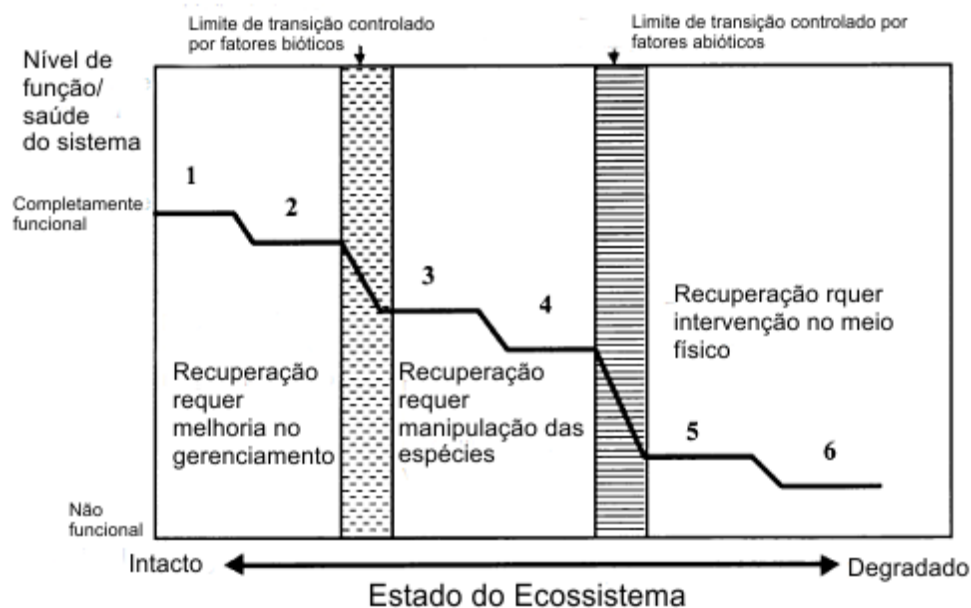


Figura 4-1: Relação entre a saúde funcional e estado de degradação em ecossistemas

(Adaptado de Hobbs e Harris, 2001)

Existem várias definições para degradação, como a contida na Lei Federal 6.938 de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), que dispõe sobre a Política Nacional do Meio

⁹ **Resiliência** - capacidade do sistema absorver os impactos e manter suas funções.

Ambiente, que define degradação como “alteração adversa das características do meio ambiente”. Degradação pode ser definida como “uma mudança artificial ou perturbação de causa humana, é geralmente uma redução percebida das condições naturais ou do estado de um ambiente” (Johnson *et al.*, 1997 *apud* SANCHÉZ, 2008). Ou ainda, como posto por Sánchez (2008) como “qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental”. Portanto, a degradação ambiental está diretamente relacionada à interferência antrópica por meio de atividades econômicas e da expansão urbana.

A expansão urbana afeta diretamente a biodiversidade dos cursos de água, principalmente em áreas com grande demanda e pouca disponibilidade hídrica. A urbanização produz alterações locais no ambiente físico e biológico, com mudanças nas condições de vida dos organismos que ali vivem, o que induz o processo de seleção e adaptação. As mudanças podem ser abióticas, como alterações na incidência dos raios solares, umidade, precipitação, direção e velocidade do vento e no ciclo hidrológico. As mudanças bióticas, por outro lado, envolvem alterações no processo de sucessão, de forma que ecossistemas urbanos são intencionalmente mantidos nos estágios primário e intermediário, com grande desequilíbrio biótico. A estrutura trófica é alterada frequentemente pela redução de predadores e dominância de seres generalistas e onívoros. Os organismos que sobrevivem às alterações do ambiente urbano o conseguem por evoluírem mais rapidamente ou, em grande parte, por serem pré-adaptados àquele ambiente (CBD, 2012).

As espécies sensíveis são os primeiros organismos a serem atingidos, pois dependem de *habitats* mais preservados para sua sobrevivência, e desaparecem à medida que o processo de degradação avança, provocando assim a homogeneização biótica. Espécies exóticas são encontradas com frequência em ambientes urbanos, algumas delas tornam-se invasivas e dominantes, provocando perdas econômicas. Entretanto, outras espécies introduzidas podem cumprir funções de espécies perdidas, e produzir incremento na oferta de serviços ecossistêmicos, como mineralização do solo, adaptação às mudanças climáticas e mitigação desses impactos, além de funções culturais e estéticas (CBD, 2012 e Palmer, 2009).

Apesar da degradação ambiental ocorrida nos centros urbanos, segundo CBD (2012), 20% das espécies de pássaros no mundo e 5% das espécies de plantas vasculares ocorrem nas cidades, e em média, 70% das espécies de plantas e 94% das espécies de pássaros encontrados em áreas urbanas são nativos das regiões próximas, de maneira que fica evidenciada mais uma vez a importância de áreas verdes nas cidades.

Todo esse processo de degradação fundou-se na necessidade de exploração dos recursos naturais, à luz de uma visão antropocêntrica, sem preocupação com a manutenção do equilíbrio ecológico. Para McHarg (1997) “o incrível aumento da concentração urbana, combinada com o crescimento exponencial da população e a redução de componentes agrícolas na sociedade e economia, produziu pessoas do asfalto que conhecem e se preocupam pouco com a natureza”. Conceitos como pegada ecológica¹⁰ e pegada hídrica¹¹ buscam informar e conscientizar essa população dos impactos gerados por cada bem de consumo. Essa conscientização incentiva o consumo consciente e a opção por bens de menor impacto sobre a natureza e redução do consumo de recursos naturais. Seguindo essa mesma diretriz de desenvolvimento sustentável vêm sendo desenvolvidas tecnologias limpas para, por exemplo, processos industriais e geração de energia; assim como modelos de planejamento urbano que incorporam o componente ecológico.

Os efeitos das mudanças climáticas, como os impactos sobre a saúde humana, bem como o reconhecimento dos recursos naturais como limitados e não renováveis, têm induzido a mudança de paradigma, do “comando e controle” da natureza para a adaptação das atividades de forma a haver maior harmonia entre sociedade e processos ecológicos (Brierley e Fryirs, 2008; Herzog, 2013). O “triple bottom line”, ou tripé de sustentabilidade, Elkington (1998 e 2006), traduz a necessidade de que empreendimentos sejam sustentáveis compreendendo necessariamente desempenho econômico, socialmente justo e ambientalmente sustentável.

De fato a biodiversidade urbana é influenciada pela condição original de ecossistemas vizinhos, pelo planejamento, projeto e gerenciamento do ambiente construído, que por

¹⁰ **Pegada ecológica** representa o tamanho da área de terra produtiva necessária para manter uma determinada população indefinidamente na Terra de acordo com seus hábitos de consumo (Rees, 1992; Rees e Wackernagel, 1994 *apud* Rees e Wackernagel, 1996).

¹¹ **Pegada hídrica** representa o teor de água virtual cumulativo de todos os bens e serviços consumidos por um indivíduo ou por indivíduos de um país. Por sua vez, água virtual contida em um produto é aquela utilizada no processo de produção de um produto agrícola ou industrial (Hoeckstra, 2003).

sua vez são influenciados por valores socioeconômicos, culturais e pela dinâmica populacional humana (CBD, 2012). Entre os principais desafios apontados por CBD (2012) a serem enfrentados em áreas urbanas destacam-se:

- a redução dos recursos naturais, como a água, e a degradação ambiental;
- mudanças climáticas, como elevação do nível dos oceanos, aumento da temperatura, variações na precipitação e maior frequência de inundações, secas, tempestades e ondas de calor;
- mudanças demográficas e sociais associadas ao aumento da urbanização e poluição, e a contraditória tendência de aumento da riqueza e aumento absoluto do número de pobres;
- transição para um futuro tecnologicamente mais sustentável com redução dos impactos ecológicos, incluindo a redução da pegada de carbono¹².

Esses desafios evidenciam a urgência quanto à mudança de paradigma em busca da sustentabilidade social, ambiental, cultural e econômica, e não somente o domínio dessa última (HERZOG, 2013). Assim, a tendência é adotar planejamento e tecnologias que reduzam o impacto das alterações climáticas e ambientais, buscando o uso racional dos recursos naturais e a redução de áreas em grande vulnerabilidade social.

O ambiente urbano artificializado e associado à poluição e ao estilo de vida estressante passa a ser repensado como opção de ambiente de convivência entre pessoas e meio ambiente, de forma a oferecer opções de lazer e recreação, bem estar e qualidade de vida. Para Herzog (2013) ecossistemas urbanos podem ser criados de forma a conectar fluxos naturais e de pessoas de forma sistêmica, de forma a fechar os ciclos metabólicos localmente, Figura 4-2, conferindo resiliência e sustentabilidade como ocorre nos ecossistemas naturais.

¹²**Pegada de carbono** é uma medida da quantidade de emissões totais de dióxido de carbono que são geradas direta e indiretamente por uma atividade (pegada de carbono de uma atividade) ou que é acumulada durante o ciclo de vida de um produto (pegada de carbono de um produto) (Wiedmann, 2008 *apud* Teixeira, 2011).

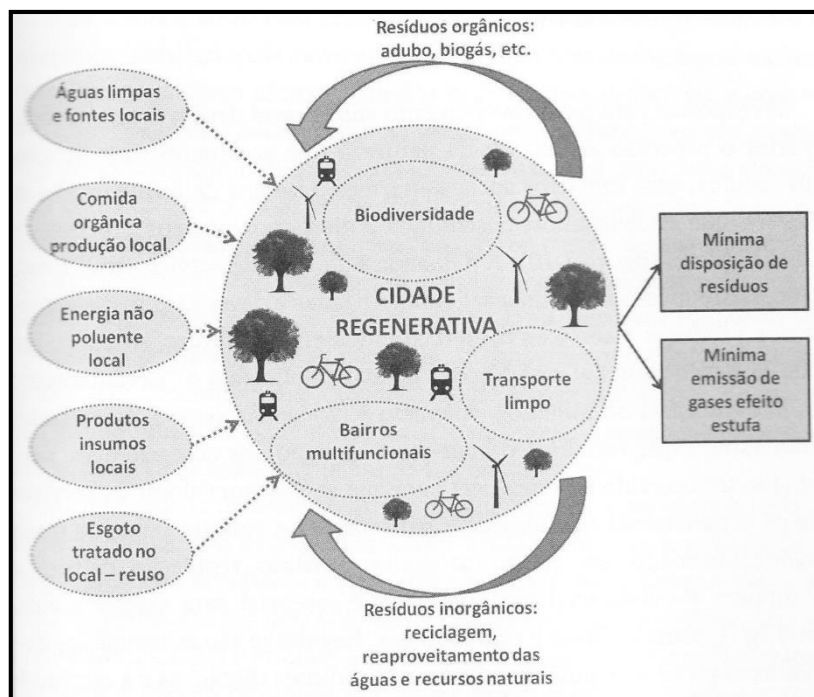


Figura 4-2: Cidade Regenerativa – ciclos fechados

Fonte: Herzog, 2013

Sustentabilidade urbana pode ser entendida como a capacidade individual e de grupos sociais de produzir condições socioambientais, das quais eles são parte, sem violar os direitos dos outros fazê-lo tão bem quanto (Harvey, 1996 *apud* SWYNGEDOUW *et al.*, 2002). Para atingir esse propósito os principais requisitos são obter a distribuição equitativa do poder social e o processo transparente e democrático de tomada de decisão (SWYNGEDOUW *et al.*, 2002). Alguns esforços priorizam a função estética em detrimento das necessidades reais das pessoas, e essas é que fazem uma cidade sustentável ou não (Biello, 2011). Entretanto, espera-se que as decisões sejam orientadas pelas necessidades e interesses da população em processos transparentes e participativos.

O modelo de planejamento utilizado no Brasil em projetos que envolvem preservação com desenvolvimento são tipicamente *top-down*, ou seja, feitos de cima para baixo, desenvolvidos pelos gestores e quando muito se informa à população sobre as decisões tomadas. É preciso desenvolver canais de comunicação mais eficientes para que as reais necessidades da sociedade, incluindo o desenvolvimento e a preservação, se transformem em políticas públicas em modelo *down-top* (MARTINS e SOUZA, 2004).

O conceito de cidades sustentáveis tem gerado um movimento internacional com o objetivo maior de produzir cidades mais verdes e saudáveis para seus habitantes, com sustentabilidade, envolvendo viabilidade econômica, estabilidade social, sensato uso e proteção dos recursos, sustentando o ambiente natural (Leitmann, 1999 *apud* MITCHELL, 2006).

As “green cities” ou cidades sustentáveis apresentam planejamento de abordagem sistêmica, integrando o mosaico formado por áreas verdes e construídas de maneira multifuncional, orientadas pela preservação ambiental e melhoria da qualidade de vida da população. Pode-se apontar como diretrizes gerais básicas presentes na maior parte das experiências divulgadas:

- produção de alimentos e processamento dos resíduos no local, de maneira a fechar os ciclos metabólicos;
- priorização e investimento em transportes de massa de forma a reduzir a emissão dos gases do efeito estufa, bem como o incentivo ao uso de bicicletas e à realização de deslocamentos a pé;
- priorização do uso de energias renováveis e provenientes de tecnologias limpas;
- restauração de cursos de água urbanos, de forma integrada à oferta de áreas de lazer e recreação, recuperando os corredores azuis;
- preservação, ampliação e conexão de áreas verdes, formando os corredores verdes;
- utilização de técnicas compensatórias no sistema de drenagem;
- edificações adaptadas para melhor climatização, como o uso de telhados verdes; aproveitamento de águas de chuva, águas cinza, utilização de sistemas elétricos e eletrônicos que reduzam o consumo de energia, etc;
- envolvimento da população na discussão das questões locais e planejamento das cidades.

A cidade regenerativa, ou cidade sustentável, tem entre seus objetivos a restauração de serviços ecossistêmicos, ou serviços ambientais, perdidos com o processo de degradação. Landell-Mills e Porras (2002) classificam serviços ambientais como bens

públicos, e Greiber (2009) define serviços ecossistêmicos relacionados à água como benefícios para a natureza e bem estar da humanidade fornecidos pelo ecossistema de uma bacia. As cidades dependem de bens e serviços ecossistêmicos que são essenciais à sustentabilidade econômica, social e ambiental. “Ecossistemas nas cidades tem o potencial de regular o clima, proteger contra ameaças, suprir necessidades energéticas, agricultura, prevenir a erosão do solo e oferecer oportunidades de recreação e inspiração cultural” (CBD, 2012).

A manutenção de ecossistemas em ambientes urbanos pode, além de oferecer fonte de abastecimento, contribuir para a qualidade da água, ar e solo. Áreas verdes e parques reduzem o efeito das ilhas de calor, promovendo a reflexão e absorção da radiação solar, de tal maneira que com a implantação dessas áreas verdes é possível reduzir o consumo de energia com ar condicionado. Ocorre ainda a filtragem da poeira, estocagem de carbono, melhoria da qualidade do ar pela liberação de oxigênio e umidade (CBD, 2012).

Áreas não impermeabilizadas e cobertas por vegetação contribuem para a infiltração das águas de chuva e redução dos impactos da urbanização no sistema de drenagem, e redução das inundações. O fornecimento de *habitats* para organismos e animais diversos, ciclagem de nutrientes e formação do solo são outros serviços ecossistêmicos oferecido (CBD, 2012).

Cidades e bairros que oferecem convívio social diversificado em áreas compactas, com residências, comércio, serviços, lazer e recreação, além de fartos espaços arborizados, onde se pode deslocar a pé em ruas agradáveis e sombreadas e ter acesso a transporte de massa, são lugares mais apreciados e valorizados (HERZOG, 2013). De acordo com CBD (2012) têm sido demonstrados ainda os benefícios psicológicos do aumento de espaços verdes e de biodiversidade, com aumento da satisfação no trabalho e redução do estresse proporcionados, por exemplo, pela vista de uma paisagem com vegetação através de uma janela. Com aumento da sensação de bem estar pode haver ainda aumento da produtividade e ganhos econômicos.

A introdução da infraestrutura verde, multifuncional, em harmonia com a natureza e com foco nas pessoas contribui para a melhoria da qualidade de vida de toda a população. O planejamento e projeto de cidades demanda uma abordagem sistêmica

contemporânea em diversas escalas: regional, urbana, da bacia ou sub-bacia hidrográfica, do bairro e local.

Entretanto, a fragmentação da ciência, com pesquisas cada vez mais aprofundadas em componentes micro de um processo e a progressiva especialização, deixou-se de lado a análise espacial e sistêmica. Houve então um distanciamento durante muito tempo dos diversos profissionais das áreas relacionadas ao meio ambiente, e constituiu impedimento ou fator dificultador na análise e planejamento integrados. Tal distanciamento esteve presente tanto nas academias, quanto nas instituições governamentais (McHarg, 1997).

Entretanto, verifica-se avanço quanto à gestão de recursos naturais, em especial os recursos hídricos, que no Brasil passaram a ter seu planejamento baseado na unidade territorial da bacia hidrográfica (BRASIL, 1997). Com as questões ambientais reintegrando a agenda política, as implicações das mudanças urbanas e sustentabilidade urbana passam a integrar as discussões (Swyngedouw *et al.*, 2002). O gerenciamento integrado das águas urbanas (Integrated Urban Water Management – IUWM) está inserido nessa nova concepção de cidades verdes, ou cidades ecológicas. Pode-se falar em novo paradigma para a gestão da água, com ênfase no controle de demanda e suprimento, e na utilização de recursos hídricos não tradicionais (Swyngedouw *et al.*, 2002).

Os princípios desse novo modelo de gestão de águas urbanas são (Newman e Mouritz, 1996; Varis e Somlyódy, 1997; Niemczynowicz, 1992, 1999; Mitchell *et al.*, 2002; Pinkham, 1999 *apud* Mitchell, 2006):

- considerar todas as etapas do ciclo hidrológico;
- considerar necessidades ecológicas e antrópicas de água;
- considerar o contexto local, quanto às perspectivas ambientais, sociais e culturais e econômicas;
- inclusão de todos *stakeholders* no planejamento e tomada de decisão;
- esforço para a sustentabilidade, contribuindo para o equilíbrio das necessidades ambientais, sociais, econômicas em curto, médio e longo prazo.

A Tabela 4-1 faz uma contraposição entre o modelo tradicional de gestão das águas urbanas e o emergente.

Tabela 4-1: Características do velho e novo paradigma da gestão da águas urbanas (Adaptado de Pinkham, 1999)

Antigo paradigma	Novo paradigma
Dejetos humanos são um estorvo e devem ser dispostos após tratamento.	Dejetos humanos são recursos e devem ser coletados e processados efetivamente, usados para fertilizar solo e plantações.
As águas pluviais são um estorvo e devem ser levadas para longe das áreas urbanas o mais rápido possível.	As águas pluviais são um recurso, devem ser coletadas para abastecimento, infiltradas ou retidas para alimentar aquíferos, rios navegáveis e vegetação.
Demanda é uma questão de quantidade. A quantidade de água requerida por diferentes usuários finais é o único parâmetro relevante para escolhas de infraestrutura. Tratar toda a água de abastecimento e coletar e tratar toda água servida.	A demanda tem múltiplas facetas. As escolhas em infraestrutura lidam com diferentes características para a água requerida por diferentes usuários finais em termos de quantidade, qualidade, nível de confiabilidade, etc.
Uso único. A água segue um único caminho, suprimento, usuário, tratamento e disposição no meio ambiente.	Reuso e recuperação. A água pode ser usada múltiplas vezes, em cascata do mais alto ao mais baixo nível de exigência de qualidade, e ser recuperada no tratamento e retornar à infraestrutura de abastecimento.
Infraestrutura cinza. A infraestrutura é composta por elementos de concreto, metal e plástico.	Infraestrutura verde. A infraestrutura não compreende somente tubulações e estações de tratamento, feitas de concreto, metal e plástico, mas também de solo e vegetação.
As plantas de tratamento e sistemas de coleta devem ser grandes e centralizados.	Pequenos sistemas descentralizados são possíveis, e na maior parte das vezes preferíveis para coleta e tratamento.
Complexidade limitada e emprego de soluções padronizadas. Pequeno número de soluções técnicas e de profissionais definem a infraestrutura.	Diversificação de soluções. A tomada de decisão é multidisciplinar e segue novas estratégias de gestão e tecnologias.
A integração é incidental. Abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana devem ser gerenciados pela mesma agência por tradição, mas os três sistemas são separados.	Integração física e da gestão. Os três sistemas devem ser integrados, o que requer grande coordenação gerencial.
Colaboração = relação pública. Deve haver aproximação do público e de outras agências quando da aprovação ou pré-escolha das soluções.	Colaboração = engajamento. Envolver outras agências e o público na busca da efetiva solução.

Portanto, a gestão integrada das águas urbanas está inserida no contexto das cidades sustentáveis, contribuindo para o uso racional dos recursos hídricos, assim como para a descentralização dos sistemas e fechamento local dos ciclos hidrológico e de nutrientes.

A integração entre sistemas físico e social, com o envolvimento cada vez maior da sociedade nas diversas etapas de planejamento, execução e monitoramento é outra característica marcante das cidades sustentáveis.

A ecologia urbana é dividida em ecologia nas cidades e ecologia das cidades (HERZOG, 2013). A primeira estuda os padrões e processos ecológicos que ocorrem em ambientes urbanos e os compara com outros ambientes de forma a verificar a interferência da urbanização na ecologia das espécies animais e vegetais. Já a ecologia das cidades procura entender como ocorrem as interações entre sistemas sociais e ecológicos, de forma a poder propor planos e projetos que mantenham as funções vitais sociais e ecológicas para um ecossistema urbano saudável, com o desenvolvimento da infraestrutura verde.

A infraestrutura verde propõe que áreas impermeabilizadas com funções específicas, quase sempre monofuncionais, sejam transformadas em áreas multifuncionais (Benedict e McMahon, 2006 *apud* Herzog, 2013). O objetivo é manter o equilíbrio dinâmico, sustentável e resiliente do ecossistema urbano, por meio da renaturalização ou desimpermeabilização, com remoção de concreto, asfalto, cimento, cerâmicas, pedras, telhas, etc. Assim, busca-se estabelecer um arranjo harmônico de espaços construídos e áreas verdes, conectados por corredores verdes e azuis, nos quais a biodiversidade protege e melhora a qualidade das águas, de maneira a reestruturar o mosaico em múltiplas escalas. Trata-se de um conceito que mimetiza a natureza de forma a recuperar a funcionalidade desses espaços, que são orientados pelos sistemas geológico, hidrológico, biológico, social, circulatório e metabólico.

Herzog (2013) cita a importância de cada organismo, mesmo os mais microscópicos, quanto ao cumprimento de funções essenciais ao seu ecossistema, e a interligação desse mosaico de forma a manter a troca gênica. A autora faz analogia entre a biosfera e esses ecossistemas locais, de forma que qualquer intervenção que propicie a melhoria da qualidade ambiental local estará de alguma forma contribuindo para a qualidade ambiental do planeta.

Algumas cidades já incorporaram o conceito de cidade sustentável ao seu planejamento urbano, como Estocolmo na Suécia, Hamburgo na Alemanha e Curitiba no Brasil.

Na avaliação de projetos ambientais é importante incorporar a análise de custos e de benefícios, esses últimos provenientes em parte dos serviços ecossistêmicos recuperados ou enriquecidos. Esses serviços ecossistêmicos serão objeto da discussão do item 4.2.

As iniciativas brasileiras atreladas ao conceito de cidades sustentáveis são tímidas e fragmentadas, sem que haja um programa amplo, com raras exceções como Curitiba. Entretanto, é um conceito que começa a fazer parte das discussões sobre planejamento urbano. A Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH - está desenvolvendo o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da RMBH – PDDI, para o qual foi estabelecida uma rede de diretrizes de desenvolvimento regional, na qual o núcleo ambiental possui metas alinhadas com a discussão realizada neste capítulo.

O estudo do CEDEPLAR (2014) que tem servido de base para o desenvolvimento das políticas da RMBH por meio do PDDI, traz entre as etapas de implementação dessas políticas a criação da Trama Verde e Azul. O estudo traz referencial teórico e metodológico para estabelecer um planejamento considerando os recursos hídricos e a integração do meio urbano com a continuidade ecológica natural, valorizando a natureza na cidade. As propostas a seguir são parte integrante deste estudo:

- Identificação e seleção de áreas existentes com vocação a serem revalorizadas como corredores verdes;
- Proposição de áreas para implantação futura de parques lineares;
- Seleção de corpos d'água ou seus trechos com vocação a serem restaurados a fim de se obter ganhos ecológicos e sociais;
- Identificação de áreas prioritárias para desenvolvimento de corredores azuis com a função de minimizar os impactos da urbanização no regime hidrológico natural, minimizando os danos decorrentes.

(CEDEPLAR, 2014)

De maneira que a discussão apresentada neste estudo pretende introduzir elemento inovador no planejamento das intervenções em recursos hídricos, em momento oportuno quando os diversos agentes têm demonstrado abertura para esses novos conceitos.

4.2 Serviços fluviais

Os cursos de água sofreram ao longo dos anos intensa exploração para atendimento de necessidades humanas e usos econômicos, sem que houvesse preocupação com a garantia de sua qualidade e quantidade. Somente nas últimas décadas tem se tratado a

água como recurso limitado e esgotável. Até mesmo regiões desenvolvidas do mundo têm sofrido com a escassez e degradação dos recursos hídricos, com muitos bens e serviços originalmente fornecidos pelos ecossistemas fluviais sendo perdidos ou diminuídos devido ao excessivo uso da água e alterações no regime de vazões (Arthington *et al.*, 2010). Aproximadamente 60% dos serviços ecossistêmicos em todo o mundo são considerados degradados ou utilizados de maneira insustentável (Millenium Assessment, 2005 *apud* Trabucchi, 2014).

A situação é mais delicada em países em desenvolvimento, onde os recursos hídricos têm sido utilizados para atendimento de necessidades básicas da sociedade e ganhos econômicos, em detrimento dos processos ecológicos e geomorfológicos. No entanto, há grande pressão internacional para que sejam considerados em sua completude os custos ambientais e sociais antes de tomar a decisão quanto aos usos da água a serem mantidos ou incorporados a uma bacia (King e Brown, 2006).

No Brasil o número de intervenções para restauração de rios tem aumentado, entretanto, trata-se de análise complexa que requer o envolvimento de atores com interesses diversos. Portanto, a análise dos serviços existentes e/ou pretendidos pela comunidade levando-se em consideração conflitos e limitações a eles associados é etapa fundamental para o processo de planejamento de intervenções em cursos de água. A definição dos serviços servirá de base para a definição dos serviços fluviais prioritários em uma bacia, ou valores fluviais.

As funções fluviais estão relacionadas ao *habitat*, às propriedades físicas e biológicas ou processos ecossistêmicos dos cursos de água, como por exemplo, vazões, carga orgânica e de sólidos (Costanza *et al.*, 1997). Já os serviços ecossistêmicos podem ser definidos como benefícios que as pessoas adquirem dos ecossistemas a partir dessas funções, como serviços de produção, de regulação, de suporte, e culturais, cujos produtos abrangem alimentos, combustíveis, serviços de regulação do clima e controle de doenças, e benefícios não materiais espirituais ou estéticos (Costanza *et al.*, 1997, Millenium, 2010). Na Tabela 4-2 são apresentados alguns exemplos de funções e serviços fluviais citados por Costanza *et al.* (1997).

Tabela 4-2: Serviços e funções fluviais
(Adaptado de Costanza *et al.*, 1997)

Serviço ecossistêmico	Função ecossistêmica
Regulação climática	Regulação de temperatura, precipitações e processos biológicos
Regulação de distúrbios	Resiliência e adaptação frente alterações no meio físico
Regulação da água	Manutenção do regime de vazões e do ciclo hidrológico
Regulação da disponibilidade hídrica	Estocagem e retenção de água
Controle de erosão	Retenção de sedimentos nos ecossistemas
Diluição de efluentes	Capacidade de autodepuração
Recreação	Oferta de oportunidade e condições para a recreação
Relação cultural	Oferta de condições para atividades culturais

O crescimento da população faz com que a demanda por esses serviços cresça, ao mesmo tempo em que atividades humanas limitam ou diminuem a capacidade dos ecossistemas proverem esses serviços (Millenium, 2010). Dessa maneira, torna-se fundamental a avaliação integrada dos sistemas social e ecológico.

Entretanto, a frequente segmentação dos cursos de água e do meio fluvial nos estudos e projetos de intervenções em cursos de água indica a necessidade de reconhecimento da continuidade e da necessidade de uma visão global do rio aos gestores e ao meio acadêmico (Carré *et al.*, 2011). Com efeito, são recorrentes as intervenções fluviais nas quais os cursos de água são avaliados isoladamente em relação à rede hídrica, sem a devida consideração das características da bacia de contribuição e das necessidades humanas. Trata-se de uma transição da gestão hidráulica do curso de água em função dos seus usos econômicos e sociais para o homem, para a gestão ecológica do curso de água e do meio, com proteção do curso de água garantindo a preservação dos recursos hídricos e serviços ecossistêmicos (Carré *et al.*, 2011).

Um conceito ainda mais importante é o do valor ecossistêmico, para o qual se considera a interação dos sistemas social e ambiental. Definem-se valores a partir do conjunto de bens ou serviços esperados ou desejados pela população (Cottet, 2013). No planejamento de ações de restauração fluvial devem ser utilizados como indicadores os valores fluviais identificados pela comunidade, ou seja, os serviços ecossistêmicos a serem preservados, recuperados ou introduzidos, de acordo com as necessidades e anseios da população interessada e afetada.

A definição desses valores fluviais se faz geralmente em meio a contradições e tensões entre usos e valores, e entre equilíbrio existente (estabilidades de margens e de fundações de imóveis, proteção contra inundações) e estados esperados (restabelecimento da circulação de sedimentos e espécies, funcionamento do rio com necessidade mínima de manutenção) (Carré *et al.*, 2011).

Grande número de projetos de restauração fracassaram em diversos países por terem sido concebidos e implementados de forma isolada e não considerarem o contexto da bacia (Frissell e Nawa, 1992, Muhar, 1996, Wohl *et al.*, 2005). O conhecimento das funções e dos serviços fluviais existentes ou desejados é elemento importante para a compreensão dos sistemas ambientais e sociais da bacia e planejamento da restauração de cursos de água. Essas ações buscam restaurar serviços fluviais, que para Morandi (2014) enquadram-se em cinco principais tipos:

- Restauração ecológica – restabelecer vazões mínimas, remeandrizar, restabelecer a continuidade do transporte de sedimentos, replantar vegetação ripária, remover barramentos, aquisição de áreas das margens para adequar sua cobertura;
- Intervenção sobre os *habitats* de peixes, como escada para peixes, e *habitats* para desova;
- Restauração da capacidade de escoamento e gestão de riscos, com alterações na calha;
- Restauração do patrimônio construído, mantendo os terraços, as barragens, etc;
- Valorização para fins recreativos ou turísticos, com construção de passarelas, trilhas.

Os usos ou serviços de cursos de água podem ainda ser classificados em grandes famílias como fonte de recursos, exutório, elemento paisagístico e ecossistêmico, ou ainda em função de aspectos econômicos (GRAIE, 1999), como:

- uso extrativo como fonte de água, energia, material granular, peixes, etc;
- uso *in loco*, pesca, esportes aquáticos, canoagem, recepção de rejeitos, etc;
- serviços coletivos *in loco* de “não uso” como regulação do microclima, manutenção de espécies, regulação do ciclo hidrológico, etc;

- ocupação do solo, como sistema viário nas margens, habitação, etc.

Thorp *et al.* (2010) *apud* Rodríguez e Mas (2014) classificam os serviços fluviais nas categorias listadas a seguir.

- Serviços de manutenção: de ciclos biogeoquímicos, de produção geral do ecossistema, de criação de habitats e refúgio para a fauna, e manutenção geral da biodiversidade.
- Serviços de regulação: da qualidade da água, dos processos de erosão e sedimentação, processos ecológicos como polinização e prevenção de pragas.
- Serviços de provisão direta ou indireta de bens de consumo humano: água de abastecimento, alimentos, peixes, etc.
- Serviços culturais: relacionados à estética, equilíbrio psicológico e educação ambiental.

Haja vista que a definição dos valores a serem utilizados no planejamento das intervenções em cursos de água deve ser feita com consulta aos atores locais e a complexidade da questão, tal rol de serviços fluviais será ferramenta útil nessas discussões. Como resultado da revisão da literatura pode-se listar o seguinte rol, não exaustivo, de serviços fluviais oferecidos ou potencializados: Abastecimento de água para a população; Abastecimento de água para indústrias; Fornecimento de água para agricultura; Fornecimento de água para Pecuária; Diluição de efluentes; Manutenção de fauna e flora; Manutenção da saúde e bem estar da população; Manutenção da segurança da população; Manutenção de processos ecológicos; Manutenção de processos geomorfológicos; Pesca; Navegação; Esportes aquáticos; Recreação e lazer; Turismo; Contemplação e aspecto cênico; Produção de energia; Equilíbrio do microclima.

A definição dos valores fluviais requer ainda a compreensão das limitações impostas por um uso, ou serviço, sobre outros devido aos conflitos pela quantidade ou qualidade das águas submetidas a cada uso. A Tabela 6-2, apresentada no Capítulo 6, traz os serviços limitantes e os serviços limitados, bem como o conflito gerado por essa limitação.

Usos que requerem derivação ou captação de grandes volumes de água demandam avaliação criteriosa dos órgãos gestores de recursos hídricos para concessão das outorgas. Entretanto, antes mesmo da solicitação da outorga será importante a avaliação pelos atores se tal empreendimento não irá inviabilizar outros usos. Tal avaliação é frequente em Planos de bacia e enquadramento de cursos de água, nos quais os usos vocacionais e preponderantes da bacia são evidenciados, o que nem sempre ocorre em projetos de restauração fluvial. Por outro lado, o enquadramento de um trecho de um curso de água em classe com padrões muito restritivos, como na classe especial, deve estar orientado pela conclusão de tratar-se de importante manancial de abastecimento de água ou de proteção de ecossistema sensível e importante. Isso porque essa classificação impedirá a implantação ou manutenção de determinadas atividades econômicas, como instalações industriais e diluição de efluentes de estações de tratamento de esgoto.

Em uma avaliação de prioridades de trechos para restauração fluvial, análise similar deve ser efetuada para definir os objetivos e escopo do plano de restauração. Tal avaliação deve ser pautada pela vulnerabilidade de cada trecho e do seu valor para a comunidade. Portanto, é preciso consultar a população para identificar que tipo de curso de água ela deseja ter (Hobbs e Harris, 2001; Palmer, 2009; CIREF, 2010), e assim os serviços mais importantes, e a partir disso quais os trechos que possuem menor eficiência quanto à prestação desses serviços ou valores.

A definição e priorização das intervenções em cursos de água requerem o conhecimento dos sistemas fluvial e social da área em estudo. Os serviços fluviais existentes e os desejados pela comunidade representam um conjunto de usos que podem ter incompatibilidades ou limitações que precisam ser conhecidas e mensuradas. No item 7.4, com base nesses valores fluviais e de indicadores de estado correspondentes, serão avaliadas a situação atual e em cenários de desenvolvimento, quanto ao impacto antrópico sobre esses serviços, e assim de sua vulnerabilidade. Dessa maneira será possível estabelecer uma escala de prioridades para intervenções em cursos de água de um dado recorte territorial.

Nos itens seguintes serão apresentadas metodologias de restauração de rios, item 4.3, e de priorização de ações em ambientes fluviais e metodologias multicriteriais, item 4.4, que contribuirão para a definição dos critérios e da estrutura do SAD.

4.3 Restauração de rios

As ações relacionadas à restauração de rios apresentam abordagens diversificadas quanto ao objetivo e ao escopo das intervenções. Existem diversos termos utilizados amplamente para referenciar ações de restauração de rios, sendo os mais frequentes, revitalização, reabilitação, renaturalização e restauração, havendo algumas tentativas de uniformização da terminologia.

Cardoso (2012) e USACE (2001) discutem o emprego desses termos, ressaltando falta de clareza, subjetividade e divergência quanto à definição das intervenções compreendidas por cada termo. Essas podem variar em seus objetivos desde estabelecer uma nova condição de maneira a recuperar funções e o equilíbrio dinâmico da estrutura fluvial, até recuperar as condições naturais ou pristinas do curso de água. Entretanto, essa última, também denominada por alguns autores como renaturalização, tem sido considerada de difícil alcance, e impossível por alguns, tanto em termos econômicos quanto técnicos (Hobbs e Harris, 2001; CIREF, 2010; Palmer, 2009; Brierley e Fryirs, 2000). Para CIREF (2010) a dificuldade de restauração das condições pristinas se funda na incompatibilidade entre algumas atividades humanas e sistemas naturais, assim como a impossibilidade de reconstruir uma condição passada pristina, frente às transformações ocorridas na bacia e no planeta.

“A natureza é produto de cada momento com suas condicionantes que não se repetirão” (CIREF, 2010).

Diante da impossibilidade de efetuar a restauração das condições naturais, a tendência é trabalhar com uma restauração baseada em objetivos concretos e factíveis. Ela pode ser incompleta, porém deve responder a critérios de naturalidade e aportar benefícios à sociedade, focados em características desejadas para o sistema no futuro, ao invés de uma relação com o que ele foi no passado (Hobbs e Harris, 2001; Palmer, 2009; CIREF, 2010), recuperação de serviços ecossistêmicos. CIREF (2010) acrescenta ainda o caráter recuperador, corretivo e preventivo da restauração, sendo esse último mais avançado, entretanto, viável e factível somente quando existe gestão ambiental sustentável. Se essa não for alcançada, não será possível eliminar ou reduzir as pressões que geraram a degradação, portanto, não haverá restauração, mas reabilitação com pequenas melhoras localizadas.

Como base para esse restabelecimento é utilizada com frequência uma condição de referência (Hobbs, 2007; Hobbs e Harris, 2001, CIREF, 2010; Brierley e Fryirs, 2000; Palmer, 2009), a qual pode ser:

- a própria área em uma condição pré-existente e menos impactada, mas não necessariamente a condição pristina;
- uma outra área mais preservada dentro, ou nas proximidades, da bacia e que tenha características similares às da área a ser tratada;
- ou ainda uma condição criada a partir das expectativas dos atores envolvidos e das reais possibilidades de recuperação.

Palmer (2009), entretanto, entende que estabelecer uma condição única (condição de referência) não é o ideal, pois os ecossistemas podem possuir múltiplos estados estáveis para os quais ele pode tender de acordo com a condição local, de maneira que o procedimento mais eficiente seria conhecer os fatores que promovem o aumento da resiliência do ecossistema e agir sobre esses fatores.

Os objetivos da restauração devem ser baseados na capacidade local esperada, na viabilidade dela ser atingida e na resiliência do sistema, como um todo, e não necessariamente em sua capacidade natural inalterada (Mendondo, 1999; Mendiondo, 2000a, 2000b; *apud* Mendiondo, 2008).

Por outro lado, não se pode intitular como projeto de restauração de rios aquele que não se orienta por objetivos atrelados à melhoria da qualidade ambiental. O objetivo principal da gestão fluvial deve ser a conservação do sistema fluvial, mas o termo restauração tem sido utilizado com frequência associado a ações de mera “maquiagem” em projetos urbanísticos especulativos, nos quais a palavra restauração é utilizada como instrumento de *marketing* sem que haja comprometimento com os objetivos ambientais (CIREF, 2010). O autor fala com base na sua experiência na Espanha e Europa, mas no Brasil a situação não é diferente. Grande parte dos projetos de restauração ou revitalização de cursos de água no Brasil envolvem ações de retificação do canal e artificialização da seção transversal, construção de ciclovias e pista de caminhada impermeabilizadas em suas margens sem qualquer preocupação com as funções ecológicas da restauração.

Outra questão muito discutida atualmente é a escala dos projetos de restauração, pois a maior parte é pontual ou de pequena escala, tratando de *habitats* específicos, mas é possível trabalhar com biomas ou escala regional. Projetos de pequena escala e curto prazo podem ser valiosos, em especial em áreas urbanas como citado por Herzog (2013), mas esses experimentos são pouco representativos para a gestão ecossistêmica do mundo real (Trabucchi, 2013). Muitos autores reconhecem a necessidade urgente de expandir a escala de restauração e conservação de ecossistemas (Comin, 2010; Marenco-Mateos *et al.*, 2012; Naveh, 1994; Palmer, 2009; Hobbs e Norton, 1996; Wohl *et al.*, 2005; Trabucchi, 2014; Arthington *et al.*, 2010).

Carré *et al.*, 2011 apresentam outra perspectiva sobre projetos de pequena escala, discutindo os denominados “projeto vitrine”. Tratam-se de projetos de pequena abrangência, e que servem de argumento para a multiplicação da proposta de intervenção. São verdadeiros “manuais” com uso de ferramentas pedagógicas para demonstrar soluções técnicas naturais. Eles trazem uma ambiguidade, que é a necessidade de discutir com os principais atores até um certo ponto, mas sem jamais discutir a oportunidade e a sua inserção em uma análise global da bacia. Privilegiam trechos que contemplam pouco, ou não contemplam, a população ribeirinha, havendo fraca atuação coletiva. São projetos em escala micro, que são realizados “não importa o preço”, pois incorporam funções simbólicas, teológicas e messiânicas, passando-se então à reflexão de quais são os usos desejados ou possíveis de pequenas bacias urbanas, serviços que foram detalhados no item 4.2.

Nos itens seguintes será feita uma apresentação sucinta dos principais aspectos envolvidos nas duas abordagens de restauração mais discutidas na literatura especializada, restauração ecológica e geomorfológica, e a emergente restauração baseada em uma visão sistêmica.

4.3.1 Restauração ecológica

Restauração ecológica é o processo de favorecer a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (SER, 2002 *apud* Halle, 2007). Os objetivos envolvem a recuperação e a manutenção de processos ecológicos, por meio da reintrodução ou preservação de espécies vegetais e organismos essenciais a esses processos, de maneira a recuperar funções perdidas. A teoria ecológica aplicada a

projetos de restauração inclui princípios de população, comunidades e ecologia de ecossistemas, contribuindo para a dispersão e a interação entre as espécies (Falk *et al.*, 2006 e Lake *et al.*, 2007 *apud* Palmer, 2009). O conhecimento de outros fatores e processos como distúrbios naturais, regime de vazões e ciclos de nutrientes contribuem para o estabelecimento da restauração ecológica (King e Brawn, 2006; Arthington *et al.*, 2010; Palmer, 2009). A complexidade dos temas envolvidos aponta para a necessidade de que a restauração ecológica seja encarada como ciência, utilizando-se de princípios amplamente aceitos e desenvolvendo estudos para preencher as lacunas existentes. Palmer (2009) sugere que seja incorporado em projetos de restauração embasamento teórico quanto a *equilíbrio dinâmico, limites e mudanças de estado; escala e dependência do contexto; diversidade e heterogeneidade*.

Os conceitos de **equilíbrio dinâmico e mudanças de estado** baseiam-se no comportamento da população, comunidades e no sistema como um todo. Esses ao sofrerem um distúrbio movimentam-se de um estado reconhecido como “normal” a um estado alterado, Figura 4-3, e tende a voltar ao estado anterior após um período de tempo de recuperação (Pimm, 1991 *apud* Palmer, 2009).

Existem fatores limitantes que definem o “equilíbrio” populacional para um *habitat*, que, caso alterados, interferem no controle de densidade da população. Por outro lado, o conceito dos “limites de restauração” preconiza a existência de vários estados estáveis, que quando ultrapassados conferem baixa capacidade de restauração àquele ambiente (Carpenter, 1999, Palmer, 2009, Hobbs, 2007; Hobbs e Harris, 2001). Assim, o ecossistema tenderia para esses pontos ou estados de acordo com as condições locais, conforme indicado pela Figura 4-3. Portanto, a solução seria, ao invés remodelar o sistema para atingir o mesmo estado anterior, identificar os fatores que levaram a essa alteração inaceitável e controlá-los de maneira a aumentar a resiliência do ecossistema (Walker *et al.*, 2004 *apud* Palmer, 2009). A grande dificuldade está na identificação desses limites (Trabucchi, 2013 e Bestelmeyer, 2006).

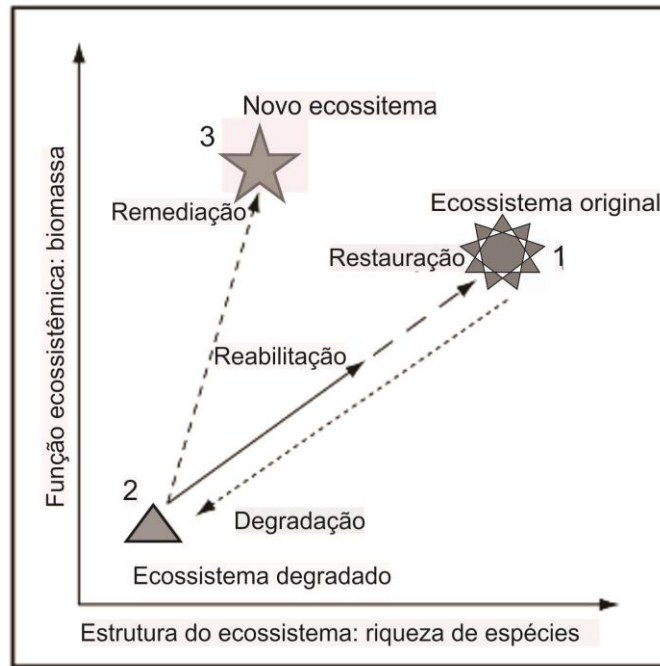


Figura 4-3: Trajetórias de um sistema degradado submetido à restauração (Adaptado de Bradshaw, 1996 por Rutherford *et al.*, 2000)

Ademais, o uso do conceito de equilíbrio requer que haja alguma forma de autorregulação que governe a dinâmica dos ecossistemas. Esse conceito geralmente não é aplicável a pequenas escalas temporais e espaciais, nas quais está inserida boa parte dos projetos, sendo também minimizados elementos como histórico, características do distúrbio e fatores estocásticos (De Angelis e Waterhouse, 1987; Wu e Loucks, 1995; *apud* Palmer, 2009). Existem evidências de que o processo de regulação é externo ao sistema ecológico não humano, e governado por relações socioecológicas, ou seja, o ecossistema está inserido no contexto social e é submetido a fatores de estresse antrópicos e oferece respostas de acordo com o estado do ecossistema e o gerenciamento sociopolítico desses fatores de estresse (Liu *et al.*, 2007 *apud* Palmer, 2009). Brierley (2000) e Rutherford (2000) propõem uma avaliação do processo evolutivo do curso de água e não de um retrato de uma condição do passado.

A dinâmica individual ou coletiva das espécies é influenciada pela **escala espacial**, devido às suas condições locais, movimento de indivíduos e fluxo de materiais, de maneira que ecossistemas próximos ou na rede fluvial estarão efetivamente ligados, e devem, portanto, ser avaliados no contexto da bacia. Portanto, a seleção das áreas onde implantar um projeto de restauração constitui etapa de grande importância, sendo necessária a otimização da extensão e da localização desses projetos (Palmer *et al.* 1997; Craig *et al.* 2008).

Entretanto, essa escolha geralmente não contempla aspectos ecológicos e orientação por planos para toda a bacia, com frequência a seleção se dá pela disponibilidade de área para realização do projeto, o que não garante o seu sucesso, e não raras vezes são opções subotimizadas (Palmer, 2009). A autora cita ainda, como causa de insucesso de projetos de restauração, a pequena extensão da área restaurada frente à extensa área degradada no entorno, o que permite que o fluxo de água de *habitats* degradados supere os esforços para a restauração.

Apesar do reconhecimento da importância do fluxo de materiais, como o aporte de sedimentos e de nutrientes, da variabilidade espacial e da interação em várias escalas, essa análise é pouco utilizada nos projetos de restauração (Palmer, 2009).

A diversidade de espécies, a heterogeneidade e a manutenção de comunidades são outros fatores importantes da restauração ecológica. A importância da diversidade de espécies está na manutenção da estabilidade da comunidade e das funções do ecossistema (Naeem *et al.*, 1994; Tilman *et al.*, 1996 *apud* Palmer, 2009). Por sua vez, a diversidade de espécies está ligada à heterogeneidade de *habitats* (Tews *et al.*, 2004), que representa a complexidade (arranjo espacial), a diversidade (número de tipos) e, algumas vezes, a variabilidade temporal de *habitats*. Portanto, apesar de existirem espécies chave que agem como “engenheiras ecossistêmicas”, Palmer (2009) questiona alguns projetos que focam em uma única ou poucas espécies, para os quais há pouca evidência de que tenha havido melhorias mensuráveis.

Enfoque especial deve ser dado à recuperação e preservação de matas ciliares e nascentes, ações imprescindíveis à restauração ecológica, sejam quais forem seus objetivos específicos, já que possuem impactos sobre fauna e flora terrestre, ripária e fluvial.

Os processos de restauração de florestas podem ser agrupados em técnicas de restauração assistida e de regeneração não assistida. Apesar de muitos princípios da restauração ecológica serem provenientes da observação do processo de sucessão, deve-se fazer distinção entre a restauração assistida ou guiada de florestas e o processo natural da sucessão. O processo natural não possui prescrição ou direcionamento feito pelo homem e geralmente apresenta caminhos divergentes e imprevisíveis (Chazdon, 2008).

Apesar de a restauração florestal não garantir que as áreas degradadas recuperem a mesma composição das espécies pré-existentes ao distúrbio antrópico, muitas funções ecossistêmicas e muitos componentes da biodiversidade original poderão ser recuperados. A restauração dessa funcionalidade vai depender do estágio inicial da área degradada e dos objetivos desejados, tempo, limitações financeiras (Chazdon, 2008). A Figura 4-4 ilustra essa relação entre estado de degradação, tempo, custos e tipo de restauração para alcançar determinados objetivos em termos de serviços ecossistêmicos e biodiversidade. Na Figura 4-4, os números representam exemplos de objetivos definidos em função do estado do ecossistema, onde: 1 – recuperação da fertilidade do solo para agricultura ou uso florestal; 2 – produção de madeira ou de outros produtos florestais; e 3 – recuperação de serviços ecossistêmicos e biodiversidade.

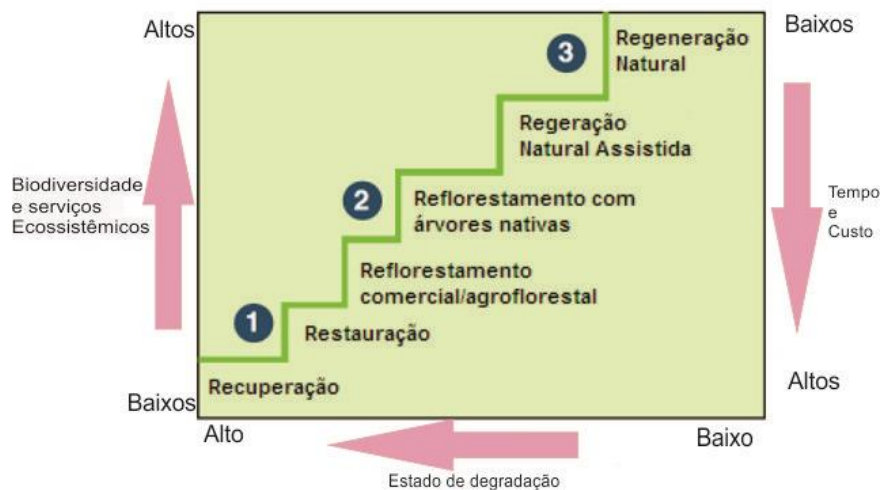


Figura 4-4: Relação entre o estado, tempo, custos e serviços ecossistêmicos
(Adaptado de Chazdon, 2008)

Em muitos casos métodos passivos alcançam melhores resultados que os de intervenções intensivas e são menos onerosos (Chazdon, 2008). Nessas condições a degradação ainda não atingiu o meio físico e a proteção da área contra novos impactos é suficiente para que a própria natureza se encarregue de recuperá-la.

A restauração ecológica inicia-se pela compreensão do funcionamento daquele sistema antes da degradação e a reinserção de processos essenciais (Hobbs, 2007; Hobbs e Harris, 2001).

As funções exercidas pela mata ciliar podem ser interpretadas como sistemas de mata tampão “Riparian Forest buffer systems – RFBS” (Lowrence *et al*, 1997). Nesse

sistema podem ser definidas três zonas de vegetação, Figura 4-5, que aumentam a retenção de poluentes e sedimentos e assim a melhoria da qualidade da água, além de contribuição ao processo de sucessão, e, portanto, para uma maior sustentabilidade na recomposição da vegetação (Baptista *et al.*, 2016).

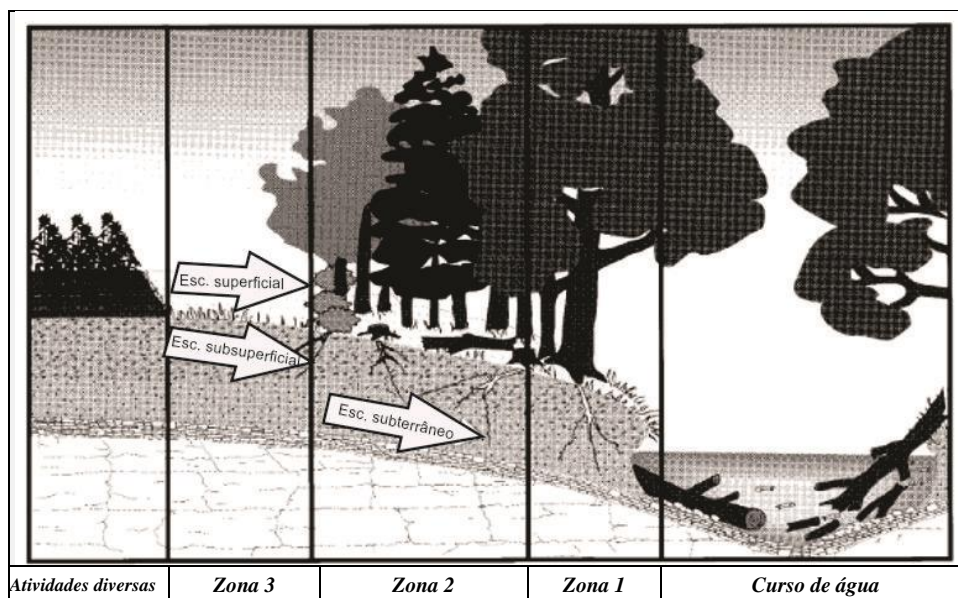


Figura 4-5: “Riparian Forest buffer systems – RFBS” (Sistemas de mata tampão) (Adaptado de Lawrence *et al.*, 1997)

A Zona 1, floresta não alterada, adjacente à zona hiporréica com espécies submetidas à variação permanente do nível de água e, portanto, precisam suportar esse contato contínuo com a água. A função dessa zona é fornecer sombra e detritos vegetais ao rio, sendo composta principalmente por espécies arbóreas. A Zona 2 é uma zona de transição que eventualmente é inundada, e funciona como uma bacia de retenção de nutrientes e infiltração da água no solo, além de gerar *habitats* terrestres. Nela há predominância de espécies arbóreas e arbustos, podendo ser utilizada para sua exploração para determinadas atividades econômicas de menor impacto. A Zona 3 é uma área raramente atingida pelas inundações, mas que é responsável por interceptar e reduzir a velocidade do escoamento superficial das áreas adjacentes, onde podem estarem estabelecidos diversos tipos de uso do solo. Na Zona 3 predominam as herbáceas que favorecem a infiltração das águas de escoamento superficial.

De acordo com Schultz *et al.* (2004) esses sistemas podem ser encontrados ou estabelecidos em paisagens de floresta, agricultura, suburbanas ou urbanas. Segundo os

autores, para áreas urbanas que são geralmente reduzidas e fragmentadas não é possível obter um ecossistema florestal funcional completo. Entretanto, com planejamento e zoneamento adequado é possível oferecer importante contribuição para o manejo de águas de chuva. Destacam ainda que essas são geralmente as maiores e mais contínuas áreas verdes em ambiente urbano, representando importante contribuição para *habitats* e recreação para a população.

A ausência de um tratamento conforme discutido representa perda de potencialidades da vegetação como retenção e fixação de nutrientes e pode levar a insustentabilidade da revegetação, podendo após um período de tempo com aparente sucesso no processo, iniciar-se a competição devido à falha no processo de sucessão que leve a morte das espécies e perda de todo o processo de revegetação.

O processo completo de restauração ou regeneração é de longo prazo, podendo requerer um século ou mais, e precisa ser monitorado (Chazdon, 2008). Além disso, devido à complexidade da dinâmica dos ecossistemas, e a esse comportamento não linear e muitas vezes imprevisível, com diversos estados estáveis para os quais o ecossistema pode tender, os resultados da restauração ecológica não podem ser previstos ou certificados (Chazdon, 2008, CIREF, 2010, 2009, Wallington *et al.*, 2005 *apud* Hobbs, 2007, Palmer, 2009).

Evidencia-se, portanto, a necessidade de traduzir os recentes avanços na compreensão de ecossistemas e na dinâmica das paisagens em modelos conceituais e práticos de restauração (Hobbs, 2007), que permitam aos tomadores de decisão realizar escolhas orientadas por análises técnicas bem fundamentadas. O monitoramento representa outra etapa essencial nesse processo, pois o plano de restauração precisa ser realimentado com as respostas dos ecossistemas às ações implementadas, e assim compreender qual a trajetória de restauração está sendo seguida. Projetos de restauração que criem expectativas irreais podem gerar descrédito quanto à eficiência e efetividade da restauração, e reduzir ou anular o aporte de recursos para novos projetos de restauração enquanto a degradação se perpetua (Hobbs, 2007).

O método dos limiares de restauração (Hobbs e Norton, 1996; Whisenant, 1999 *apud* Hobbs e Harris, 2001; e Hobbs e Harris, 2001) e o STMs - State-and-transition models¹³ - representam importante avanço no estabelecimento de cenários e priorização de áreas (Bestelmeyer, 2006). Áreas que ultrapassaram o limite abiótico são consideradas de baixa prioridade, e ações de monitoramento e ações de restauração são recomendadas para áreas intermediárias (entre limite biótico e abiótico). Entretanto, são necessários mais estudos para estabelecer classificação e ligação entre estados limites. Por exemplo, áreas de pastagem que por esse método teriam baixa prioridade, no entanto poderiam ser recuperadas, e por terem baixa prioridade findam por não receberem tratamento e terem o processo de degradação acelerado. A biodiversidade em áreas degradadas adjacentes a assentamentos humanos pode ser crítica para manter as conexões humanas com a natureza e manter a qualidade de vida e saúde (Miller 2005 *apud* Bestelmeyer, 2006).

O mesmo acontece em áreas urbanas, onde o interesse social pode alterar uma hierarquia de baixa prioridade ecológica para média ou alta prioridade em termos multicriteriais. É preciso trabalhar em uma nova ordenação do território e planejamento urbanístico, integrando a restauração em planos de gestão mais amplos (CIREF, 2010) como os projetos de cidades sustentáveis.

Alguns dos resultados científicos que estão sendo usados em projetos de restauração não foram ainda adequadamente testados e os cientistas têm sido lentos em produzir conhecimento direcionado ao uso prático (Palmer, 2009). A autora aponta ainda a restauração de rios como prática relativamente recente, por isso há grande demanda por apoio científico e métodos testados previamente em campo. Há deficiência na comunicação das descobertas científicas, o conhecimento não tem sido transferido prontamente para as soluções do mundo real. É importante possuir modelos preditivos e buscar opções menos onerosas e menos intervencionistas, e somente após fazer uma análise em que pese potenciais riscos e benefícios. Na Tabela 4-3 são apresentados alguns princípios subutilizados e práticas que precisam de testes.

¹³ STM - modelo baseado na cobertura, reflectância, caracterização multivariada da composição de plantas.

Tabela 4-3: Implicações do uso de técnicas não testadas e do não uso de princípios ecológicos
(adaptado de Palmer, 2009)

<i>Princípios subutilizados</i>	<i>Implicações</i>
Ecosistemas geralmente apresentam dinâmica não linear e de não equilíbrio	Não se pode assumir que um ecossistema irá retornar a um estado anterior, ou condição de referência, ou que a trajetória de restauração é semelhante ao caminho da degradação
Processos críticos para a restauração tipicamente residem no nível do sistema socioecológico	Manipulações apenas no ambiente físico costumam não levar a uma mudança ambiental sustentável
Processos de escala regional, muitas vezes encobrem processos locais	É improvável que pequenas áreas embutidas em um sistema maior degradado possam ser restauradas em isolamento
Os sistemas ecológicos são espacialmente estruturados	O contexto espacial de um projeto é fundamental para o sucesso da restauração; podem existir limites críticos de conectividade entre os locais restaurados
O caráter dinâmico dos sistemas naturais é importante para sua saúde	Estruturas fixas geralmente falham ou permitem a degradação dos processos ecológicos e biota
Múltiplos e interativos fatores controlam os sistemas ecológicos	Correções singulares (por exemplo, restauração de habitats, reintrodução de espécies) raramente funcionam
A troca de material entre os sistemas (subsídios ecológicos) é fundamental para a saúde de muitos ecossistemas	Mudanças fundamentais no movimento natural de material (propágulos, energia, matéria orgânica) irão interferir na restauração
<i>Práticas insuficientemente testadas</i>	<i>Implicações</i>
Heterogeneidade física de <i>habitats</i> promove a restauração da diversidade biológica	Desvia a atenção de outros fatores que podem ser mais importantes para a restauração da diversidade; dispendioso
Os efeitos benéficos de muitos pequenos projetos de restauração são aditivos; recuperação ocorrerá de forma constante na medida em que os fatores de estresse são removidos e os locais restaurados	Muitos projetos pequenos podem ser mais facilmente financiados e implementados, mas podem não ser tão eficazes quanto projetos de maior dimensão; as expectativas do público podem não ser atendidas
Ecosistemas criados e restaurados suportam gama de processos ecológicos semelhantes aos sistemas naturais	Se os processos não são suportados, os benefícios ambientais do projeto serão limitados
Projetos de estabilização de margens resultam em uma redução líquida do aporte de sedimentos para águas costeiras	Os projetos são muito caros, pode ter pouco impacto no aporte de sedimentos, mas impacto negativo na biota do curso de água

Da mesma maneira, Palmer (2009) aponta conceitos bem aceitos que precisam ser mais utilizados e que representam desafios à restauração ecológica:

- foco em processos e fatores limitantes, não estruturais e não direcionados a uma única espécie;

- adicionar segurança ecológica aos projetos de restauração considerando a ligação entre diversidade, funções e estabilidade ecossistêmicas;
- buscar uma faixa probabilística de possíveis resultados ao invés de uma única condição de referência. Por exemplo, ao invés de estabelecer padrões de qualidade da água, utilizar um regime de padrões distribuídos no espaço e tempo, similar ao que é feito no enquadramento de cursos de água;
- expandir a escala espacial da restauração, incorporar a avaliação do arranjo espacial e conectividade dos tributários. “O escopo e localização de projetos são definidos por diferentes agências que são responsáveis por diferentes esforços, e que não compartilham dos mesmos dados, além da jurisdição diferente da divisão por bacia hidrográfica”;
- aplicar abordagem hierárquica para priorizar áreas e escolher o método de restauração. Os critérios sociais e políticos devem ser considerados, mas de maneira a considerar também outros critérios, como ambientais, sanitários, etc. A utilização de ferramentas GIS fornece fortes indicadores para avaliação das condições locais.

Palmer (2009) aponta ainda práticas de restauração que precisam de mais testes:

- testar teorias mais relevantes para práticas de restauração. A necessidade de incorporar o componente social é reconhecida atualmente, mas são necessários mais estudos avaliativos de projetos implementados. Por exemplo, há pesquisas que demonstram que a proteção ampla de mata tampão ao longo de cursos de água urbanos melhora a qualidade da água, mas na maior parte das cidades essa área já foi ocupada e o custo para sua revegetação é muito elevado;
- verificar se manipulação física pode ser usada para gerenciar processos ecológicos. O tratamento dado aos cursos de água tradicionalmente se destinavam a controlar inundações, com canalizações. Com o passar do tempo a abordagem geomorfológica ganhou espaço, entretanto, tentava-se imitar os sistemas naturais com uso de engenharia leve, bioengenharia, com foco na dinâmica dos sedimentos e movimento da água. Entretanto, com frequência havia alterações estruturais, com remodelagem da calha e introdução de estruturas que alteravam o transporte de sedimentos. Mais recentemente os ecologistas têm

participado, introduzindo a restauração de processos ecológicos, e a necessidade de estudos para entender as consequências da manipulação hidrogeomorfológica;

- identificar o retorno entre sistemas social e ecológico que limitam as bases científicas da restauração, de forma a compreender as interações complexas entre homem e natureza e que determinam os resultados e expectativas quanto à restauração;
- determinar como e quando é possível substituir funções ecológicas utilizando ecossistemas criados, como *wetlands*.

4.3.2 Restauração geomorfológica

Elementos de geomorfologia fluvial

Geomorfologia Fluvial é o “estudo das fontes de sedimentos, fluxos e armazenamento na bacia e canal em escalas de curto, médio e longo prazos; e da morfologia do canal e da planície de inundação” (Newson e Sear 1993 *apud* SEAR *et al.*, 2003). Por meio da geomorfologia fluvial é possível entender o processo de formação e alteração da calha do rio e sua planície de inundação, bem como avaliar as possíveis conformações que ele pode assumir frente a distúrbios naturais ou antrópicos.

Os estudos em geomorfologia fluvial podem ser desenvolvidos em diferentes escalas dependendo dos objetivos e amplitude dos projetos, conforme representado na Figura 4-6, escala local, trecho ou bacia hidrográfica. Existe um entendimento entre diversos especialistas (Comin, 2010; Marenco-Mateos *et al.*, 2012; Naveh, 1994; Palmer, 2009; Hobbs e Norton, 1996; Wohl *et al.*, 2005, Trabucchi, 2013) de que a escala dos projetos de restauração deve ser ampliada do nível local para a da bacia hidrográfica ou regional.

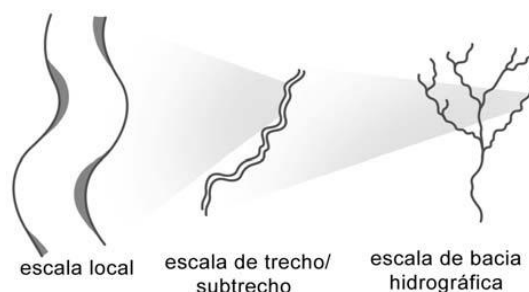


Figura 4-6: Formas fluviais e escalas

(adaptado de Taylor, 2002 *apud* Baptista e Lara, 2012)

Os rios podem ser classificados de acordo com sua seção transversal, uma forma simplificada de representação é indicada na Figura 4-7. O leito vazante corresponde à calha que conduz as vazões de períodos de estiagem; leito menor, que corresponde à calha da vazão dominante, cheia de período de retorno próximo a 2 anos e leito maior, corresponde à planície de inundação e à calha de passagem de cheias menos frequentes (Baptista e von Sperling, 2007).

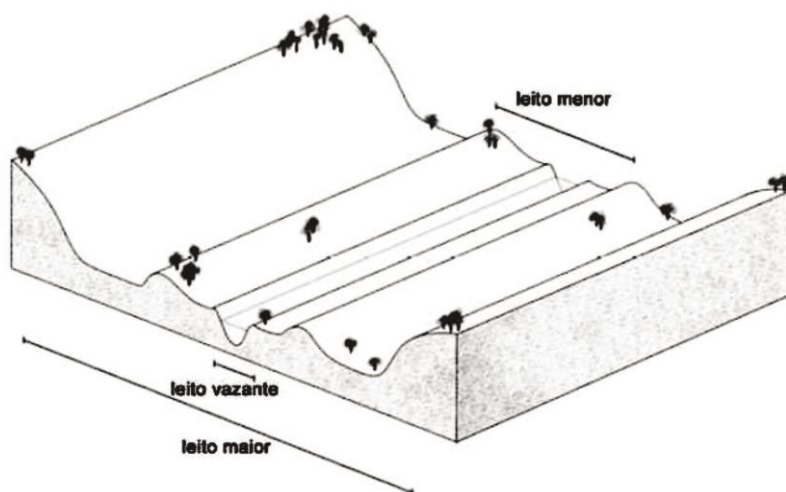


Figura 4-7: Seção fluvial típica

Fonte: Baptista e Lara (2012)

O leito fluvial pode ser classificado como feições do tipo: poços, elevações, rápidos, cascatas e degraus; mas é comum a simplificação dessa classificação para duas formas de leitos, corredeiras e poços, Figura 4-8.

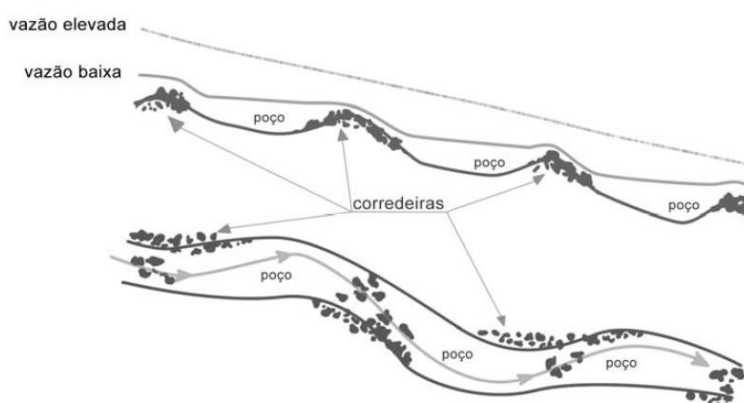


Figura 4-8: Poços e corredeiras em rios, perfil e planta

(adaptado de Leopold, 1994 *apud* Baptista e von Sperling, 2007)

As corredeiras são trechos de maior energia onde há acumulação de sedimentos de maior granulometria, o escoamento é rápido e com pequena lâmina de água. Já os poços

estão relacionados a ambientes de baixa energia de caráter deposicional, onde predominam sedimentos finos e escoamento mais lento com lâmina de água mais profunda. A sequência dessas formas é melhor definida em cursos de água com carreamento de sedimentos de granulometria variada.

Os rios podem ainda ser classificados de acordo com seu padrão fluvial que possui quatro tipos principais, meandrante, entrelaçado ou ramificado, retilíneo e anastomosado, conforme Figura 4-9. Esses padrões são definidos em função da geologia, das variações climáticas e hidrológicas, sofridas e na condição atual, do relevo, das dimensões do vale e da vegetação (Taylor, 2002) por meio de análises quanto à dinâmica dos sedimentos e tipologia do leito.

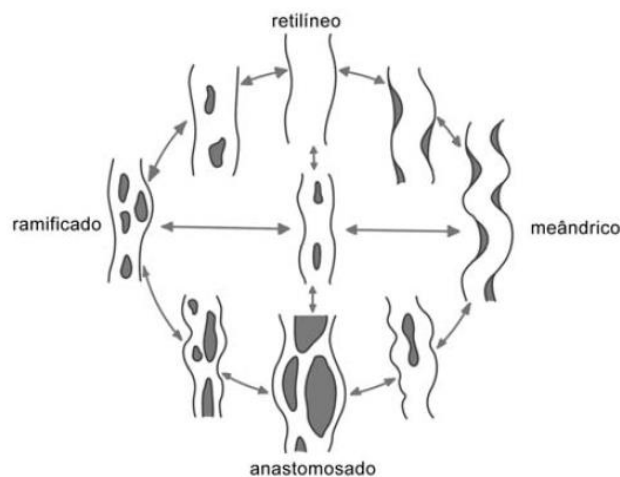


Figura 4-9: Classificação de rios em planta
(adaptado de Taylor, 2002 *apud* Baptista e von Sperling, 2007)

Rosgen (1997) propôs uma classificação baseada em parâmetros morfométricos e morfológicos, a partir da análise de registros de diversos cursos de água norte americanos. A metodologia combina geometria hidráulica do canal, cálculo analítico, relações regionalizadas validadas. A metodologia possui um passo a passo para a classificação, a Figura 4-10 apresenta as classes definidas e alguns parâmetros morfológicos e a Figura 4-11 maior detalhamento dos parâmetros morfométricos que conduzem à classificação.

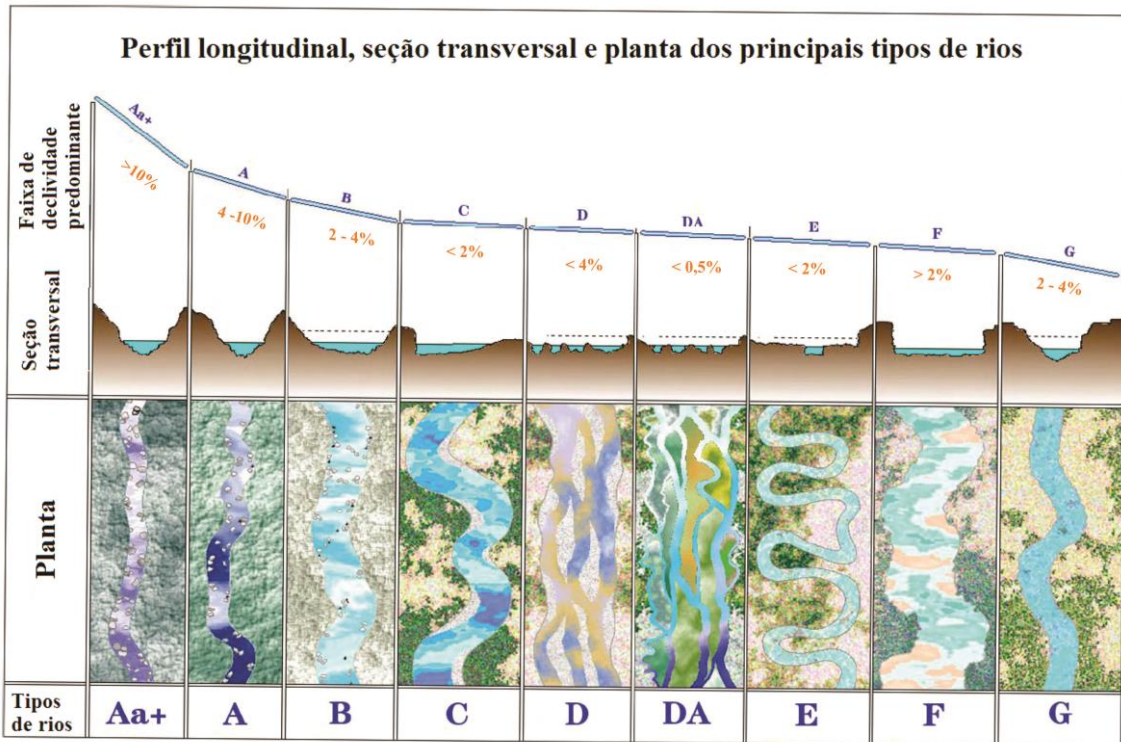


Figura 4-10: Classes propostas por Rosgen (1997)

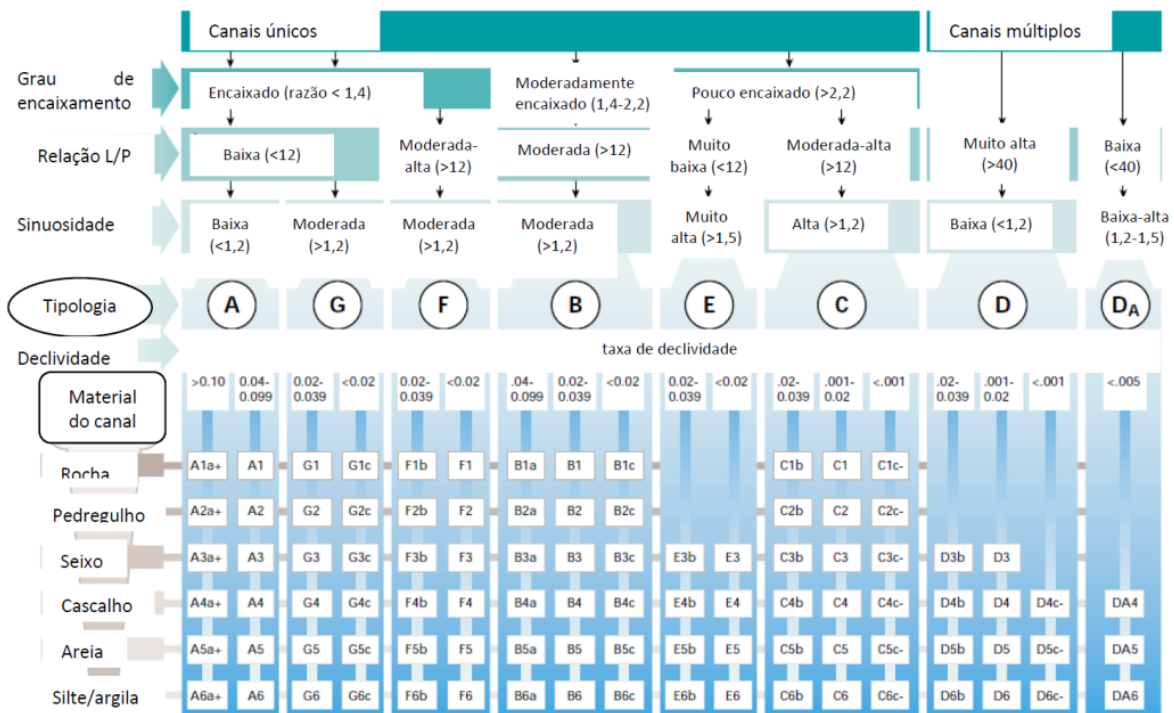


Figura 4-11: Sistema de classificação de cursos de água proposto por Rosgen (1997)

Embora bem sistematizado, o método exige uma série de medidas e sistemas de avaliação, o que requer treinamento e experiência do analista. Outra desvantagem é a

necessidade de se obter um trecho não perturbado à montante do trecho a ser restaurado, o que restringe a sua aplicação a áreas rurais com maior presença de áreas preservadas.

Conforme já discutido neste estudo, um ecossistema que sofreu um distúrbio tem várias possibilidades de progressão e não um único caminho. Logo, metodologias baseadas em análise estática dentro de rígidos padrões de comportamento, sem avaliar as questões relacionadas às alterações espaço-temporais sofridas pelo rio e pela bacia, desconsideram fatores decisivos do comportamento geomorfológico. Outra limitação para sua aplicação apontada por Brierley e Fryirs (2000) seria o fato dos padrões de comportamento estabelecidos para esta metodologia basearem-se na análise de registros históricos de rios norte americanos, portanto requer criteriosa avaliação de sua aplicabilidade para outras regiões, tendo sido considerada não aplicável aos rios australianos.

O ciclo hidrossedimentológico de formação dos rios tem seu início na bacia ou no leito fluvial devido a diversos fatores como variação de temperatura, precipitação, ação antrópica, entre outros. Esses agentes provocam a desagregação das partículas constituintes de rochas e solos, que são carregados. Caso as forças hidrodinâmicas do escoamento superem a resistência oferecida pelas partículas, são desencadeados processos erosivos e assoreamento em determinados trechos do rio.

No canal fluvial estas partículas são transportadas pelo escoamento de três formas: pela descarga de arraste das partículas de maiores granulometria e peso específico, que são deslocadas junto ao leito do canal por rolamento ou tombamento; pela descarga em suspensão das partículas mais leves; e pelo transporte em solução que compreende a parcela do material carregado que é dissolvida na água. A maior parte do transporte de sedimentos se dá pela descarga em suspensão, sendo estimada entre 90 a 94% da carga sólida nos rios por Christofolletti (1981) *apud* Baptista e von Sperling (2007).

Um curso de água estável é aquele que fornece exatamente a velocidade requerida para o transporte da carga de sedimentos proveniente da bacia de drenagem (WEF e ASCE, 1993). Portanto, a busca pelo equilíbrio geomorfológico dos cursos de água guarda significativa relação com a carga de sedimentos transportada. Para um canal que teve sua carga de sedimentos aumentada haverá tendência a deposição e agradação do leito fluvial. Por outro lado, um canal que sofreu redução no aporte de sedimentos terá

tendência a desagregação e erosão para compensar a redução da carga de sedimentos. Essa relação foi representada por Lane na “Balança de Lane”, Figura 4-12.

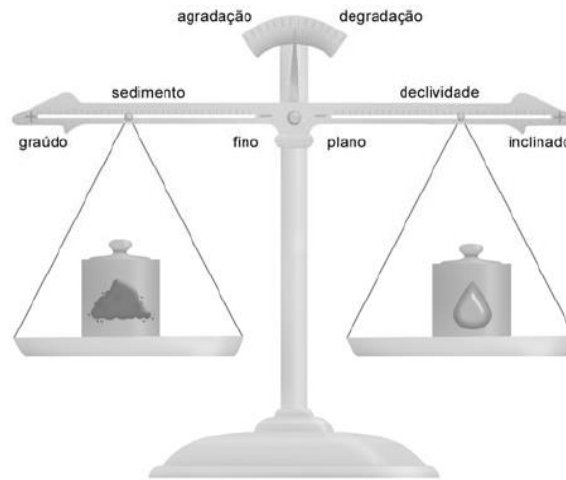


Figura 4-12: Balança de Lane
(Adaptado de Yang, 1996 por Baptista e von Sperling, 2007)

A alteração no volume de sedimentos transportados pelo rio pode ocasionar ainda desequilíbrio nos habitats, pela alteração do número e posição de corredeiras e poços. Outras condições naturais podem ser alteradas tais como luminosidade, devido ao aumento da turbidez, e assim as condições para manutenção da vida de animais e plantas aquáticas; ou mesmo o transporte de poluentes ou organismos patogênicos presos a essas partículas. A Figura 4-13 ilustra algumas alterações da calha e dos habitats de um trecho retificado.

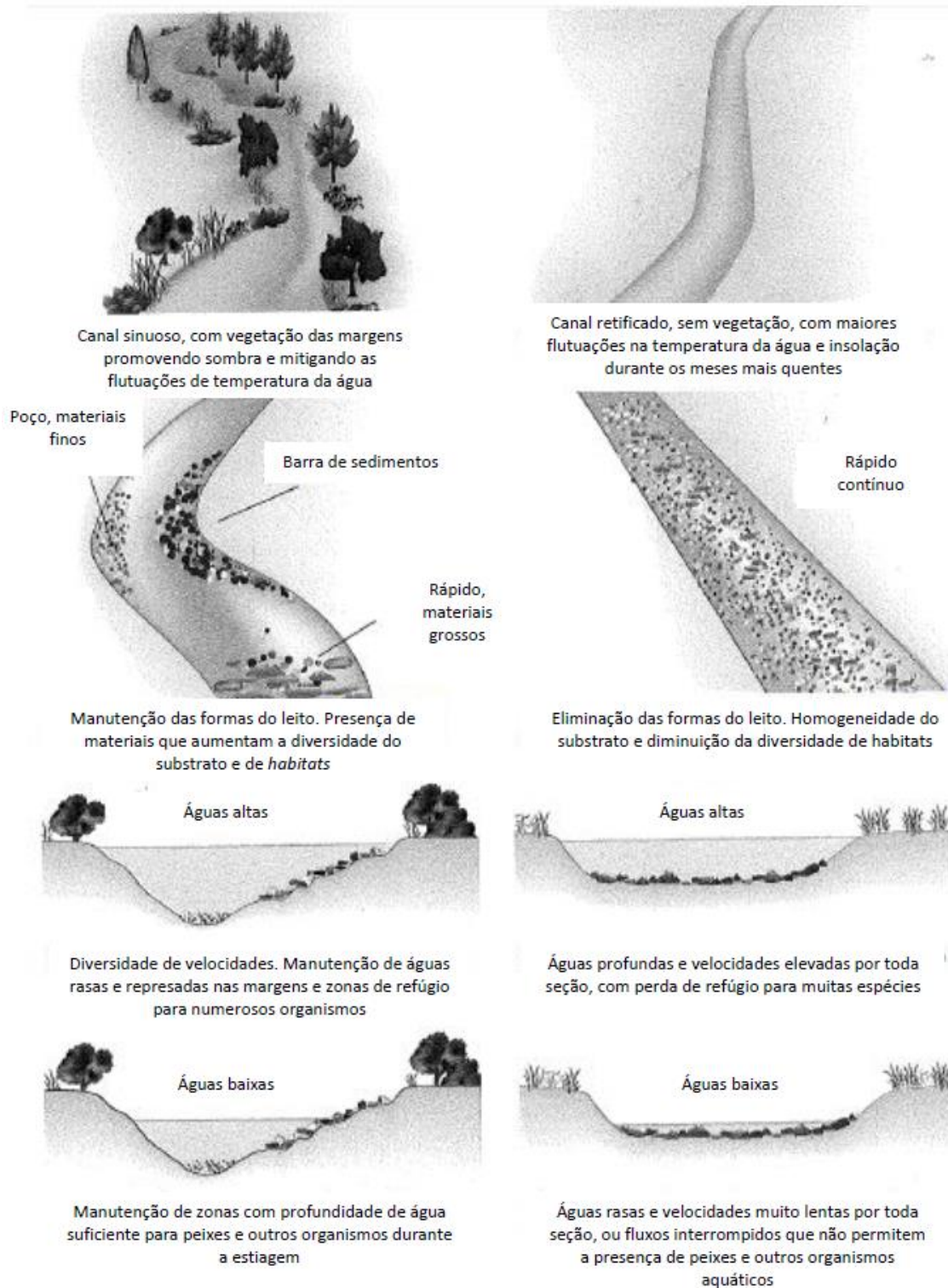


Figura 4-13: Morfologia e qualidade de *habitats* de um rio natural e outro canalizado (adaptado de ESPANHA, 2007 *apud* Cardoso, 2012)

Restauração geomorfológica

O comportamento natural do rio compreende ajustes geomorfológicos e ecológicos dentro de uma escala de tempo na qual o regime de vazões e sedimentos e a interação com a vegetação são mantidos relativamente uniformes, entretanto, a mudança indiscriminada da sua estrutura geomorfológica e das inter-relações existentes pode diminuir sensivelmente a capacidade de suporte ao sistema ecológico (BRIERLEY e FRYIRS, 2008).

Apesar da reconhecida importância de eventos climáticos como furacões e inundações para manter a saúde de ecossistemas, como rios, planícies, *wetlands*, os projetos de restauração tendem a minimizar ou eliminar as mudanças geomorfológicas desses ecossistemas (Simenstad *et al.*, 2006), em especial em condições de risco. Projetos de regularização de vazões, confinamento e fixação do leito dos cursos de água, e uso de técnicas rígidas de engenharia são exemplos clássicos de ações contrárias ao comportamento natural dos rios.

Os processos geomorfológicos, hidrológicos e ecológicos precisam ser considerados e não podem ser dissociados. Palmer (2009) sugere a introdução da avaliação das interações entre processos físicos (hidrológicos e geomorfológicos) e processos ecológicos e seus agentes, utilizando a teoria científica desenvolvida em projetos de restauração. Podem-se citar como exemplo os eventos de inundação, quando a vegetação é submetida a efeitos hidrológicos e geomorfológicos. Os primeiros estão associados aos danos mecânicos, saturação e transporte de propágulos enquanto os geomorfológicos à destruição e construção de substrato (Bendix e Hupp, 2000). Com efeito, a frequência e intensidade das inundações, associadas à suscetibilidade das plantas aos danos da inundação definem a sua distribuição nas margens. Verifica-se, portanto, relação inata entre a estrutura geomorfológica e as funções dos rios, carga de sedimentos, composição e cobertura da vegetação (Hickin, 1984; Brooks, 1999; Millar, 2000 *apud* Brierley *et al.*, 2002).

Quanto à cobertura da vegetação, sabe-se que a adaptação da biota para áreas urbanas depende do regime de vazões e da maneira como ela se comporta frente a pequenas e grandes vazões (Brookes, 1995a; Petts, 1990; Petts *et al.*, 1989 *apud* Mendiondo, 2008). Altas vazões são importantes para a formação de depósitos nas margens que criam

condições geomorfológicas para terraços e outros tipos de deposição, assim como os bancos naturais, poços e corredeiras para *habitats* de bentos, planctos e peixes.

Dessa maneira verifica-se que os processos geomorfológicos determinam a estrutura e a forma física de um sistema fluvial, fornecendo o substrato a partir do qual grande gama de processos biofísicos interage (BRIERLEY e FRYIRS, 2000). Todavia, as atividades antrópicas têm acarretado diversas modificações nas condições ambientais e morfológicas dos sistemas fluviais, com significativas mudanças nas condições de suas vazões e regimes de transporte de sedimentos (Hey, 2006; Rosgen, 2006), com efeitos sobre todo o ecossistema. Dessa maneira é necessário implantar ações que visem recuperar o equilíbrio dinâmico desses processos. A restauração vai incluir amplo conjunto de medidas, desenhadas para permitir a recuperação desse equilíbrio e das funções dos ecossistemas fluviais (Espanha, 2008).

A restauração de rios baseada em princípios da configuração natural do canal é a mais frequentemente realizada, restaurando a dimensão, o padrão e o perfil de um sistema fluvial perturbado, simulando um rio natural “estável” (ROSGEN, 2006). Brierley *et al.* (2002) acrescentam que, além da condição de referência, deve-se avaliar a evolução daquele sistema, buscando compreender como e quais mudanças teriam ocorrido se ele não tivesse sido impactado. Compreender os processos geomorfológicos e a apropriada determinação da estrutura do rio e sua função em diferentes pontos da bacia são componentes críticos na reabilitação sustentável de ecossistemas fluviais (Southwood, 1977; Poff & Ward, 1990; Newson, 1992; Brookes, 1995b; Imhof *et al.*, 1996; Maddock, 1999; *apud* Brierley *et al.*, 2002).

Uma das intervenções antrópicas com significativo impacto sobre o ecossistema fluvial é a construção de barragens. Essas alteram a dinâmica dos sedimentos, impedem o movimento dos peixes para jusante no período de procriação, denominado “piracema”, e geram impactos relacionados à vazão liberada para jusante. Esse último impacto é objeto de estudo específico para determinar a “vazão ecológica”, ou o regime de vazões a ser mantido a jusante da barragem para manutenção dos ecossistemas.

Em estudos de restauração é frequente a utilização de cenários de gerenciamento de reservatórios, que avaliam o regime de vazões estabelecido em função da vazão ecológica capaz de promover diversidade e vitalidade aos ecossistemas do rio e da

planície. Sabe-se que o regime de vazões não é o único definidor da estrutura e funções do ecossistema fluvial, nem o único aspecto da vazão ecológica que precisa ser considerado. A temperatura é outro aspecto importante alterado pelas atividades humanas. Modificando o regime de temperaturas do rio, como com a construção de barragens (Arthington *et al.*, 2010), dependendo do nível do lago estratificado a partir de onde será feita a descarga para jusante, pode ocorrer liberação de água com temperaturas diferentes das do rio a jusante, de forma a submeter toda a biota ao estresse da variação da temperatura.

A manutenção de vazões ambientais e recuperação da conectividade longitudinal, com a remoção de barreiras para o fluxo de água e migração de peixes são universalmente consideradas como de alta prioridade para a restauração de rios represados (Stanford *et al.*, 1996; Palmer *et al.*, 2005, 2008; Welcomme *et al.*, 2006). No entanto, a regulação dos regimes de escoamento é muitas vezes acompanhada por mudanças na captação de água e no uso da terra ribeirinha. Esses distúrbios também têm grandes impactos sobre a integridade do ecossistema do rio, através de impactos na qualidade da água, degradação do *habitat* local ou modificação de regimes de energia de fluxo de sedimentos.

O estabelecimento de vazões ecológicas não é necessariamente a solução mais eficaz para a restauração, como também podem ser ineficazes quando estabelecidas sem controle e redução da poluição, tratamento da mata ciliar e recuperação de habitats (Arthington *et al.*, 2010), e adequada avaliação do regime de sedimentos a serem liberados para jusante.

Nos anos 90 teve-se a emergência de métodos “holísticos” com maior compreensão da variedade de relações hidroecológicas ao longo de todo o ecossistema fluvial. Essa avaliação seria feita por meio de painéis com cientistas, gestores e cidadãos que forneceriam seu conhecimento coletivo para um sistema de auxílio à decisão. Para isso seriam utilizados os melhores dados, modelos e a opinião de *experts* (Arthington *et al.*, 2010).

4.3.3 Restauração Sistêmica

Apesar da emergência dos métodos holísticos, grande parte dos estudos sobre restauração de rios ainda apresenta abordagem com ações limitadas a objetivos específicos, que com frequência envolvem isoladamente a restauração de processos ecológicos ou processos geomorfológicos, ou aspectos ainda mais específicos, como a restauração de *habitats* para salmonídeos. Entretanto, assim como os aspectos ecológicos e geomorfológicos, os socioeconômicos e filosóficos relacionados à restauração também requerem maior atenção nas pesquisas (Hobbs, 2007). Para o sucesso da restauração deve ainda ser avaliada a viabilidade técnica e econômica (Hobbs e Harris, 2001; Alvarez-Guerra, 2009).

Trabucchi *et al.* (2012) faz reflexão sobre o pouco uso dos serviços ecossistêmicos para orientar projetos de restauração, apesar da grande atenção que o conceito tem recebido nos últimos anos, concluindo que a causa provável seria a prevalência ainda da abordagem tradicional *ad hoc* na restauração, em vez de uma visão mais holística, que constitui a base da sustentabilidade.

A legislação brasileira evoluiu, incluindo a exigência de que os planejamentos das diversas políticas públicas passem por uma construção participativa, entretanto, esse ideal ainda não foi alcançado em sua plenitude. Entre os motivos encontra-se a falta de nivelamento entre os participantes de forma que todos tenham elementos e oportunidade para expor suas opiniões e compreender os assuntos discutidos. O uso de ferramentas para apresentação de dados sistematizados e pré-analisados tecnicamente contribui para maior acessibilidade às informações e estímulo às discussões, havendo bons exemplos dessa prática como no estudo de Dagenais (2013). A utilização de mapas temáticos e sistemas de auxílio à decisão são exemplos de ferramentas úteis nesse tipo de discussão coletiva com fatores múltiplos.

Projetos de restauração como o do Rio Isar em Munique, apresentado no item 4.3.5, projetos de reabertura de rios em Oslo, item 4.4, são exemplos de tratamento holístico, onde os diversos interesses e necessidades são tratados de forma equilibrada e participativa.

4.3.4 Técnicas de restauração

São inúmeras as técnicas utilizadas em projetos de restauração e geralmente são utilizadas de forma associada, em especial em projetos com objetivos múltiplos e onde a degradação já alcançou o meio físico, de maneira que não se pretende fazer uma descrição exaustiva, mas apontar os tipos mais comuns de intervenções. Recomenda-se a consulta de CWP (2004), NRCS (1992), ADAM *et al.* (2007) e Evangelista (2011) para maiores detalhes. A listagem apresentada a seguir foi feita por MEURER (2010) a partir de fichas técnicas criadas por ADAM *et al.* (2007).

- Enriquecimento de *habitats* para peixes: Favorece a reprodução e sobrevivência de espécies de especial interesse. Entre as intervenções que podem ser realizadas está a criação de esconderijos e de áreas protegidas, com condições de fluxo favoráveis à espécie em questão.
- Restauração de matas ciliares e nascentes, conforme discutido no item 4.3.1.
- Defletores ou espigões: Os defletores podem ser construídos com materiais naturais como pedras, galhos e mesmo com espécies vegetais adaptadas ao ambiente fluvial. Os defletores são utilizados para recentralizar o fluxo, para diversificar o substrato e os níveis hidrométricos, para a criação de áreas protegidas para a fauna piscícola, para guiar a dinâmica lateral do canal fluvial, entre outros objetivos.
- Recriação das barras aluviais alternadas: A recriação das barras aluviais visa melhorar a diversidade de ambientes em canais retilíneos e muito homogêneos. As barras são criadas alternadamente, seguindo um espaçamento teórico próximo ao que seria o espaçamento natural entre barras em um canal natural de mesmas dimensões.
- Reconstituição da cobertura aluvial de fundo: A reconstituição do material aluvial de fundo é feita principalmente em canais nos quais a incisão do leito menor levou ao desaparecimento do material de fundo. Essa reconstituição pode ser feita através da promoção da erosão em zonas de estoque de sedimentos localizadas a montante ou pela reinjeção artificial de sedimentos no canal fluvial.
- Degraus e rampas: A construção de degraus e rampas de pedra no interior do canal é utilizada para evitar ou limitar a incisão do leito, principalmente nos rios

de grande potência que foram submetidos a canalizações e ou dragagens excessivas. Os degraus e rampas também são importantes para a reconstituição do perfil longitudinal, para a uma diversificação do ambiente fluvial, para promover uma elevação do nível freático, entre outros objetivos.

- Reconexão dos anexos hidráulicos: Os anexos hidráulicos são zonas importantes do ponto de vista do funcionamento ecológico dos cursos de água. A reconexão desses anexos é uma das operações mais complexas de um projeto de restauração e visa promover uma diversificação de *habitats* fluviais. A reconexão pode ser feita através da escavação dos obstáculos que impedem essa conexão, mas também pode ser feita através de intervenções que venham a corrigir os níveis hidrométricos do canal e do lençol freático.
- Redução/remoção de degraus: A redução ou remoção de degraus tem por objetivo reduzir o efeito barragem e restabelecer os fluxos hidrológico e biológico. A redução ou remoção de degraus também pode ser feita para corrigir o perfil longitudinal de um curso de água.
- Supressão das perturbações laterais: Trata-se da remoção de quaisquer perturbações instaladas nas margens, que impeçam o rio de exercer a sua dinâmica lateral e de ocupar o seu espaço de liberdade, como estabilizações de margens.
- Reabertura do canal a céu aberto: Trata-se da reabertura e reconstituição de um canal fluvial que foi canalizado ou coberto. A reabertura de um canal anteriormente coberto geralmente é uma intervenção difícil e requer a realização de trabalhos pesados de demolição e restauração.
- Modificação da geometria do leito menor/médio: Trata-se da readequação ou recriação da geometria do canal fluvial, em suas três dimensões, fazendo com que o canal restaurado se torne o mais próximo possível de um canal fluvial natural de mesmo porte.
- Remoção de diques ou aumento do espaço entre diques: Trata-se da total remoção de diques e ou do aumento do espaço entre diques instalados ao longo dos canais fluviais. Tanto a remoção quanto o aumento do espaço entre os diques

visa restaurar de forma total ou parcial a conexão do rio com o seu espaço de liberdade, restaurando também as funções ecológicas intrínsecas a esta dinâmica.

- **Supressão de açudes:** Os açudes representam um obstáculo à conectividade longitudinal, pois interferem na dinâmica fluvial, retêm sedimentos e nutrientes e podem dar fim à migração reprodutiva de algumas espécies. Assim sendo, a supressão de açudes visa a restabelecer a dinâmica natural montante-jusante de um sistema fluvial.
- **Remeandramento ou recriação do curso de água:** Recomendada para os cursos de água originalmente sinuosos e que perderam parcialmente ou totalmente a sua sinuosidade por conta das intervenções antrópicas. O remeandramento modifica consideravelmente a dinâmica hidráulica e sedimentar no interior do canal, resultando em uma maior variabilidade de ambientes, o que é desejável em um projeto de restauração fluvial.
- **Proteção de margens:** Controle de focos erosivos com introdução de materiais naturais como pedras e vegetação, que podem ser por mudas, estacas, faxinas ou biomantas.

4.3.5 **Projetos de restauração de rios**

Rio Danúbio – Áustria

(Universum Special, 2013; Danube Inside, 2013)

O rio Danúbio é considerado o rio mais internacional do mundo, com calha de aproximadamente 2.800 km de extensão passando por 10 países, Figura 4-14, 81 milhões de habitantes e uma bacia de 800.000 km² que se estende por 19 países. Na região da Ucrânia e Romênia seu curso integra a Floresta Negra, uma das *wetlands* mais importantes do planeta.

Por outro lado, o Danúbio é a maior via de navegação da Europa, é importante fonte de geração de energia hidrelétrica, possui grandes áreas da sua bacia ocupadas pela agricultura para as quais fornece água para irrigação, além de possuir diversas áreas urbanas ao longo das suas margens.



Figura 4-14: Rio Danúbio – Países inseridos na Bacia e Áreas Protegidas (números) (adaptado de Danube Inside, 2013)

O Danúbio possui várias áreas protegidas ao longo do seu curso, Figura 4-14, e vários projetos de restauração implementados por diversos países, ou em implantação. Neste trabalho será citado o exemplo do projeto desenvolvido pela Viadonau em Viena.

A Viadonau é uma companhia de navegação, criada pelo Ministério dos Transportes da Áustria para gerência da via de navegação do Danúbio. A pressão e necessidade de que empreendimentos econômicos sejam sustentáveis levou essa companhia a desenvolver projetos ambientais, dentre eles um projeto piloto de restauração do Danúbio dentro da área do Parque Nacional Donau-Auen na Áustria.

A maior parte do médio e alto Danúbio é regulada por diques e contenções que desconectam o rio de sua planície de inundação. O principal objetivo dos projetos de restauração desenvolvidos nessas áreas é restaurar a dinâmica natural do rio, com a redução de diques e contenções para melhoria do transporte e aporte de sedimentos, e reconexão de meandros abandonados do rio.

O projeto é um piloto desenvolvido na área do Parque, a Figura 4-15 apresenta uma planta com as ações por trechos já implantados e os projetados.



Figura 4-15: Sequência de trechos tratados no projeto piloto de restauração do Danúbio - Parque Donau-Auden (Adaptado de Viadonau, 2013)

O projeto envolve remoção da estabilização de margens em enrocamento, Figura 4-16, havendo trechos onde essas proteções já foram removidas e os processos naturais de movimentação começam a ser reestabelecidos, Figura 4-17.



Figura 4-16: Rio Danúbio – Áustria - Vista de margens em enrocamento



Figura 4-17: Rio Danúbio – Áustria - Vista de margens onde o enrocamento foi removido

Devido à construção de barragens o aporte e transporte de sedimentos no trecho a jusante da barragem foram alterados, gerando problemas para a navegação, sendo, portanto, uma ação do projeto o restabelecimento parcial artificialmente do transporte de sedimentos. Foram utilizadas dragas, Figura 4-18, para remover os sedimentos em trechos mais a jusante, que são devolvidos ao rio em pontos mais a montante do trecho tratado pelo projeto, logo à jusante da barragem.



Figura 4-18: Rio Danúbio – Áustria – Draga que retira sedimentos a jusante e os transporta para montante

Outra ação do projeto envolve a reativação de meandros abandonados que voltam a serem interligados ao canal principal. A Figura 4-19 mostra um trecho de um meandro desativado sendo escavado e os caminhões que fazem o transporte desse sedimento.



Figura 4-19: Rio Danúbio – Áustria – Meandro abandonado sendo religado ao rio

Rio Ródano (Rhône) – França

(Universum Special, 2013)

O rio Ródano tem bacia de contribuição de 95.000 km² passando por território suíço e francês, Figura 4-20 no trecho que passa em Avignon - França.



Figura 4-20: Vista do Ródano em Avignon – França

O rio vem sendo objeto de vários projetos de restauração ao longo dos anos. A primeira intervenção foi no século XIII com a construção de diques para proteção das lavouras contra inundações, eliminando a conectividade transversal do rio.

A partir da metade do século XIX, devido às necessidades da navegação, foram construídos diques laterais e submersos, com fixação do canal e desconexão dos canais secundários, e construídos portos e atracadouros. Já no final do século XIX e ao longo de todo o século XX, a bacia do Ródano recebeu uma série de barragens para a geração de energia. A exploração de cascalho também passou a constituir uma atividade da bacia a partir da década de 70, com redução do aporte de sedimentos para o rio.

O Ródano conviveu com eventos de inundação, que hoje são agravados com as alterações climáticas. Com o aumento das temperaturas, verões mais secos e quentes, e invernos mais chuvosos naquela região, aumentam a preocupação com as inundações.

Os primeiros projetos de restauração fluvial foram implementados na década de 90. Entre as principais ações estão: redução das obras de proteção de margens, permitindo a

retomada da erosão marginal, suprindo assim o déficit de sedimentos; reintrodução artificial de sedimentos a jusante das barragens e nos canais desviados; aumento das vazões mínimas defluentes; e elevação do leito fluvial a fim de permitir a reativação dos meandros abandonados, entre outras iniciativas (Meurer, 2010).

Essas ações continuam sendo implementadas, como remoção de estruturas de estabilização de margens, e enriquecimento de *habitats*, assim como o monitoramento. Desde 2000, novas estratégias de gestão foram tomadas com o objetivo de reduzir o consumo de água e melhorar a qualidade das águas do rio. O projeto prevê a restauração de maneira a permitir a movimentação natural do leito do rio e para os períodos de inundação, com restauração de 10.000 ha.

Rio Tâmis - Inglaterra

(Hill, 2010)

O rio Tâmis nasce nas montanhas e atravessa Londres, onde é mais urbanizado e encontra o Mar do Norte. Duas vezes por dia o Mar do Norte visita Londres elevando o nível do rio em sete metros, com cerca de 1,25 milhões de pessoas vivendo na área de cheia abaixo do nível do mar, convivendo com a constante ameaça de inundação. O Tâmis tem importância quanto ao transporte de passageiros e de carga, e abastecimento de água. A água potável de Londres é captada no Tâmis à montante de Londres.

Há registros de pesca abundante de peixe pouco resistente à poluição (*smelt* ou *omarus*) nos Séculos XVIII e XIX, indicando ser um rio limpo nesse período. Mas entre 1800 e 1850 a duplicação da população londrina e a invenção da descarga de vaso sanitário aumentaram consideravelmente o volume de esgoto, que não sendo mais contido pelas fossas, passaram a ser lançados nos rios. Com essa contaminação dos rios houve o que chamaram “The Great Stink” (O grande fedor) quando o nível de esgoto gerava mal cheiro, que chegou a motivar a suspensão das reuniões no parlamento inglês no Palácio de Westminster, assim como aumento da proliferação de doenças.

Orientada pelo “Princípio Higienista” a solução foi construir grandes canais de esgoto para conduzir as águas servidas para o mais longe possível da área urbana. Entretanto,

houve grande deposição de sedimentos nesses canais que passaram a ser removidos com uma balsa e lançados no mar.

Por volta dos anos 20 o rio voltou a ser limpo e as pessoas podiam nele nadar, mas devido ao grande crescimento da população e instalação de indústrias que lançavam seus efluentes nos rios, houve nova queda de qualidade da água. Já em 1947 o Museu de História Natural fez um levantamento dos peixes do Tâmis e concluiu que se tratava de um rio morto, somente as enguias que podiam subir à superfície para respirar sobreviveram.

Entre 1964 e 1984 houve grande investimento em tratamento de esgoto, cerca de £200 milhões, incluindo tratamento secundário. Na década de 80 o Tâmis virou um modelo de sucesso, mas em meados da década de 80 os canais de esgoto começaram a transbordar nos períodos de chuva e o esgoto *in natura* a ser lançado novamente no Tâmis, com grande mortalidade de peixes, devido à grande redução da concentração de oxigênio. Após 1999, devido à proibição de lançamento de esgoto no mar, os resíduos restantes passaram a ser incinerados com aproveitamento da energia. Essas medidas propiciaram o retorno na década de 100 espécies, mas que nos últimos anos estagnou, indicando a necessidade de novas medidas.

Com o intuito de fornecer informações para a determinação das medidas necessárias para o controle da concentração de oxigênio, passou a ser feito o monitoramento automático em tempo real em oito pontos do rio para alguns parâmetros de qualidade da água, com intervalos de 15 minutos. Esse monitoramento permitiu a adoção de três procedimentos corretivos quando a concentração de oxigênio dissolvido não atende ao padrão exigido por lei: o primeiro procedimento é a interrupção de retirada de água na parte superior do rio; o segundo a utilização de um equipamento denominado “Thames Bubblers” (aeradores do Tâmis) que instalados em barcos retiram oxigênio do ar e o injetam no rio, podendo chegar a 30 t de oxigênio por dia; e o terceiro a utilização de peróxido de hidrogênio, a partir da década de 90, havendo estações dosadoras que em períodos com baixa concentração de oxigênio nos rios liberam o peróxido de hidrogênio. O custo total desses tratamentos para aumento da concentração de oxigênio na água é da ordem de £10 milhões/ano.

Essas medidas têm propiciado um ambiente fluvial importante para a vida selvagem, com 126 espécies de peixes, aves, tartarugas, golfinhos, baleias e 350 tipos de invertebrados. Hoje a pesca comercial e esportiva é expressiva, além de outras atividades, como remo e navegação a vela. Os desafios hoje são a recuperação de *habitats*, existem programas com esse objetivo, e uma meta Diretiva Europeia de Habitats que até 2030 deverão ser protegidos mais de 1200 ha de *habitats* de importância internacional.

Ainda em Londres existem alguns exemplos de restauração de rios, como o rio Ravensbourne, cujas margens e leito hoje são naturais, Figura 4-21, Figura 4-22 e Figura 4-23, e repovoados por peixes.



Figura 4-21: Rio Ravensbourne em Londres – Antes da restauração
Fonte: UK (2010)



Figura 4-22: Rio Ravensbourne em Londres - Imediatamente após a restauração
Fonte: UK (2010)



Figura 4-23: Rio Ravensbourne em Londres – Alguns anos após a restauração
Fonte: UK (2010)

Há alguns projetos de restauração focados na solução de problemas de inundação, com a política denominada “Making Space for Water” (Dando espaço para a água) que resultou na reabertura do rio em um parque, e recuperação da sua configuração natural a partir de informações obtidas em registros fotográficos e da discussão com a população. O rio Jubilee voltou a meandrar por uma distância de 11km, sendo exemplo de projeto com resultados quanto ao enriquecimento de *habitats* e a proteção contra inundações para 5.500 habitações.

Outra importante medida para controle de inundações e contaminação do rio Tâmis por esgotos em períodos de cheia é o projeto de construção do grande túnel, “Lee Tunnel”, com diâmetro de 7m e 32km de extensão sob o rio para condução da vazão de esgoto no período de chuvas.

Rio Isar – Alemanha

(RER, 2013; Mahida, 2013, Arzet, 2010)

A restauração de rios na Bavária no sul da Alemanha tem uma história que começou nos anos 60 e 70, com a finalidade de melhorar a qualidade da água. Mais recentemente, nas décadas de 80 e 90, os projetos têm sido direcionados à restauração de *habitats* e de áreas contínuas para uso da comunidade. Essa mudança de foco reside no fato de que as fontes pontuais de poluição orgânica são um problema praticamente solucionado, pois mais de 95% da população tem seu esgoto conduzido até estações de tratamento de esgotos. Ainda há trabalho a ser desenvolvido quanto aos pequenos tributários com atividades agrícolas, onde o controle da poluição difusa é difícil, mas os maiores desafios estão relacionados à maioria dos rios alemães terem sido canalizados. Esses

rios perderam seus *habitats* e ecossistemas fluviais e ripários, assim como interação do rio com o corpo hídrico subterrâneo.

As inundações são outro desafio, que atualmente tem sido enfrentado com a diretriz de dar espaço ao rio, ou seja, permitir que ele ocupe sua planície e possa recuperar seu equilíbrio dinâmico e processos geomorfológicos, e assim os *habitats*. A reinserção dos rios na paisagem urbana tem propiciado ainda maior interação da comunidade que passa a usufruir de espaços para lazer e recreação.

A cidade de Munique convive com frequentes inundações, com destaque para as inundações ocorridas em 1999, 2002 e 2005, que forçaram a Baviera buscar ações de proteção contra enchentes, mas também associadas aos objetivos de restauração.

O rio Isar nasce na região de montanha a cerca de 2000m de altitude e é um dos principais afluentes do Danúbio, tendo sido artificializado a partir do início do Século XIX, com ações que promoveram a sua detenção para aproveitamento da planície de inundação, reduzir os danos com inundações e manter suas condições de navegação, assim como alterações para aproveitamento hidrelétrico.

Com os rígidos padrões de qualidade da água da Diretiva Europeia e a crescente movimentação para restauração de rios, o Estado da Baviera passou a implementar projetos de restauração no rio Isar, compatibilizando os critérios ecológicos à necessidade de controle de inundações. Como exemplo dos projetos desenvolvidos foi apresentado o “Plano Isar”.

Esse projeto compreende uma extensão de 8km e teve seu planejamento iniciado em 1995 e implantação de 2000 a 2011. Ele foi desenvolvido pelo Estado da Baviera em parceria com o Município de Munique, com custo de aproximadamente €35milhões.

O projeto envolveu ações que compatibilizassem proteção e monitoramento de áreas de interesse ecológico, oferta de opções de lazer e recreação, geração de energia, melhoria do micro clima, drenagem pluvial, canalização, controle de inundações e impactos sociais. Mahida (2013) apontou entre os principais diferenciais do projeto a melhoria de diques de segurança, teste do projeto em modelo físico em escala 1:20, Figura 4-24, tratamento dos efluentes das estações de tratamento de esgoto com raios ultravioleta,

utilização de metodologia especial para plantio das mudas, remoção das barreiras para peixes (substituição das barragens), monitoramento ecológico da restauração, envolvimento dos *stakeholders* (partes interessadas), implantação de sistema de informações ao público.



Figura 4-24: Modelo físico para simulação da dinâmica fluvial do Rio Isar
Fonte: Mahida (2013)

A Figura 4-25, mostra o trecho antes da restauração, que após mais de dez anos foi reabilitado, Figura 4-26, com um desenho próximo à paisagem natural. A margem fluvial recuperou a dinâmica de sedimentação e transporte de sólidos. Hoje a população utiliza o rio para atividades esportivas e de recreação, como natação e surfe, dependendo da época do ano, e também como local de relaxamento e contemplação.



Figura 4-25: Trecho do rio Isar retificado com estabilização de margens
Fonte: Mahida (2013)



Figura 4-26: Trecho do Rio Isar após restauração
Fonte: RER (2013)

4.3.6 Considerações gerais

A restauração de rios envolve avaliações complexas e resultados que podem ser imprevisíveis, já que o sistema pode seguir trajetórias diferentes para atingir novo equilíbrio dinâmico. Os resultados passíveis de serem obtidos pelo projeto de restauração dependem do nível de degradação da bacia. Ultrapassado o limiar abiótico, quando há alterações do meio físico, os resultados estão associados a um novo ponto de equilíbrio, diferente da condição original, mas com melhoria da qualidade ambiental. Pela pesquisa realizada pode-se afirmar que apesar dessa complexidade, essas análises podem e precisam ser feitas e os projetos monitorados de forma a ampliar o conhecimento do tema e realimentar o plano de restauração com as respostas dos ecossistemas às ações implementadas.

Outro avanço importante verificado é a crescente incorporação dos aspectos sociais aos projetos de restauração, com preocupação de fornecer à população opções de lazer e recreação associadas ao curso de água restaurado. A população é envolvida no desenvolvimento do projeto contribuindo para a tomada de decisão quanto ao que elas esperam da restauração, ou seja, que rio ela deseja ter.

4.4 Priorização de ações em ambiente fluvial

Neste item serão apresentados modelos de priorização de ações em ambientes fluviais, com o objetivo de identificar critérios, métodos de análise e hierarquização, forma de apresentação dos resultados e de envolvimento das partes interessadas no processo de tomada de decisão.

4.4.1 Aspectos gerais da priorização de projetos ambientais

Espera-se que as tomadas de decisão sejam orientadas por processos expeditos, com critérios bem definidos e justificados, com base no objetivo maior de atendimento ao interesse público coletivo. Essa prática pode propiciar maior apoio ao gestor e maior envolvimento da população no sentido de colaborar para a manutenção do ambiente fluvial reabilitado. O estabelecimento de uma sistemática de avaliação contribui, ainda, para maior agilidade e equidade no processo de priorização, especialmente quando informatizados por meio de aplicativos que permitem a avaliação de maior número de cenários. O planejamento e priorização das ações em uma bacia garantem que essas sejam mais focadas, coordenadas e eficientes (US EPA, 2001).

Na priorização de intervenções em rios, a definição dos objetivos da intervenção é uma etapa decisiva do processo. Projetos de restauração de rios possuem abordagem complexa e não raras vezes fracassam sem solucionar os problemas que os motivaram. Para Rutherford *et al.* (2000), tomando como referência a experiência australiana, os insucessos estão associados à falta de planejamento, e à frágil definição de objetivos e estratégias de atuação. Para os autores, aspectos sociais e políticos tiveram pesos desproporcionalmente maiores em relação aos aspectos técnicos na tomada de decisão, o que contribuiu para a baixa efetividade dos projetos de restauração de rios naquele país.

Os objetivos das intervenções em cursos de água com frequência estão atrelados ao combate e à prevenção de inundações, restauração de processos ecológicos, geomorfológicos, revitalização e integração paisagística do curso de água ou da bacia, entre outros. É importante frisar que esses projetos têm integrado cada vez mais esses objetivos, já que a garantia dos usos múltiplos orienta a gestão de recursos hídricos no Brasil (BRASIL, 1997) e em outras partes do mundo.

Por outro lado, verifica-se que os estudos sobre modelos de priorização de intervenções em cursos de água ou de ações relacionadas ou direcionadas aos recursos hídricos, ainda têm foco em análises sobre um único objetivo. Esse, na maioria dos casos, envolve a restauração de processos ecológicos e geomorfológicos. Entretanto, mesmo em modelos com objetivo de restauração ecológica há autores que alertam para a possibilidade de outros fatores poderem alterar a hierarquização feita, como critérios sociais e políticos

(Rutherford *et al.*, 2000). Há outros que sustentam que a análise biofísica, ou morfológica, deve ser tomada como elemento base para que os diversos *stakeholders* ou partes interessadas procedam à avaliação socioeconômica e ambiental (Brierley e Fryirs, 2000).

Ferramentas de auxílio à decisão são métodos apropriados para resolver questões técnicas e comportamentais complexas, como na avaliação de projetos que requerem equilíbrio entre as informações científicas e as provenientes dos diversos atores com seus diferentes valores e objetivos (McDaniels, 1999 *apud* Linkov, 2006). Alvarez-Guerra (2010) aponta ainda a necessidade de formalização desses métodos para auxílio ao planejamento, como forma de viabilizar e incentivar a participação e contribuição das partes interessadas nesse processo.

Ao avaliar as metodologias utilizadas, percebe-se a predominância de análises do tipo **Custo-Benefício** (ACB) na priorização de projetos. Têm-se como exemplos os estudos: (i) Trenholm *et al.* (2013) para proteção de mata ciliar em uma bacia do leste do Canadá; (ii) Birol *et al.* (2010) para avaliação de alternativas de captação em regiões de escassez de água; (iii) Lindhe *et al.* (2011) para análise de medidas de redução de risco para assegurar o abastecimento de água.

A análise custo benefício soma a diferença entre benefícios e custos em uma unidade comum, sendo uma técnica comumente utilizada para avaliar o bem estar proveniente de vários tipos de decisões sobre alocação de recursos (Hanley e Spash, 1993 *apud* Trenholm *et al.*, 2013), e utilizada como plataforma metodológica padrão para avaliação de investimentos públicos (Almansa e Martínez-Paz, 2011).

Para realizar esse tipo de análise é preciso estimar os custos de implantação, manutenção, operação, o custo de oportunidade e os benefícios. O custo de oportunidade é definido por Moura (2011) como sendo a maior rentabilidade que poderia ser obtida se aquele capital não fosse investido no projeto em consideração, assumindo-se o mesmo nível de risco. Por exemplo, o custo de oportunidade de se preservar um trecho de mata ciliar pode ser estimado pelo lucro que o produtor deixaria de obter por não utilizar aquela área para atividades agrícolas.

Problema maior concerne identificar e monetarizar os benefícios advindos do projeto em análise; a bacia hidrográfica oferece funções ecológicas essenciais que afetam a qualidade da água, *habitats*, recreação, aspecto estético e outros serviços e benefícios ecológicos que são altamente valorizados pela comunidade (Olewiler, 2004; Trenholm *et al.*, 2013).

Watson (1981) apresenta como fragilidades da ACB a sua característica de análise de eficiência de opções políticas sem levar em consideração questões como a distribuição do benefício, e por “quantificar” efeitos não quantificáveis. De fato, muitas vezes quem recebe o benefício não é o mesmo que pagou por ele; ainda, existem benefícios que não possuem preço de mercado, fazendo-se uso de avaliações subjetivas, ou exatamente por esse motivo, excluídos da análise.

Em uma Análise MultiCriterial - AMC - de auxílio à decisão quaisquer fatores podem ser incluídos na análise, devendo os indicadores assumirem a mensuração que se mostrar mais adequada, seja ela, quantitativa ou qualitativa, e daí serem atribuídos pesos proporcionais à relevância de cada indicador.

Ambas as abordagens de análise – ACB e AMC – enfrentam a dificuldade para construção de um quadro comparativo de opções de políticas públicas, porém diferem-se quanto ao objetivo e ao detalhamento (Watson, 1981). A análise custo-benefício envolve, em suma, a comparação por meio do valor monetário para diferentes bens, tendo sua origem na economia. Por outro lado, os sistemas de auxílio à decisão têm sua origem em ciências diversas como psicologia, engenharia e administração. Em engenharia a AMC está atrelada à criação de sistemas que interajam de forma eficiente com tomadores de decisão (Watson, 1981). AMC compreende metodologias que permitem avaliar critérios de natureza diversa em diferentes escalas, a partir de comparações em função da relevância definida para cada critério.

Assim, em questões ambientais, como as intervenções em rios, onde predominam fatores de natureza diversa, de difícil mensuração, com vários interesses em análise – administração pública, produtor rural, população local, ambientalistas, entre outros –, a abordagem por análise multicriterial de auxílio à decisão permite abarcar a complexidade das questões, guardando a flexibilidade necessária para abrangência dos

múltiplos aspectos intervenientes. Em linhas gerais, quanto maior a externalidade no processo em estudo mais indicada é a análise multicriterial.

Nos itens seguintes são discutidas as principais propostas e modelos de priorização que mais se aproximaram dos objetivos desta pesquisa, agrupados em: priorização com objetivos ecológicos e geomorfológicos; planos de reabertura de rios; e priorização em drenagem.

4.4.2 **Priorização com objetivos ecológicos e geomorfológicos**

A análise da tendência até então vigente de priorização de projetos visando um único objetivo indica que há duas linhas de ações predominantes, a primeira com foco na restauração de processos ecológicos e a segunda contemplando os processos geomorfológicos. Tal fato representa uma incongruência uma vez que os processos geomorfológicos possuem íntima relação com os processos ecológicos. Nos seguintes parágrafos foi feita apresentação de exemplos das duas abordagens.

Priorização com objetivos ecológicos

Dentro do viés ecológico, Cleirici e Vogt (2013) apresentaram metodologia para identificar regiões fornecedoras de conectividade estrutural para a zona ripária de rios em regiões da Europa e estabelecer uma priorização preliminar para conservação. Essa análise considerou como critérios o estabelecimento de dois índices quanto ao nível de pressão sobre o corredor e quanto à existência de programas de proteção. A identificação dos corredores ripários estruturais foi feita pelo modelo MSPA (Morphological Spatial Pattern Analysis). Esse modelo identifica os corredores por meio de técnicas de processamento de imagens morfológicas, com o auxílio do *software* livre GUIDOS, o qual está disponível no sítio da EC-RJ Forest Action. O modelo avalia as imagens e as segmenta em sete categorias de *habitats*, avaliadas para três distâncias, 50, 100 e 200 metros a partir da margem. Para cada uma dessas distâncias são estimados os percentuais de cobertura da área por corredores estruturais. Esse índice multiplicado pelo percentual da área sem cobertura natural fornece o índice de pressão sobre o corredor, que terá maior prioridade de conservação da vegetação ripária quanto maior for o seu valor. A priorização final será feita pela razão entre o índice de pressão e o grau de proteção do corredor, de maneira que as áreas sob maior pressão, ou seja, com

maiores extensões de área degradada e com menor cobertura por ações de conservação, serão priorizadas.

A utilização do geoprocessamento como ferramenta de análise e de apresentação dos resultados na priorização de projetos ambientais é uma tendência verificada neste e em estudos recentes como Oldford (2013), Dagenais (2013), Cleirici e Vogt (2013). Esse tipo de análise espacial facilita a agregação de dados e visualização de resultados, informações complexas podem ser apresentadas de forma acessível aos diversos atores em processos participativos.

O estabelecimento de prioridades para a restauração ou reabilitação ecológica pode ter outra abordagem, na qual trechos mais preservados e com maior potencial de restauração devem ser priorizados em relação aos trechos mais degradados. Rutherford *et al.* (2000) apresentaram uma sistemática de planejamento de intervenções em cursos de água na qual foram estabelecidos critérios para priorização de ações de reabilitação ecológica. Essa priorização é orientada por fatores como o grau de reabilitação alcançável com os recursos e esforços disponíveis.

Ao contrário do que orientou o estudo de Cleirici e Vogt (2013), segundo Brierley e Fryirs (2000) a reabilitação não deve ser iniciada pelos trechos mais degradados. Quando se busca a saúde de um rio, é geralmente mais efetivo proteger e preservar cursos de água que ainda estão em boas condições do que despender esforços e recursos em rios já muito degradados (Rutherford *et al.*, 2000; Brierley e Fryirs, 2000). De forma similar é mais eficiente parar de degradar um curso de água do que tentar recuperá-lo mais tarde.

De acordo com o modelo de Rutherford *et al.* (2000), o estabelecimento de prioridades deve seguir uma hierarquia regional que parte da análise de bacias para sub-bacias, e dessas para os trechos de cursos de água. Deve-se ainda buscar salvar a maior biodiversidade possível, ou seja, é mais eficiente salvar um trecho inteiro do que tentar salvar ou resgatar espécies ou comunidades individualmente e deixar que outros trechos sejam destruídos.

A proposta dos autores se baseia na classificação dos trechos dos cursos de água em oito categorias de prioridade de preservação e reabilitação.

- Categoria 0 – cursos de água em boas condições e que já se encontrem protegidos, de maneira a não necessitarem de intervenções.
- Categoria 1 – rios ou trechos com grande valor ecológico, que precisam ser preservados frente à sua relevância regional, devido, por exemplo, à existência de espécies ameaçadas ou por serem trechos remanescentes de sistemas degradados e atualmente pouco frequentes naquela região.
- Categoria 2 – rios ou trechos em boas condições compostos de ecossistemas comuns para a região, mas que devem ser protegidos prioritariamente por serem remanescentes relevantes para a bacia.
- Categoria 3 – rios e trechos que apesar de muito degradados, precisam ser protegidos e reabilitados, tendo em vista encontrarem-se ainda em processo de degradação, o qual pode ser interrompido por meio de intervenções, e então, adquirir condições de se auto recuperar. A sua proteção atual é mais eficiente e menos onerosa que sua reabilitação no futuro se o processo de degradação continuar.
- Categoria 4 – trechos degradados que possuem áreas em boas condições de preservação em seu entorno, as quais podem ser expandidas. Isso tendo em vista que a recuperação de fauna e flora de um trecho degradado é mais fácil quando existem comunidades ricas nas proximidades.
- Categoria 5 – rios ou trechos degradados que estejam sendo impedidos de se auto recuperar devido a uma fonte que possa ser facilmente eliminada.
- Categoria 6 – rios moderadamente impactados que tenham bom potencial de restauração e custo razoável, diferente da categoria 5, sendo necessário solucionar vários problemas.
- Categoria 7 – rios que estão em precárias condições, sem que ameacem outros trechos, com pequenas chances de auto recuperação ao longo do tempo. Esses rios têm problemas graves e precisam de intervenções para se reabilitarem.
- Categoria 8 – rios em condições precárias, sem que ameacem outros trechos e que têm mínimas chances de se auto recuperarem ao longo do tempo. A reabilitação artificial é de difícil execução e envolve elevados custos.

Prosseguindo na hierarquização dos trechos, as categorias de um a oito tem prioridade decrescente, ou seja, a categoria um tem a maior prioridade. Para as categorias com mais de um rio ou trecho enquadrado, procede-se a uma nova classificação interna com base nos critérios raridade, condição, trajetória e facilidade de recuperação.

- Raridade – aqueles rios ou trechos onde existem espécies raras ou que sejam remanescentes de ecossistemas muito degradados regionalmente.
- Condição – os que estão em boas condições devem ser priorizados, já que são mais facilmente reabilitados.
- Trajetória – terão prioridade os rios e trechos que estão em processo de degradação, de forma a interromper esse processo para então serem tratados os que estão se recuperando.
- Facilidade de recuperação – os mais fáceis de recuperar têm prioridade sobre os que são mais difíceis.

Após definido o *ranking* dos trechos prioritários estabelece-se para cada trecho os problemas decisivos ou limitantes, que se dividem em fatais, limitantes e perturbação. Os problemas fatais são aqueles que eliminam plantas ou animais do trecho. Já o problema limitante não elimina espécies, mas são fatores de estresse sobre as espécies em questão, e a perturbação tem menores efeitos sobre a população.

Identificar os problemas mais importantes pode não ser tão fácil, por exemplo, margens desmatadas e erosão podem parecer problemas limitantes, e, no entanto, o fator limitante pode ser a contaminação por poluentes das águas de chuva do escoamento superficial.

Outra condição que requer atenção é a reabilitação de um trecho de jusante sem a recuperação ou proteção dos trechos de montante. Caso esses últimos estejam degradados os resultados da reabilitação feita à jusante podem estar comprometidos e envolver novos custos para o trecho tratado.

A decisão quanto à prioridade de intervenção ou proteção não pode se pautar simplesmente em critérios ecológicos, haja vista a multiplicidade de funções cumpridas por um curso de água. Essas funções estão relacionadas ao atendimento das

necessidades humanas, como opção de lazer, recreação, abastecimento de água, navegação, pesca. Apesar da análise multicriterial não ser o objetivo do método proposto, os autores ressaltaram critérios adicionais que podem alterar a hierarquização ecológica.

O primeiro desses critérios está relacionado ao suporte ou apoio da comunidade ou de gestores, ou seja, um trecho pode ser priorizado devido à influência que pode ser gerada sobre a comunidade ou os decisores. Um trecho muito degradado localizado em um local de grande visibilidade, onde há uma ponte ou outra edificação importante, ou mesmo onde habita um animal carismático, pode gerar um movimento em favor da reabilitação que permita a recuperação de outros trechos da bacia. Poder-se-ia também denominar esse critério, como feito por São Paulo (2012), de benefício político.

O potencial de restauração de um trecho pode ser avaliado de forma comparativa à condição dos rios da região de maneira que, mesmo havendo grande dificuldade e elevado custo, o sucesso da reabilitação de um rio nessas condições pode representar um grande benefício para aquela região.

Por fim, os autores recomendam que a situação dos corpos receptores, como *wetlands*, lagos e represas sejam também tratados como problemas de cursos de água e inseridos na hierarquização.

Outra abordagem de grande relevância no estudo de restauração de rios trata da conectividade longitudinal, que é impactada pela construção de barragens e bueiros. Como exemplo de estudos para priorização de intervenções com essa finalidade tem-se o trabalho de Oldford (2013). O estudo propôs um modelo de otimização espacial de planos de restauração de rios quanto à conectividade longitudinal. Esse modelo integrou um sistema de auxílio à decisão, um método de otimização, com simulação das combinações espaciais da conectividade de diversos trechos, fazendo uso de meios computacionais e dados em um sistema de Informações geográficas (GIS).

Podem ser destacados dois aspectos importantes que integraram essa análise, o uso de sistema GIS conforme discutido no estudo de Cleirici e Vogt (2013), e a avaliação da interdependência de uma ação em relação à implementação da restauração em outros trechos. Ora, a implementação de uma intervenção em um trecho potencializa os efeitos

das demais ações nos trechos próximos, especialmente por se estar trabalhando com processos ecológicos e geomorfológicos. Tal avaliação é importante também no que concerne aos possíveis impactos negativos.

Entre os métodos descritos por Oldford (2013) para priorização de projetos de restauração da conectividade longitudinal estão: a) os de pontuação ou classificação, os quais partem de uma análise custo-benefício ACB. A razão ACB cria uma ordenação de prioridade para os projetos; b) os métodos *stepwise* SR, os quais realizam, a partir da lista de projetos do método de pontuação ou classificação, uma avaliação dos benefícios gerados pela implementação dos projetos. Assim, após cada iteração e definição de um nível hierárquico a ordenação da lista é revista, reavaliando benefícios e custos, devido à interdependência dos projetos; c) os métodos de otimização foram considerados opção mais completa que os *stepwise* SR. Esses últimos não alcançam todas as combinações, ou seja, a interdependência da conectividade dos trechos tratados e a análise de interdependência espacial, como é feito nos métodos de otimização.

O estudo de Oldford (2013) é ainda mais específico já que foca em um aspecto da restauração ecológica que é a conectividade longitudinal, e seu impacto sobre duas espécies de peixes. A análise espacial da interdependência das ações de restauração em uma bacia trata-se de fator importante e ainda não abordado pelos demais trabalhos citados. Essa interdependência vai estar presente em quaisquer ações de restauração e deve ser considerada na ocasião da priorização de ações.

Priorização orientada por aspectos geomorfológicos

A outra vertente corresponde à definição das estratégias de gestão de uma bacia hidrográfica orientada pela geomorfologia fluvial. Esse tipo de avaliação baseia-se em processos biofísicos e no comportamento do rio ao longo do tempo. Padrões e unidades geomorfológicos, e as alterações por eles sofridas ao longo do tempo, na ausência de interferência humana, indicam o processo de desenvolvimento natural do ambiente fluvial, o que permite definir cenários esperados e viáveis para trechos a serem restaurados. Brierley e Fryirs (2000) apresentaram uma sistemática de avaliação e priorização de ações de restauração de rios em New South Wales, na Austrália, baseada nesse tipo de análise, e que foi por eles denominada “River Style Approach”, ou método de padrões de rios.

Segundo os autores há muitas questões ainda não respondidas no meio técnico e científico, quanto ao meio mais eficiente e efetivo para determinação das prioridades de gestão em uma bacia ou rio. Entretanto, essas decisões não podem ser tomadas de forma sistemática e rigorosa, sem que se leve em consideração as características e distribuição desses processos biofísicos, assim como a conectividade entre diversas partes da bacia.

Informações sobre a situação atual dos trechos de rios, com a identificação de padrões, ou seja, trechos com conjunto aproximadamente uniforme de unidades geomorfológicas, bem como o seu processo evolutivo, permitem avaliar o potencial de restauração de cada trecho.

Assim como preconizado por Rutherford *et al.* (2000), Brierley e Fryirs (2000) partem do princípio de que preservar cursos de água que estejam próximos à sua condição natural é prioridade em relação à restauração de trechos muito degradados. Podem ser estabelecidos os seguintes princípios norteadores da sistemática proposta: 1) preservação precede a restauração; 2) atuar em áreas com maior potencial de restauração; e 3) em áreas muito degradadas, esperar que o sistema adquira um equilíbrio físico para aí entrar com as estratégias de restauração.

As perspectivas de gestão de rios, científica e da comunidade local, têm escalas diferentes. Isso foi significativo na Austrália, onde as ações de restauração de rios foram implementadas essencialmente por grupos da comunidade local. Essa peculiaridade fez com que muitas dessas ações tenham sido direcionadas a pequenos trechos de rios de forma isolada em relação ao contexto da bacia.

As condições de cada rio devem ser projetadas dentro de uma perspectiva integrativa da bacia, contemplando também uma avaliação se ela é sustentável ao longo do tempo (Kondolf e Downs, 1996, *apud* Brierley e Fryirs, 2000). Deve-se dar atenção também a fatores fora da área da bacia que possam influenciar o balanço de transferência de sedimentos (Sear, 1996 *apud* Brierley e Fryirs, 2000). A gestão de bacias deve ser flexível, reconhecendo quais formas e processos ocorreram, onde, porque, com que frequência e como eles mudaram com o tempo (BRIERLEY *et al.*, 2002).

Finalmente, o processo proposto por Brierley e Fryirs (2000) é embasado cientificamente, enquanto a tomada de decisão sobre ações de gestão é um processo

consultivo direcionado pelas agendas de múltiplos *stakeholders*. O método de padrões de rios não considera aspectos estéticos, políticos e a interação com a comunidade, mas fornece a base biofísica, com informações apropriadas aos *stakeholders* para o processo de priorização, segundo os autores.

Alguns estudos tentaram realizar uma abordagem mais completa, ou multicriterial, mas ainda focadas em um objetivo único, como no caso dos estudos de Alvarez-Guerra *et al.* (2009) e Alvarez-Guerra *et al.* (2010). Os autores apresentaram uma metodologia de auxílio à decisão quanto ao gerenciamento de sedimentos, no primeiro estudo foi apresentada a primeira fase da metodologia que envolve a priorização de áreas para o gerenciamento de sedimentos e no segundo a fase de priorização de alternativas de projeto de gerenciamento a serem aplicadas em cada área selecionada.

Para a priorização das alternativas de projeto para gerenciamento da remediação de sedimentos contaminados, Alvarez-Guerra *et al.* (2010) utilizaram metodologia previamente aplicada nos EUA e Coréia do Sul. Uma análise multicriterial de auxílio à decisão pelo método Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations (PROMETHÉE), com uso de critérios relacionados a riscos, custo econômico, aspectos sociais/aceitabilidade da população quanto às técnicas selecionadas, implementabilidade e viabilidade técnica, e avaliação do consumo de recursos e geração de resíduos por meio do ciclo de vida das alternativas. Com o objetivo de considerar as incertezas dos dados utilizados e das preferências dos atores o autor fez uso da análise de aceitabilidade multicriterial estocástica (Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis – SMAA), baseada na simulação de Monte Carlo para testar a robustez da seleção frente às variações dos pesos e dos critérios.

Para a priorização das áreas para gerenciamento de sedimentos, Alvarez-Guerra *et al.* (2009), utilizaram os métodos multicriteriais da média ponderada, Elimination et Choix Traduisant Réalité II (Electre II), Evaluation of Mixed Data (Evamix) e Regime Analysis. Os critérios utilizados foram baseados nas evidências científicas de contaminação, como a química do sedimento, sua toxicidade laboratorial e alteração nas comunidades de organismos daquele ambiente, em especial os organismos bentônicos. Além desses critérios, foi considerada ainda a existência de atividades econômicas diretamente afetadas pelos sedimentos contaminados, a possibilidade de recontaminação

do rio devido à continuidade das fontes poluidoras, o impacto social associado à maior densidade populacional da área, o valor ecológico da área e o nível de envolvimento e cooperação dos administradores locais em projetos ambientais anteriores. Os autores ressaltaram a não exaustividade da lista de critérios utilizados, com a possibilidade de adaptação às características específicas do caso em estudo. Quanto às incertezas na definição dos pesos, foram construídos cenários para avaliar a alteração da ordem de priorização devido à possível variação dos pesos.

Nesses dois últimos trabalhos pode-se apontar como avanços a inclusão dos critérios sociais, que foram avaliados por meio da participação dos atores na pré-seleção das alternativas viáveis, avaliando-se a aceitabilidade de cada solução. Aspectos relacionados à sustentabilidade da intervenção também estão presentes na escolha das áreas prioritárias, como a avaliação do nível de articulação dos gestores locais e a possibilidade de recontaminação. Deve-se ressaltar ainda a utilização de critérios econômico-financeiros, com avaliação da magnitude do capital inicial para realizar o investimento e os custos de operação e manutenção. Quanto à metodologia em si, verificou-se a preocupação com a flexibilidade de aplicação frente à complexidade da análise, com a possibilidade de adaptação da lista de critérios de priorização.

4.4.3 Planos de reabertura de rios

As experiências relatadas fornecem um importante embasamento científico para a priorização de intervenções em rios, entretanto experiências com espectro avaliativo mais amplo e condizente com os atuais projetos se aproximam mais do tratamento holístico recomendado por FISRWG (2001) para esse tipo de estudo. Atualmente o planejamento de intervenções em rios, em especial em áreas urbanas, buscam atender a vários objetivos trabalhados conjuntamente com critérios avaliativos de natureza social, econômico-financeira, ambiental, política, entre outros. Entre as tendências atuais em intervenções em cursos de água podem-se citar programas de substituição de estruturas rígidas de retenção de margens por técnicas ambientalizadas, como tem sido realizado no rio Danúbio (Viadonau, 2013) e previsto para o Rio Ródano (Gaydou *et al.*, 2012), assim como projetos de reabertura de rios. Algumas cidades como Oslo na Noruega (Oslo, 2010) e Contra Costa County, Califórnia nos Estados Unidos (Avalon, 2013 e Califórnia, 2009) elaboraram planos para reabertura de rios.

Reabertura de rios e córregos e corredores verdes e azuis em Oslo

Apesar de Oslo ter cerca de 60% dos seus rios fechados em galerias, correspondentes a 283 km, desde 1980 não são mais implantados projetos com fechamento de rios (Oslo, 2013). A política atual, estabelecida pelo programa Ecologia Urbana 2011-2026, é reabrir esses rios, desde que possível, construindo os denominados “*blue-green corridors*” que são corredores com restauração da mata ciliar e do curso de água (Oslo, 2013). Essas ações têm como objetivos prevenir inundações, melhorar o clima local e a qualidade do ar, assim como oferecer opções de lazer e recreação à comunidade.

Está sendo criada uma rede com a interligação dos 10 maiores cursos de água, que formarão um sistema de parques e corredores verdes ao longo da cidade de Oslo. Serão obtidos 280km de “*greenways*”, caminhos verde e trilhas com a soma desses corredores aos corredores verdes e trilhas existentes em Marka, uma região de floresta próxima a Oslo tradicionalmente utilizada pela população para lazer em contato com a natureza.

O primeiro rio reaberto em Oslo foi o rio Aker, cujo plano “*The Akers River Environmental Park*” data de 1989. Nas áreas adjacentes ao rio havia antigas instalações industriais contaminadas e edifícios que foram restaurados, e essas áreas passaram a ser utilizadas pela população, sendo observado também o aumento de *habitats* com atração de animais.

O programa Ecologia Urbana 2011-2026 estabelece a reabertura de rios como política que prevê ainda a implantação de sistemas de infiltração e retenção de contaminantes das águas pluviais, assim como a manutenção de lista atualizada de projetos e planos progressivos prioritários (Oslo, 2013).

Orientado pela política do programa Ecologia Urbana, foi desenvolvido o plano “*City Green Plan*” ou Plano municipal para implantação de parques e áreas de recreação (Oslo, 2010). Seus objetivos são preservar e desenvolver os “*blue-green corridors*” em um momento em que a cidade experimenta crescimento populacional acelerado e de densificação; preservar e fortalecer o caráter de Oslo como cidade “azul-verde”; atender às necessidades da população quanto a áreas de lazer; contribuir para o desenvolvimento urbano em consonância com os princípios da ecologia urbana.

O primeiro “*City Green Plan*” (Oslo, 1992) elaborado em 1989 tinha como princípios: garantir áreas de recreação em nível abrangente; preservar e dar visibilidade às características e recursos de Oslo; preservar importantes valores ecológicos e conexões com a zona construível; preservar a variedade de áreas verdes, públicas e privadas, com características diferenciadas; tratar áreas ao longo de rodovias e ferrovias como importantes potenciais espaços verdes para o senso de cidade verde; os rios não fechados deveriam ser mantidos abertos com cinturões verdes de 20 a 30m.

Destaca-se dentre esses princípios aqueles relacionados à preservação de ecossistemas raros, de grande valor ecológico e que são representativos daquela região, em conformidade com o preconizado por Brierley e Fryirs (2000) e Rutherford *et al.* (2000). Apesar de mencionados por esses dois autores, os aspectos sociais ainda não haviam sido destacados como nos planos e projetos de Oslo, esses planos e projetos demonstravam preocupação com o fornecimento de opções de lazer e recreação, bem como, com a integração dos parques com o restante da cidade.

Quando da atualização do “*City Green Plan*”(Oslo, 2010) foi feita a avaliação dos resultados, indicando que houve sucesso quanto à preservação de áreas relevantes, aumento da conscientização quanto à importância da estrutura verde no ambiente urbano e sucesso da política de reabertura de rios. Essa foi concretizada, por exemplo, nos rios Alna e Alker, e continua em implementação em outros trechos. A atualização apresentou uma lista de prioridade para reabertura de rios e córregos. O primeiro critério utilizado para definir a prioridade foi o de reabrir os trechos de cursos principais, avaliando a possibilidade de sua interligação com novos ou antigos parques. Já para os cursos secundários a prioridade foi estabelecida com base nos seguintes critérios: trecho com influência sobre o sistema público de áreas verdes; trecho importante para reabertura de outros e com influência sobre sistemas subterrâneos; e viabilidade técnica de reabertura.

Ainda, quanto aos critérios norteadores desses projetos, acrescenta-se que o plano do parque do rio Alna (Oslo, 2009), foi elaborado antes da atualização do “*City Green Plan*” e dentro de uma diretriz própria. O plano priorizou áreas de inundação, com uso de critérios relacionados à recuperação de valores culturais, criação de espaços de lazer, interconexão com outros projetos como os de trilhas e de sistema viário e viabilidade

técnica da reabertura. O rio Alna possui 14km de extensão, dos quais quatro fechados. Alguns afluentes também serão reabertos, somando um total de trinta trechos, havendo alguns já executados, como no próprio Alna. Na calha do rio havia uma cachoeira encoberta desde a década de 1970 pelo lago de uma barragem, com a restauração a cachoeira voltou a fazer parte da paisagem após a remoção da barragem. A expectativa do projeto é melhorar a qualidade das águas e problemas com inundações, melhorar o ambiente urbano, quanto à arquitetura e ao aspecto cênico. O trabalho contou com o envolvimento da população em workshops, seminários e reuniões públicas.

É um desafio demonstrar o potencial de reabertura no início do processo de planejamento. Como uma ação isolada, reabrir pode ser considerado caro, mas como parte de um desenvolvimento maior, a reabertura pode representar ganhos tanto para o projeto como para a região (OSLO, 2010).

Contra Costa County - “50 Year Plan” – Plano para 50 anos

O Plano para 50 anos de Contra Costa County na Califórnia é outro exemplo de política de reabertura de rios. Assim como outras regiões da Califórnia nos Estados Unidos, Contra Costa County vivenciou no período do pós II Guerra Mundial intenso processo de urbanização, com necessidade de medidas de controle de inundações (Avalon, 2013). Os distritos para controle de inundações em parceria com o Army Corps of Engineers (Corpo de Engenheiros do Exército Norte Americano) e The Soil Conservation Service (Serviço de Conservação do Solo) atual Natural Resources Conservation Services (Serviço de Conservação dos Recursos Naturais), optaram naquela época por canalizar cursos de água com o objetivo de proteção contra inundações com Tempo de Retorno de 100 anos. O tempo de serviço esperado para essas estruturas de concreto era de 75 anos. Logo, como elas foram construídas entre 1950 e 1990 precisariam ser substituídas entre 2025 e 2065, apesar de algumas delas já terem se rompido com período de serviço inferior ao esperado.

De acordo com Avalon (2013) as agências locais não possuem recursos para recuperar essas estruturas antigas. Esses canais foram construídos dentro de uma concepção que hoje é considerada antiquada e com progressivo aumento dos custos de manutenção. Por exemplo, muitos canais foram construídos com o leito até 60cm abaixo do leito natural e com altas declividades, sendo necessário realizar dragagens regulares para

manutenção da capacidade de vazão. Em alguns trechos, os *habitats* e o tipo de vegetação são fatores dificultadores adicionais à realização da dragagem.

A necessidade de recuperação dessas estruturas em final de vida útil, com custos elevados de manutenção, aliados à baixa capacidade de captação de recursos, forçou os gestores locais a buscarem alternativas. Para atrair fontes de financiamento do governo estadual e federal era essencial obter apoio da comunidade, e possuir projetos de abordagem ampla e sensíveis à questão ambiental. Com isso a política de substituição das estruturas de controle de inundações em concreto por sistemas de proteção naturais foi lançada em 2009 – “The 50 Year Plan – From channels to Creeks” – (Plano para 50 anos – De canais a cursos de água).

A política foi baseada em ideais como oferecer mais espaço para os meandros e corredores, de maneira a permitir o desenvolvimento de processos hidro geomorfológicos, com benefícios quanto à qualidade da água, processos biológicos e enriquecimento de *habitats*. Ganhar-se-ia ainda, mais espaço para recreação, melhoria da saúde pública e da imagem da comunidade, bem como seu maior engajamento.

Cursos de água naturais requerem maior largura de calha e maiores custos contínuos de manutenção, entretanto os custos de reposição são baixos ou nulos. Em longo prazo o custo total é menor se comparado ao de canais de concreto, que precisam ser reconstruídos em vários ciclos de vida sequenciais (Kondolf e Avalon, 2012).

Como alternativas apresentadas para garantir a mesma capacidade de vazão dos canais de concreto após sua restauração, ou seja, manter o mesmo nível de controle de inundações o “50 Year Plan” (Califórnia, 2009) propôs: tubulação em *by-pass* (desvio paralelo ao canal principal) para condução dos picos de cheia; bacias de detenção à montante; aumento da infiltração a jusante ou aquisição de áreas junto às margens para aumento da largura da seção transversal, com recuperação das condições naturais.

4.4.4 **Priorização em drenagem**

Existem poucos modelos de priorização de investimentos utilizados no Brasil que guardam relação com drenagem. Há alguns modelos aplicados a ações de saneamento de forma genérica, como os propostos por Silva *et al.* (2008), Teixeira, e Heller (2001),

Teixeira, e Heller (2003), que apesar de adequados para comparação de intervenções em saneamento de natureza diversa, não é aplicável a uma avaliação específica para intervenções em cursos de água. Entretanto, esses estudos permitem incorporar peculiaridades das condições socioeconômicas brasileiras, que fornecem boa referência para uma avaliação de critérios de priorização. Novos critérios que pode ser agregado aos utilizados pelos estudos apresentados são os indicadores epidemiológicos.

As ações de drenagem e de tratamento de fundo de vale de Belo Horizonte têm sido priorizadas por meio do sistema proposto no Plano de Saneamento Municipal (BELO HORIZONTE, 2013), entre bacias elementares e as sub-bacias do município. Para sua formulação foi utilizado o índice de salubridade, composto por indicadores de cobertura por abastecimento de água, serviços de esgoto, drenagem urbana e resíduos sólidos, de forma associada à densidade populacional, ao percentual da população que vive em vilas e favelas e à taxa de internação por diarreia da população de 0 a 5 anos.

A prefeitura municipal de São Paulo apresentou em seu Manual de Drenagem (São Paulo, 2012) uma metodologia de avaliação de alternativas de drenagem em uma bacia, para em sequência ser realizada a priorização das ações previstas. O método multicritério adotado foi também o da média ponderada e os critérios: Custo (custo de implantação e custo de operação/manutenção); Critérios técnicos de projeto (suficiência de dados, risco hidrológico, estudo de alternativas, complexidade operacional, vulnerabilidade); Danos evitados (trânsito, riscos de danos materiais, riscos de dano à saúde pública, mortes); Impactos (sobre a paisagem e meio ambiente urbano, qualidade da água, durante as obras); benefício político.

Para sua avaliação foi utilizada uma escala que varia de 1 a 5, sendo um a pior situação e cinco a melhor. As faixas de valores ou situações correspondentes aos valores da escala de 1 a 5 são definidas de forma comparativa pelo analista para cada estudo, que estabelece também os pesos relativos para cada critério.

Apesar de não ter sido sistematizada a priorização das ações, mas tão somente a escolha da melhor alternativa para cada trecho, verifica-se que os critérios utilizados auxiliam também na etapa de priorização. Para redução da subjetividade e maior praticidade desse tipo de análise é importante que se defina quais os critérios a serem utilizados na etapa de priorização e os pesos correspondentes.

Problema similar ao de Contra Costa County é vivenciado pela prefeitura de Belo Horizonte, onde grande parte dos cursos de água foi fechada em galerias. A topografia acidentada e a presença de sedimentos de minério de ferro, associados a outros fatores, como a deficiência de manutenção preventiva, geraram o desgaste dessas estruturas e requerem planejamento das ações de recuperação e manutenção.

Nesse contexto, Aguiar (2012), com o intuito de subsidiar a implantação de planos de gestão patrimonial de drenagem urbana, tratou de proposta de hierarquização de ações de manutenção e restauração de galerias pluviais, identificando os trechos prioritários por meio da avaliação do estado das estruturas de drenagem. Para essa avaliação foram estabelecidos dois indicadores de risco de impactos aos usuários, um relacionado às ações de rotina (IR), e outro às ações emergenciais (IE). Os parâmetros utilizados para ambos indicadores foram erosão por abrasão; erosão por cavitação; erosão por ataque químico; assoreamentos; manifestações patológicas casuais; ou ausência de manifestações patológicas.

Para cada parâmetro foi estimada a área de incidência da patologia e o impacto, que foi classificado em quatro níveis conforme estudo de Rerau (2005) *apud* Aguiar (2012), e a cada um deles associado um peso que varia de 3 a 0, do maior para o menor impacto, respectivamente. A agregação dos indicadores foi feita pelo método multicritério da média ponderada.

A avaliação apresentada por Aguiar (2012), portanto, concentra-se em aspectos técnicos que garantam a segurança e integridade das estruturas. Trata-se de ação complementar aos outros estudos citados e se insere nos casos de inviabilidade de reabertura de rios, onde as estruturas de concreto precisam ser recuperadas. A tomada de decisão quanto ao planejamento e priorização das intervenções em rios compreende avaliação tanto de ações de restauração de rios quanto de recuperação de estruturas existentes.

Já quanto a intervenções em rios foi verificado o estudo de Rico (2013) que compreende metodologia para priorização de intervenções em rios na Colômbia. O trabalho possui abrangência sobre o curso de água, sem se estender às avaliações para a bacia. Foram empregados dois índices, o de pressão e o de estado, confrontados em um gráfico de Pareto. Dessa forma foi possível identificar a solução que mais se aproximava da solução ideal, ou seja, aquela cujos índices assumem os valores máximos. Cada índice

compõe-se de indicadores de avaliação qualitativa ou quantitativa, agregados pelo método multicriterial *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* – TOPSIS (técnica de ordenação de preferências pela similaridade à solução ideal). O índice de estado avalia a vulnerabilidade do trecho de rio, por meio dos indicadores sanitários (proliferação de vetores e lançamento de esgoto), de risco a inundação, ambientais (estabilidade das margens, recuperação e manutenção dos ecossistemas e modificação na vegetação), hidrológico/alteração nas vazões e sedimentológico. Já o índice de pressão é composto pelos indicadores de pressão antrópica (avaliação do impacto das atividades humanas sobre o rio) e de riscos associado aos assentamentos humanos.

O principal avanço desse trabalho está na proposta de análise mais ampla, envolvendo aspectos ambientais, sanitários e sociais, entretanto ainda sem incorporar a análise de custos. Destaca-se a avaliação do risco associado às inundações e a vulnerabilidade das habitações ribeirinhas, tendo em vista que um dos objetivos mais frequentes para intervenções em rios é o controle de inundações.

4.5 Considerações gerais

O nível de degradação do ecossistema define seu potencial de restauração e as intervenções necessárias e viáveis. Quanto às ações para recuperação da vegetação, verifica-se a importância da adequada escolha das espécies, que tem sido orientada em muitos estudos pelo conceito de mata tampão. A partir da definição das três faixas da mata tampão e de suas funções são escolhidas as espécies a serem utilizadas na recuperação da mata ciliar. Essa reintrodução de espécies deve buscar o restabelecimento das funções perdidas, tais como: ciclagem de nutrientes; resistência ao cisalhamento e escorregamento das margens oferecido pela ação das raízes; retenção de poluentes e sedimentos; entre outros. Quando os impactos ultrapassam o limite abiótico do ecossistema passam a ser necessárias intervenções no meio físico, como contenção de processos erosivos e proteção e contenção de margens. A restauração fluvial de processos geomorfológicos e ecológicos não pode estar dissociada do contexto social, em especial em áreas urbanas, onde as necessidades da população precisam ser consideradas.

Tal visão insere-se na atual concepção do planejamento urbano em bases sustentáveis, por meio da introdução ou recuperação dos corredores azuis e verdes. Nesse processo de harmonização das necessidades humanas e ambientais, a recuperação ou manutenção dos serviços ecossistêmicos introduz melhoria da qualidade de vida e ganhos ambientais e econômicos. A avaliação dos sistemas ambiental e social requer a interpretação de processos complexos e que variam com as características específicas de cada bacia.

Ao trabalhar com projetos de intervenções em cursos de água, que buscam atender a interesses diversos, concluiu-se pela definição de critérios gerais, cuja relevância pode ser relativizada de acordo com o contexto por meio de pesos. Da revisão da literatura pôde-se verificar que avaliação e priorização de intervenções fluviais com abordagem mais sistêmica foi pouco sistematizada e estruturada em sistemas de auxílio à decisão. A discussão e definição dos métodos multicriteriais aplicáveis ao SAD desenvolvido nesta pesquisa é apresentada no capítulo 5.

Entre os critérios utilizados nos estudos discutidos aqueles aplicáveis a esta pesquisa podem ser agrupados da seguinte maneira: prioridade para preservação; riqueza da biodiversidade; potencial de restauração; conectividade com outras áreas verdes, potencial e existente; potencial aumento da conectividade longitudinal; potencial impacto positivo sobre outros trechos da bacia; ocorrência de inundações; existência de relação do rio com manifestações culturais e religiosas; visibilidade da intervenção/benefício político; possibilidade de geração de opção de recreação e lazer; nível de sensibilização dos *stakeholders*; integração com outros projetos; risco de colapso de estruturas existentes; vulnerabilidade das habitações ribeirinhas; vulnerabilidade epidemiológica, e custos. Esses critérios podem ser ajustados para uma melhor representação do contexto brasileiro. No Capítulo 6 apresenta-se a avaliação desses critérios por meio de pesquisa com especialistas e profissionais da área para que possam ser utilizados no SAD desenvolvido nesta pesquisa.

5 SISTEMAS DE AUXILIO A DECISÃO

Neste capítulo serão apresentados variáveis e métodos utilizados na concepção de sistemas de auxílio à decisão. A matriz DPSIR é apresentada como ferramenta auxiliar no entendimento das interações entre os sistemas social e ambiental para o desenvolvimento de políticas públicas. A importância, tipos e características desejáveis dos indicadores. Discussão quanto ao uso de metodologias quantitativa e qualitativa para identificação de critérios, e para definição de indicadores e pesos. Os principais métodos multicriteriais utilizados para agregar e avaliar os indicadores, com destaque para aqueles aplicáveis ao estudo realizado.

5.1 Matriz DPSIR

O desenvolvimento da estrutura do SAD demanda o estabelecimento do mapa conceitual do problema em estudo, o planejamento de intervenções fluviiais. Entre os modelos disponíveis aplicáveis a este estudo optou-se pela matriz DPSIR.

Com vistas a orientar a formulação de políticas públicas a UNEP (2009) propôs a utilização da matriz DPSIR, Figura 5-1, para avaliação da interação entre o desenvolvimento urbano e meio ambiente. DPSIR deriva das iniciais dos termos em inglês: *Driving forces* – forças motrizes, *Pressure* – pressão, *State* – estado, *Impacts* – impactos, *Responses* – respostas.

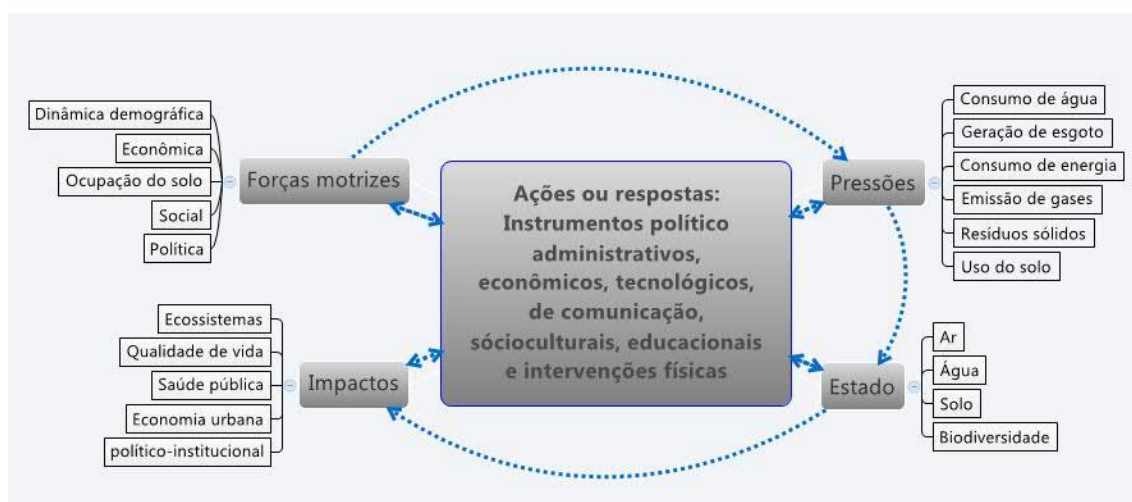


Figura 5-1: Matriz DPSIR
(adaptado de UNEP, 2005)

No modelo proposto são estabelecidas as relações de causalidade entre as atividades econômicas e humanas (*forças motrizes*), que geram desmatamento, lançamento de efluentes, etc. (*pressões*), que por sua vez conduzem a alterações de *estado* do ambiente, que geram *impactos* em ecossistemas, saúde pública e outras funções. As *respostas*, correspondentes às ações individuais ou coletivas, são os instrumentos para mitigar ou prevenir esses impactos. Entre os instrumentos utilizados para fornecer essas respostas estão incluídas as políticas públicas, atos administrativos e econômicos, como regulação e incentivos fiscais, e as intervenções físicas.

O modelo DPSIR consiste, portanto, em uma simplificação de uma estrutura complexa de interações dos sistemas ecológico e social, das quais algumas ainda não são bem compreendidas. Entretanto, tem se mostrado uma ferramenta útil para visualizar essas interações na avaliação e proposição de políticas públicas.

Esse modelo tem sido utilizado para orientação de políticas públicas de diversas áreas do meio ambiente, sendo destacados a seguir exemplos de estudos para a restauração de rios e gestão de recursos hídricos baseados na avaliação pela matriz DPSIR.

Mattas *et al.* (2014) empregaram a matriz DPSIR para avaliar causas e origem das pressões sobre o Rio Gallikos na Grécia. O objetivo foi a otimização de ações em favor da sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos. Foi a forma escolhida de fazer a ligação entre forças socioeconômicas às pressões e respostas.

O estudo de Song e Frostell (2012) estabeleceu a relação entre restauração de rios e setores socioeconômicos de maneira a exercer uma pressão que direcionasse o monitoramento da qualidade da água. Devido à verificação pelos pesquisadores de que a maior parte dos indicadores de qualidade são de estado/impacto, os autores focaram na avaliação das pressões para o monitoramento, de maneira complementar ao planejamento e tomada de decisões quanto a restauração e a gestão de recursos hídricos.

Gregory, *et al.* (2013) utilizaram a matriz DPSIR para sistematizar a tomada de decisão e desenvolvimento de políticas para a gestão de ambientes marinhos.

Dessa maneira a matriz DPSIR tem sua aplicação indicada em situações de avaliação complexa com múltiplos fatores interagindo sobre o meio ambiente, sendo as atividades antrópicas a origem do desequilíbrio. Essa avaliação permite delinear as principais causas dos impactos e as ações-resposta possíveis, podendo ser utilizada na etapa inicial do estabelecimento de sistemas de auxílio à decisão, em especial, na definição de indicadores.

5.2 Indicadores

A necessidade de avaliação de políticas públicas e orientação na tomada de decisão para maior eficiência e efetividade das ações a serem implementadas tem aumentado a demanda e a utilização de indicadores. Nas avaliações onde as questões ambientais e sociais integram a gama de aspectos a serem considerados a necessidade de utilização é ainda maior devido à complexidade dos processos.

Quanto aos propósitos dos indicadores ambientais destacam-se: fornecer informações em problemas ambientais para os tomadores de decisão avaliarem sua importância; auxiliar o estabelecimento de políticas e prioridades, identificando fatores chave que causam pressões no meio ambiente; monitorar os efeitos das políticas de resposta às pressões (SMEETS e WATERINGS, 1999). Já os indicadores sociais visam orientar o estabelecimento de políticas públicas, possibilitando o monitoramento e a avaliação das condições de vida e bem-estar da população, bem como da mudança social e dos determinantes dos diferentes fenômenos sociais (Januzzi, 2002).

Inicialmente indicadores eram definidos com base em informações que estavam prontamente disponíveis ou obtidas a um custo razoável (Gallopín, 1997), ambas as situações com forte viés. Para os primeiros, tem-se o fato de o registro e a disponibilidade de dados ser muito maior em países desenvolvidos que em países em desenvolvimento, assim como fatores ambientais serem pouco representados nesses dados. Associado a esses problemas, o alto custo para se obter informações complementares limitam a definição dos indicadores. Com isso tem-se grande limitação para definição de indicadores, em especial para situações onde se deseja estabelecer metodologias para avaliação e comparação para situações diversas.

Gallopín (1997) relata o grande número de definições para indicadores ambientais, muitas vezes ambíguas e contraditórias, dentre as quais o indicador é considerado: variável, medida ou instrumento de medida, parâmetro, medida estatística, representação de uma medida, valor, índice, parte ou fração de uma informação, modelo empírico da realidade. Para o autor, indicadores são variáveis que sumarizam ou simplificam um conjunto de informações a respeito de um fenômeno, de modo que o mesmo seja perceptível, quantificável e mensurável. Os indicadores ambientais procuram medir o comportamento e transmitir o progresso do ambiente em direção ao desenvolvimento sustentável. A relevância de um grupo de indicadores está na importância atribuída ao mesmo pelos decisores e pelo público alvo. Os indicadores têm como principais funções avaliar condições e tendências, comparar lugares e situações, avaliar condições e tendências em relação a metas e objetivos, fornecer informações preventivas e antecipar condições e tendências futuras.

Indicador pode ser definido ainda, segundo OECD (2003), como um parâmetro, ou um valor derivado de parâmetros que fornecem informações sobre algo ou descrevem o estado de um fenômeno, um ambiente ou uma área, cujas informações possuem um significado que se estende além do valor do parâmetro em si.

Os indicadores podem ser observados ou medidos diretamente, ou indiretamente quando representam funções complexas. Os indicadores podem ainda ser quantitativos ou qualitativos, sendo esses últimos mais utilizados quando se tratam de informações não quantificáveis ou indisponíveis, ou quando os recursos, pessoal para realização de levantamentos e o tempo necessários à sua quantificação a inviabilizarem. Indicadores qualitativos podem ser transformados em quantitativos adotando-se escalas adequadas, principalmente quando se deseja agregar indicadores de diferentes naturezas.

Existem algumas características que devem ser verificadas no intuito de garantir a adequação dos indicadores, sendo o requisito mais importante desses indicadores a sua relevância para a solução ou o entendimento do problema em questão. Feita a avaliação de sua relevância devem ser verificados outros critérios que vão definir sua aplicabilidade.

A Tabela 3-1 apresenta as propriedades necessárias aos indicadores citadas por Labouze e Labouze (1995) *apud* Granger (2009) e por Adriaanse (1993), OECD (1993), Tunstall (1994) *apud* Castro (2007).

Tabela 5-1: Propriedade dos indicadores

Propriedades	Definição
Mensurabilidade	Os valores dos indicadores ou de seus parâmetros devem ser mensuráveis, ou pelo menos observáveis.
Acessibilidade	Os dados para sua estimativa devem estar disponíveis ou poderem ser obtidos. A obtenção desses dados e o cálculo do indicador devem demandar tempo e custos aceitáveis.
Fidelidade	Manutenção de um viés constante no espaço e no tempo.
Objetividade	Deve ser calculado sem ambiguidades a partir de grandezas observáveis.
Pertinência	Capacidade de refletir o significado de um conceito ou aspectos de um fenômeno, observando seu significado no tempo.
Univocidade	Variação monótona segundo um fenômeno com interpretação sem equívoco de sua variação.
Clareza	A metodologia para a coleta e o processamento de dados e construção dos indicadores deve ser clara, transparente e padronizada.
Precisão	Margem de erro aceitável a partir das medidas de grandezas observadas.
Sensibilidade	Variação do indicador correspondente às variações do fenômeno.

Índices são números adimensionais provenientes da agregação de indicadores. Eles podem ser uma função simples de uma ou várias variáveis, ou resultado da aplicação de métodos multicriteriais a múltiplas variáveis. O índice de preços ao consumidor e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM - são exemplos de índices amplamente utilizados. A avaliação de fenômenos ou processos por meio da agregação indicadores em índices facilita a visualização do seu significado, entretanto, requer criteriosa escolha do método utilizado para sua agregação, os quais serão discutidos no item 5.5.

Verifica-se o crescimento da utilização de indicadores para avaliação de sistemas ambientais, que geralmente envolvem problemas de análise complexa. Entre vários trabalhos já realizados com utilização de indicadores, podem ser destacados os seguintes estudos:

- Ronchi *et al.* (2002) utilizaram indicadores socioeconômicos e ambientais em metodologia multicriterial para avaliação do nível de desenvolvimento sustentável da Itália;
- Castro (2007) apresentou metodologia para avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água com uso de indicadores relativos à alteração da qualidade, quantidade e regime dos corpos de água;
- Moura (2008) avaliou o desempenho de sistemas de infiltração de águas de chuva em meio urbano com uso de indicadores que avaliavam o desempenho das estruturas em estudo;
- Alvarez-Guerra *et al.* (2009) e Alvarez-Guerra *et al.* (2010) apresentaram uma metodologia de auxílio à decisão quanto ao gerenciamento de sedimentos contaminados. No primeiro estudo foi apresentada a primeira fase da metodologia que envolve a priorização de áreas para o gerenciamento de sedimentos e no segundo a fase de priorização de alternativas de projeto de gerenciamento a serem aplicadas em cada área selecionada. O conjunto de indicadores incorporaram aspectos ambientais, econômicos, sustentabilidade e ciclo de vida dos materiais utilizados, benefícios ambientais e sociais;
- Pompêo *et al.* (2011) utilizaram indicadores de avaliação da condição urbana em avaliação multicriterial para planejamento de intervenções em rios urbanos.
- Fuamba *et al.* (2011) e AL-ANI *et al.* (2012) também apresentaram sistemas de auxílio à decisão com base em métodos multicriteriais e uso de indicadores para seleção de sistemas de drenagem do tipo “Best Management Practice” – BMP.
- Cardoso (2012) e Cardoso e Baptista (2013) propuseram uma metodologia para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água em áreas urbanas com indicadores relacionados ao atendimento dos objetivos das intervenções, a impacto e custos, às condições de ocupação das margens.

Os problemas relacionados a intervenções em cursos de água inserem-se nesta gama de estudos de análise complexa, tendo em vista o envolvimento de aspectos ambientais, hidráulicos, hidrológicos, sociais, sanitários e econômico-financeiros, requerendo a utilização de indicadores dos diversos aspectos.

Para avaliar aspectos com natureza e mensuração tão diferentes são utilizados métodos multicriteriais que permitem considerar a relevância de cada critério, proceder à agregação e assim obter um agrupamento ou ordenação das melhores opções.

Na priorização de intervenções em cursos de água o uso de subindicadores ou indicadores intermediários, assim como de fatores limitantes com impacto sobre o desempenho do indicador (Granger, 2009), podem auxiliar a construção dos indicadores de impacto sobre os serviços fluviais.

Indicadores para estudos em ambientes fluviais

O levantamento de indicadores da literatura para mensuração de critérios similares aos propostos nesta pesquisa pode ser visto de forma sintética na Tabela 5-2. As formulações e escalas apresentadas serviram de referência para as formulações do SAD (item 7.2).

Tabela 5-2: Indicadores obtidos na literatura como referência para a definição dos indicadores do SAD em estudo

Indicador	Autores	Objetivo do indicador	Formulação ou escala	Variáveis e parâmetros
Qualidade da água	(IGAM, 2016)	Avaliar a qualidade da água dos rios em Minas Gerais	$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$	<p>IQA - Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;</p> <p>q_i - qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;</p> <p>w_i - peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.</p> <p>IQA foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos em 1970 e adaptado pelo IGAM (IGAM, 2016)</p>
	Cardoso (2012)	Avaliação do nível de degradação fluvial e ambiental para proposição e análise de intervenções em cursos de água.	<p>Escala de avaliação da degradação em relação à qualidade da água:</p> <p>Ausente, baixa, média, alta e muito alta.</p>	<p>Ausente (ausência de esgoto e/ou resíduos sólidos);</p> <p>Baixa (Pequena presença de esgoto e/ou resíduos sólidos);</p> <p>Média (Moderada presença de esgoto e/ou resíduos sólidos);</p> <p>Alta (considerável presença de esgoto e/ou resíduos sólidos); e</p> <p>Muito alta (significativa presença de esgoto e/ou resíduos sólidos).</p>
	Rico (2013)	Avaliação do estado de degradação dos trechos de um rio para a priorização das intervenções.	Avaliação do vertimento de águas residuais por meio da avaliação da perturbação da cor e odor.	<p>Escala de avaliação dos dois indicadores:</p> <p>Ausência de perturbação (Valor mínimo, 0);</p> <p>Perturbação Moderada;</p> <p>Perturbação Média;</p> <p>Perturbação Alta;</p> <p>Perturbação Severa (valor máximo, 1).</p>
	GRAIE (2009)	Avaliação da satisfação e do impacto sobre os usos do curso de água para a gestão.	Alterações e Grau de alteração, qualidade visual da água, qualidade ligada a riscos específicos.	<p>Análises físico-químicas (Condutividade, dureza, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DBO_5, NO_3^-, NO_2^-, NH_4^+, NH_3, NKI e Cl^-)</p> <p>Análise de metais pesados nas briófitas (Hg, Cd, As, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, Mn e Fe);</p> <p>Análise de micropoluentes nos sedimentos (Hg, Cd, As, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn);</p> <p>Qualidade por uso (para tratamento e distribuição de água, pesca e banho)</p>

Indicador	Autores	Objetivo do indicador	Formulação ou escala	Variáveis e parâmetros
Qualidade da água	Santos (2010)	Do modelo: avaliação de alterações de qualquer natureza sobre cursos de água. Do indicador: avaliação da qualidade da água.	Dentre os diversos indicadores utilizados, o de qualidade da água foi definido em função de: fatores sensoriais (cor, turbidez, odor, espuma, material flotante, óleos e ceras, afloramento de algas) lançamento de efluentes presença de poluentes.	Escala de avaliação: Fontes sensoriais: Ausência = 0; Perturbação fraca=1, Perturbação forte=2 Lançamento de efluentes: Ausência=0; Presença=5 Presença de poluentes: Ausência=0; Presença=5 A soma dos fatores avaliados fornece o parâmetro final de avaliação da qualidade da água definido pela seguinte escala: Grau de perturbação: Ausente (Pontuação≤1); Moderada (1>Pontuação ≤3); Médio(3>Pontuação ≤6); Alto (6>Pontuação≤9) e Severo (>9).
	Pompêo <i>et al.</i> (2011)	Avaliar o estado de um rio quanto à poluição para priorizar intervenções em rios urbanos.	Qualitativo com pesos dos parâmetros definidos por especialistas	Magnitude da poluição das águas pelas atividades humanas (Parâmetros: presença de resíduos sólidos nas margens e leito do rio; Lançamento de esgoto doméstico; Lançamento de água de chuva proveniente do sistema de drenagem urbana).
Biodiversidade e funcionalidade das espécies	GRAIE (1999)	Diagnóstico da evolução em planta da diversidade de um mosaico fluvial.	Avaliação feita por meio de fotografia aérea com reconhecimento das unidades vegetais elementares e as respectivas larguras.	
		Índice Biológico Global Normalizado - IGBN	O índice é função da presença de grupos de indicadores sensíveis à poluição e a variedade de classes em cada grupo. A escala de avaliação possui cinco níveis da maior para menor diversidade, respectivamente, excelente, bom, aceitável, insatisfatório e ruim.	A estimativa é feita em função das espécies do ponto de amostragem identificadas e classificadas dentro de 9 grupos taxonômicos faunísticos. Indicadores sensíveis à poluição e da variedade de espécies, de cada grupo, com classificadas em 14 níveis.
	Pompêo <i>et al.</i> (2011)	Analisar o estado da vegetação ripária para priorizar intervenções em rios urbanos	Qualitativo com pesos dos parâmetros definidos por especialistas	Corte ou remoção da vegetação (integridade); recomposição parcial da vegetação com espécies exóticas (existência)

Indicador	Autores	Objetivo do indicador	Formulação ou escala	Variáveis e parâmetros
Estabilidade de margens	Rico (2012)	Avaliar a estabilidade das margens em relação à condição natural.	Escala qualitativa.	A avaliação considerando a seguinte escala qualitativa: Margens estáveis (melhor condição, pontuação=0, e as condições seguintes possuem pontuação decrescente de zero a um); Margens estáveis com mínima ocorrência de focos de erosão e de pontos de solapamento e/ou deslizamentos; Margens parcialmente instáveis com focos isolados de erosão, e áreas restritas de solapamento e/ou deslizamentos; Margens instáveis, apresentando extensos focos de erosão e/ou áreas de solapamento e deslizamentos; Margens instáveis em toda a extensão do trecho em estudo (pior condição, pontuação=1).
	Pompêo <i>et al.</i> (2011)	Analisar o estado das margens quanto à erosão	Qualitativo com pesos dos parâmetros definidos por especialistas	Existência de processos erosivos visíveis nas margens.
Sinuosidade	GRAIE (1999)	Avaliação da evolução dos estílos fluviais	Largura da margem ativa, extensão em linha reta entre margens de agradação e degradação sequenciais; Taxa de sinuosidade - $S=L_s/L$; Taxa de entrelaçamento - $TE=(L_1+L_2+...+L_n)/L$	L - extensão em linha reta do trecho; L _s - Extensão do trecho acompanhando a sinuosidade; L _n - Extensão com sinuosidade dos diversos canais do rio entrelaçado.
		Avaliação da evolução da margem meandrante	Tipo de alteração: translação, rotação, alargamento, estreitamento. Sentido em que ocorrem.	Utilização de recurso gráfico para identificação das modalidades.
		Avaliação do estado geomorfológico do trecho por meio de uma carta geomorfológica das margens e do fundo do leito.	Natureza e geomorfologia das margens: altura, natureza geológica, estabilidade (erosão e vegetação), declividade. Forma/ natureza geológica de leito.	

Indicador	Autores	Objetivo do indicador	Formulação ou escala	Variáveis e parâmetros
Sinuosidade	Cardoso (2012)	Diagnóstico para escolha de alternativas de intervenções em cursos de água. Indicador de avaliação da condição do curso de água quanto ao desenvolvimento longitudinal.	Escala qualitativa para degradação em relação à condição natural do desenvolvimento longitudinal: Ausente, Baixa, Média, Alta, Muito alta	Ausente: Traçado em planta, declividade e continuidade próximos à condição natural, de acordo com o tipo de vale e curso de água. Baixa: Alterações pouco significativas, associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à busca natural do próprio curso de água por uma condição de equilíbrio. Média: Alterações moderadas, especialmente associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à ocupação das áreas marginais, resultando em restrição de largura e impactos associados. Alta: Alterações consideráveis na largura e sinuosidade, com reflexos nos demais itens de análise. Muito alta: Alterações significativas no desenvolvimento longitudinal, como estreitamento da largura da seção, retificação e interrupção da continuidade.
		Diagnóstico para escolha de alternativas de intervenções em cursos de água. Indicador de avaliação integridade Morfológica	Escala qualitativa para a estabilidade das margens: Ausente, Baixa, Média, Alta, Muito alta	Ausente: Margens estáveis. Baixa: Margens estáveis com mínima evidência de focos de erosão e de pontos de solapamento e/ou deslizamentos Média: Margens parcialmente instáveis, com focos isolados de erosão e áreas restritas de solapamento e/ou deslizamentos. Alta: Margens instáveis, com extensos focos de erosão e/ou áreas de solapamento e deslizamentos. Muito alta: Margens instáveis em toda a extensão do trecho em estudo.
	Pompêo <i>et al.</i> (2011)	Analisar o estado de alteração da sinuosidade do curso de água	Qualitativo com pesos dos parâmetros definidos por especialistas	Existência de eliminação de meandros (retificação)
Conectividade longitudinal	Oldfort (2013)	Estabelece prioridade de intervenção para restabelecimento da conectividade longitudinal para	$DCI_a = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{L} \left(\prod_{m=1}^M p_m^a \right) * 100$ $DCI_p = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n c_{ij} \frac{l_i l_j}{L} * 100$	DCI – conectividade (cada equação para uma espécie); l_i - comprimento do segmento de rio i ; n – número de segmentos; L - comprimento total de todos os segmentos; i e j dois segmentos avaliados; c – coeficiente de conectividade entre os dois trechos; p – permeabilidade.
	Pompêo <i>et al.</i> (2011)	Analisar o estado do curso de água quanto à continuidade	Qualitativo com pesos dos parâmetros definidos por especialistas	Existência de obstrução ao escoamento devido à inadequada construção de pontes ou travessias

Indicador	Autores	Objetivo do indicador	Formulação ou escala	Variáveis e parâmetros
Interação com lençol freático	GRAIE (1999)	Avaliar a interação do lençol com o rio.	São sugeridas três metodologias o uso de modelos hidrogeológicos, avaliação da interação por piezômetros e utilização de bioindicadores da interação rio-lençol.	Os modelos hidrogeológicos avaliam o comportamento do lençol em função de restrições como bombeamento do lençol ou rio. Os piezômetros permitem avaliar a transmissividade do meio poroso entre o rio e o lençol frente a testes com bombeamento. Os bioindicadores utilizados são oligoquetas bentônicos sensíveis à troca entre lençol e rio, sendo avaliada a abundância desses organismos.
	Pompêo <i>et al.</i> (2011)	Analisar o estado de alteração do revestimento da calha	Qualitativo com pesos definidos por especialistas	Alteração do revestimento
Vulnerabilidade das habitações	Cançado <i>et al.</i> (2008)	Mapear áreas de risco em função do risco e da vulnerabilidade das habitações às inundações. Efetuar a avaliação da vulnerabilidade socioeconômica das habitações sob risco de inundação.	$Risco = H \times V(E, I)$	H – Fator de Pressão Natural (vazão, altura e probabilidade da inundação). V- Vulnerabilidade socioeconômica E – f (renda do chefe de família, índice de pobreza, índice de instrução do chefe da família, taxa de analfabetismo, densidade ou número de pessoas por casa), vulnerabilidade relativa das casas). I – Índice de Impacto, fator que intensifica os efeitos adversos da inundação (pessoas vulneráveis pela idade).
	Cançado <i>et al.</i> (2011)	Construção de mapa de risco de inundações das habitações com base nos índices de: risco material em função dos fatores de risco de inundação; risco humano em função da estabilidade física de uma pessoa em meio à inundação e risco associado à composição da família; risco de mobilidade: valores de lâmina que impedem o deslocamento para as atividades habituais. Resiliência em função do nível de escolaridade.	Construção de 4 mapas de risco (a, b, c e d) pela análise de clusters.	Índice de risco de dano à construção (velocidade e altura da inundação ou Curvas FDC); Índice de risco de danos ao mobiliário e outros objetos no interior da casa (profundidade da lâmina); Índice de risco de danos ao material; e Índice de vulnerabilidade para reconstrução (altura da lâmina de inundação e classes sociais da ABEP). Profundidade da lâmina de inundação, velocidade do escoamento, altura e peso da pessoa; Número de crianças, idosos e mulheres na habitação. h<15cm tráfego interrompido, com todas as funções podem ser executadas; entre 15cm e 45cm deslocamento para ir ao trabalho e consumo de bens essenciais restringido; acima de 45cm impossibilidade de execução das principais ações de resgate. Classes ABEP x escolaridade (nunca foi à escola, alfabetizado, primário, ensino médio, graduação e pós-graduação).

Indicador	Autores	Objetivo do indicador	Formulação ou escala	Variáveis e parâmetros
Vulnerabilidade das habitações	Santos (2010)	O modelo proposto visa à avaliação de alterações de qualquer natureza em rios. O indicador de vulnerabilidades avalia a vulnerabilidade do trecho de rio a partir da frequência das inundações e estragos por elas provocados.	Utilização de dois indicadores, um de frequência de inundação e outro de ocupação do leito maior, sendo o produto desses dois a mensuração da vulnerabilidade.	O indicador de inundações é avaliado seguindo a seguinte escala: perturbação no uso do solo menor que 25%, (0) perturbação ausente; perturbação no uso do solo entre 25% a 50%, (1) perturbação moderada; perturbação no uso do solo entre 50% e 75%, (2) perturbação média; perturbação no uso do solo entre 75% a 100%, (3) perturbação alta; perturbação no uso do solo acima de 100%, (4) perturbação severa. O indicador de ocupação do leito maior é avaliado pela seguinte escala: dano ausente se a pontuação for inferior a 1,5; moderado entre 1,5 e 2; médio entre 2 e 2,5; alto entre 2,5 e 3; severo para pontuação acima de 2,5. Pontuação: 1 se houver vegetação nativa, 2 sem ocupação, 3 ocupação industrial e 4 ocupação urbana, e o resultado é multiplicação desses valores pela porção da área que eles representam.
	Pompêo <i>et al.</i> (2011)	Analisar o risco às inundações em função do tipo de ocupação	Qualitativo com pesos dos parâmetros definidos por especialistas	Presença de uso residencial, industrial, comercial ou público
Impacto sobre outros trechos	Santos (2010)	O modelo proposto visa à avaliação de alterações de qualquer natureza em rios. O indicador de relação de montante com jusante avalia os impactos à jusante e à montante devido às alterações sofridas pelo trecho em análise.	Avaliação qualitativa	Perturbação: ausente (0); Moderada (1); Média (2); Alta (3); severa (4)

5.3 Metodologias para definição de critérios

A definição dos critérios a serem utilizados no processo de escolha de alternativas ou na priorização de áreas de intervenções fluviais requer conhecimento das diversas perspectivas possíveis de avaliação. Essas perspectivas podem ser obtidas da literatura, como apresentado no item anterior, mas devido à interdependência de critérios socioculturais e políticos no processo, e ao reduzido número de projetos realizados no Brasil, evidencia-se a importância de a complementação desses critérios diretamente dos atores (partes interessadas no processo). Dessa maneira a pesquisa com uso de questionários ou realização de entrevistas com grupos de atores criteriosamente selecionados é etapa frequente e de grande importância no estabelecimento de sistemas de auxílio à decisão, de maneira que se decidiu validar e complementar os critérios obtidos na literatura por meio de consulta a especialistas e na sequência estabelecer a forma de mensuração desses critérios por meio de indicadores. Acrescenta-se ainda a crucial etapa de definição dos pesos, ou relevância, dos critérios, que na maior parte dos casos requer a consulta às partes interessadas.

Neste item serão apresentadas diretrizes seguidas para a definição do método de coleta de informações e de seleção da amostra de informantes para validação e complementação dos critérios para o processo de priorização de intervenções em cursos de água.

5.4 Metodologia quantitativa ou qualitativa?

Os métodos quantitativos podem ser caracterizados como aqueles que empregam quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento dessas através de técnicas estatísticas, desde as mais simples até as mais complexas Richardson (1989) *apud* Dalfovo (2008). Já a metodologia qualitativa trabalha predominantemente com dados qualitativos, obtidos por entrevistas, fotos, textos, filmes, ou seja, a informação coletada pelo pesquisador não é expressa em números, ou os números e as conclusões neles baseadas representam um papel menor na análise (Dalfovo, 2008).

Os métodos quantitativos são indicados em situações em que os possíveis critérios sejam conhecidos e se deseje saber quais os mais relevantes e essenciais à avaliação. Nesses casos é possível estabelecer questionários com questões fechadas que demandem

a escolha dos critérios mais importantes para cada fenômeno a ser avaliado. A pesquisa deve ser feita a um número representativo do universo de atores interessados no processo. O resultado das análises estatísticas permite definir os critérios com um nível de confiança pré-determinado. Por outro lado os métodos qualitativos se desprendem da necessidade de representatividade, com número suficiente de consultados e extrapolação dos resultados da amostra para o universo, para trabalhar com uma amostra menor, mais preocupada com a exemplificação dos pontos de vista, e uso de técnicas de coleta e análise mais preocupadas com o aprofundamento e maior entendimento dos processos em estudo.

A discussão sobre quais seriam os métodos mais adequados à pesquisa científica, se os quantitativos ou qualitativos, se estendeu por muito tempo entre seus precursores, pesquisadores das ciências naturais e das ciências sociais, respectivamente. Atualmente pode-se dizer que há um entendimento de que o método mais adequado é aquele que permite uma construção correta dos dados e que propicie a reflexão sobre a dinâmica da teoria em estudo (Minayo e Sanches, 1993).

É importante ressaltar que a utilização desses métodos pode se dar de forma complementar em diferentes estágios do desenvolvimento da pesquisa. A abordagem qualitativa é extremamente importante para acompanhar e aprofundar algum problema levantado por estudos quantitativos ou, para abrir perspectivas e variáveis a serem posteriormente utilizadas em levantamentos estatísticos (MINAYO e SANCHES, 1993).

Ademais, a busca por maior acurácia dos resultados e validação de modelos propostos tem apontado para o uso da triangulação, definida por Densin (1989) *apud* Flick (2007) como a integração de várias fontes de dados, diferenciadas por tempo, lugar e pessoa. A triangulação pode se dar também pela utilização de diversos métodos “triangulação metodológica” (Duarte, 2009), como por exemplo, métodos quantitativos e qualitativos. A finalidade da triangulação pode ser a validação dos resultados de um método por outro, ou a sua complementação.

Na combinatória de métodos podem existir várias cambiantes, onde se destacam: diferentes métodos podem ser utilizados ao longo da investigação; os métodos podem “caminhar” lado a lado (simultaneamente) ou consecutivamente; a combinação pode

realizar-se, desde logo, em um plano de estudo/investigação ou até mesmo na análise de dados e na articulação de resultados (DUARTE, 2009).

Nesta pesquisa, devido à incipiente atuação dos diversos agentes responsáveis quanto à formalização de modelos de priorização de intervenções em rios, concluiu-se que o uso de métodos qualitativos na etapa inicial seria mais adequado. Haja vista que os conceitos, valores, critérios e dinâmica de avaliação das questões relativas às intervenções fluviais entre os diversos atores encontram-se ainda em construção.

A análise qualitativa baseia-se em grande parte na fala ou nas palavras dos informantes, obtidas em entrevistas ou textos por eles produzidos. Para Bakhtin (1986) *apud* Minayo e Sanches (1993) “essas palavras são tecidas pelos fios de material ideológico que servem de trama a todas as relações sociais”. Portanto, são considerados os indicadores mais sensíveis das transformações sociais, mesmo daquelas que ainda não tomaram forma. A fala revela condições estruturais de sistemas de valores, normas e símbolos, e, ao mesmo tempo, transmite através de uma porta voz, o entrevistado, representações de grupos determinados em condições históricas, socioeconômicas e culturais específicas (Minayo e Sanches, 1993).

De acordo com Flick (2009), a aplicação da pesquisa qualitativa deve partir das teorias existentes e dos resultados de pesquisas empíricas. Ainda segundo Flick (2009), o planejamento de uma pesquisa qualitativa compreende:

- Desenvolver uma ideia geral e um interesse em uma pergunta de pesquisa mais ou menos dirigida;
- Assumir uma perspectiva de pesquisa (e saber por que); e
- Atualizar-se com a teoria e a literatura em vários níveis (epistemológico, teórico, metódico, sobre a questão em si, etc.).

Os desenhos de pesquisa podem ser rígidos ou amplos. Os desenhos rígidos utilizam perguntas fechadas e restritas, e procedimentos de seleção estruturados, sendo úteis quando o pesquisador possui constructos claramente definidos e a investigação se restringe a relações específicas em contextos conhecidos. Já os desenhos amplos são aplicáveis quando os conceitos estão menos definidos, com uso de procedimentos

metodológicos menos fixos. Esse tipo de desenho é especialmente aplicável quando são estudados constructos ou conceitos teóricos não muito desenvolvidos.

A amostragem da pesquisa qualitativa pode seguir duas lógicas distintas, uma com adoção de critérios formais predefinidos, como número de entrevistados e perfis, e outra na qual esses critérios são definidos durante o desenvolvimento da pesquisa. Na primeira o pesquisador sabe quais elementos devem constar da amostra e como encontrá-los, já na segunda, a ideia é definir os elementos da amostra passo a passo buscando o que ainda está faltando nos dados.

Ainda quanto à amostragem na pesquisa qualitativa, a escolha dos elementos da amostra orienta-se por casos, materiais ou eventos de forma a exemplificar a diversidade de situações associadas ao fenômeno em estudo. Geralmente buscam-se casos fundamentais, que podem ser função da experiência, do conhecimento e da prática que o entrevistado possui sobre o objeto de estudo.

A pesquisa pode estar ainda relacionada a vários níveis, a amostragem pode ser orientada a pessoas ou a situações, amostragem de casos ou entre casos, ou ainda, amostragem de materiais ou nos materiais.

Caso se esteja interessado em conhecimento especializado sobre a tomada de decisões institucional, deve-se definir o que se considera especialização nesse contexto, refletir sobre quem pode tê-la e em que posição na instituição pode estar localizada esse tipo de especialização. A seguir, serão relacionados atores dessas posições diferentes, talvez de hierarquias diferentes na instituição, para fazer uma entrevista especializada com eles. Neste caso, o critério de fundo de sua decisão de amostragem é uma posição profissional ou uma função específica. (FLICK, 2009).

No caso dessa pesquisa, que não é um estudo de caso que estabelece um sistema de auxílio à decisão aplicável somente para aquele caso concreto, mas sim, uma metodologia que possa ser replicada e adaptada a outros contextos, a escolha dos entrevistados é mais complexa. A finalidade deve ser a escolha de perfis típicos de agentes participantes ou interessados no processo decisório em questão. Pessoas que exemplifiquem a opinião de determinados grupos frequentes neste tipo de tomada de decisão e as diversas funções exercidas. Essas funções podem estar atreladas à avaliação

de impactos ambientais, elaboração dos projetos, definição das ações e das áreas de intervenção, membros de colegiados com conhecimento e interesse na questão, atingidos ou beneficiados pelas intervenções.

5.5 Métodos de análise dos indicadores

Após a II Guerra Mundial a experiência sobre problemas logístico-militares estimularam as pesquisas sobre métodos que visavam à otimização de custos, gastos e lucros, de forma a obter a solução ótima para os problemas. Os modelos matemáticos desenvolvidos compreendiam uma única função objetivo. Entretanto, essas soluções não se mostravam satisfatórias frente a uma vasta gama de problemas para os quais o tomador de decisões deveria considerar critérios múltiplos, frequentemente, com benefícios e custos de difícil mensuração. Assim, a partir da década de 60 do século passado começaram a surgir métodos multicriteriais de apoio ou auxílio à decisão.

Roy e Bouyssou (1993) *apud* Moura (2004) definem auxílio à decisão como a atividade que ajuda na obtenção dos elementos de respostas a questões intervenientes dentro de um processo de decisão. Já para Gomes *et al.* (2004) apoio multicritério à decisão é a atividade baseada em modelos claramente apresentados, mas não necessariamente formalizados, que auxilia na obtenção de elementos de resposta às questões de um agente de decisão. Esses elementos têm como objetivo esclarecer cada decisão e, normalmente recomendá-la ou, simplesmente, favorecê-la.

A complexidade da avaliação de alternativas de intervenções em cursos de água e da definição das áreas prioritárias para intervenção está atrelada ao envolvimento de aspectos de natureza diversa e de difícil mensuração e comparação, ou não mensuráveis, indicando a utilização dos métodos multicriteriais.

Esses métodos têm sido amplamente utilizados em estudos onde aspectos ambientais, sociais e econômico-financeiros são de elevada relevância. No âmbito nacional, pode-se citar a proposição de metodologias de auxílio à decisão para escolha de projetos que visam à implementação de sistemas de drenagem, de sistemas de controle de inundações ou de intervenções em cursos de água por Castro (2002) e Moura (2004); Milograna (2009); e Cardoso (2008) e Evangelista (2011), respectivamente.

Fuamba *et al.* (2011) e AL-ANI *et al.* (2012) também apresentaram modelos de auxílio à decisão com base em métodos multicriteriais para seleção de sistemas de drenagem do tipo “Best Management Practice” – BMP, com realização de estudos de caso no Quebec e na Malaysia, respectivamente. Na Europa podem ser citados os estudos de proposição de modelos multicriteriais de auxílio à decisão de Martin *et al.* (2006) para classificação de alternativas de drenagem do tipo “Storm Water Source Control” (Controle do escoamento na fonte), que foi aplicado em um caso hipotético e o de Ellisa *et al.* (2004) para escolha de sistemas de drenagem do tipo “Sustainable Drainage Systems” – SUDS, com estudo de caso realizado em Paris.

Quanto à classificação, métodos multicriteriais ou multiobjetivos podem ser divididos em contínuos ou discretos (Gomes *et al.*, 2004). Os problemas cujas alternativas podem assumir um número infinito de valores são do ramo contínuo e são trabalhados pela Programação Multiobjetivo ou Otimização Vetorial. Já os problemas cujas alternativas assumem um número finito de valores ou infinito numerável são discretos e são tratados pela Decisão Multicritério Discreta – DMD.

Como o presente estudo trabalha com indicadores que fornecem valores discretos, a descrição dos métodos existentes feita a seguir compreenderá somente os métodos DMD.

Na Decisão Multicritério Discreta, como por exemplo, a escolha da melhor alternativa de intervenção em um curso de água, as problemáticas podem ser agrupadas em diferentes tipos (Gomes *et al.*, 2004):

- Problemas tipo α ($p\alpha$): selecionar a “melhor” alternativa ou as melhores alternativas;
- Problema tipo β ($p\beta$): aceitar alternativas que parecem “boas” e descartar as que parecem “ruins”, ou seja, realizar uma classificação de alternativas;
- Problema tipo γ ($p\gamma$): gerar uma ordenação de alternativas;
- Problema tipo δ ($p\delta$): realizar uma descrição de alternativas.

Os métodos multicriteriais mais utilizados têm suas bases na escola americana, na escola francesa ou europeia e nos métodos interativos.

A escola americana baseia-se na teoria da análise multiatributo, a qual aceita a existência de uma função de valor real sobre o conjunto de alternativas que agrega os vários critérios definidos, essas alternativas discretas poderão ser avaliadas a partir de uma hierarquização dos critérios, fornecendo uma ordenação completa, sem previsão de empate, ou de indiferença entre as alternativas. Os principais métodos da escola americana são o Método de Análise Hierárquica ou Analytic Hierarchy Process – AHP, o Analytic Network Process – ANP e o método Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution - TOPSIS.

Os métodos da escola francesa de apoio multicritério estabelecem, a partir da relação entre duas alternativas, argumentos que permitem decidir se uma é melhor que a outra, mas considera também limiares de indiferença, quando não é possível afirmar que uma alternativa é melhor que outra. Então, em alguns casos não é possível estabelecer uma ordenação ou classificação completa das alternativas. Os principais métodos são os da família Electre - ELimination Et Choix Traduisant REalité e os da família Prométhée - Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations.

Os métodos interativos têm como princípio básico o sistema de preferências que é interativo, havendo discussão entre os decisores durante o processo decisório e à medida que vai se alcançando um melhor entendimento do problema, novas informações são incorporadas ao método. O método Tomada de Decisão Interativa Multicritério - TODIM pode ser citado como exemplo de método interativo.

Método da Média Ponderada

O método da média ponderada é o mais simples dos métodos multicriteriais descritos neste estudo, mas também um dos mais utilizados devido à sua acessibilidade e facilidade de aplicação. Esse método agrega em uma única função (Equação 5.1) os diversos indicadores utilizados ponderados por pesos pré-estabelecidos.

$$I = \frac{\sum_{j=1}^n (a_j \cdot w_j)}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (5.1)$$

Onde:

I – Índice;

- n – número de indicadores;
- a_j – Indicador “j”;
- w_j – peso do critério “j”.

Os pesos são estabelecidos em grande parte dos estudos pela consulta a especialistas e/ou aos *stakeholders* (partes interessadas), ou ainda, de acordo com as características do objeto de pesquisa, por análise técnica do desenvolvedor do SAD proposto.

Método TOPSIS

O método TOPSIS foi desenvolvido por Hwang e Yoon (1981) *apud* Pomerol e Barba-Romero (1993), de forma a avaliar a distância de cada alternativa à solução ideal, Equação 5.2, e à anti-ideal, Equação 5.3. A partir destas duas distâncias é possível calcular a taxa de similaridade, Equação 5.4, que varia de 0, ponto anti-ideal, a 1, ponto ideal.

A distância ao ponto ideal pode ser calculada pela Equação 5.2.

$$d_p^M(a_i) = \left[\sum_j w_j^p |a_j^M - a_{ij}|^p \right]^{1/p} \quad (5.2)$$

Onde:

$d_p^M(a_i)$ - distância ao ponto ideal;

j - critério analisado;

w_j - peso do critério “j”;

a_j^M - valor máximo do critério “j” (valor ideal);

a_{ij} - ponto da alternativa “i” analisada para o critério “j”;

M – identificação de ponto ideal como referência;

p - valor que define o tipo de distância.

A Equação 5.3 define a distância ao ponto anti-ideal.

$$d_p^m(a_i) = \left[\sum_j w_j^p |a_j^m - a_{ij}|^p \right]^{1/p} \quad (5.3)$$

Onde:

$d_p^m(a_i)$ - distância ao ponto anti-ideal;

m - identificação de ponto anti-ideal como referência;

a_j^m - valor mínimo do critério “j” (valor anti-ideal).

De posse das distâncias entre a alternativa e o ponto ideal e o ponto anti-ideal, pode-se calcular a taxa de similaridade, segundo a Equação 5.4.

$$D_p(a_i) = \frac{d_p^m(a_i)}{[d_p^M(a_i) + d_p^m(a_i)]} \quad (5.4)$$

Na Figura 5-2 pode ser visualizada a representação gráfica da distância das alternativas A, B, C, D e E aos pontos ideal e anti-ideal, com relação aos critérios C_1 e C_2 . Nessa figura fica claro que a alternativa com menor distância ao ponto ideal (C) nem sempre será a com maior distância ao ponto anti-ideal (D).

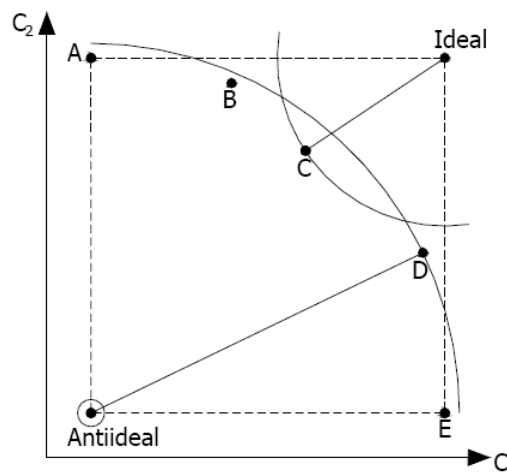


Figura 5-2: Distância das alternativas à solução ideal e anti-ideal
 Fonte: Pomerol e Barba-Romero (1993)

A distância “p” para aplicação do método TOPSIS pode ser do tipo retangular, na qual $p=1$, Euclidiana, com $p=2$ e Tchebycheff com $p=\infty$. O tipo de distância escolhida neste trabalho foi a Euclidiana, com $p=2$, por apresentar a vantagem de se distanciar dos métodos de soma ponderada, fazendo com que o valor da escala do indicador tenha menor influência no resultado final (Moura, 2004).

Método Electre

Desenvolvido em 1964 por Bernard Roy, o método Electre é baseado em relações classificatórias binárias, sendo aplicável quando se conhece as preferências do decisor. Uma de suas vantagens é que uma avaliação positiva quanto a um critério não compensa, não anula, uma avaliação negativa quanto a outro critério. A análise permite avaliar se uma alternativa “a” é tão boa, melhor ou pior que outra “b”. Além da possibilidade de preferência estrita (P) e indiferença (I), podem ser definidas a preferência fraca (Q) e a incomparabilidade (não há evidência clara de preferência entre uma alternativa e outra), por meio do estabelecimento de pseudocritérios que definem os limites de preferência (p) e indiferença (q), como ilustrado na Figura 5-3 (Gomes *et al.*, 2004).



Figura 5-3: Situações de preferência
Adaptado de Gomes *et al.*(2004)

A família Electre compreende os métodos:

- Electre I e Electre IS que permitem a formação de um conjunto com as melhores alternativas, utilizando critérios e pseudocritérios, respectivamente;
- Electre II que é uma evolução do método Electre I que permite a ordenação das alternativas;
- Electre III que permite a ordenação de alternativas. Quando há mais de um decisor o método permite estabelecer hipóteses sobre os pesos de cada decisor, utilizando pseudocritérios;

- Electre IV também trabalha com os pseudocritérios, é o único método da família Electre para o qual não é necessário estabelecer pesos para os indicadores, sendo indicado para casos em que seja difícil estabelecer esta ponderação; e
- Electre TRI que permite a comparação de diversas alternativas com uma alternativa de referência ou ideal, oferecendo também como resultado a ordenação de alternativas, agrupadas em classes.

O método Electre III se enquadra na problemática γ ($p\gamma$), no qual se deseja gerar uma ordenação de alternativas. O método classifica as diversas alternativas para a solução de um problema e considera ainda que, diante da necessidade de comparar duas alternativas, o decisor poderá reagir com as alternativas por preferência, indiferença ou veto. Calcula-se um índice de concordância, entre as alternativas, com o intuito de construir a matriz de comparação para cada critério (Castro, 2002).

O Electre TRI classifica as diversas alternativas comparando cada alternativa potencial com uma alternativa de referência estável (faixas limites de classificação). A partir das alternativas de referência (ou perfis): b_0, b_1, \dots, b_h e dos critérios: i_1, i_2, \dots, i_n definem-se $(p+1)$ categorias: C_1, C_2, \dots, C_n . Para um dado critério i , a alternativa b será localizada em uma determinada categoria, em função de sua avaliação $g_i(b)$.

O Electre TRI trata de problemas que são modelados por uma família de pseudo-critérios com limiares de preferência $p_j(b_h)$ e de indiferença $q_j(b_h)$. O limiar de indiferença $q_j(b_h)$ especifica a maior diferença $g_j(b) - g_j(b_h)$, preservando a indiferença entre b e b_h no critério g_j . Já o limiar de preferência $p_j(b_h)$ representa a menor diferença $g_j(b) - g_j(b_h)$, compatível com uma preferência de b no critério g_j .

O método calcula um índice de credibilidade $\sigma(b, b_h)$ que permite avaliar como a alternativa de referência b_h supera a alternativa b . $\sigma(b, b_h) \in [0, 1]$ e a afirmação $b S b_h$ é considerada válida se $s(b, b_h) \geq \lambda$, em que λ é o nível de corte situado no intervalo entre 0,5 e 1, (Szajubok *et al.*, 2006). Este índice é encontrado em função da concordância e da discordância entre os pares de alternativas, sendo calculado pela Equação 5.5.

$$\sigma(b, b_h) = C(b, b_h) \prod_{i \in \bar{F}} \frac{1 - d_i(b, b_h)}{1 - C(b, b_h)} \quad (5.5)$$

Onde:

$$\bar{F} = \{i \in F: d_i(b, b_h) > C(b, b_h)\}$$

$C(b, b_h)$ – grau ou índice de concordância

$d_i(b, b_h)$ – grau ou índice de discordância

Método AHP

Analytical Hierarchy Process - AHP - é um método multicritério de análise hierárquica (Saaty, 1977), sendo um dos métodos multicriteriais mais utilizados no mundo. Para aplicação do método, o problema é dividido em níveis hierárquicos, e então são feitas comparações par a par, de cada elemento em um nível hierárquico, que fornece uma matriz quadrada. Nessa matriz é representada a preferências do decisor para cada elemento comparado.

O analista ou grupo de analistas deve estruturar o problema em estudo, dividindo-o em subproblemas mais facilmente compreendidos, sendo que cada qual pode ser analisado independentemente, estabelecendo-se critérios e níveis hierárquicos. São determinadas então as alternativas a serem comparadas e os critérios de comparação.

As alternativas são comparadas com relação a cada critério, construindo uma matriz de comparação para cada critério, baseando-se na escala de Saaty, Tabela 5-3. Os critérios também são comparados entre si construindo-se assim uma matriz de comparação entre os critérios. É feita a composição das notas obtidas para cada alternativa nas matrizes correspondentes a cada critério e as notas obtidas para cada critério, obtendo assim uma nota final. Por fim é avaliada a consistência das comparações feitas com o cálculo dos autovetores correspondentes e comparando o maior valor obtido ao número de alternativas avaliado. Quanto mais próxima de zero for a subtração de um pelo outro, menor a inconsistência.

Tabela 5-3: Escala de Saaty
(Adaptado de Saaty, 1977)

Valor	Significado	Explicação
1	Igual importância	As duas alternativas contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e juízo favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com mais alto grau de segurança.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre as definições.

Definição dos pesos - Jogo de Cartas ou método de Simos

Grande parte dos métodos citados anteriormente depende da definição *a priori* dos pesos dos indicadores. Essa definição pode ser feita pelo próprio analista, por consulta a especialistas ou às partes interessadas. Quando é feita a consulta a um grupo de pessoas é preciso estabelecer a ponderação dos valores obtidos de forma a fornecer o peso resultante a ser utilizado na agregação dos indicadores. Essa ponderação pode ser feita por diversos métodos, sendo os mais utilizados a média simples e o método de Simos.

O método de Jean Simos (Roy e Figueira, 1998) é um procedimento simples que toma como base um bloco de cartões para se determinar indiretamente os valores dos pesos dos critérios desejados. Cada cartão representa um critério, sendo utilizados alguns cartões brancos. A técnica consiste em ordenar os critérios, cartões, segundo o nível de importância, sendo o primeiro o menos importante. O cartão branco é utilizado para distanciar um critério de outro que é duas vezes mais importante, ou utiliza-se dois cartões brancos entre dois critérios para indicar que um é três vezes mais importante que o outro. Os critérios igualmente importantes podem ser colocados lado a lado no mesmo nível. A partir dessa ordenação deve ser construído o ranking dos subconjuntos de critérios por nível de preferência, ordenado do pior para o melhor. Atribuir uma posição para cada critério e cada carta branca, o critério menos qualificado recebe a posição 1, o próximo a posição 2, e assim por diante. Determina-se o peso normalizado de cada critério (coluna 5), dividindo o peso médio não normalizado do ranking (coluna 4) pela

soma total de posições dos critérios, sem considerar as cartas brancas, (coluna 3, linha 7), exemplo na Tabela 5-4.

Tabela 5-4: Exemplo de cálculo dos pesos pelo jogo de cartas de Simos

Critérios	Número de cartas por nível	Peso (posição)	Peso médio por nível (peso não normalizado)	Peso normalizado
Idade	1	1	1	0,059
Altura e peso	2	2 e 3	2,5	0,147
	0			
Escolaridade	1	5	5	0,294
Gênero	1	6	6	0,353
Soma		17		

5.6 Considerações gerais

Inúmeras metodologias aplicáveis a sistemas de auxílio à decisão podem ser encontradas na literatura não sendo objetivo deste estudo fazer uma explanação exaustiva. Buscou-se neste capítulo apresentar aquelas que se mostraram mais adequadas ao problema e evidenciar a escolha das metodologias aplicadas nas diversas etapas da pesquisa.

A matriz DPSIR permite compreender melhor a interação entre atividades antrópicas e o meio ambiente, permitindo estabelecer indicadores que orientem o estabelecimento e avaliação de políticas públicas. Algumas das principais características desejáveis desses indicadores são mensurabilidade, acessibilidade, fidelidade, objetividade, pertinência, univocidade, clareza, precisão e sensibilidade. Em estudos ambientais esses indicadores podem ter natureza e escalas diversas que requerem a utilização de métodos que permitam a análise integrada desses indicadores, tais como, os métodos multicriteriais.

A utilização da análise multicriterial requer o estabelecimento de pesos para os indicadores, o que, dependendo da natureza do problema em estudo, pode ser feito pelo analista no momento da análise ou por meio de consulta a um grupo de especialistas.

Os métodos de agregação podem ser agrupados em duas escolas a americana e a francesa. A primeira compreende modelos de agregação total nos quais se obtém sempre uma ordem de prioridades entre as alternativas. Já a escola francesa trabalha

com pseudocritérios que estabelecem limiares de indiferença, entre os quais a metodologia indica, devido a incertezas na mensuração dos indicadores e/ou na definição dos pesos, que não é possível estabelecer supremacia entre as alternativas.

Neste estudo foi utilizada a matriz DPSIR com instrumento orientador da definição dos indicadores e duas formas distintas de definição dos pesos com consulta a especialistas, Etapas I e II. Foram utilizadas metodologias multicriteriais tanto da escola americana, média ponderada e Topsis, quanto da escola francesa, Electre Tri e Electre III, o que permitiu a discussão das vantagens e desvantagens de cada metodologia no estudo de caso, Capítulo 8.

6 MODELO PRELIMINAR DE PRIORIZAÇÃO - APRESENTAÇÃO, AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados baseados na revisão da literatura e sua verificação por meio de pesquisa qualitativa. O modelo preliminar de priorização de intervenções em cursos de água é apresentado e desenvolvidas as discussões pertinentes aos critérios e ao processo de tomada de decisão.

6.1 Indicadores e modelo preliminar de priorização

No Capítulo 4 foram avaliados conceitos e metodologias para intervenções fluviais, entre eles destacam-se a concepção de cidades sustentáveis com introdução ou recuperação dos corredores azuis nas áreas urbanas, identificação dos serviços ecossistêmicos relacionados aos cursos de água, processos de restauração de cursos de água e metodologias de priorização de projetos ambientais, com destaque para a priorização de ações em ambiente fluvial. A discussão teve como objetivo principal identificar os critérios utilizados em sistemas de auxílio à decisão com objeto similar ao desta pesquisa, bem como verificar a estrutura desses sistemas e sua aplicabilidade ao trabalho em desenvolvimento.

Sistemas de auxílio à decisão devem buscar simplicidade de aplicação, sem prejuízo à confiabilidade e robustez dos resultados. Assim, buscou-se definir uma estrutura para o SAD que pudesse ser trabalhada com métodos multicriteriais mais acessíveis e de fácil aplicação. Dessa maneira os critérios discutidos no Capítulo 4 foram agrupados em três índices, Estado, Pressão e Custos, Tabela 6-1. A proposta inicial contemplava a agregação desses critérios na forma dos três índices citados por métodos simplificados como o da média ponderada, mas que poderiam também ser agregados por métodos mais complexos como os da família Electre. Dessa maneira poder-se-ia avaliar a congruência ou diferenças significativas entre os resultados.

Tabela 6-1: Critérios obtidos do referencial teórico

Índice	Critério	
Estado	1	Prioridade para preservação
	2	Riqueza da biodiversidade
	3	Potencial de restauração
	4	Conectividade com outras áreas verdes, potencial e existente
	5	Potencial aumento da conectividade longitudinal
	6	Potencial impacto positivo sobre outros trechos da bacia
	7	Ocorrência de inundações
Pressão	8	Existência de relação do rio com manifestações culturais e religiosas
	9	Visibilidade da intervenção/benefício político
	10	Possibilidade de geração de opção de recreação e lazer
	11	Nível de sensibilização dos <i>stakeholders</i>
	12	Integração com outros projetos
	13	Risco de colapso de estruturas existentes
	14	Vulnerabilidade das habitações ribeirinhas
	15	Vulnerabilidade epidemiológica
Custo	16	Implantação (incluído a desapropriação), manutenção, e potenciais ganhos ou benefícios

6.2 Avaliação dos critérios e do modelo preliminar de priorização

6.2.1 Critérios de priorização – Avaliação pelos especialistas

Neste item são apresentados os elementos e discussão que permitiram confirmar os critérios propostos para o SAD a partir dos resultados das entrevistas realizadas com os 30 especialistas e agentes.

Quando solicitado que indicassem os critérios que deveriam ser considerados na priorização dessas intervenções, os mais citados foram critérios ambientais (por 12 entrevistados), dentre os quais obteve destaque a prioridade para preservação (8). A ocorrência de inundações (7) e áreas que contribuam para a disponibilidade hídrica (5), em especial para o abastecimento público, também foram bastante citadas, assim como os critérios sociais (7), dentre os quais se destacou a citação da possibilidade de geração de opções de recreação e lazer (3).

Preservação – Aqueles trechos mais preservados foram apontados como prioridade devido à pressão urbana sobre essas áreas que, caso não sejam preservadas, em pouco tempo estarão degradadas e com suas margens ocupadas. A manutenção do curso de água em leito natural foi apontada como diretriz para as ações (8). A argumentação foi de que intervenções de retificação e artificialização dos cursos de água, sem trabalhar a bacia, não solucionam o problema de inundação. Gera-se um processo cíclico de

sucessivas intervenções cada vez mais impactantes. Outra justificativa para atuação prioritária em áreas mais preservadas é a facilidade de execução da intervenção, menor atrito com a população e menores custos. A seguir comentários de alguns entrevistados ilustram esses pontos de vista.

Quando se faz planejamento, você pensa o seguinte, o que eu consigo fazer gastando menos dinheiro. O que gastaria menos energia e custos, e o que geraria mais serviços ambientais, microclima, drenagem, fertilidade do solo, créditos de carbono, e depois vêm as intervenções paisagísticas. (E21¹⁴)

O rio deveria ser tocado o minimamente possível. Às vezes é preciso retificar, alargar. Considerar aspectos geomorfológicos. A aplicação de critérios hidráulicos corretos é muito difícil. Mínima intervenção. Intervir de forma a preservar a dinâmica fluvial. (E26)

O recorte deveria ser a bacia. O critério deveria ser a manutenção dos córregos em leito natural e a proteção de suas várzeas. (E2)

O outro critério seria do planejamento global, é limitar, ou seja, preservar ao máximo os trechos ainda não ocupados, agir com uma fiscalização maior. (E9). (Cita a fiscalização quanto à ocupação das Áreas de Preservação Permanente - APP).

Os três entrevistados representantes da população ribeirinha endossaram essa posição conforme transcrições a seguir.

Nós estamos, inclusive, com o projeto que é de canalização, que eu detesto quando fala esse negócio de canalização. Eu gosto quando fala saneamento básico aberto, sem cimento no fundo. Então o leito natural do córrego. Então, nós estamos lutando para ir conseguindo fazer essas intervenções. (E28)

As interferências maiores deveriam ser nos fundos de vale, e nos terrenos em declive, esses terrenos de fundo de vale e em declive deveriam ser preservados, não devia ter construção nessas áreas. (E29)

Das afirmações feitas apreende-se que além de preservar áreas com menor nível de degradação, para intervenção em áreas mais degradadas consideraram importante utilizar técnicas mais integradas ambientalmente. As ações devem ser conduzidas no sentido da maior qualidade ambiental. Mesmo quando a intervenção física é inevitável, elementos de integração ambiental podem ser utilizados, como técnicas de bioengenharia e paisagismo, como sugerido nos argumentos a seguir.

Muitas vezes você teria soluções que poderiam reter e compensariam. Não com uma solução sistêmica. Não a natureza dentro da cidade de novo. Não tem jeito! Mas soluções de hidráulica que garantissem você ter mais natureza dentro da cidade. A combinação da engenharia com menos intervenção, usando técnicas menos impactantes, com mais vegetação, mais infiltração. (E25)

Eu acredito que se as coisas tivessem uma visão um pouco mais ecológicas do espaço do rio, talvez a gente estaria resolvendo alguns desses problemas

¹⁴E21 – Entrevistado 21 - Código utilizado para proteger a identidade dos entrevistados.

aqui. Não de forma imediata, mas a longo prazo. Então uma intervenção que incorporasse o rio de uma forma mais à paisagem urbana, estaríamos resolvendo outros problemas, espaço para lazer e outras coisas mais. (E10)

E4 demonstra preocupação por haver ainda maior frequência no uso de técnicas tradicionais, com artificialização dos cursos de água. Conforme reflexão apresentada a seguir, E4 introduz o paradoxo de que para resolver problemas de inundação (item a ser discutido a seguir) prevalecem as técnicas tradicionais, e são elas um fator de agravamento dos eventos de inundação.

E você me pergunta por eficiência, eficácia e efetividade. Acho que sim, podemos ter problemas para o futuro, porque está prevalecendo a lógica de transportar a água o mais rápido possível, com maior velocidade possível, sem retenção, sem infiltração, sem evaporação. Então, eventualmente, e olhando aí os processos de mudança do clima, são obras que podem não solucionar problemas muito críticos de inundação, enchentes. (E4)

Os entrevistados E2, E5, E14, E18, e E20 relataram a dificuldade de disseminar essas técnicas mais integradas ambientalmente. Relataram problemas na transferência do conhecimento da academia para as empresas projetistas, desconhecimento por esses últimos de como dimensioná-las. Há também carência de estudos avaliativos da eficiência dessas técnicas. Tudo isso faz com que as técnicas tradicionais sejam aplicadas mesmo em cursos de água mais preservados.

Eu tive contato na área acadêmica com uma série de práticas interessantes, inclusive a bioengenharia que apareceu como uma forma mais interessante e mais adequada de alinhar o tratamento de cursos de água com o paradigma da sustentabilidade. Mas ao mesmo tempo a gente não tem um caminho claro para que essas informações cheguem ao gestor e até o legislador de forma que a gente tenha formas de gestão dos cursos de água no território e formas de legislação mais modernas. (E21)

A gente tem uma desconexão, academia, gestor público, comunidade. (E20)

Eu acho que ainda tem uma fragilidade enorme nas empresas projetistas, empresas consultoras que não estão sabendo fazer de forma diferente. Mesmo o contrato sinalizando uma diretriz, só chega aquele tipo de solução de 20, 30 anos atrás. Então eu acho que falta capacitação. Não só para os órgãos públicos que lidam com a questão, tomadores de decisão, mas para as empresas projetistas e consultoras. (E2)

Eu acho que de certa forma ela virou um modelo autônomo, simplificado da engenharia, e até uma incapacidade de determinados setores da engenharia de incorporar tecnologias novas. Então o cara só sabe fazer canal, é o que ele aprendeu na vida. - Olha meu amigo tem um curso de água aqui, o que é que nós vamos fazer? - Canal. Porque é o que eles sabem calcular, é o que ele consegue fazer, é o que ele consegue concretar. Aí ele não consegue fazer nada diferente disso. (E14)

Inundações - O controle de inundações apareceu como outra prioridade nas entrevistas, entre os diversos perfis. A questão da segurança da população foi colocada em destaque

mesmo pelos entrevistados com visão mais voltada para a preservação dos ecossistemas. Ao citarem esse como um dos critérios a ser considerado comentaram.

Concordamos que as áreas de maior risco, que envolve vida, prejuízo para a cidade. (E8). (segundo o entrevistado a administração pública prioriza as áreas de risco, postura com a qual concorda)

Critério social, atuar onde há inundação e em áreas de risco. (E25)

Nas cidades o controle de enchentes. (E24)

O benefício social, redução do risco de inundação, melhoria de qualidade de vida (...) (E5)

Disponibilidade Hídrica – A preservação das cabeceiras e de trechos utilizados para captação de água, bem como de áreas ameaçadas por processo de desertificação foram mencionadas para exemplificar a prioridade para melhoria da disponibilidade hídrica.

Água para abastecimento humano é a prioridade, em quantidade e qualidade, em segundo lugar para produção de alimentos, agricultura irrigada certamente. (E16)

Manutenção dos aquíferos subterrâneos e superficiais. (E5)

Grande parte das nascentes e cabeceiras está desocupada, e elas deveriam ser mantidas. Uso da área de forma natural, para uso social, sem degradar, tornando-o útil. (E20) (SIC).

Prioridade absoluta para aqueles serviços ambientais que estão associados à escassez de água. (E18)

Critérios sociais – Os entrevistados expuseram sua preocupação em atender os interesses da população quando da priorização das áreas. Citaram a oportunidade de melhorar a qualidade de vida da população diretamente afetada com: problemas de inundação, precariedade quanto à mobilidade e acessibilidade; e falta de opções de recreação e lazer. Destacam-se as justificativas para a necessidade de criação de áreas para recreação e lazer como forma de garantir que aquela área não seja reocupada, que não haja lançamento de resíduos, ou a destruição daquele espaço.

Impacto da situação na população, impacto sobre a saúde, sobre o conforto (conforto, por exemplo, proliferação de vetores, mosca, rato, ainda que com baixo risco), a questão da urbanização, da mobilidade, poderia associar melhorias habitacionais, e de mobilidade, segurança, acesso para a coleta de resíduos. (E4)

Diagnóstico do uso do solo, existente ao longo, porque se você olhar ao longo desses cursos de água, aí em cima disso elencar as áreas estratégicas. (...) se eu for gastar um pouco mais de dinheiro para requalificar uma área de uma população com renda menor, isolada que não tem nada, uma praça, você pode criar uma área com várias funcionalidades, inclusive educativa. (E21)

Grande parte dos entrevistados citou os critérios mais ligados a sua área de formação ou atuação, entretanto quando apresentado o rol da literatura houve unanimidade quanto à relevância desses critérios, com a exceção dos critérios 2, 3, 4, 5, 10, 11, 14, 15,

concordância de 96% [29] dos 30 entrevistados, e critério 8, 93% [28]. Foram feitos comentários quanto a ajuste na forma de avaliação dos critérios, introduzindo elementos a serem considerados, assim como justificativas para a eliminação de determinados critérios.

O critério 8, existência de relação do rio com manifestações culturais e religiosas, foi apontado como dispensável por dois entrevistados porque não vivenciaram profissionalmente situação em que essa relação estivesse presente. Entretanto, outros entrevistados afirmaram haver casos até dentro da área urbana de Belo Horizonte, e uma dessas foi confirmada com a entrevista com membros da comunidade. Quanto aos critérios 4 e 5, conectividade entre áreas verdes e longitudinal, argumentaram não ser prioridade em áreas urbanas. Como se trata de um rol a ser adaptado ao caso real o critério deve ser mantido e no caso específico em que ele não for pertinente deve-se atribuir-lhe peso “zero”. Já o critério 10, criação de áreas de recreação e lazer, não seria uma prioridade, pois a prioridade é a manutenção da planície livre para inundações, a urbanização viria depois.

Geração de opções de lazer não é prioridade. É mais preservar a ocupação, criar espaços, e para preservá-los insere-se os equipamentos de lazer. (E27)

Quanto ao critério de sensibilização dos *stakeholders* houve comentário que a mobilização é importante e não a sensibilização. Foi acrescentado ainda que comunidades já sensibilizadas e onde existe uma organização tendem a ser mais atendidas pela administração municipal, e que é preciso avaliar se aquela comunidade possui uma estrutura para reivindicar. Deveria ser considerado o:

percentual de população beneficiada por aquela intervenção e a estrutura organizacional daquelas comunidades para pleitear aquelas intervenções. Aquelas regiões onde a população é mais organizada e percebe onde estão alocados os recursos têm mais condições de pleitear. (...) Então os locais cuja infraestrutura organizacional, capital político daqueles grupos é maior, eles têm um poder maior de estabelecer se faz obra ou não. (E2)

Pelo exposto entende-se que o critério nível de sensibilização dos *stakeholders* pode receber duas avaliações distintas e como regra geral seria arriscado, ou injusto, sugerir que a ausência ou a existência de sensibilização poderia definir a priorização.

A integração entre projetos deveria ser uma premissa e não critério de priorização, somente projetos integrados deveriam ser realizados. O risco de colapso, critério 13, foi

considerado uma situação emergencial, portanto, tem que ser feita e não entraria em uma escala de prioridades. O primeiro comentário foi considerado pertinente, mas o segundo não, pois se trata de trabalho preventivo, como na metodologia de Aguiar (2012) estabelece-se níveis de risco. O iminente entra imediatamente na escala de obras, mas os demais podem ser incluídos no planejamento com grande prioridade.

Quanto aos critérios de vulnerabilidade epidemiológica a consideração feita foi de que essa vulnerabilidade pode estar próxima ou não dos cursos de água. Já a vulnerabilidade das habitações ribeirinhas fora de um contexto de adensamento não seria tão impactante. Alguns critérios foram sugeridos, dentre eles o que teve maior frequência foi potencial aumento de qualidade de vida da população (4), expressões como “o que a população quer?” ou “o que nós queremos?” foram utilizadas no mesmo sentido. Outro critério com maior frequência (5) foi o potencial impacto sobre a disponibilidade hídrica, como já foi discutido, expressões como aumento da quantidade de água, avaliação de risco de desertificação também foram utilizadas. Considerar os serviços ambientais (3), e outras expressões com mesmo foco, como avaliação ecológica do rio, avaliação dos usos preponderantes da bacia. Esses últimos parecem sintetizar as demais sugestões que não estavam explícitas no rol apresentado. Os serviços fluviais existentes ou desejados emergem como orientação primária do processo de priorização. Os demais critérios discutidos representam as pressões antrópicas e o estado do curso de água e da bacia e contribuem para a avaliação da qualidade do serviço.

O resultado das entrevistas indicou a pertinência dos critérios, mas também a necessidade de aprimoramento da estrutura do SAD, e reinterpretação e rearranjo dos critérios. A complexidade da priorização desse tipo de ação exigiu a utilização de modelo conceitual que permitisse discriminar a interdependência dos critérios e orientar a definição dos indicadores. A estrutura de avaliação em três eixos foi então substituída por uma avaliação matricial utilizando o modelo DPSIR, item 6.3.

Alguns critérios deveriam constituir-se em premissas, como: a integração entre projetos, ou seja, esgotamento sanitário, melhorias viárias, urbanismo e paisagismo devem estar contemplados; o estabelecimento da intervenção como meio de melhorar a qualidade ambiental, não sendo possível, por exemplo, o fechamento de um curso de água que ainda estivesse em leito natural. Os demais critérios foram reorganizados e

reinterpretados na estrutura da matriz discutida no item 6.3, construída em função dos serviços fluviais, item 4.2.

6.2.2 Processo de planejamento e priorização – Avaliação por especialistas

Neste item são apresentados os resultados referentes ao processo atual e ao desejável para priorização de intervenções em cursos de água pelos entrevistados. Nesta etapa da pesquisa buscou-se identificar procedimentos utilizados para definição das prioridades e escolhas de intervenções em cursos de água. A revisão da literatura indicou alguns processos sistematizados que não contemplavam todo o escopo proposto neste trabalho, mas que indicavam algumas fragilidades como a predominância do uso de processos *top down* com pouco ou nenhum envolvimento da sociedade, falhas de planejamento, na definição de objetivos e na definição de critérios que foram discutidos no item 6.1. Não raras vezes o objetivo único deixava de contemplar aspectos importantes como os aspectos social e político, ficando evidente a necessidade de uma avaliação socioeconômica e ambiental integrada.

Os métodos multicriteriais (Cleirici e Vogt, 2013; Alvares-Guerra *et al.*, 2009; Alvares-Guerra *et al.*, 2010; Rico, 2013) se destacaram como ferramenta alternativa aos modelos de análise custo-benefício por melhor se adequarem à diversidade de naturezas dos aspectos avaliados e pela flexibilidade para adaptações. Com o avanço tecnológico o sistema GIS para análise e representação de sistemas de auxílio à decisão tem sido outra ferramenta utilizada com maior frequência nos últimos anos (Oldford, 2013; Cleirici e Vogt, 2013; Dagenais, 2013; Bethel *et al.*, 2014; Uribe *et al.*, 2014).

No Brasil ficou evidenciada a inexistência de formalização de processos de priorização em intervenções fluviais, o que justificou a avaliação desses processos na consulta realizada com especialistas (roteiro de entrevista no Apêndice I). Buscou-se então obter dos entrevistados o seu conhecimento quanto a processos aplicados em planejamento dessas intervenções, mesmo que não estivessem publicados ou formalizados. Foram explorados ainda, dois aspectos importantes desse planejamento, o envolvimento da população, que é amplamente recomendado na literatura, e a integração dos planos de bacia com os outros planos setoriais, como o Plano Municipal de Saneamento e o Plano Diretor Municipal para o planejamento e execução das intervenções fluviais.

Entre os entrevistados (8) foram taxativos ao dizer que não há critérios estabelecidos, planejamento ou políticas que orientem essas escolhas de áreas a intervir. E16 e E25 argumentam sobre a falta de um processo de planejamento propriamente dito, onde a partir do diagnóstico da situação das diversas áreas da bacia ou do município, das necessidades da população e benefícios esperados seja avaliada a prioridade de atendimento:

Então eu não vejo políticas públicas, apesar de a gente ter um ordenamento. Tem leis, tem planos, tem plano municipal de saneamento, plano nacional de recursos hídricos, plano nacional de resíduos sólidos, plano nacional de irrigação, plano nacional contra a desertificação, plano nacional de segurança de barragens, mas não há políticas implantadas, senão, ao contrário, os setores e segmentos que se organizam para manter suas necessidades. (E16)

Não vejo processo de tomada de decisão nesse sentido. Há processo burocrático, onde o custo prevalece. (E25)

Hoje a gente não usa nenhum critério, nenhum auxílio à decisão, um indicador. O que é feito nesses estudos de alternativas, é chamado de estudo de alternativas. E aí se avalia critério social, ambiental, financeiro e o técnico. E aí não se atribui peso ou fundamentação teórica. Então por trás fica uma decisão subjetiva. (E3)

A prevalência do tecnicismo, citado por dois entrevistados, onde padrões de eficiência hidráulica e custo preponderam sobre os demais ainda orientam as escolhas feitas. A predominância de intervenções tradicionais com retificação e canalização dos cursos de água ainda são as mais frequentes segundo (9) entrevistados. Para eles a motivação passa pelo desconhecimento de novas tecnologias, interesse econômico na ocupação das várzeas, prioridade para o sistema viário, e principalmente a falta de uma visão sistêmica do sistema socioambiental.

As intervenções são muito ligadas a interesses locais, com interesse de ocupação da vargem (várzea). Tem a queixa do rio, mas o interesse é a ocupação das margens. (E26)

A impressão geral é que a gente, predominantemente, continua com a intervenção tradicional, ou seja, muito voltada para o olhar da infraestrutura e não do contexto. Das grandes obras, da contratação dos grandes empreiteiros, com pouca atenção para as técnicas compensatórias e naturalização dos cursos de água. (E4)

Em geral as intervenções ou são canalizações de rios urbanos ou rurais, são Boulevards, quer dizer você tampa o rio nas cidades sempre para favorecer o trânsito de automóveis, não é nem o transporte coletivo. (E6)

O projeto sempre tem vindo com intervenções tradicionais, de retificação dos córregos, de canalização, mesmo que mantendo leito semipermeável, e mantendo o córrego aberto, e tudo. Ele ainda é extremamente intervencionista, ainda é de retificação. (E17)

(Prioridade) Sistema viário, o sistema viário induz as obras ditas de revitalização, mas é de urbanismo. (E25)

A ocupação urbana das áreas de APP por invasões ou mesmo por loteamentos regulares é a principal argumentação para essas intervenções estruturais tradicionais.

As ações estão muito limitadas à ocupação do fundo de vale, nem sempre o que se planeja é viável economicamente. A partir desse cenário atual a gente está tendo muita dificuldade de desocupação dessas áreas de fundo de vale até pelos direitos já adquiridos pela população. (...) Mesmo que essa população já esteja sujeita a inundações recorrentes, eles acreditam que a gente consegue intervir para manter a população dentro do fundo de vale, e a isso às vezes você está limitado, você está engessado, você não tem como implantar uma bacia para restringir essa inundação dentro da calha sem atingir quem está ocupando. (...) E o custo hoje de desapropriação, de desocupação de fundo de vale, restrições de reassentamento, porque você tem que procurar reassentá-los dentro de um perímetro de 2km, um raio de 2km. Principalmente numa cidade ocupada, densamente ocupada como é Belo Horizonte, força a gente às vezes a ficar limitado mesmo só à calha do curso de água, sem ter como estabelecer as medidas que são recomendadas para a revitalização de fundo de vale, para manter em leito natural. (E9)

A participação social é mínima, (8) entrevistados qualificaram as decisões como do tipo *top down*. Em muitos casos a participação social restringe-se a mero cumprimento legal, uma forma de chancelar ou legitimar uma decisão que já veio pronta.

Estamos muito distantes de ter um processo participativo da tomada de decisões sobre essas intervenções, na minha impressão há uma racionalização que são decisões muito técnicas, quem tem condições de decidir sobre isso são engenheiros e os gestores, a população teria pouco a contribuir. (E4)

Eu tenho dúvida até se existe uma priorização, se a solução já não vem pronta, tenho dúvida se são pautadas outras alternativas. (E2)

As pessoas são envolvidas depois, na hora que já está acontecendo é que as pessoas são chamadas, informadas, para referendar uma decisão que já foi tomada, ou legitimar, não é nem referendar. Legitimar uma decisão que já foi tomada e que muitas vezes é irreversível, já em andamento. (E11)

Por outro lado, o aspecto político também deve ter espaço nessa análise, ele foi citado por (4) entrevistados como principal orientador das escolhas. Entretanto, é preciso que haja transparência e que o critério político seja agregado aos demais em uma análise de relevância, conforme argumentam E17 e E5.

Dentro dos órgãos públicos as tomadas de decisão são muito mais pautadas pela agenda política. (...) Não adianta ter só decisão técnica, você tem que ter nível político, articulação política. Te dou o exemplo do Rio São Francisco que fizeram a intervenção, as comunidades não foram consultadas, ou respeitadas, e em várias partes destruíram tudo, porque não é incorporada, e se a comunidade não é incorporada não adianta. (E17)

A gente tem uma conjunção de problemas, de carências que fazem com que uma decisão não esteja amparada em todas as questões técnicas, políticas, sociais e ambientais, elas são "capengas" de conteúdo para se decidir. (E5)

O envolvimento da população ocorria, com frequência, somente na etapa de licenciamento, conforme relato de (3) entrevistados, quando muitas vezes o projeto executivo já havia sido feito, e o contrato desse projeto encerrado. Dessa maneira, as solicitações de alteração ou adaptações feitas pela comunidade não eram acatadas. De acordo com entrevistados que atuam como consultores ou gestores, o gestor se via incapaz de fazer as adaptações solicitadas no projeto, por ter que fazer nova contratação, alongando o prazo e aumentando os custos. Em muitos casos, eram oferecidas outras compensações à comunidade.

Todos os entrevistados concordaram que o envolvimento da população é importante e que não há outra possibilidade de se implantar um projeto efetivo sem esse envolvimento. Entretanto, os entrevistados de forma geral apontaram a necessidade de aprimoramento quanto à forma de realizar esse envolvimento e ao momento em que ele deve ocorrer. Três (3) entrevistados relataram o receio de um processo mal conduzido e a possibilidade da comunidade ser manipulada, por exemplo, por empreendedores com interesses econômico antagônico à realização da intervenção.

A dificuldade não é envolver a população, mas como envolver. Deve-se saber se a população tem informações suficientes para tomar decisões sem ser manipulada. Aquela população pode já estar sendo manipulada por diversos governos. Traduzir as informações, na linguagem de cada *stakeholder*. (E21)

Hoje é um grande gargalo, porque infelizmente a população não tem um domínio técnico do assunto, e infelizmente a gente tem uma contaminação muito grande por interesses políticos locais. Isso para nós está sendo terrível. E tem associação que quer demonstrar que tem representabilidade sobre toda a área do empreendimento ou sobre a bacia hidrográfica, e na realidade não é, assim você tem dificuldade até em absorver o que é a real necessidade da comunidade. (E3)

O trabalho de informação e comunicação da comunidade deve ser desde o início (6 entrevistados) dos estudos de viabilidade. Nesse momento a comunidade é informada da intenção de realizar intervenções, quais os seus objetivos, etapas do planejamento e momentos em que ela será consultada, e a qual pessoa da equipe técnica a comunidade pode-se reportar.

Logo no começo, a escuta da população, o que querem, o que precisam, como eles vêm a área. Educação ambiental. Evitar a inserção de elementos que não vão ser utilizados. Fazer a população se apropriar. Às vezes você

chega com uma proposta e a população quer uma coisa completamente diferente. A forma como a população vai se apropriar do espaço faz toda a diferença, inclusive na manutenção das estruturas, dos projetos em si. (...) fazer essa construção conjunta. É claro que isso é uma parte do trabalho, tem toda uma questão técnica que a gente já sabe, política, dos custos, e tudo mais, mas eu vejo que se não tem esse envolvimento da população... (E25)

Entendimento similar de E25 foi expresso ao todo por (9) entrevistados que apontaram a necessidade de separar aspectos técnicos dos aspectos sociais da intervenção. Quanto aos primeiros a população não teria conhecimento suficiente para opinar, exceto sob a forma de propostas apresentadas pela equipe técnica, e a comunidade então poderia expressar a sua preferência por uma ou outra. Esses aspectos sociais nos quais a população poderia participar mais diretamente dizem respeito principalmente a equipamentos de lazer e recreação, melhorias urbanísticas em atendimento às necessidades da população e sensação de bem estar proporcionada pelo meio. Ademais, conforme apontado por E25 e por (7) entrevistados no total, o envolvimento da população estimula a sua atuação no sentido de preservar aquela estrutura implantada.

(...) porque na verdade, a minha primeira experiência com uma população que tinha que escolher entre um canal e leito natural, eu vi que era um erro porque eles não tinham todas as informações que nós tínhamos, então ou você dá todas as informações, e isso é impossível, ou isso é uma decisão do gestor. (E19)

A meu ver, deveríamos ter a capacidade de associar dois tipos de visões, uma mais racional, mais técnica baseada em estudos e uma visão de participação da comunidade, do controle social. Quero dizer, o controle social sem essa visão mais racional ele fica aberto, intuitivo, e pode levar a outras distorções. (E4)

Se a comunidade decidir que não dever ser feito nada... Aí eu pergunto: Se for um caso de instabilidade, de uma coisa séria, devemos acatar uma decisão da maioria que acha, por algum achismo que não deve ser feito? Essa é minha pergunta. Um risco ambiental muito grave. Eu não acho que deve ser assim. (E18)

Tem que se colocar propostas e soluções nas mãos das pessoas, soluções possíveis para aquela situação para que a sociedade possa também opinar. (E19)

A necessidade de traduzir dados e informações técnicas para a linguagem acessível mais apropriada a cada *stakeholder* foi lembrada por (5) entrevistados.

A gente tem que criar essa ponte palpável para a sociedade. De ser acessível, de forma didática. Nós que somos técnicos temos uma dificuldade, que muitas vezes, não diminuindo a capacidade da comunidade, do cidadão ali, mas muitas vezes, a gente quer que ele nivele ao nosso nível de conhecimento técnico. E a gente muitas vezes não consegue nivelar, transformar o nosso conhecimento técnico que está em relatórios, nas nossas falas ao nível de entendimento dessas pessoas. (E23)

Por outro lado um dos entrevistados relatou que tão importante quanto traduzir as informações técnicas em linguagem acessível à comunidade é compreender de fato o que aquela população está tentando dizer.

Eu acho que juntamente com a consulta à comunidade, precisa também de capacitar essa comunidade, acho que muitas vezes a leitura da comunidade. Você faz uma pesquisa de percepção na comunidade, ela fala que tem que canalizar aquele córrego. Tem que tirar aquele esgoto dali. Que ela precisa de outras coisas que são mobilidade e acesso, porque no imaginário dela, ela não consegue imaginar que é possível tirar aquele esgoto dali sem a canalização. Então o poder público tem que interpretar que quando ela fala que quer a canalização, ela está falando que não quer o esgoto. Ela está falando que quer várias outras coisas, e que a forma de tirar não é exatamente aquela. Então muitas vezes, gente que lida com projetos, os tecnocratas tendem a achar, a desqualificar a população por ela dar umas respostas desse tipo. E desqualificam ela da participação no processo de tomada de decisão por achar que ela não está habilitada. Mas ela deveria ser ouvida, e interpretar à luz do que é tecnicamente possível, porque ela não sabe o que é possível tecnicamente. (E2)

Das reflexões feitas neste item extrai-se a necessidade de maior envolvimento da população e aprimoramento dos meios de interação com esses atores. A sistematização e formalização da tomada de decisão ainda não é uma prática na definição das políticas públicas. Apesar da diversidade de técnicas aplicáveis em intervenções em cursos de água com menor impacto ambiental, as intervenções tradicionais ainda são as mais utilizadas. O desrespeito às áreas de APPs em áreas urbanas devido a falhas no parcelamento do solo e na fiscalização geraram um quadro complexo que limita a restauração dos cursos de água. As margens dos córregos inseridas em diversos terrenos particulares dificultam a implementação de ações de restauração devido ao elevado custo e impacto social da desapropriação. O SAD que já tinha o propósito de formalizar o processo de tomada de decisão foi então repensado de maneira a buscar a essência da participação social que é entender o que é mais importante para a comunidade e o que ela deseja, e de utilizar instrumentos adequados e no momento certo.

6.3 Consolidação dos critérios e da estrutura do SAD

O modelo conceitual mais adequado ao problema em estudo foi a matriz DPSIR associada à avaliação dos serviços ecossistêmicos da bacia e influência das atividades antrópicas na sua manutenção. Assim, buscou-se entender quais seriam os serviços ecossistêmicos relacionados aos cursos de água, ou serviços fluviais, o que será objeto de discussão neste item.

A partir dos resultados das entrevistas realizadas neste estudo e da matriz proposta por Salvetti (2013), na qual foram relacionados usos, pressões por eles geradas e demais usos impactados, foi possível propor a relação apresentada na Tabela 6-2. Nessa tabela são apontados os serviços fluviais identificados como de maior relevância pelos entrevistados para a priorização de intervenções em cursos de água, os serviços que podem ter sua oferta limitada e o fator de conflito.

A definição dos serviços fluviais a serem considerados nas intervenções em rios deve apontar para um cenário futuro desejado e definido pelos atores. Os atores precisam considerar atividades tradicionais que apesar de limitarem outros usos já fazem parte das relações sociais da bacia, gerando emprego e que compõem a identidade local. Por outro lado, podem ser feitas exigências via regulamentação para que haja redução dos impactos gerados por tais atividades de maneira a permitir usos menos exigentes quanto aos padrões de qualidade.

Tabela 6-2: Limitação entre serviços fluviais

Serviços limitantes	Serviços limitados	Pressão ou fator de conflito
Captação de água para: Indústria, agricultura, pesca e abastecimento de água	Abastecimento público de água Dessedentação de animais Abastecimento de água às indústrias Agricultura Pesca Esportes aquáticos e náuticos Manutenção da biodiversidade, processos ecológicos e geomorfológicos Turismo Manutenção da saúde e segurança da população	Redução da disponibilidade e racionamento da água em períodos de grande demanda ou seca
Barragens para captação de água para: Indústria, agricultura, pesca e abastecimento de água	Pesca Manutenção da biodiversidade, processos ecológicos e geomorfológicos Turismo	Alteração do regime de vazões, com impacto sobre biodiversidade, processos ecológicos e geomorfológicos.
Diluição de efluentes ou águas contaminadas de: Indústria, laticínios, atividade agrícola, matadouros, piscicultura, lançamento de esgoto tratado e não tratado, águas pluviais em áreas de expansão urbana	Abastecimento público de água Dessedentação de animais Abastecimento de água às indústrias Esportes aquáticos de contato direto Pesca Manutenção da biodiversidade, processos ecológicos e geomorfológicos Turismo Manutenção da saúde e segurança da população	Lançamento de substâncias oxidativas, metais pesados, micropoluentes
Diluição de efluentes ou águas contaminadas de: Indústria, atividade agrícola e agropecuária, lançamento de esgoto tratado e não tratado	Abastecimento público de água Dessedentação de animais Abastecimento de água às indústrias Esportes aquáticos de contato direto Pesca Manutenção da biodiversidade, processos ecológicos e geomorfológicos	Nitratos, fosfatos e eutrofização

Serviços limitantes	Serviços limitados	Pressão ou fator de conflito
	Turismo	
Piscicultura e lançamento de esgoto tratado e não tratado	Abastecimento público de água Dessedentação de animais Abastecimento de água às indústrias Pesca Manutenção da biodiversidade, processos ecológicos e geomorfológicos	Sais amoniacais
Diluição de efluentes ou águas contaminadas de: atividade agrícola e agropecuária, águas pluviais de áreas de expansão urbana, e esgoto não tratado	Abastecimento público de água Dessedentação de animais Abastecimento de água às indústrias Esportes aquáticos de contato direto Manutenção da saúde e segurança da população	Bactérias e outros organismos patogênicos
Diluição de efluentes ou águas contaminadas de: atividade agrícola e agropecuária, águas pluviais de áreas de expansão urbana, piscicultura e extração de minério.	Abastecimento público de água Dessedentação de animais Abastecimento de água às indústrias Pesca Manutenção da biodiversidade, processos ecológicos e geomorfológicos	Material em suspensão
Extração de minério	Abastecimento público de água Dessedentação de animais Abastecimento de água às indústrias Manutenção da saúde e segurança da população	Vulnerabilidade à contaminação do lençol freático
Extração de minério	Turismo Contemplação, relações religiosas e culturais	Impacto paisagístico
Produção de energia	Pesca Esportes aquáticos e náuticos Agricultura Manutenção da biodiversidade, processos ecológicos e geomorfológicos	Ruptura da continuidade hidráulica e de manutenção da vazão ecológica Mortandade de peixes que passam pelas turbinas Redução do aporte de sedimentos à jusante da barragem alterando a geomorfologia do rio
Esportes aquáticos e náuticos, atividades de recreação e lazer	Manutenção da biodiversidade e processos ecológicos	Perturbação de habitats e interferência na vida selvagem
Navegação	Manutenção da biodiversidade, processos ecológicos e geomorfológicos Pesca	Alterações na geomorfologia do canal
Turismo	Manutenção da biodiversidade, processos ecológicos e geomorfológicos	Alterações na geomorfologia do canal e margens para infraestrutura turística Perturbação de habitats e interferência na vida selvagem

Com frequência há demandas para integração paisagística e oferta de opções de recreação e lazer que podem ser atendidas em diferentes níveis. Como exemplo pode se

citar o Rio Cheonggyecheon, em Seul, na Coréia do Sul, que estava totalmente coberto, poluído e foi reaberto. Apesar de ter ainda uma seção artificializada, sua abertura permitiu a integração paisagística do rio ao tecido urbano e a utilização daquele espaço para atividades de lazer pela população. Como exemplo de restauração mais focada em processos geomorfológicos e ecológicos tem-se a do rio Danúbio no trecho inserido no Parque Nacional Donau-Auen na Áustria, onde a remoção das contenções em enrocamento das margens e restauração de braços abandonados tem permitido a restauração da dinâmica geomorfológica do rio.

É importante ressaltar, entretanto, que existem serviços como os de manutenção de fauna, flora, processos ecológicos e geomorfológicos, que não são suficientemente compreendidos pela população em geral. Nestes casos os técnicos responsáveis pelo projeto devem executar esse estudo e torná-lo mais acessível aos atores, para que possam compreender a importância desses processos. A necessidade de proteção de mananciais de abastecimento de água é um exemplo de grande prioridade, para o qual a população precisa ser sensibilizada.

Para representar a interação entre ocupação e exploração econômica da bacia, impactos sobre curso de água e ações resposta por meio da matriz DPSIR, considera-se que as forças motrizes socioeconômicas e socioculturais exercem pressão sobre o curso de água, produzindo alterações no estado do meio e impacto na saúde humana, do ecossistema e na economia (UNEP, 2009; Song e Frostell, 2012; Smeets e Weterings, 1999). As ações resposta no sentido de combater esses impactos podem se dar sobre as forças motrizes, as pressões, o estado ou sobre os impactos (Ronchi *et al.*, 2002).

As respostas podem ser ações do poder público ou da sociedade, em intervenções físicas no curso de água ou na bacia, regulamentação, educação ambiental e sanitária, as quais deveriam estar sempre inseridas em uma política pública orientada pela análise das interrelações entre o sistema ecológico e social.

A partir do estabelecimento das relações de causalidade entre forças motrizes, pressões, estado do curso de água e impactos sobre os serviços fluviais é possível definir indicadores para o planejamento de ações e estabelecimento de políticas públicas. Na Figura 6-1, a matriz DPSIR construída para avaliar impactos antrópicos sobre cursos de

água apresenta em forma de colunas, forças motrizes, pressões, estado, funções fluviais impactadas e as ações resposta.

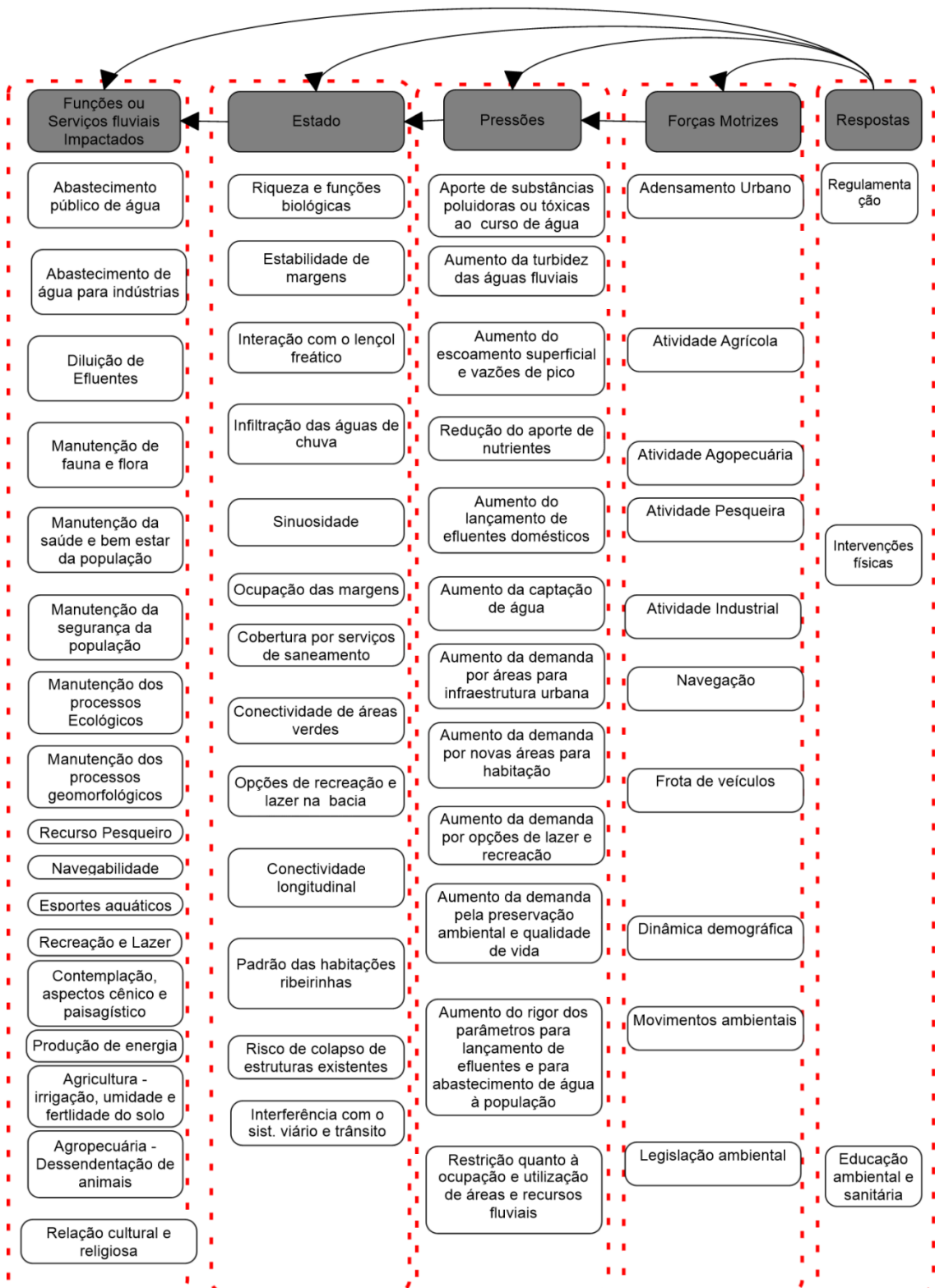


Figura 6-1: Matriz DPSIR - Impactos antrópicos sobre serviços fluviais de um curso de água

Uma das mais importantes utilidades dessa matriz é identificar indicadores (Bell, 2012; Song and Frostell, 2012), que nesse estudo serão os indicadores de impacto sobre os serviços fluviais. Para a obtenção desses indicadores serão utilizados subindicadores de estado definidos com base nos estados indicados na segunda coluna da Figura 6-1.

A disponibilidade dos serviços fluviais de um curso de água variam de acordo com suas características físicas, biológicas e químicas, bem como com a estrutura socioeconômica, cultural e política da área do seu entorno. Pode-se estabelecer os principais serviços de um curso de água como indicado na primeira coluna da matriz da Figura 6-1. Esses *serviços fluviais* estão condicionados à ação antrópica naquele recorte territorial e às funções fluviais características de um curso de água.

Cada estado indicado pode influenciar de maneira diferente mais de um indicador de impacto. Por exemplo, a existência de riqueza de biodiversidade impacta positivamente a manutenção de processos ecológicos, geomorfológicos e o abastecimento de água, mas limita o uso do curso de água para diluição de efluentes.

A Lei 9.433/1997 (BRASIL, 1997b) determinou o enquadramento dos cursos de água em classes de acordo com os usos ou serviços fluviais existentes ou pretendidos, denominados valores fluviais (Costanza *et al.*, 1997, Millenium, 2010). Para a garantia da adequada prestação desses serviços, para cada classe (Especial, I, II, III e IV) foram definidos parâmetros mínimos de qualidade na Resolução nº. 357 do CONAMA (BRASIL, 2005).

A legislação citada tratou de parâmetros físicoquímicos e bacteriológicos que definem o padrão de qualidade mínimo das águas para garantir os valores fluviais. Entretanto, para a adequada avaliação da degradação desses ambientes são necessários ainda critérios de estado que incorporem também aspectos sociais (Song e Frostell, 2012) e físicos para a calha e planície de inundação como indicado na segunda coluna da Figura 6.1. Esses critérios foram definidos com base na literatura e nas entrevistas realizadas com trinta atores retrocitados, sendo seus indicadores detalhados no item 7.4.

A definição das forças motrizes insere-se em uma avaliação de cenários de desenvolvimento. Ao mesmo tempo em que o desenvolvimento econômico e a expansão urbana geram pressões no sentido de diminuir a qualidade ambiental, o

avanço da regulamentação, da conscientização ambiental e do controle social geram pressões no sentido da preservação e restauração dos cursos de água. O uso do cenário atual permite considerações sobre o estado atual e os impactos já sofridos pelos serviços fluviais, entretanto, é importante avaliar quais trechos ou cursos de água estão mais vulneráveis considerando-se também um cenário futuro provável. O curso de água que esteja em um estado menos crítico no momento da avaliação pode passar a uma condição crítica frente a pressões do desenvolvimento econômico previsto, e ter seus serviços significativamente impactados, requerendo ações preventivas. Portanto recomenda-se uma avaliação de impactos, nos cenários atual e futuro.

As respostas ou ações para minimizar ou prevenir os impactos antrópicos sobre os serviços estão inseridas em políticas públicas que compreendem regulamentação, intervenções físicas e educação ambiental. Essas ações podem ser direcionadas aos impactos, ao estado, às pressões, às forças motrizes, possivelmente e preferencialmente de forma complementar.

As ações sobre forças motrizes estão geralmente associadas à regulamentação de atividades econômicas e urbanização. O zoneamento e restrição de uso e ocupação do solo, presentes nas leis de uso e ocupação do solo e planos diretores municipais, são exemplos clássicos de atuação da municipalidade com esse intuito. O enquadramento dos cursos de água é outro instrumento regulamentar que permite limitar os impactos e vislumbrar um curso de água com qualidade que permita novos usos.

Já as intervenções físicas atuam geralmente sobre o estado e pressões, como a restauração de rios ou utilização de estações de tratamento de águas servidas, desocupação das margens, ou mesmo obras de canalização.

A matriz obtida permite visualizar as interações entre ações antrópicas e o impacto sobre os serviços fluviais. Assim é possível orientar a discussão entre os atores e estabelecer os serviços pretendidos, ou seja, os valores fluviais para aquele recorte territorial em estudo. Para cada caso concreto pode ser feita a adaptação da matriz com exclusão, inclusão ou desmembramento de serviços e de pressões a partir da identificação das forças motrizes existentes.

6.4 Considerações gerais

A relevância dos critérios apontados na revisão da literatura foi confirmada, entretanto a simplicidade de agregação dos indicadores em três eixos de avaliação não contemplou as diversas interações entre atividades antrópicas, alterações de estado e impactos sobre o meio ambiente e a população. Além disso, ficou ainda mais evidente a necessidade de maior envolvimento da população e utilização de instrumentos que permitissem sua participação nas discussões para tomada de decisão. Com isso, decidiu-se utilizar a matriz DPSIR para avaliação dos impactos sobre os serviços fluviais causados pelas atividades antrópicas. A partir da matriz DPSIR estabeleceu-se um rol referencial de indicadores e a estrutura do SAD apresentados no Capítulo 7.

7 SISTEMA DE AUXÍLIO À DECISÃO PARA PLANEJAMENTO DE INTERVENÇÕES EM CURSOS DE ÁGUA

7.1 Considerações iniciais

Neste capítulo é apresentada a estrutura final do sistema de auxílio à decisão para o planejamento de intervenção em cursos de água em um determinado recorte territorial. O planejamento compreende etapas que envolvem desde o levantamento de dados, estudos técnicos, interação com a comunidade, definição de prioridades de ações em concordância com os diversos interesses e necessidades ecológicas, econômicas e sociais, e definição da alternativa de projeto mais adequada. De maneira mais geral, neste estudo o planejamento será dividido em duas etapas, definição de prioridades para intervenção e avaliação das alternativas de projeto, cuja sequência de avaliação é definida no item 7.2.

7.2 Estrutura Geral do Sistema de auxílio à decisão consolidado

O planejamento das intervenções em cursos de água pode ser dividido em duas etapas, Figura 7-1, da mesma maneira como proposto por Alvarez-Guerra (2010) para o planejamento de ações de gerenciamento de sedimentos contaminados em rios e por CWP (2005) no planejamento das ações de restauração em rios. A primeira etapa compreende a definição das áreas prioritárias para recebimento das intervenções e a segunda a escolha da melhor alternativa de projeto para cada área.

O procedimento tem início com a delimitação do recorte territorial para planejamento das intervenções fluvias, divisão da rede em trechos homogêneos e a avaliação se há necessidade de priorizar trechos, prosseguindo com a Etapa I, ou se é possível realizar todas as intervenções com os recursos disponíveis, passando-se então direto para a Etapa II, avaliação de alternativas de projeto. A Etapa I termina após a priorização final dos trechos, nesse momento deve ser avaliada a necessidade de avaliar alternativas de projeto, se sim, procede-se à Etapa II. A Etapa II pode ser desenvolvida com duas metodologias, Electre III ou Topsis-Pareto, de acordo com a disponibilidade de *software* e das características do processo de discussão a ser realizado. A etapa II termina com o fornecimento das informações necessárias para o auxílio à decisão, ou seja, para condução das discussões que então definirão a alternativa mais adequada.

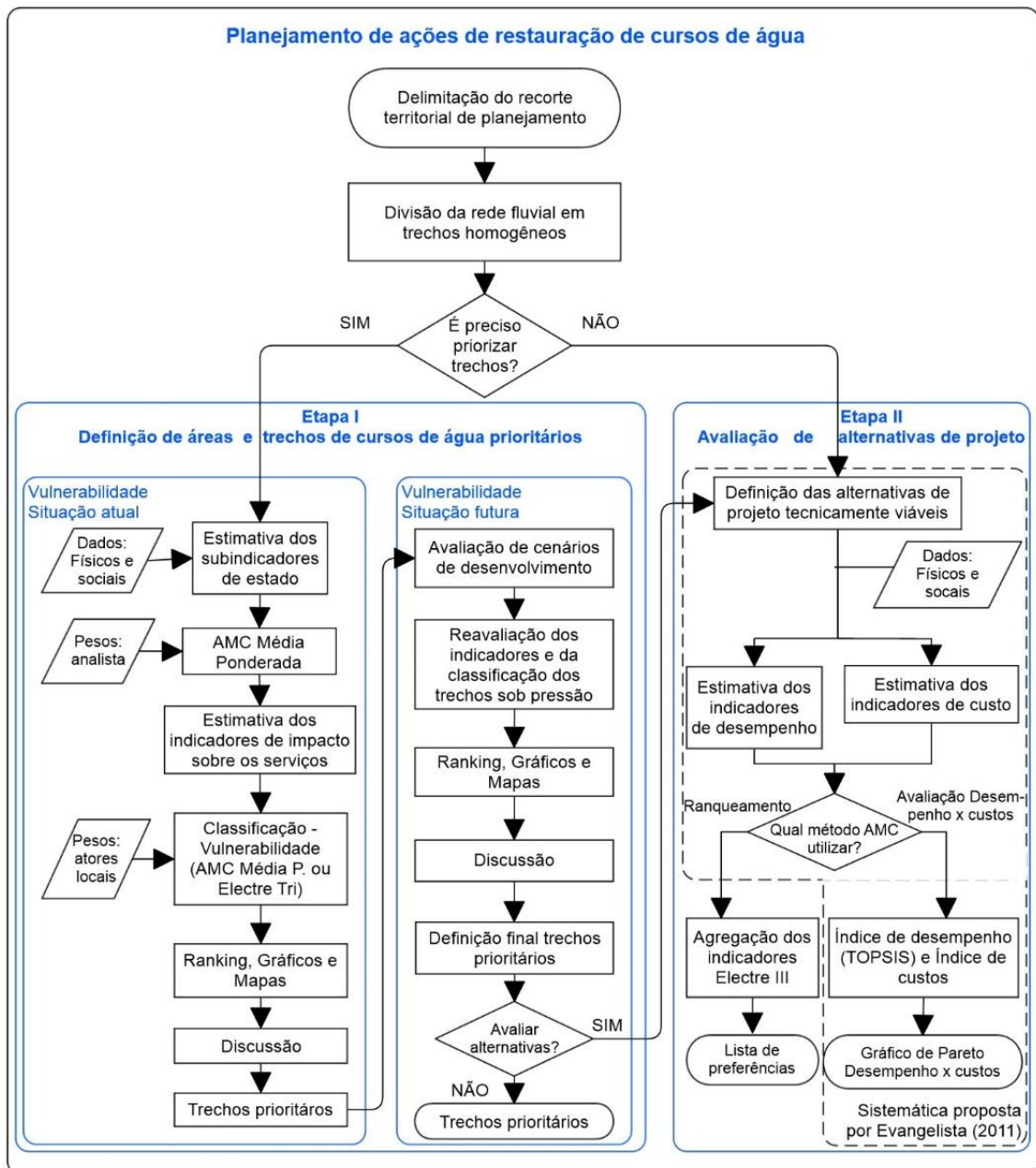


Figura 7-1: Diagrama do planejamento das intervenções em cursos de água

A etapa de escolha das alternativas de projetos de intervenções em cursos de água (Etapa II) foi objeto do estudo de Evangelista (2011), no qual foi utilizado o método multicriterial TOPSIS associado ao gráfico de Pareto em uma análise do tipo desempenho-custos, cuja estrutura pode ser visualizada na Etapa II da Figura 7-1 delimitada pela linha tracejada, e que será objeto de análise no item 7.5. Neste item será abordada a Etapa I desse processo de planejamento.

Para iniciar o processo é importante definir a área de planejamento a ser trabalhada, que pode ser a área compreendida dentro dos limites políticos de um município ou outro

recorte territorial. Entretanto, ressalta-se que a gestão de recursos hídricos no Brasil (BRASIL, 1997b) está baseada na divisão territorial por bacias hidrográficas, portanto, sempre que possível essa será a melhor unidade territorial para o planejamento de ações de impacto sobre os recursos hídricos, como as intervenções em cursos de água.

Definida a área de análise é preciso subdividir a bacia em função de cursos de água, trechos de cursos de água e respectivas bacias de contribuição, que possam ser considerados homogêneos, em função dos quais serão definidas as prioridades. Para cada trecho será avaliado o impacto do estado atual de degradação sobre os serviços ou funções fluviais, existentes ou desejadas. Essa avaliação será feita por meio dos indicadores apresentados no item 7.4.2.

A vulnerabilidade dos cursos de água está associada ao estado atual do curso de água e seus impactos, mas também, à suscetibilidade desse ambiente sofrer piora em seu estado, em um dado período de tempo, devido às pressões antrópicas, caso nada seja feito.

Palmer *et al.* (2007) recomendam o desenvolvimento de planejamento acessível que localize os projetos de restauração levando em consideração os contextos presente e futuro, avaliando o estado ecológico atual e os impactos que os cursos de água deverão enfrentar no futuro.

Como tentativa de integrar essa predição de estado e impactos, é proposta uma avaliação sintética da influência de cenários de desenvolvimento econômico e social sobre os serviços e funções fluviais, conforme detalhamento no item 7.4.5. Assim, será possível avaliar a potencial condição futura de cada trecho se não for feita nenhuma intervenção. E por fim, avaliar os trechos mais impactados e aqueles que apesar de cumprirem, hoje, de forma aceitável suas funções, possam sofrer significativa redução do seu desempenho no futuro, ou seja, identificar-se-á os trechos mais vulneráveis às pressões antrópicas.

As duas condições, atual e futura, serão representadas com uso da escala da Tabela 7-1.

Tabela 7-1: Escala de representação gráfica da prioridade de cursos de água

1 - 0,76	0,75 - 0,51	0,5 - 0,26	0,25 - 0
Emergencial	Grave	Média	Baixa

Devem ser construídos dois mapas, um com a condição atual e outro considerando a condição futura, obtendo-se uma representação do tipo da utilizada por Brierley e Fryirs (2000) cujo exemplo é apresentado na Figura 7-2.

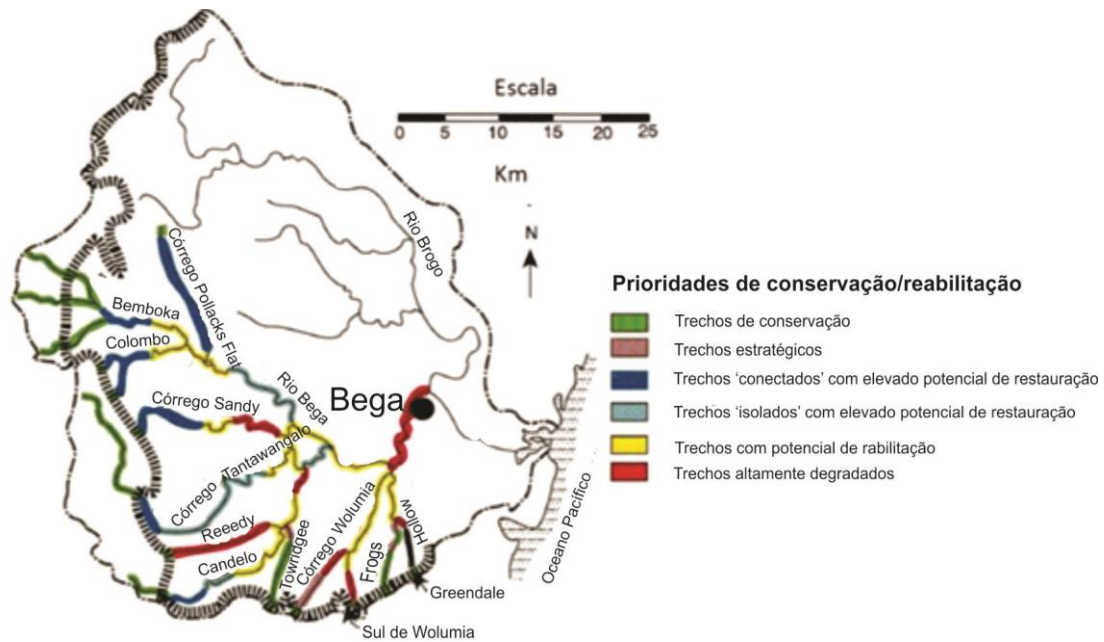


Figura 7-2: Exemplo de representação de prioridades no rio Bega/Austrália (Adaptado de Brierley e Fryirs, 2000)

7.3 Definição dos trechos homogêneos

Para que se proceda à divisão do recorte territorial em trechos a serem avaliados e priorizados é importante definir o que pode ser considerado como curso de água ou trecho de curso de água homogêneo. Essa avaliação pode ser complexa e subjetiva, especialmente se não forem definidos os elementos de avaliação a serem utilizados.

Para a avaliação de alternativas de intervenção, Cardoso (2012) dividiu os cursos de água em trechos homogêneos utilizando-se de características geomorfológicas, tipo de revestimento do canal e condições de uso e ocupação do solo adjacente ao curso de água. Elementos como cruzamentos viários e mudanças no sistema de drenagem urbana também foram considerados, conforme recomendação de CWP (2005) e Chin e Gregory (2005).

Granger (2012) também setorizou sua área de estudo para avaliação dos serviços de águas urbanas em trechos homogêneos. Para tanto consideraram-se setores homogêneos aqueles com semelhança quanto aos objetos (trecho de rio), demanda de serviços, estado físico, químico, população, taxa de impermeabilização.

Tendo em vista que o planejamento de intervenções em cursos de água nesta pesquisa parte dos serviços fluviais existentes ou desejados, esses também deverão ser os principais direcionadores da avaliação dos trechos homogêneos. Características físico-químicas e restrições ou interferências físicas no desenvolvimento longitudinal e transversal do curso de água completam a delimitação macro de alterações mais evidentes no comportamento e importância dos cursos de água.

Para os objetivos desta pesquisa, na definição dos trechos homogêneos serão consideradas os seguintes elementos: calha do curso de água, com suas características morfológicas e morfométricas; tipo de cobertura ou revestimento do leito menor e margens; tipo de ocupação da planície de inundação, residencial, mata ciliar, indústria, etc; elementos da infraestrutura que delimitem mudanças de vazão e discontinuidades do rio, como barragens, bueiros, início de galerias, pontos de lançamento de esgoto, confluências com grande alteração de vazão.

A primeira classificação se dará pela identificação das discontinuidades, em seguida deve ser feito o levantamento das características indicadas na Tabela 7-2 e em seguida a avaliação de quais trechos podem ser considerados homogêneos e quais devem ser subdivididos.

Definidos os trechos homogêneos da bacia procede-se à Etapa I a ser detalhada no item 7.4.

Tabela 7-2: Critérios para avaliação de trechos de rio

Identificação dos trechos							
Ponto de início				Ponto de Término			
Coordenadas		Ponto de referência		Coordenadas		Ponto de referência	
Desenvolvimento Longitudinal							
Artificial		Natural ou pouco alterado					
Canal único		Canal único		Canais múltiplos			
Retificado		Meandrante	Sinuoso	Entrelaçado		Anastomosado	
()		()	()	()		()	
Calha menor							
Revestimento							
Natural		Artificial					
()		Permeável			Não permeável		
		()			()		
Dimensões							
Largura				Profundidade			
Cobertura das margens							
Marge m	Natural					urbanizada	
	Densa	Contínua	esparsa	rasteira	Solo exposto	edificações	Sist. viário
Direita							
Esq.							
Ocupação da bacia de contribuição							
Urbana		Agricultura		Pecuária		Vegetação natural	

7.4 Etapa I – Definição de trechos de cursos de água prioritários

A definição das áreas prioritárias baseia-se na avaliação dos impactos antrópicos sobre os serviços fluviais preponderantes da bacia e pode ser dividida nos seguintes passos:

- Definição, em cada trecho, de quais os serviços fluviais existentes ou que a comunidade deseja que sejam restabelecidos. Por exemplo, a avaliação da disponibilidade de água para abastecimento humano ou dessedentação de animais somente será avaliada no trecho onde há captação, ou pode haver, e para os trechos à montante do ponto. Para cada serviço será associado um indicador de impacto que será objeto de avaliação. Os serviços e, portanto, os indicadores de impacto sobre esses serviços fluviais foram definidos de acordo com a matriz DPSIR, item 6.3, e encontram-se representados na Figura 7-3, Ressalta-se, entretanto, que serviços específicos da bacia em estudo podem ser acrescentados.



Figura 7-3: Indicadores de impacto sobre serviços fluviais

Pesos dos indicadores de impacto - definição dos serviços fluviais a serem mantidos ou inseridos na bacia, e a escala de relevância, o peso correspondente a cada indicador de impacto. Será estabelecido o ranking de relevância desses serviços, pelos atores, ou partes interessadas no processo. Os indicadores da Figura 7-3 são gerais e no momento da definição dos pesos dos indicadores de impacto os indicadores a serem utilizados são adequados ao perfil da bacia. Por exemplo, bacias com características urbanas terão como serviços prioritários aqueles mais relacionados aos aspectos sociais e as rurais aos indicadores ambientais.

- Mensuração e definição do peso dos subindicadores de estado.
- Obtenção dos indicadores de impacto pela agregação dos subindicadores com aplicação da média ponderada. Como resultados parciais e elucidativos do estado de degradação da bacia apresentar para cada serviço quais trechos possuem pior avaliação dos serviços elencados como prioritários.
- Agregação dos indicadores de impacto sobre os serviços fluviais segundo a relevância definida pelos atores, com uso do método Electre Tri ou da média ponderada na escala de vulnerabilidade da Tabela 7-1.
- Elaboração de mapas com a representação dos trechos classificados de acordo com a escala de vulnerabilidade dos serviços da Tabela 7-1 em mapas.

- Avaliação de cenários de desenvolvimento e pressão sobre os trechos em estudo.
- Discussão e definição das áreas prioritárias.

7.4.1 **Pesos dos indicadores de impacto sobre serviços fluviais – Serviços prioritários na bacia**

A relevância (peso) dos indicadores de impacto indica a importância de cada serviço ou função fluvial, para a comunidade, que são os valores fluviais, item 4.2. Trata-se da definição dos serviços fluviais prioritários e deve ser feita pelos atores locais.

Heller e Castro (2007) destacam a importância de se implementar processos participativos na tomada de decisão afirmando que “a abordagem integrada refuta a tradicional visão de organização do estado - hierárquica, centralizada, dominada por especialistas técnicos, debilmente sujeita ao controle democrático e com escassa ou nula participação da população”. A adoção de processos democráticos e participativos requer adequado envolvimento da comunidade de maneira que ela tenha condições de contribuir para as soluções dos problemas coletivos. Logo, especialistas devem fornecer informações trabalhadas e realizar consultas em momentos chave.

Quanto às intervenções em cursos de água percebe-se que a comunidade pode contribuir de forma objetiva na etapa de definição dos serviços prioritários para a bacia, ou seja, dos pesos dos indicadores de impacto. O grupo deverá ser de indivíduos com vivência e atuação na bacia ou bacias em estudo, para tanto, como determina a legislação de recursos hídricos, tem-se o comitê de bacias como entidade legítima para estabelecer essa discussão e tomar decisões quanto aos recursos hídricos.

Apesar da grande discussão que existe sobre a equidade nas discussões, devido aos diferentes níveis de formação e informação dos membros, assim como, dúvidas quanto à representatividade dos membros de comitês, essa é a instância mais adequada para esse tipo de discussão. Entretanto, é importante destacar que as reuniões devem ser mais divulgadas e incentivada também a participação dos atores que não são membros, que não têm direito a voto, mas têm o direito a se pronunciar e levar demandas ao comitê.

As reuniões devem ser levadas ao comitê de bacia, entretanto, reuniões organizadas pelo gestor podem ser realizadas especificamente para a definição dos pesos, mas deve-se

estar atento à representatividade e legitimidade dos participantes. Ademais, não há como prescindir do envolvimento dos comitês nessas reuniões.

A definição dos pesos será então procedida neste procedimento com consulta aos membros do comitê da bacia hidrográfica onde o curso de água do estudo de caso está inserido.

O método a ser utilizado é o de Jean Simos (Roy e Figueira, 1998), ou “jogo de cartas”, tomando como base um bloco de cartões para se determinar indiretamente os valores dos pesos dos critérios desejados. Cada cartão representará um serviço fluvial, e serão incluídos também alguns cartões brancos. Será solicitado aos conselheiros que ordenem os serviços fluviais, ou seja, os cartões, segundo o nível de importância para a bacia. A partir dessa ordenação será então construído, conforme detalhamento da metodologia feita no item 5.3, o *ranking* dos serviços estabelecido por cada conselheiro, ordenado do menos importante para o mais importante. Posteriormente é feita a consolidação com as avaliações de todos os conselheiros, estabelecendo-se o *ranking* final e os respectivos pesos.

7.4.2 Indicadores de impacto sobre os serviços fluviais

A partir do momento em que se define quais são os serviços fluviais mais importantes da bacia é preciso avaliar como está a prestação desses serviços, feita a partir da avaliação do estado dos trechos e seus impactos sobre a prestação de serviços do trecho. Com a ponderação dos indicadores de impacto de acordo com a relevância de cada serviço é possível saber quais os trechos mais prioritários.

Os indicadores de impacto sobre cada serviço fluvial serão compostos pelos subindicadores de estado agregados de acordo com sua relevância para cada serviço. A incorporação da matriz DPSIR na análise, conforme discussão feita no Capítulo 4.2, permitiu entender a correlação entre pressões, alterações de estado, impacto sobre serviços e ações/respostas. Através dessa interpretação pôde-se concluir que os impactos sobre os serviços fluviais da bacia poderiam ser obtidos pela integração dos subindicadores de estado.

Para a avaliação da relevância dos subindicadores para cada serviço fluvial foi definida

a escala de avaliação da Tabela 7-3. Nessa escala (1) corresponde a um subindicador de estado pouco relevante para o serviço em análise, (2) representa um subindicador relevante e (3) muito relevante, (0) informa que aquele subindicador não possui qualquer relevância na oferta do serviço. A definição dos pesos deverá ser feita pelo analista considerando as peculiaridades da bacia em estudo.

Tabela 7-3: Escala de pesos dos subindicadores de estado para os indicadores de Impacto sobre os serviços fluviais

0	1	2	3
Não é relevante	Pouco relevante	Relevante	Muito relevante

Alguns serviços, matriz DPSIR discutida no item 6.3, foram agrupados por corresponderem a padrões de qualidade da água e do estado do curso de água similares. A partir da análise dos requisitos para a disponibilização desses serviços foram definidos os subindicadores de estado que auxiliariam a mensuração do impacto sobre o respectivo serviço. A seguir é feita a discussão para agrupamento de serviços e subindicadores de estado para mensuração dos impactos. No item 7.4.3 é apresentada a forma de mensuração dos indicadores de estado.

Abastecimento de água

A água captada em um curso de água pode ser destinada ao abastecimento público, a indústrias e à dessedentação de animais da atividade agropecuária. A resolução CONAMA 357/2005 estabelece a relação entre usos e classes de enquadramento. Conforme a resolução a dessedentação de animais pode ser feita por cursos de água até Classe III. Para abastecimento público podem ser captadas águas de rios classe especial, I, II e III, desde que recebido o tratamento necessário, desinfecção, tratamento simplificado, tratamento convencional, e tratamento convencional ou avançado, respectivamente. A qualidade da água para abastecimento de indústrias não é especificada por variar muito do tipo de uso a ser feito. Esse uso pode destinar-se, por exemplo, ao resfriamento de torres ou à produção de alimentos e bebidas. Alguns usos são muito exigentes, como para produção de bebidas, de maneira que para esse estudo, considerar-se-á o mesmo padrão necessário ao abastecimento público.

A resolução estabelece então os padrões de qualidade a serem atingidos para cada classe, trata-se de extensa lista de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos a serem

cumpridos na vazão de referência definida pelo IGAM. Esses parâmetros medem as pressões derivadas das forças motrizes, atividades econômicas e de ocupação do solo, na bacia. São diversos parâmetros que raras vezes serão monitorados em todos os trechos da bacia em estudo. Por outro lado, alguns indicadores de estado podem fornecer informações suficientes para diferenciar a condição de atendimento desses padrões pelos trechos, efetuando-se a avaliação do impacto sobre os serviços fluviais por subindicadores de estado, Figura 7-4. Esses subindicadores apontam o grau de degradação da estrutura geomorfológica, da biodiversidade e das funções ecológicas. Indicam ainda, o aumento do escoamento superficial e contaminação das águas de chuva que percorrem vias contaminadas, assim como a existência de contaminação das águas pela deficiente infraestrutura de saneamento.



Figura 7-4: Subindicadores de estado para abastecimento de água

Manutenção de fauna, flora e processos ecológicos

A manutenção da fauna, flora e dos processos ecológicos depende da manutenção das condições naturais do ambiente fluvial, quanto menos alterada a estrutura original, maior biodiversidade e mais processos ecológicos. As relações sensíveis e complexas desses ecossistemas são difíceis de serem avaliadas, assim como o real impacto das alterações sofridas. Entretanto, pode-se efetuar uma avaliação qualitativa desses serviços pelo nível de alteração observado na mata ciliar, sua conexão com outras áreas verdes da bacia, existência da contaminação por esgoto e resíduos sólidos, alterações na geomorfologia do curso de água observadas na calha e margens. A Figura 7-5 apresenta

a estrutura de subindicadores de estado a serem considerados na avaliação do impacto antrópico sobre fauna, flora e processos ecológicos do curso de água.



Figura 7-5: Subindicadores de estado para Manutenção de fauna, flora e processos ecológicos

Manutenção dos processos geomorfológicos

Os processos geomorfológicos e os processos ecológicos estão intimamente relacionados e sua manutenção depende do nível de preservação das condições físicas e ecológicas naturais da área. Alterações da cobertura vegetal das margens e da planície de inundação produzem efeitos diretos no ciclo hidrológico e transporte de sedimentos que são elementos que definem a geomorfologia do curso de água. Da mesma maneira, alterações na estrutura física da calha e das margens impactam as diversas espécies daquele ecossistema. Assim, propõe-se a avaliação da manutenção dos processos geomorfológicos de forma indireta pela avaliação dos subindicadores de estado representados na Figura 7-6.



Figura 7-6: Subindicadores de estado para manutenção de processos geomorfológicos

Manutenção da saúde e bem estar da população

A sensação de bem estar da população, assim como a saúde da população estão associadas a cursos de água integrados à paisagem e com qualidade ambiental, o que significa cumprir funções como as de equilíbrio da temperatura, integração cênica e paisagística, ausência de poluição, vetores e maus odores. A inexistência de outras opções de lazer associada à degradação do curso de água e inviabilidade do seu uso para lazer também pode ser considerada como fator de impacto no bem estar da comunidade. Os indicadores a serem considerados na avaliação da manutenção da segurança, saúde e bem estar da população estão indicados na Figura 7-7.



Figura 7-7: Subindicadores de estado para manutenção da saúde e bem estar da população

Manutenção da segurança da população

Quanto à segurança, o fator mais comumente atrelado aos cursos de água diz respeito aos riscos associados às inundações, pela magnitude das vazões, tipo de ocupação das planícies e precariedade das residências. O risco associado ao solapamento de margens e possíveis danos às habitações situadas sobre essas margens também são fatores que impactam a segurança da população. Os indicadores a serem considerados na avaliação da manutenção da segurança da população estão indicados na Figura 7-8.

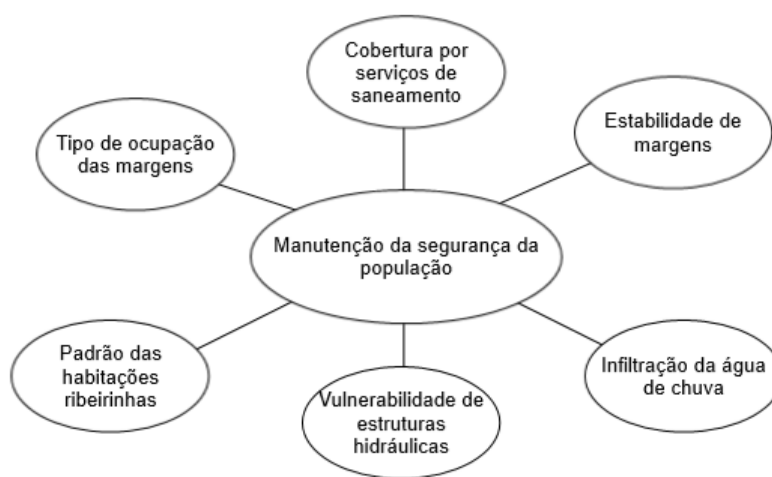


Figura 7-8: Subindicadores de estado para manutenção da segurança da população

Contemplação e aspectos cênico e paisagístico

O valor cênico e de contemplação dos sistemas fluviais está presente em ambientes rurais e urbanos. Mesmo em ambiente urbanos pode ser dado um tratamento que confira valor cênico e paisagístico aos cursos de água que perderam suas condições naturais, como no caso do rio Cheonggyecheon na Coreia do Sul. O planejamento urbano em bases sustentáveis, item 4.1, visa a integração do rio em ambientes urbanos, promovendo a melhoria da qualidade de vida e valorização dos imóveis e do ambiente urbano como um todo. Cardoso (2012) associa essa valorização urbano-paisagística dos sistemas fluviais a inúmeros benefícios à sociedade, como oportunidades de lazer, melhorias paisagísticas, indução ao crescimento/desenvolvimento econômico das áreas adjacentes. Nessa avaliação, quanto maior a presença de elementos naturais mais valor é atribuído àquele ambiente, que também está relacionado à qualidade das águas e ao tipo de ocupação das margens e padrão das habitações ribeirinhas, de maneira que os

indicadores de estado utilizados pertinentes à avaliação de impacto podem ser definidos conforme a Figura 7-9.



Figura 7-9: Subindicadores de estado para contemplação, aspectos cênicos e paisagísticos

Relações culturais e religiosas

Os cursos de água podem ser considerados patrimônio paisagístico das cidades, sua beleza tem capacidade de evocação, como nas obras de grandes pintores e escritores que se inspiram nas paisagens fluviais. Pode-se citar em Minas Gerais a relação entre os ribeirinhos e o Rio São Francisco, fonte de inspiração para o artesanato e festividades ao longo do seu curso, além da sua importância econômica. Pode-se acrescentar ainda que rios são rico espaço para atividades de educação ambiental e pesquisa científica. Os cursos de água permitem realizar em reduzido espaço diversas atividades pedagógicas, podendo serem considerados verdadeiros laboratórios naturais para investigação de processos ecológicos (Rodríguez e Mas, 2014).

Pode-se associar em diversas situações valor religioso aos cursos de água, como no caso do rio Ganges na Índia, das festividades em homenagem à Iemanjá, realizadas em diversos rios e praias do Brasil pelos adeptos da Umbanda e Candomblé, ou da romaria fluvial que faz parte da festa do Círio de Nazaré em Belém, festa declarada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) como Patrimônio Cultural de Natureza Imaterial.

Essa devoção parte muitas vezes do entendimento do rio como elemento sagrado, como no caso do Ganges, e símbolo de pureza, que está associado à boa qualidade da água e de preservação das condições naturais do rio. Portanto, essas atividades culturais e religiosas são impactadas pela alteração das características naturais ecológicas e geomorfológicas, e contaminação por esgoto e resíduos sólidos, de maneira que os subindicadores de estado que podem auxiliar a avaliação de impacto da ação antrópica sobre as relações culturais e religiosas nesta pesquisa são indicados na Figura 7-10.

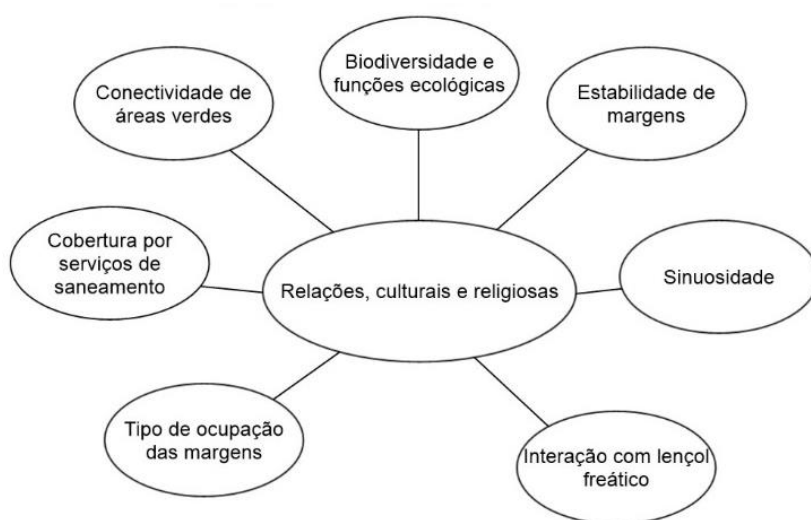


Figura 7-10: Subindicadores de estado para relações culturais e religiosas

Recreação, lazer e prática de esportes aquáticos

A Resolução CONAMA 357/2005 define como requisito mínimo a classe II para prática de atividades de recreação de contato primário, aquelas em que há maior possibilidade de ingestão de água durante a prática, como natação, esqui aquático, mergulho. Enquanto para recreação de contato secundário, para a qual o contato direto com a água é esporádico ou acidental, com baixa possibilidade de ingestão, a prática pode ser realizada em rios de Classe III.

A prática dessas atividades está condicionada à qualidade das águas, que por sua vez tem relação com o nível de preservação da estrutura geomorfológica e funções ecológicas do curso de água, além da inexistência de contaminação por resíduos sólidos e esgoto, ou outras fontes contaminantes. Além disso as margens devem estar desobstruídas e com infraestrutura mínima que permita o acesso seguro, de maneira que podem ser utilizados os indicadores de estado da Figura 7-11 para avaliação do impacto

das atividades antrópicas sobre os serviços fluviais de recreação, lazer e práticas esportivas.



Figura 7-11: Subindicadores de estado para recreação, lazer e práticas esportivas

Navegabilidade

Para que um rio seja navegável os fatores mais importantes estão ligados às características da calha e do escoamento do curso de água, tais como, profundidade, presença de corredeiras, largura entre margens, construção de eclusas caso existam barragens ao longo do trecho navegável. Para esse serviço fluvial a existência de trechos com estrutura geomorfológica e funções ecológicas mais preservadas podem contribuir de forma negativa para a implementação do uso, por exemplo a redução da sinuosidade e o aprofundamento da calha, revestimento das paredes laterais da calha podem contribuir para a navegabilidade do canal. Por outro lado a maior conectividade longitudinal e estruturas hidráulicas menos vulneráveis favorecem à navegação. O padrão de qualidade da água exigido pela Resolução CONAMA 357/2005 para a navegação é o da Classe de enquadramento IV, a menos restritiva entre aquelas definidas pela resolução, mas a qualidade da água muito ruim pode prejudicar a navegação, devido ao impacto na saúde da tripulação e passageiros ou danos causados à estrutura e motores da embarcação. Dessa maneira a avaliação dos subindicadores de estado para a navegação compreende os indicadores da Figura 7-12.

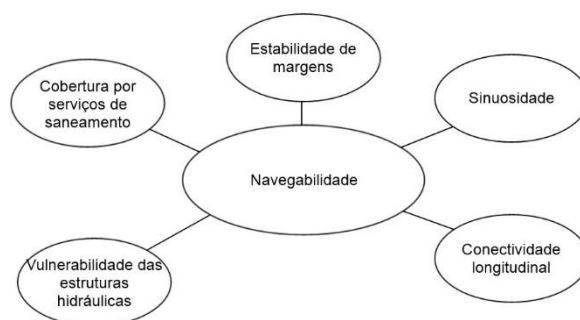


Figura 7-12: Subindicadores de estado para navegabilidade

Recurso Pesqueiro

A pesca enquanto atividade de lazer pode ser avaliada em conjunto com o item anterior, restando neste item a pesca como atividade econômica. Os subindicadores a serem considerados são apresentados na Figura 7-13. Da mesma maneira que para abastecimento de água, atividades de recreação e lazer, a qualidade da água, a continuidade longitudinal são importantes para dar condições para a pesca. Para a atividade pesqueira os *habitats* são importantes para a reprodução dos peixes, de maneira que alterações da geomorfologia e na continuidade longitudinal também precisam ser considerados.



Figura 7-13: Subindicadores de estado para recurso pesqueiro

Aproveitamento hidrelétrico

A geração de energia hidrelétrica está condicionada à altura de queda no curso de água, altura de queda da barragem, não havendo grandes restrições quanto a outros

parâmetros relacionados ao rio. Os fatores que podem influenciar essa altura de queda são longas estiagens com redução do nível da barragem. Os aproveitamentos hidrelétricos são na verdade geradores de impactos sobre os demais serviços fluviais, em especial devido a regularização das vazões, com prejuízo para a manutenção de fauna, flora, processos ecológicos e geomorfológicos, irrigação, etc. Dessa maneira, para a avaliação do impacto do estado do curso de água e seus impactos sobre os serviços fluviais, entende-se que este é um serviço que pode ser excluído da análise. Tal justificativa ganha maior importância quando a avaliação se concentra em bacias urbanas, onde há reduzida probabilidade de existência dessa atividade.

Agricultura - Irrigação

A importância dos cursos de água para agricultura está atrelada principalmente à disponibilidade de água em quantidade e qualidade para a irrigação, a manutenção da umidade do solo e a fertilização das terras pelas inundações. A vegetação das matas tampão contribuem para a interceptação e remoção de agrotóxicos, retenção de sedimentos e controle da erosão laminar, bem como para a proteção da plantação contra ventos e pragas.

Dessa maneira indicadores de estado quanto à degradação da estrutura geomorfológica, da biodiversidade e das funções ecológicas devem ser considerados. O impacto sobre a disponibilidade de água pode ser avaliado pelos indicadores relacionados à interação entre o curso de água e o lençol freático, à manutenção das áreas de recarga, à infiltração da água no solo. Quanto à qualidade das águas, fatores importantes são a possível contaminação por esgoto e resíduos sólidos. Já a alteração do regime de vazões e de inundações tem influência na fertilidade do solo e perdas devido ao aumento do pico de cheias. A Figura 7-14 apresenta os subindicadores a serem considerados na avaliação de impacto sobre o serviço fluvial para agricultura.



Figura 7-14: Subindicadores de estado para Agricultura - Irrigação

7.4.3 Mensuração dos subindicadores de estado

Para avaliar os impactos sobre os serviços fluviais serão utilizados subindicadores que permitirão aferir o estado de vulnerabilidade física e social do curso de água e da bacia de contribuição. A seguir são apresentadas as escalas de mensuração dos subindicadores.

Conectividade com áreas verdes - I_{CAV}

A escala qualitativa apresentada na Tabela 7-4 permite avaliar o nível de alteração/perturbação conectividade entre a vegetação ripária e com outras áreas verdes.

Tabela 7-4: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da conectividade de áreas verdes

ausente	0	Cobertura contínua e densa, interligada a outras áreas verdes da bacia
baixa	0,25	Cobertura das margens possui fragmentos de mata densos, descontínuos, mas com conectividade com outras áreas verdes da bacia
média	0,5	Cobertura das margens possui fragmentos de mata densos, descontínuos, e sem conectividade com outras áreas verdes da bacia
alta	0,75	Cobertura das margens é esparsa, descontínua, sem conexão com outras áreas verdes da bacia
muito alta	1	Ausência de cobertura vegetal

Biodiversidade e funções ecológicas - IBFE

A manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos do ambiente fluvial depende de diversos fatores, tais como, vegetação, fauna, fungos, organismos bentônicos, e diversos micro-organismos que estão nas águas, nas plantas e no solo. Esses processos estão em uma cadeia de interdependência que não tem como se processar sem a vegetação. Por isso pretende-se utilizar como indicador o nível de degradação da mata ciliar, pois sem a vegetação os demais processos não são mantidos.

Conforme discussão realizada no item 4.3.1 a mata ciliar em condições naturais funciona como “mata tampão” (*riparian forest buffers*) sendo composta por três zonas com funções específicas e complementares. A Zona 1, floresta não alterada, adjacente à zona hiporréica com espécies submetidas à variação permanente do nível de água e, portanto, precisam suportar esse contato contínuo com a água. A função dessa zona é fornecer sombra e detritos vegetais ao rio, sendo composta principalmente por espécies arbóreas. A Zona 2 é uma zona de transição que eventualmente é inundada, e funciona como uma bacia de detenção de nutrientes e infiltração da água no solo, além de gerar *habitats* terrestres. Nela há predominância de espécies arbóreas e arbustos, podendo ser utilizada para sua exploração para determinadas atividades econômicas de menor impacto. A Zona 3 é uma área raramente atingida pelas inundações, mas que é responsável por interceptar e reduzir a velocidade do escoamento superficial das áreas adjacentes. Na Zona 3 predominam as herbáceas que favorecem a infiltração das águas de escoamento superficial.

A avaliação completa dos processos envolvidos nessas zonas é complexa e para efetivação do projeto de restauração dessas áreas é preciso o acompanhamento de um biólogo. Entretanto, para uma avaliação preliminar que visa identificar diferentes estágios de degradação com vistas à priorização de áreas por vários critérios adotou-se a escala de avaliação qualitativa, indicada na Tabela 7-5. Será avaliado o nível de perturbação ou alteração da dessa estrutura funcional.

Tabela 7-5: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da biodiversidade e funções ecológicas

ausente	0	Presença das três zonas com razoável nível de preservação e predominância de espécies nativas
baixa	0,25	Presença das três zonas, entretanto, com presença de espécies exóticas, mas que cumprem a função das espécies perdidas
média	0,5	A vegetação existente não contempla as três zonas e as funções são cumpridas parcialmente
alta	0,75	A cobertura vegetal tem baixa biodiversidade, é fragmentada com acentuada perda de suas funções
muito alta	1	Inexistência de cobertura vegetal

Estabilidade de margens - I_{EM}

A instabilidade das margens fora dos padrões correntes da dinâmica geomorfológica de formação de depósitos aluvionares e barras indica desequilíbrio quanto aos processos geomorfológicos pela ação antrópica. Esse desequilíbrio gera ainda outros impactos como redução da diversidade de *habitats*, aumento da turbidez da água, maior frequência de eventos de inundação, entre outros. A proposta de avaliação utiliza a escala qualitativa quanto ao nível de perturbação ou alteração da estabilidade das margens indicada na Tabela 7-6.

Tabela 7-6: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da estabilidade de margens

ausente	0	Margens estáveis sem presença de focos erosivos ou pontos de solapamento das margens
baixa	0,25	Margens com presença de focos erosivos leves isolados
média	0,5	Margens parcialmente instáveis com presença de focos erosivos e pontos restritos de solapamento
alta	0,75	Margens instáveis com processos erosivos e pontos de solapamento
muito alta	1	Margens instáveis com processos erosivos e severo solapamento de margens

Desenvolvimento longitudinal ou Sinuosidade - I_{DL}

Ainda quanto aos aspectos geomorfológicos o curso de água pode ter suas margens estabilizadas artificialmente, com retificação e revestimento da calha. Essas condições induzem o aumento da velocidade do escoamento, destruição de *habitats* e perda do equilíbrio dinâmico geomorfológico, com possibilidade de aumento de processos

erosivos locais, caso o revestimento não suporte a velocidade do escoamento, e transferência à jusante das inundações. Nessa avaliação foram feitas duas propostas, uma com uso de escala qualitativa do nível de perturbação ou alteração da estabilidade das margens, e outra considerando a alteração do índice de sinuosidade.

Quando não houver registros que permitam definição de uma condição de referência mais próxima à condição natural, ou quando a alteração for tão severa que dispense a realização de cálculos, a escala qualitativa será mais apropriada. O indicador I_{DL} avalia o grau de perturbação/alteração da sinuosidade no curso de água como indicação da Tabela 7-7.

Tabela 7-7: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da sinuosidade

Ausente	baixa	média	alta	Muito alta
0	0,25	0,5	0,75	1

Para a avaliação quantitativa, equação 7.1, verifica-se o percentual da sinuosidade na condição de referência que foi mantido, ou seja, qual a variação da extensão longitudinal do curso de água. Onde L_A é a extensão atual e L_N a extensão na condição de referência.

$$I_{DL} = 1 - \frac{L_N}{L_A} \quad (7.1)$$

Conectividade longitudinal - I_{CL}

A conectividade longitudinal está relacionada à inexistência de barreiras físicas no leito e margens do curso de água, tais como bueiros e barramentos. Essas estruturas alteram o escoamento natural e fluxo de sedimentos. As alterações possuem impacto sobre peixes e demais organismos aquáticos e riverinos que encontram uma barreira física para o seu deslocamento.

A conectividade longitudinal poderá ser avaliada pelo grau de perturbação/alteração por meio da escala qualitativa indicada na Tabela 7-8.

Tabela 7-8: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da conectividade longitudinal

Ausente	baixa	média	alta	Muito alta
0	0,25	0,5	0,75	1

Interação com o lençol freático - I_{LF}

A perturbação na interação do curso de água com o lençol freático será avaliada em função do tipo de revestimento da calha, sendo estabelecida na Tabela 7-9 a escala de avaliação do subindicador para revestimentos em condições limites. O revestimento encontrado deve ser avaliado e o valor do indicador estabelecido entre esses valores.

Tabela 7-9: Escala de avaliação do nível de alteração/perturbação da interação do curso de água com o lençol freático

ausente	0	Vegetação nativa inalterada
baixa	0,25	Vegetação alterada
média	0,5	Enrocamento
alta	0,75	Gabião
muito alta	1	Concreto

Ocupação do solo da bacia e alteração da infiltração das águas de chuva - I_{ocb}

Esse indicador tem o objetivo de avaliar o nível de alteração do processo natural de infiltração na bacia de contribuição, sendo adotado para sua estimativa o valor do coeficiente de *runoff* (C), que pode ser obtido de Chow (1959) ou Miguez *et al.* (2015). Os valores de C oscilam entre 0,05 (áreas rurais, arborizadas sem pavimentação) e 0,95 (partes centrais, áreas densamente construídas das cidades com ruas e calçadas pavimentadas). No caso de haver mais de um tipo de ocupação que justifique valores diferentes de “C”, adotar a média ponderada pela área correspondente a cada coeficiente.

Vulnerabilidade quanto à inundação

Os dois indicadores seguintes visam avaliar os potenciais impactos causados por eventos de inundação. Vulnerabilidade pode ser considerada como a existência de /ou exposição ao risco, incapacidade de reação ou ineficiência para responder à ameaça, e dificuldade de adaptação diante da materialização do risco (CEPAL, 2002). Cançado *et*

al., (2011) definiram vulnerabilidade em função da perda potencial e da capacidade de recuperação, tendo utilizado indicadores como renda e nível de instrução, número de moradores e número de pessoas com idade avançada e crianças.

Tipo de ocupação das margens - IOM

Com esse indicador pretende-se avaliar o nível de perturbação sobre o curso de água causado pelo tipo de ocupação em suas margens e planície de inundação, na mancha de inundação com tempo de retorno de 25 anos, e a gravidade dos danos causados por eventos de inundação. A avaliação deve ser feita na área inserida na mancha de inundação do trecho avaliado de acordo com os tipos de ocupação, Tabela 7-10. Se a cheia de T=25anos ficar contida na calha menor o indicador assume o valor zero, ou seja, a ocupação das margens não interfere no escoamento da cheia de 25 anos.

Tabela 7-10: Escala de avaliação da vulnerabilidade quanto à ocupação das margens

ausente	0	Mata Ciliar
Muito baixa	0,2	Parques e áreas livres para inundação
baixa	0,4	Agricultura e Pecuária
média	0,6	Vias de trânsito
alta	0,8	Comércio e Indústria
muito alta	1	Residencial

Padrão das habitações ribeirinhas - IHR

O indicador deve ser estimado em função da escala indicada na Tabela 7-11 quanto ao grau de vulnerabilidade das habitações situadas às margens do curso de água e em sua planície de inundação, na mancha de inundação de tempo de retorno de 25 anos. Nesta avaliação podem ser utilizados levantamentos socioeconômicos ou o zoneamento da ocupação do solo no município, de forma a identificar as áreas de interesse social.

Tabela 7-11: Escala de avaliação da vulnerabilidade das habitações ribeirinhas

Ausente	baixa	média	alta	Muito alta
0	0,25	0,5	0,75	1

Cobertura por serviços de saneamento - IcSS

Esse indicador irá avaliar o déficit no atendimento pelos outros três componentes dos

serviços de saneamento na bacia de contribuição. Essa estimativa é feita pela equação 7.2 em função do número de habitantes atendidos por abastecimento de água (CAA), coleta de esgoto (CES), tratamento de esgoto sanitário (TES) e coleta de resíduos sólidos (CCR), e do número total de habitantes da bacia de contribuição (NTH).

$$I_{CSS} = 1 - \frac{CES+TES+CAA+CCR_t}{4 \times NTH} \quad (7.2)$$

Vulnerabilidade de estruturas hidráulicas existentes – I_{VEE}

A avaliação desse indicador pode ser feita de forma qualitativa em função da escala indicada a seguir, que indica a existência de risco de ocorrer colapso de estruturas existentes, como galerias, bueiros, canais. Para situações em que houver disponibilidade de dados, ou quando for viável o levantamento de campo, deve ser utilizada a metodologia desenvolvida por Aguiar (2012) para determinação desse risco. Caso não haja essa disponibilidade, a avaliação poderá ser feita pela escala da Tabela 7-12.

Tabela 7-12: Escala de avaliação da vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes

Ausente	baixa	médio	alto	Muito alto
0	0,25	0,5	0,75	1

Opções de lazer e recreação - I_{OL}

Nesse indicador deve-se avaliar a deficiência quanto às opções de recreação e lazer na bacia, tais como quadras, cinemas, teatros, parques e outros equipamentos e serviços de lazer e recreação para a população, de acordo com a escala da Tabela 7-13.

Tabela 7-13: Escala de avaliação da deficiência na disponibilidade de opções de recreação e lazer da bacia

Ausente	baixo	médio	alto	Muito alto
0	0,25	0,5	0,75	1

7.4.4 Priorização - Agregação dos indicadores e tomada de decisão

A agregação dos subindicadores apresentados nos dois itens anteriores será procedida com uso do método da média ponderada, aplicado em cada trecho, utilizando os valores dos subindicadores (coluna 3 da Tabela 7-14) e dos pesos dos subindicadores de estado

(coluna 4 da Tabela 7-14). Obtém-se o ranking de serviços mais vulneráveis, cuja ordem é indicada na coluna 5 da Tabela 7-14 e o valor do indicador de impacto sobre os respectivos serviços (coluna 6 da Tabela 7-14).

Os resultados obtidos pela agregação dos subindicadores de estado para cada serviço fluvial permitem discriminar quais trechos possuem maior vulnerabilidade para cada serviço. A avaliação em sequência trata da agregação pelo método Electre Tri ou pelo método da média ponderada dos serviços fluviais (coluna 6 da Tabela 7-14) com os pesos estabelecidos no item 7.4.1 e apresentados na coluna 7 da Tabela 7-14. A aplicação do método Electre Tri fornece os trechos agrupados por classes de prioridade “Emergencial”, “Grave”, “Média” e “Baixa”, Tabela 7-1. O passo seguinte é representar esses resultados em gráficos com a escala de prioridades. Essa representação retrata a situação atual dos cursos de água avaliados.

Tabela 7-14: Representação matricial dos subindicadores, indicadores e pesos para cada trecho

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Serviço fluvial	Subindicadores do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial	Relevância/peso do indicador de impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Abastecimento de água para a população/ Abastecimento de água para indústria/ Agropecuária - Dessedentação de animais	Conectividade de áreas verdes - <i>ICAV</i>					
	Biodiversidade e funções ecológicas - <i>IBFE</i>					
	Estabilidade de margens - <i>IEM</i>					
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - <i>IDL</i>					
	Interação com lençol freático - <i>ILF</i>					
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - <i>IOCB</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - <i>IOM</i>					
	Vulnerabilidade epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - <i>ICSS</i>					
Manutenção de fauna e flora/Manutenção de processos ecológicos	Conectividade de áreas verdes - <i>ICAV</i>					
	Biodiversidade e funções ecológicas - <i>IBFE</i>					
	Estabilidade de margens - <i>IEM</i>					
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - <i>IDL</i>					
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - <i>IOCB</i>					
	Interação com lençol freático - <i>ILF</i>					
	Conectividade longitudinal - <i>ICL</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - <i>IOM</i>					
Vulnerabilidade epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - <i>ICSS</i>						
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - <i>ICAV</i>					
	Biodiversidade e funções ecológicas - <i>IBFE</i>					
	Estabilidade de margens - <i>IEM</i>					
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - <i>IDL</i>					
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - <i>IOCB</i>					
	Interação com lençol freático - <i>ILF</i>					
	Conectividade longitudinal - <i>ICL</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - <i>IOM</i>					
Vulnerabilidade epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - <i>ICSS</i>						

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Serviço fluvial	Subindicadores do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - <i>ICAV</i>					
	Biodiversidade e funções ecológicas - <i>IBFE</i>					
	Estabilidade de margens - <i>IEM</i>					
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - <i>IDL</i>					
	Interação com lençol freático - <i>ILF</i>					
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - <i>IOCB</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - <i>IOM</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - <i>IHR</i>					
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - <i>IVEE</i>					
	Vulnerabilidade epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - <i>ICSS</i>					
Opções de recreação e lazer na bacia - <i>IOL</i>						
Manutenção da segurança da população	Estabilidade de margens - <i>IEM</i>					
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - <i>IOCB</i>					
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - <i>IVEE</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - <i>IOM</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - <i>IHR</i>					
Vulnerabilidade epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - <i>ICSS</i>						
Contemplanção e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - <i>ICAV</i>					
	Biodiversidade e funções ecológicas - <i>IBFE</i>					
	Estabilidade de margens - <i>IEM</i>					
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - <i>IDL</i>					
	Interação com lençol freático - <i>ILF</i>					
	Conectividade longitudinal - <i>ICL</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - <i>IOM</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - <i>IHR</i>					
Vulnerabilidade epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - <i>ICSS</i>						

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Serviço fluvial	Subindicadores do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Relações culturais e religiosas	Conectividade de áreas verdes - <i>ICAV</i>					
	Biodiversidade e funções ecológicas - <i>IBFE</i>					
	Estabilidade de margens - <i>IEM</i>					
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - <i>IDL</i>					
	Interação com lençol freático - <i>ILF</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - <i>IOM</i>					
	Vulnerabilidade epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - <i>ICSS</i>					
Recreação e lazer/ Prática de esportes aquáticos	Conectividade de áreas verdes - <i>ICAV</i>					
	Biodiversidade e funções ecológicas - <i>IBFE</i>					
	Estabilidade de margens - <i>IEM</i>					
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - <i>IDL</i>					
	Conectividade longitudinal - <i>ICL</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - <i>IOM</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - <i>IHR</i>					
	Vulnerabilidade epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - <i>ICSS</i>					
Opções de recreação e lazer na bacia - <i>IOL</i>						
Recurso pesqueiro	Conectividade de áreas verdes - <i>ICAV</i>					
	Biodiversidade e funções ecológicas - <i>IBFE</i>					
	Estabilidade de margens - <i>IEM</i>					
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - <i>IDL</i>					
	Conectividade longitudinal - <i>ICL</i>					
	Interação com lençol freático - <i>ILF</i>					
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - <i>IOCB</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - <i>IOM</i>					
	Vulnerabilidade epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - <i>ICSS</i>					

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Serviço fluvial	Subindicadores do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial	Relevância/peso do indicador de impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Navegabilidade	Estabilidade de margens - <i>I_{EM}</i>					
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - <i>I_{DL}</i>					
	Conectividade longitudinal - <i>I_{CL}</i>					
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes – <i>I_{VEE}</i>					
	Vulnerabilidade epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - <i>I_{CSS}</i>					
Agricultura - Irrigação	Conectividade de áreas verdes - <i>I_{CAV}</i>					
	Biodiversidade e funções ecológicas - <i>I_{BFE}</i>					
	Estabilidade de margens - <i>I_{EM}</i>					
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - <i>I_{DL}</i>					
	Interação com lençol freático - <i>I_{LF}</i>					
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - <i>I_{OCB}</i>					
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - <i>I_{OM}</i>					
Vulnerabilidade epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - <i>I_{CSS}</i>						

7.4.5 Avaliação dos indicadores para o cenário de desenvolvimento

De acordo com os cenários de desenvolvimento da bacia é provável ocorrer alterações no estado dos cursos de água e das bacias de contribuição, que por sua vez podem implicar impactos sobre os serviços fluviais. Dessa maneira a priorização das intervenções em cursos de água precisa levar em consideração a possível alteração quanto aos indicadores de impacto sobre os serviços fluviais.

A realização de estudos específicos quanto ao desenvolvimento econômico na bacia seria a condição ideal para essa avaliação. Sempre que disponíveis, esses cenários serão a base da avaliação, entretanto, como não raras vezes o analista não terá à sua disposição essas informações, para a avaliação proposta neste estudo sugere-se a utilização de outros instrumentos de planejamento municipal.

A implantação de atividades econômicas e a ocupação do solo nos municípios seguem as diretrizes e limites definidos no Plano Diretor municipal e da Lei de uso e ocupação do solo do município. De acordo com o tipo de uso permitido em uma área ainda não ocupada, pode-se fazer a projeção de um cenário de maior ou menor impacto sobre determinados cursos de água. Apesar de grande parte dos municípios possuírem Plano Diretor e Lei de uso e ocupação do solo, a existência de áreas com ocupação informal é frequente, em especial nos centros urbanos. Dessa maneira um levantamento dessas áreas e como elas tem evoluído deve complementar a avaliação.

Apresenta-se a seguir uma análise sintética das informações mais relevantes para a avaliação dos indicadores utilizados nesse estudo, sem pretender abordar toda a complexidade da definição de cenários de desenvolvimento econômico. Quando estiverem disponíveis tais cenários, esses deverão ser utilizados, mas caso não, poderão ser consultados o(s) Plano(s) Diretor(es) do(s) Município(s), a Lei de uso e ocupação do solo do(s) município(s) e realizadas inspeções locais. Essa avaliação poderia ser sistematizada pelos passos seguintes:

- Identificação da zona de adensamento em que cada trecho do curso de água e sua bacia de contribuição estão inseridos, bem como quais atividades são permitidas e previstas neste local.

- Verificação dos espaços não ocupados em áreas com adensamento permitido ou incentivado, áreas destinadas à implantação de polos industriais, áreas verdes e áreas protegidas, unidades de conservação e APPs ainda não ocupadas.
- Identificação de vetores de crescimento da ocupação urbana e qual tipo, residencial formal, residencial informal, comercial, industrial, etc. Esses vetores podem ser induzidos pelo planejamento municipal ou ocorrer de forma espontânea. Se o vetor de crescimento for resultado do planejamento municipal, instrumentos como o Plano Diretor, projetos e programas governamentais de desenvolvimento econômico podem fornecer essas informações. Caso seja uma ocupação informal, levantamentos de campo e/ou estudos específicos sobre o crescimento de vilas e aglomerados no município devem ser utilizados.
- Verificação da influência das pressões geradas por essas forças motrizes em trechos a jusante de onde estão inseridas.
- Identificação dos quais trechos podem ter o estado alterado se essas pressões se concretizarem.

Após esse mapeamento é possível verificar a alteração dos indicadores propostos e reavaliar as prioridades definidas. Ressaltam-se duas situações distintas quanto à influência dos cenários de desenvolvimento sobre a priorização dos trechos a intervir. Pode haver trechos impactados que possuíam menor vulnerabilidade na condição atual e que passam a ter maior vulnerabilidade, prioridade de intervenção, quando considerados os cenários de desenvolvimento. Por outro lado pode haver áreas mais preservadas na condição atual e que estão sob pressão no cenário de desenvolvimento e poderão ser degradadas, nesse caso podem ser necessárias medidas mais protecionistas e não necessariamente intervenções físicas.

Entre os cursos de água e bacias de contribuição sob essas pressões, tem-se cursos de água atualmente inseridos em áreas verdes, sob risco de desmatamento, e cursos de água que estão mais preservados com margens desmatadas, mas ainda não ocupadas. Essas áreas com baixo nível de degradação, mas com grande vulnerabilidade aos cenários de desenvolvimento, possuem forte indicação para ações protecionistas, tais como:

- delimitação das áreas de APP e sua proteção;

- cercamento de áreas verdes de interesse ambiental;
- criação ou estruturação de parques, e sua valorização como espaços públicos para recreação e lazer para a população. Dessa maneira desestimula-se a invasão dessas áreas.

Dessa forma essas áreas devem ser destacadas, de maneira que o grupo que representa as partes interessadas decida sobre a possibilidade de reclassificação. Aquelas que requerem intervenções físicas leves são incluídas na lista de prioridades para intervenções físicas e as demais formarão lista de áreas a serem protegidas.

7.4.6 Decisão sobre a prioridade das áreas a intervir

A decisão final sobre as priorizações deve ser tomada em reunião com as partes interessadas. Nessa reunião devem ser apresentados os mapas para a condição atual e no cenário de desenvolvimento, representando as áreas mais vulneráveis quanto a todos os serviços fluviais considerados. Deve ser apresentado ainda um mapa para cada serviço fluvial avaliado com todos os trechos, indicando a vulnerabilidade de cada trecho. Outro mapa importante indica as áreas sob pressão no cenário de desenvolvimento, identificando a força motriz e as pressões e quais os trechos diretamente afetados. As listagens com valores e rankings obtidos devem também ser apresentadas e utilizadas nas discussões. Gráficos que auxiliem a visualizar a diferença entre os valores obtidos devem ser outra forma de apresentação dos resultados.

A etapa seguinte à definição das áreas prioritárias diz respeito à escolha das técnicas e alternativas de projeto a serem utilizadas em cada trecho, o que foi objeto de estudo de Evangelista (2011) e é apresentado no item 7.5.

7.5 Etapa II - Escolha da alternativa de projeto

Neste item é apresentada a Etapa II do SAD, que compreende a sistemática de avaliação de alternativas de projeto de intervenções em cursos de água desenvolvida por (Evangelista, 2011). Essa sistemática será aplicada no estudo de caso no capítulo 8, na sua forma original e em uma nova apresentação testando o método Electre III. Os resultados dessa avaliação serão incorporados a esse capítulo, fornecendo mais uma opção de metodologia multicriterial para avaliação de alternativas de projeto. A avaliação consiste dos seguintes passos:

- Definição das alternativas de projeto tecnicamente viáveis;
- Estimativa dos indicadores de desempenho ambiental, hidráulico, sanitário e de custos;
- Agregação dos indicadores pelo método TOPSIS ou Electre III;
- Representação gráfica dos resultados e realização de reunião para escolha da melhor alternativa por trecho.

7.5.1 Indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenho visam avaliar os impactos da intervenção sobre as funções fluviais e dividem-se em três dimensões conforme indicado na Figura 7-15. A escala de avaliação dos indicadores varia de 0 (pior desempenho) a 1 (melhor desempenho).

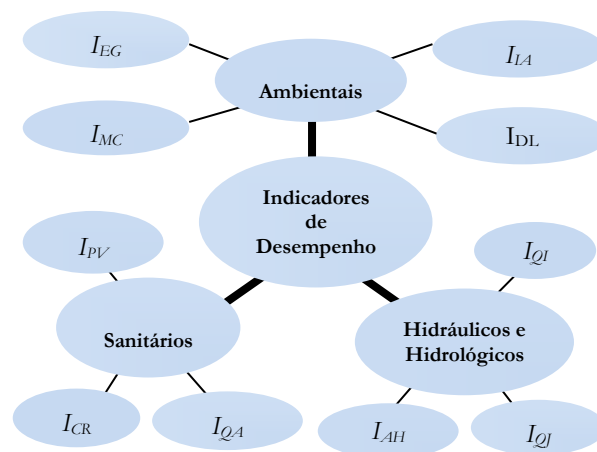


Figura 7-15: Indicadores de desempenho
Fonte: Evangelista (2011)

Impacto nas vazões no local da intervenção - I_{QI}

O Indicador de Impacto nas vazões no local da intervenção (I_{QI}) compara o Tempo de Retorno utilizado para dimensionamento da intervenção no canal com o Tempo de Retorno a partir do qual as vazões de pico superam a capacidade dos sistemas de drenagem existentes, causando inundações (TR_{Inund}). A mensuração do indicador é feita pelas equações 7.3 e 7.4, nas quais TR_{Alt} é o Tempo de Retorno de projeto da alternativa, em anos:

$$\text{Se } TR_{Alt.} > TR_{Inund.} \quad I_{QI} = 1,0 \quad (7.3)$$

$$\text{Se } TR_{Alt.} \leq TR_{Inund.} \quad I_{QI} = \frac{TR_{Alt.}}{TR_{Inund.}} \quad (7.4)$$

Nos casos em que as áreas inundáveis tenham baixa vulnerabilidade, como por exemplo, áreas desocupadas ou parques, o indicador deve assumir o valor unitário.

Impacto nas vazões à jusante da intervenção - I_{QJ}

O indicador avalia o impacto da intervenção sobre a vazão no trecho a jusante, em função da superação ou não da vazão de restrição (Q_R), correspondente à àquela que (i) a partir da qual o sistema de drenagem de jusante tem sua capacidade superada; ou (ii) determinada pelo órgão Gestor de Recursos Hídricos.

A vazão de pico atual (Q_a) deverá ser estimada pela propagação da cheia de projeto no trecho onde será feita a intervenção para a configuração do canal antes da intervenção. A vazão de pico após a intervenção (Q_d) será estimada da mesma maneira, considerando as alterações de forma e revestimento implementadas.

O cálculo do indicador pode ser feito pelas equações 7.5, 7.6 e 7.7:

$$\text{Se } Q_d \leq Q_R, \quad I_{QJ} = 1 \quad (7.5)$$

$$\text{Se } Q_d > Q_R,$$

$$\text{para } Q_d \geq Q_a, \quad I_{QJ} = 0 \quad (7.6)$$

$$\text{para } Q_d < Q_a, \quad I_{QJ} = 1 + \frac{(Q_d - Q_R)}{(Q_R - Q_a)} \quad (7.7)$$

Adaptabilidade Hidráulica – I_{AH}

O indicador avalia a adaptabilidade da capacidade de vazão do canal para cada alternativa frente a possíveis alterações no ciclo hidrológico, com aumento das vazões de pico.

Para o cálculo desse indicador será utilizado o conceito de Fator de Condução (Chow, 1959), determinado pela Equação 7.8, na qual A é a área da seção transversal do canal (m^2); P_s o Perímetro da seção do canal (m) e n o coeficiente de Manning.

$$k = \frac{A^{5/3}}{n \cdot P_s^{2/3}} \quad (7.8)$$

A Equação 7.9 possibilita o cálculo do indicador de Adaptabilidade Hidráulica I_{AH} na qual k_{Fut} é o fator de condução da potencial seção futura do canal para a alternativa em análise (m^2); $k_{Fut-max}$ o maior fator de condução da potencial seção futura verificado entre as alternativas (m^2).

$$I_{AH} = \frac{k_{Fut}}{k_{Fut-max}} \quad (7.9)$$

Coleta de resíduos sólidos domiciliares - Icr

Esse indicador avalia se a intervenção amplia acessibilidade à coleta de resíduos sólidos tanto por meio da criação de vias que permitam o acesso dos caminhões e garis, como por meio do remanejamento de moradores de áreas sem coleta para locais com atendimento pelo serviço.

Para avaliação das melhorias de acesso será considerado o número de domicílios localizado na área contígua ao curso de água, ao longo da margem direita e esquerda, delimitada pelo perímetro das ruas em condições de tráfego para os caminhões coletores.

Quando não houver domicílios sem atendimento por coleta antes da intervenção o indicador assume o valor unitário; nos demais casos, ele é expresso pela Equação 7.10, onde DSC_{Antes} é o número de domicílios sem atendimento por coleta de resíduos sólidos antes da intervenção e $DSC_{Após}$ o de domicílios sem atendimento após a intervenção. O fator k_{NC} corresponde ao percentual de domicílios ou de áreas habitadas sem cobertura por coleta de resíduos sólidos domiciliares na bacia.

$$I_{CR} = \frac{(DSC_{Antes} - DSC_{Após})}{DSC_{Antes}} k_{NC} \quad (7.10)$$

Proliferação de vetores – I_{PV}

Para a avaliação do impacto na proliferação de vetores, analisou-se somente o aumento ou introdução de criadouros de mosquitos, com foco na dengue, zika virus e febre Chikungunya, alguns dos principais desafios epidemiológicos em áreas urbanas no Brasil.

Considerando-se que o acúmulo de água constitui-se em fator de aumento da proliferação de mosquitos, a quantificação do indicador I_{PV} é realizada pela Equação 7.11, onde A_E é a área do espelho de água formado pela detenção de águas pluviais por bacias de detenção, retenção ou infiltração da alternativa avaliada (m²); A_{E-MAX} a maior área do espelho de água dentre as alternativas avaliadas (m²):

$$I_{PV} = \left(1 - R \frac{A_E}{A_{E-MAX}} \right) \quad (7.11)$$

O Fator de Risco (R), variando de 0 a 1, assumindo importância proporcional à incidência local da dengue no município onde se localiza a intervenção, avaliado das formas seguintes, associando-se o valor unitário ao maior risco:

- locais com disponibilidade de dados confiáveis sobre a população infectada: R corresponde ao percentual da população atingida nos últimos 12 meses;
- locais com monitoramento de ovos do mosquito por meio de armadilhas: R corresponde ao percentual de armadilhas com presença de ovos do mosquito em um período de 12 meses;
- locais sem incidência significativa ou sem disponibilidade de dados: R será estabelecido diretamente por meio da percepção de risco pelo analista ou a partir de outros parâmetros monitorados, julgados pertinentes.

Qualidade das águas – I_{QA}

Partindo-se da premissa que um projeto de intervenção em um curso de água que justifique uma análise comparativa como a proposta por este estudo, deve incluir entre

os seus requisitos mínimos a construção de interceptores de esgotos em toda a extensão da intervenção, ao Indicador de Qualidade das Águas (I_{QA}) atribuiu-se a avaliação do benefício da utilização de técnicas para a redução da poluição difusa.

Assim, a avaliação do indicador será realizada em função da área de drenagem da bacia para a qual forem utilizadas técnicas ou dispositivos que retenham poluentes, como *wetlands*, técnicas compensatórias de drenagem (e.g. bacias de detenção e infiltração), estações para tratamento das águas fluviais ou pluviais e áreas verdes.

Para estimativa do indicador foi definida a Equação 7.12, na qual A_{Bacia} é a área total da bacia do curso de água (m^2); A_{TRP} a área da bacia com possível redução de poluentes, análise (m^2) e A_{verdes} as áreas verdes acrescidas ou recuperadas decorrente da implantação da alternativa em análise (m^2):

$$I_{QA} = \frac{A_{TRP} + A_{verdes}}{A_{Bacia}} \quad (7.12)$$

Devido às bacias urbanas encontrarem-se geralmente com baixíssimos índices de cobertura vegetal, o indicador proposto I_{QA} deve ser normalizado em função da alternativa que obteve o maior valor para I_{QA} , para a qual o indicador assumirá o valor 1,0.

Desenvolvimento longitudinal – I_{DL}

O indicador é baseado na redução do comprimento do curso de água, que reflete a redução de sua sinuosidade e o aumento da declividade. Ele considera, ainda, a extensão onde não houve alterações no posicionamento do seu eixo, em função da possibilidade do projeto prever uma extensão total próxima da condição natural ou de referência, porém, com grandes alterações na posição do leito e pequenas retificações, que acarretam grande impacto na geomorfologia e em processos ecológicos do curso de água.

O cálculo do indicador pode ser realizado pela Equação 7.13, onde L_P é a extensão do rio após implantação da intervenção (m); L_N a extensão do trecho em análise na situação natural ou de referência (m) e L_{SME} corresponde à extensão total dos trechos que não sofreram alteração no posicionamento do eixo longitudinal (m):

$$I_{DL} = \frac{L_P + L_{SME}}{2L_N} \quad (7.13)$$

Equilíbrio geomorfológico – I_{EG}

A condição de equilíbrio geomorfológico em um curso de água pode ser considerada, de forma simplificada, como aquela em que há uma equivalência entre o aporte de sedimentos e sua capacidade de transporte, ou seja, não ocorre erosão ou deposição no trecho em questão. Assim, a velocidade do escoamento deverá situar-se entre um limite superior, a partir do qual, tem-se a erosão do canal, e um limite inferior, abaixo do qual há tendência à sedimentação e ao assoreamento.

A velocidade máxima permissível será função do tipo de solo e do revestimento do leito, e a velocidade mínima do tipo de solo. Segundo Przedwojski (1994) a velocidade mínima para rios com predominância de sedimentos provenientes de solos siltosos é de 0,3m/s e varia entre 0,3 a 0,4 m/s para escoamento com carreamento de areia fina. Baptista e Lara (2012) apresentam 0,6 m/s como velocidade mínima usualmente recomendada para que não haja deposição de sedimentos. A velocidade máxima varia segundo o material de revestimento, com valores da ordem de 0,3 m/s para revestimento em biomanta, podendo chegar a 4,7 m/s para revestimento em gabião. Para canais em solo a velocidade máxima é, em média, 1 m/s. Tabelas com valores de velocidade máxima podem ser encontradas na literatura (Fischenich, 2001; Evangelista 2011).

A definição do valor do indicador será gráfica, avaliando-se o posicionamento da velocidade de projeto (V), em m/s, em relação aos limites de velocidade para os quais o canal mantém-se estável: a velocidade mínima admissível (V_{min}) e a velocidade máxima admissível, usualmente representada por uma faixa de valores, com limite inferior V_1 e limite superior V_2 (Figura 7-16).

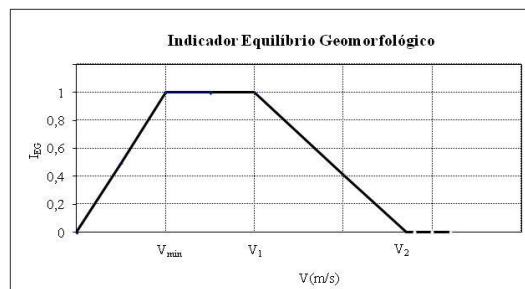


Figura 7-16: Indicador I_{EG} em função da velocidade de escoamento, com $V_{máx}=V_1$ a V_2
Fonte: Evangelista (2011)

Quando a velocidade máxima admissível for representada por um valor único, utiliza-se a Figura 7-17.

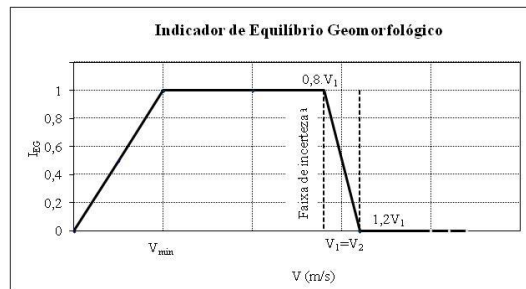


Figura 7-17: Indicador I_{EG} em função da velocidade de escoamento, com $V_{m\acute{a}x}=V_1=V_2$
 Fonte: Evangelista (2011)

Mata ciliar e áreas verdes - IMC

O indicador *Mata Ciliar e Áreas Verdes* (I_{AV}) proposto visa avaliar, de forma global, a melhoria ecológica e hidrológica associada à variação da cobertura vegetal antes e após a intervenção, com o auxílio das equações 7.14, 7.15 e 7.16, adequadas a diferentes cenários.

Em situações usuais onde ocorre o aumento de áreas verdes, utiliza-se a Equação 7.14, onde $A_{VApós}$ corresponde à área verde após a implantação da intervenção (m^2); A_{VAntes} a área verde antes da implantação da intervenção (m^2):

$$I_{AV} = \frac{A_{VApós}}{(A_{VAntes} + A_{VApós})} k_{AV} \quad (7.14)$$

O Fator de relevância das áreas verdes e matas ciliares tratadas ou acrescidas à bacia (k_{AV}) é definido na Tabela 7-15. Ele visa avaliar os três principais aspectos que definem o potencial benefício das áreas verdes e matas ciliares adicionadas ou recuperadas, que são a conectividade, as espécies introduzidas e a importância da área recuperada para o curso de água e para a bacia. De acordo com as referências apresentadas, obtém-se o valor de k_{AVj} para cada um dos aspectos citados, utilizando-se a média aritmética dos três valores.

Tabela 7-15: Fator k_{AV} - relevância das áreas verdes ou matas ciliares criadas ou tratadas

(Fonte: Evangelista, 2011)

	Somente espécies exóticas ($K_{AVi}=0,1$)			Espécies exóticas e nativas ($K_{AVi}=0,5$)			Somente espécies nativas ($K_{AVi}=1,0$)		
	Não contribuem diretamente para o equilíbrio ecológico, hidrológico e geomorfológico do rio ($K_{AVj}=0,1$)	Contribuem diretamente para o equilíbrio ecológico, hidrológico e geomorfológico do rio, porém as áreas mais relevantes não foram protegidas ($K_{AVj}=0,5$)	Compreendem regiões de grande relevância para o equilíbrio ecológico, hidrológico e geomorfológico do rio, tais como nascentes e matas com maior biodiversidade ($K_{AVj}=1,0$)	Não contribuem diretamente para o equilíbrio ecológico, hidrológico e geomorfológico do rio ($K_{AVj}=0,1$)	Contribuem diretamente para o equilíbrio ecológico, hidrológico e geomorfológico do rio, porém as áreas mais relevantes não foram protegidas ($K_{AVj}=0,5$)	Compreendem regiões de grande relevância para o equilíbrio ecológico, hidrológico e geomorfológico do rio, tais como nascentes e matas com maior biodiversidade ($K_{AVj}=1,0$)	Não contribuem diretamente para o equilíbrio ecológico, hidrológico e geomorfológico do rio ($K_{AVj}=0,1$)	Contribuem diretamente para o equilíbrio ecológico, hidrológico e geomorfológico do rio, porém as áreas mais relevantes não foram protegidas ($K_{AVj}=0,5$)	Compreendem regiões de grande relevância para o equilíbrio ecológico, hidrológico e geomorfológico do rio, tais como nascentes e matas com maior biodiversidade ($K_{AVj}=1,0$)
Descontínuas e espalhadas pela bacia ($K_{AVj}=0,1$)	0,1	0,23	0,4	0,23	0,37	0,53	0,4	0,53	0,7
Alguns trechos descontínuos ($K_{AVj}=0,5$)	0,23	0,37	0,53	0,37	0,5	0,67	0,53	0,67	0,53
Contínuas ($K_{AVj}=1,0$)	0,4	0,53	0,7	0,53	0,67	0,83	0,7	0,83	1,0

Em situações em que não havia áreas verdes antes da intervenção, dois cenários são possíveis:

$$A_{VApós}=0, \quad I_{AV}=0 \quad (7.15)$$

$$A_{VApós}>0, \quad I_{AV} = \frac{A_{VApós}}{A_{VApós\ Max}} k_{AV} \quad (7.16)$$

Na Equação 7.16 $A_{VApós\ Max}$ corresponde à máxima área verde após a implantação da intervenção, dentre as alternativas.

Finalmente, para avaliar situações onde há áreas verdes degradadas e que se prevê sua recuperação, havendo, portanto, um aumento qualitativo e não quantitativo, propõe-se que a área recuperada seja multiplicada por 1,5 considerando-se que os dois parâmetros – área e qualidade de recobrimento vegetal – são ambos importantes.

Integração Ambiental – I_{IA}

As intervenções em cursos de água podem ter características que permitam ou não a sua integração aos ecossistemas, interferindo nas funções e inter-relações do curso de água, tais como a conexão entre o rio e o lençol freático, a alteração da paisagem pela artificialização da seção transversal, a redução do coeficiente de rugosidade, que ocasiona aumento da velocidade e redução da diversidade de “habitats”, as interferências na conectividade transversal, com as alterações correspondentes nos processos ecológicos, etc.

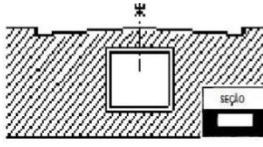
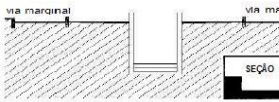
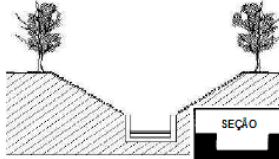
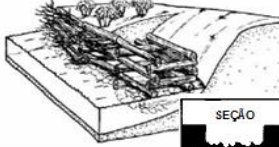
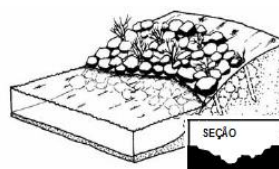
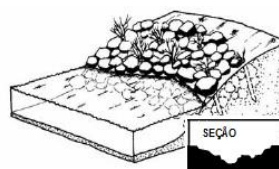
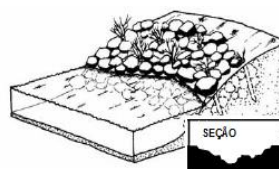
O indicador proposto para a quantificação da Integração Ambiental (I_{IA}) é definido pela Equação 7.17, onde n_h é o número de trechos homogêneos quanto ao padrão de técnicas aplicadas e forma da seção; L_i a extensão do trecho “i” do rio (m); k_i o coeficiente de integração ambiental do trecho “i”, definido a partir da Tabela 1:

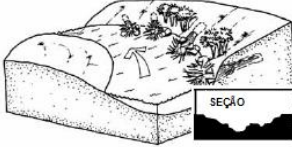
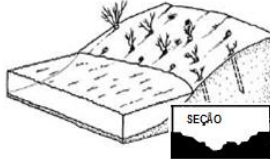
$$I_{IA} = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} k_i \cdot L_i}{\sum L_i} \quad (7.17)$$

Os valores de k apresentados na Tabela 7-16, propostos por Evangelista (2011), constituem uma referência para o analista, que para casos não contemplados, deverá adotar valores que melhor se ajustem ao comportamento da técnica utilizada.

Caso seja adotada seção mista, adota-se a média ponderada dos coeficientes pelo perímetro, exceto no caso de presença insignificante de determinados materiais em apenas alguns pontos do trecho em análise, utilizando-se, neste caso, o coeficiente da tipologia predominante.

Tabela 7-16: Indicador de Integração Ambiental - Valores do coeficiente de integração ambiental
(Fonte: Evangelista, 2011)

Tipo	k	Características	Geometria da seção
Estabilização rígida e não permeável com canalização em seção fechada.	0	Galeria em concreto, sem interação com lençol freático e outros processos ecológicos, bem como a supressão do seu uso pelo homem para fins de lazer, recreação, pesca, etc.	
Estabilização rígida e não permeável de margens em seção aberta.	0,1	Revestimentos que alteram a seção transversal e reduzem as irregularidades do leito e/ou margens com aumento da velocidade do escoamento e interrupção do fluxo entre o canal e o lençol freático, mas sem sua cobertura completa. Exemplos: Canais em concreto e outros revestimentos impermeabilizantes.	
Estabilização rígida não permeável de margens em seção aberta, porém com áreas verdes marginais.	0,2		
Estabilização rígida e permeável de margens.	0,3	Revestimentos estruturantes para estabilização das margens, com manutenção do fluxo entre canal e lençol freático, porém com grande movimentação do solo das margens e alteração da forma da seção transversal. Elevado coeficiente de rugosidade e crescimento de vegetação.	
Estabilização rígida e permeável de margens com áreas verdes marginais.	0,4		Revestimentos com conexão entre canal e lençol freático, porém, com alteração da seção transversal. Grande movimentação de solo e redução do coeficiente de rugosidade, podendo-se associar o uso de biomantas com proteção das margens e desenvolvimento de espécies vegetais.
Estabilização flexível e permeável de margens.	0,5	Revestimentos que permitem o fluxo entre o canal e o lençol freático, assim como estabilização das margens com maior adaptabilidade à seção natural do rio, possuindo alto coeficiente de rugosidade e possibilidade de crescimento de vegetação.	
Estabilização flexível e permeável de margens, com áreas verdes marginais.	0,6		
Estabilização rígida permeável de margens, com maior adaptabilidade à forma natural da seção transversal do rio.	0,7	Revestimentos que permitem o fluxo entre o canal e o lençol freático, assim como estabilização das margens com maior adaptabilidade à seção natural do rio, possuindo alto coeficiente de rugosidade e possibilidade de crescimento de vegetação.	
Estabilização rígida permeável com áreas verdes marginais.	0,8		

Tipo	k	Características	Geometria da seção
Estabilização flexível de margens com manutenção da permeabilidade e irregularidades das margens, porém com necessidade de escavação das margens.	0,9	Intervenções que acrescentam ou mantém as irregularidades no leito e margens com galhos, pedras e vegetação, aproximando-se da situação natural. Permitem o fluxo entre o canal e o lençol freático e estabilizam as margens com materiais naturais, porém com escavação das margens e uso de equipamentos.	
Estabilização flexível de margens com manutenção da permeabilidade e irregularidade das margens, sem escavação.	1,0	Alterações mínimas na seção natural, utilizando materiais como biomantas, galhos, estacas e mudas para proteção e estabilização das margens até que a vegetação se estabeleça. Manutenção do fluxo entre o canal e o lençol freático e as demais funções do rio.	

Figuras adaptadas de CWP (2004), Cardoso e Baptista(2011), Li e Eddleman (2002) e Taylor (2002)

7.5.2 Avaliação desempenho x custos – Método TOPSIS e gráfico de Pareto

Índice de desempenho

Como descrito anteriormente, o cálculo do Índice de Desempenho é feito pela agregação dos indicadores de desempenho pelo método de análise multicritério TOPSIS, com base na sua ponderação, descrita a seguir.

Os pesos ou relevâncias dos indicadores apresentados como referência por Evangelista (2011) constam da Tabela 7-17.

Tabela 7-17: Pesos dos indicadores de desempenho

Dimensão/Peso		Indicador		Peso	Δ
Sanitária	28	Coleta de resíduos	I_{CR}	10	5
		Proliferação de vetores	I_{PV}	7	4
		Qualidade das águas	I_{QA}	11	5
Ambiental	38	Desenvolvimento longitudinal	I_{DL}	8	3
		Equilíbrio geomorfológico	I_{EG}	7	3
		Mata ciliar e áreas verdes	I_{AV}	13	4
		Integração ambiental	I_{IA}	10	3
Hidrológica e Hidráulica	34	Impacto nas vazões no local	I_{QL}	13	2
		Impacto nas vazões à jusante	I_{QJ}	13	4
		Adaptabilidade hidráulica	I_{AH}	8	3

Os valores de Δ associados ao desvio padrão dos pesos atribuídos representam a variabilidade que os pesos podem assumir na análise.

Agregação dos indicadores de desempenho

A agregação dos indicadores é feita através da Equação 7.18, baseada no método TOPSIS. Tal equação calcula a taxa de similaridade - $D_p(a_i)$ -, a qual corresponde neste estudo ao **Índice de Desempenho** - ID_k -, que varia de 0, alternativa anti-ideal, a 1, alternativa ideal.

Nessa equação j é o critério analisado; w_j o peso do critério j ; a_j^M o valor máximo do critério j (valor ideal); a_{ij} o ponto da alternativa i analisada para o critério j ; a_j^m o valor mínimo do critério j (valor anti-ideal).

$$D_p(a_i) = \frac{\left[\sum_j w_j^p |a_j^m - a_{ij}|^2 \right]^{1/2}}{\left[\sum_j w_j^2 |a_j^M - a_{ij}|^2 \right]^{1/2} + \left[\sum_j w_j^2 |a_j^m - a_{ij}|^2 \right]^{1/2}} \quad (7.18)$$

Indicadores e Índice de custos

Nesta análise as técnicas foram divididas em técnicas “*tradicionais*”, associadas normalmente à artificialização das seções, com o uso de revestimentos convencionais (e.g. concreto), e “*ambientalizadas*”, que procuram manter ou recuperar as condições naturais com o emprego de materiais de bioengenharia. A Tabela 7-18 apresenta os custos de implantação, CI, manutenção, CM, e manutenção operação, CMO, para técnicas tradicionais. Os custos das diferentes técnicas utilizados neste trabalho foram obtidos nos estudos de Evangelista (2011) e Evangelista *et al.*, 2011), e atualizados para a data de base Janeiro de 2016 pelo Índice de Custos da Construção Civil - INCC.

Tabela 7-18: Custos – Técnicas Tradicionais
(Adaptado de Evangelista, 2011)

Técnica	CI (R\$)	CM e CMO (R\$)
Galeria em concreto	$CI=(549,69A+2603,94)L$	$CM=(1,2 A+150,09)L$
Canal em concreto com faixa de grama e dispositivos de drenagem	CI=611,54 PL	$CM=(1,2 P +149,90)L$
Canal em concreto com faixa de grama e sem dispositivos de drenagem	CI=603,71 PL	$CM=(1,2 P +111,38)L$
Canal em concreto sem faixa de grama e com dispositivos de drenagem	CI=603,87 PL	$CM=(1,2 P +149,50)L$
Canal em concreto sem faixa de grama e sem dispositivos de drenagem	CI=596,06 PL	$CM=(1,2 P +110,98)L$
Canal em grama com dispositivos de drenagem	CI=95,51 PL	CM=155,37 PL
Canal em grama sem dispositivos de drenagem	CI=91,39 PL	CM=117,13 PL
Canal com enrocamento com dispositivos de drenagem	CI=123,91 PL	$CM=(0,57 P +149,50)L$
Canal com enrocamento sem dispositivos de drenagem	CI=120,02 PL	$CM=(0,57 P +110,98)L$
Canal gabião caixa com faixa de grama e disp. de drenagem	CI=378,57 PL	$CM=(2,55 P +149,9)L$
Canal gabião caixa com faixa de grama e sem disp. de drenagem	CI=370,75 PL	$CM=(2,55 P +111,38)L$
Canal gabião caixa sem faixa de grama e com disp. de drenagem	CI=374,93 PL	$CM=(2,55 P +149,57)L$
Canal gabião caixa sem faixa de grama e sem dispositivos de drenagem	CI=367,11 PL	$CM=(2,55 P +110,98)L$
Canal gabião colchão com dispositivos de drenagem	CI=139,11 PL	$CM=(0,72 P +149,5)L$
Canal gabião colchão sem dispositivos de drenagem	CI=134,99 PL	$CM=(0,72 P +110,98)L$
Bacia de detenção em grama	CI=102,53 V_{BD}	$CMO=44,49V_{BD}+673A_{Bacia}$
Bacia de detenção em concreto aberta	CI=126,60 V_{BD}	$CMO=42,82V_{BD}+673,07A_{Bacia}$
Bacia de detenção em concreto fechada	CI=423,70 V_{BD}	$CMO=81,84V_{BD}+673,07A_{Bacia}$
Bacia de infiltração	CI=67,29 V_{BD}	$CMO=9,46 V_{BI}$

Obs.: A - área da seção transversal do canal ou galeria (m²); P - Perímetro da seção transversal (m); L - extensão do trecho do curso de água (m); V_{BD} - Volume da bacia de detenção (m³); V_{BI} - Volume da bacia de infiltração (m³); A_{Bacia} - Área da bacia de contribuição (ha).

A Tabela 7-19 apresenta os custos das técnicas ambientalizadas que foram divididos em implantação, CI, manutenção corretiva, CMC, e de longo termo, CMLT. Os custos de manutenção corretiva CMC correspondem aos custos de recomposição dos revestimentos. Já os custos de manutenção de longo termo, CMLT, ou serviços de rotina, contemplaram duas inspeções anuais, uma antes e outra após o período de chuvas e uma limpeza anual da calha, conforme recomendações de Belo Horizonte (2009a). Para a análise desses custos de manutenção de longo termo foi tomada como referência a extensão de um quilômetro para o curso de água, e obtidos custos anuais de R\$572,18 para limpeza, considerando uma DMT (distância média de transporte) de

20km, e de R\$9.154,90 para as inspeções. Os custos de CI e CMC das técnicas ambientalizadas são apresentados na Tabela 7-19.

Tabela 7-19: Custos de implantação e manutenção corretiva – Técnicas Ambientalizadas

Técnicas agrupadas	Un.	Custos de Implantação CI (R\$)		Vida útil (anos)	Recomposição anual (%)	CMC(R\$)	
		LI	LS			LI	LS
Estacas	(m ²)	23,15	170,60	30	15	3,48	25,59
Biomantas	(m ²)	3,78	32,72	30	15	0,57	4,91
Faxinas ou biorretentores	(m ²)	34,02	169,53	30	10	3,43	16,97
Solo reforçado – geossintéticos/malha metálica	(m ²)	124,84	295,32	10	2	2,51	5,91
Proteção com galhos “cribwall”	(m ²)	249,29	520,04	30	5	12,46	26,01
“cribwall”	(m ²)	186,96	1307,69	30	5	9,35	65,46
Enrocamento arrumado	(m ²)	48,77	87,24	30	2	0,97	1,75
Gabião caixa	(m ²)	292,54	429,77	30	2	5,86	8,6
Gabião colchão	(m ²)	106,07	135,11	30	2	2,12	2,73
Gabião saco	(m)	115,72	115,72	30	2	2,32	2,32
Enrocamento jogado	(t)	58,34	157,15	30	2	1,18	3,15
“Rootwads”	(m)	104,05	1040,39	30	5	5,21	52,02

Obs.: LI – Limite Inferior e LS – Limite Superior; Custos de manutenção corretiva - CMC

Desta forma, o Indicador de Custos pode ser calculado pelas equações 7.19, 7.20 e 7.21.

- Canais e galerias:

$$I_{\text{custo}} = \text{CI} + \text{VPL (CM)} \quad (7.19)$$

- Bacias de detenção:

$$I_{\text{custo}} = \text{CI} + \text{VPL (CMO)} \quad (7.20)$$

- Técnicas ambientalizadas:

$$I_{\text{custo}} = \text{CI} + \text{VPL (CMC)} + \text{VPL (CMLT)} \quad (7.21)$$

Custos como os de desapropriação ou de serviços peculiares ao caso em estudo poderão ser incorporados aos definidos pelas equações 7.19 a 7.21.

O **Índice de Custos** - IC_k - é calculado pela Equação 7.22, na qual, k é a alternativa em análise; $I_{\text{custos},k}$ o indicador de custos da alternativa k ; e n o número total de alternativas.

$$IC_k = \frac{\sum_{k=1}^n I_{Custos,k}}{2 \cdot I_{Custos,k}} \quad (7.22)$$

Análise desempenho x custos

Os pares de valores (IC_k , ID_k) dos índices de desempenho e custos, calculados conforme explicitado anteriormente, são representados no gráfico de Pareto, de forma que as alternativas de melhor desempenho se localizam mais afastadas da origem e as de menor desempenho ficam próximas à origem. Convencionou-se que os pontos assim plotados correspondem ao centro de elipses com dimensões compatíveis com as indiferenças de desempenho e custo, ou seja, os raios da elipse correspondem à margem de incerteza dos índices calculados.

7.5.3 Avaliação das alternativas pelo Método Electre-III

O método Electre III estabelece a comparação dos indicadores aos pares de alternativas, de forma a avaliar a superação de uma alternativa para outra, para cada indicador. Ao final, considerando os pesos dos indicadores avalia-se a superação global entre as alternativas e fornece-se uma lista hierarquizada das alternativas, de maneira que pode ser feita uma análise de todos os indicadores apresentados nos itens 7.5.1 e 7.5.2 sem que haja a necessidade de utilizar o gráfico de Pareto, que é uma análise gráfica para considerar o fator decisivo, se custo ou desempenho. Neste item propõe-se que o analista possa estabelecer *a priori* o peso do indicador de custos e o método faz a comparação de todas as alternativas, inclusive quanto ao custo, fornecendo a lista já hierarquizada quanto a todos os indicadores. Entende-se que para uma sistematização em planilhas ou programas a segunda proposta é mais facilmente aplicável e possui uma apuração das diferenças entre alternativas mais criteriosa. Cabe ao analista verificar qual das formas de avaliação melhor se aplica ao caso concreto e aos seus objetivos. Para uma bacia com dezenas de trechos a serem avaliados pode ser interessante sistematizar por completo a análise, por outro lado, o uso do gráfico de Pareto para reuniões com vários interessados é mais acessível.

A Tabela 7-20 traz a indicação dos pesos obtidos para a análise desempenho-custo incluindo o peso do indicador de custo como uma variável “x”. O peso do indicador de custo pode variar de forma decisiva de caso para caso, não sendo possível estabelecer

uma faixa de valores, como foi feito para os demais indicadores. O caso dos projetos de restauração do Rio Doce que foram atingidos pelo rompimento da barragem de minério de Fundão em Mariana é um bom exemplo de situação que qualquer referência de custo estabelecida não se aplicaria. Isso porque sendo um desastre ambiental causado por um empreendimento econômico, de acordo com a Constituição da República (BRASIL, 1988) a mineradora tem a responsabilidade de reparar os danos e impactos ambientais causados pelo seu empreendimento. Portanto, neste caso, a reparação tem que ser feita independente do custo e aquela com melhor desempenho técnico-ambiental tende a ser a mais indicada.

Tabela 7-20: Indicadores e pesos – Análise Electre III

Indicador		Peso	
		Referência	Caso em estudo
Coleta de resíduos	I_{CR}	10	
Proliferação de vetores	I_{PV}	7	
Qualidade das águas	I_{QA}	11	
Desenvolvimento longitudinal	I_{DL}	8	
Equilíbrio geomorfológico	I_{EG}	7	
Mata ciliar e áreas verdes	I_{AV}	13	
Integração ambiental	I_{IA}	10	
Impacto nas vazões no local	I_{QI}	13	
Impacto nas vazões à jusante	I_{QJ}	13	
Adaptabilidade hidráulica	I_{AH}	8	
Custos	I_c	-	x
Soma			100

7.6 Considerações gerais

Neste capítulo foi apresentada o procedimento para planejamento de intervenções fluviais, contemplando a priorização das áreas a sofrer intervenções e a escolha da alternativa de projeto para as áreas escolhidas. A realização do estudo de caso no Capítulo 8 permitirá a verificação da pertinência do SAD, em especial a Etapa I, tendo em vista que a Etapa II já foi testada e validada na dissertação de mestrado de Evangelista (2011). Na realização do estudo de caso apresentado no Capítulo 8 será testada a realização da Etapa II alterando-se o método multicritério de agregação dos indicadores. Conforme discussão realizada no item 7.5.3 serão mantidos os indicadores e será feita a comparação indicador a indicador pelo método Electre III. O objetivo é oferecer mais uma opção de aplicação da sistemática e verificar os ganhos auferidos.

8 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso realizado na Bacia do Córrego Bonsucesso, com o objetivo de verificar a pertinência do Sistema de Auxílio à Decisão proposto no Capítulo 7.

No item 8.1 a bacia é caracterizada, no item 8.2 apresenta-se uma avaliação geral dos problemas da bacia com aplicação da matriz DPSIR, sendo o objetivo desse item fornecer uma visão geral das atividades (forças motrizes), pressões, impactos e estado da bacia, bem como uma sucinta descrição das ações planejadas pela prefeitura. A aplicação do procedimento da Etapa I, priorização, consta dos itens 8.3 a 8.7. Em 8.3 foram definidos os serviços fluviais prioritários da bacia com definição dos pesos dos respectivos indicadores de impacto. Os subindicadores de estado foram apresentados e discutidos no item 8.4, os indicadores de impacto sobre os serviços fluviais e a priorização dos trechos no item 8.5. O item 8.6 contemplou a avaliação dos cenários de desenvolvimento da bacia e a priorização final. O item 8.7 apresenta a comparação entre a priorização pelo SAD e a feita pela prefeitura. E por fim, procede-se no item 8.8 à avaliação de alternativas para sete trechos do Córrego Bonsucesso.

8.1 Caracterização geral da bacia

A bacia do Córrego Bonsucesso é formada por dois cursos de água principais, os córregos Bonsucesso e Olhos D'água. A bacia possui área correspondente a 11,92 km² com talvegue de 22,60 km de extensão. Esse curso de água, afluente da margem direita do Ribeirão Arrudas, localiza-se na porção sul do município de Belo Horizonte, na região Sudeste do Brasil, Figura 8-1, inserindo-se na bacia do Rio das Velhas.

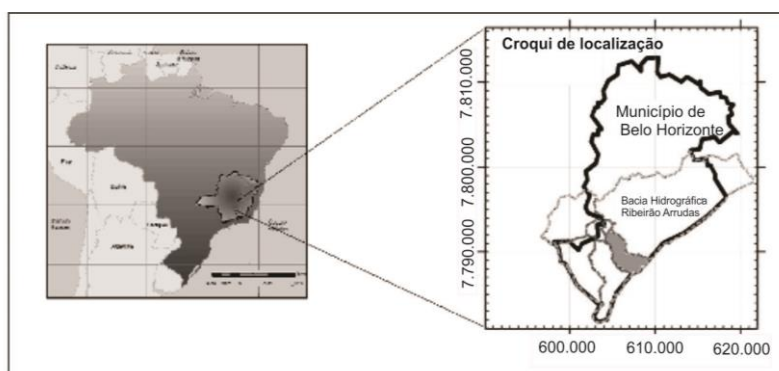


Figura 8-1: Localização da bacia do Córrego Bonsucesso
(Adaptado de Belo Horizonte, 2009a)

Os bairros com áreas inseridas na bacia são Barreiro de Cima, Bonsucesso, Bairro Novo das Indústrias, Jardim Felicidade, Olhos D'água e Pilar, Conjuntos Bonsucesso e Esperança, e as Vilas CEMIG, Alta Tensão, Bernadete, São João e Novo Paraíso. Observam-se ainda, parcialmente na bacia, os bairros: Milionários, Araguaia, Flávio Marques Lisboa, Betânia e Palmeiras. A Figura 8-2 permite visualizar a disposição da calha do Córrego Bonsucesso e do Olhos D'água sobre os principais bairros da bacia, indicando ainda o tipo de revestimento e variação da densidade populacional na bacia.

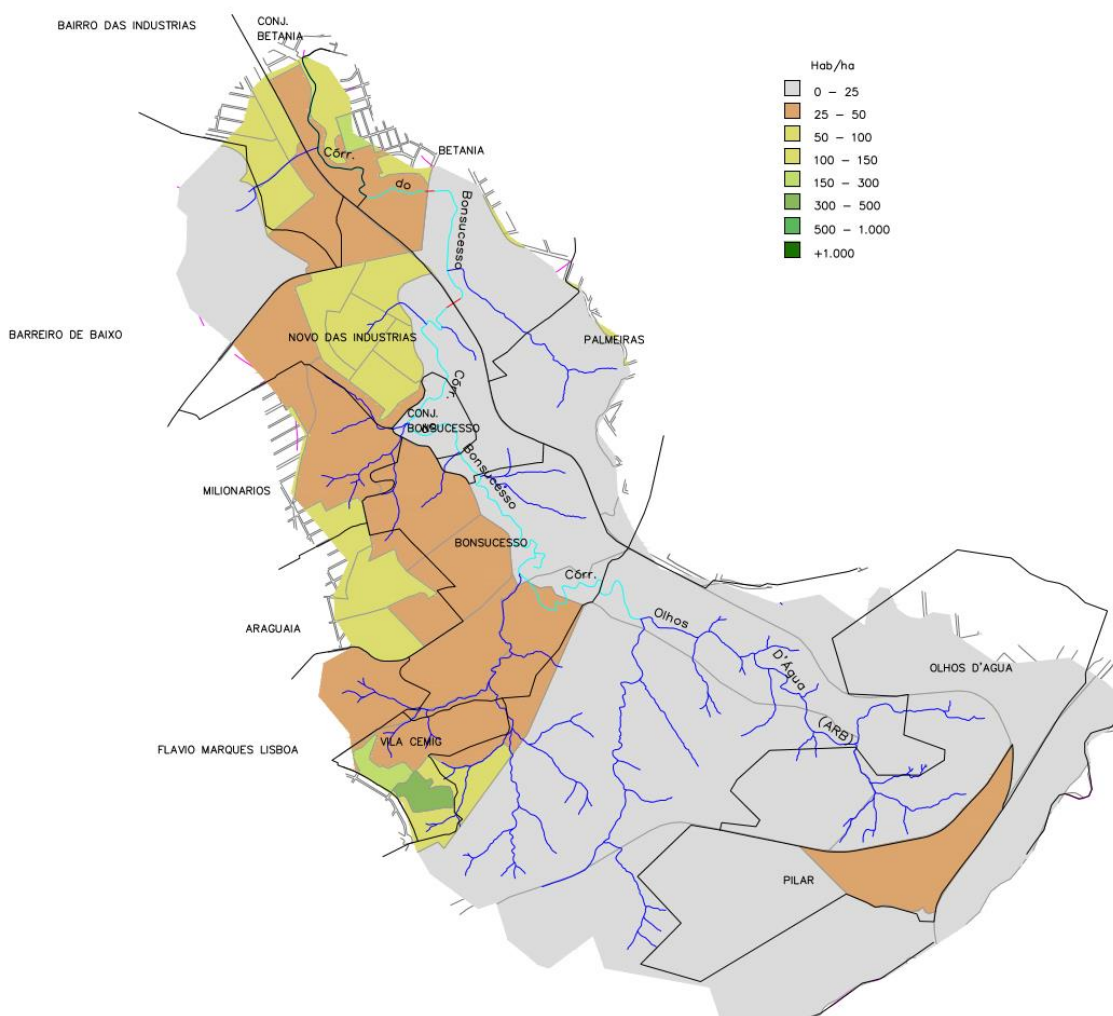


Figura 8-2: Bacia do Córrego Bonsucesso - Hidrografia e densidade populacional (Fonte: Belo Horizonte, 2004a)

Para os estudos hidrológicos e avaliações efetuados a bacia foi dividida em sub-bacias de contribuição, Figura 8-3. As áreas e extensões dos talvegues dessas sub-bacias são apresentados na Tabela 8-1.

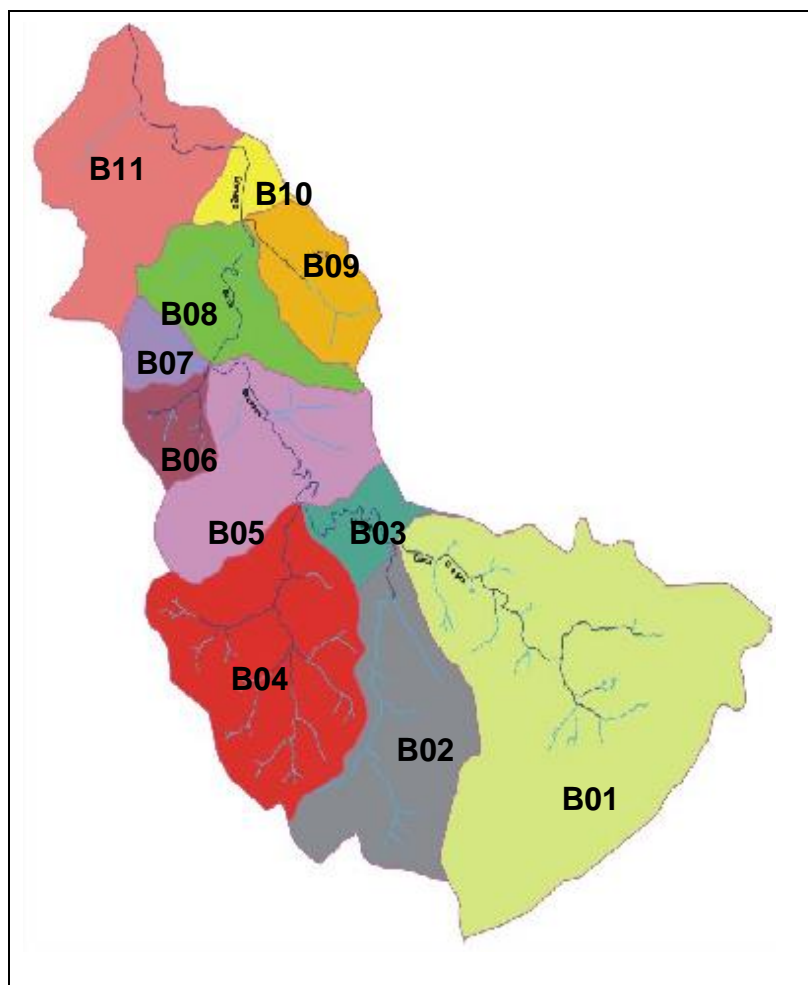


Figura 8-3: Divisão da bacia do Córrego Bonsucesso em sub-bacias
(Fonte: Belo Horizonte, 2009a)

Tabela 8-1: Características Físicas das Sub-bacias do Córrego Bonsucesso
(Fonte: Belo Horizonte, 2009a)

Sub-bacia	Área (km ²)	Extensão do Talvegue (km)	Declividade Média Equivalente do Talvegue (%)
B01	3,764	3,660	5,9
B02	1,331	2,312	3,4
B03	0,308	0,313	14,6
B04	1,781	2,121	2,8
B05	1,186	0,796	6,8
B06	0,320	0,672	7,9
B07	0,219	0,617	8,0
B08	0,714	0,435	6,9
B09	0,551	1,236	4,0
B10	0,204	0,336	18,8
B11	1,350	0,616	2,092

A partir da subdivisão da bacia apresentada na Figura 8-3 o programa Drenurbs dividiu os dois córregos em trinta trechos indicados na Figura 8-4, onde é

apresentada a primeira proposta do programa para intervenção por trechos. Para efeito de comparação da análise feita por meio do SAD com as escolhas realizadas pela prefeitura foi mantida essa divisão de trechos e sua numeração.

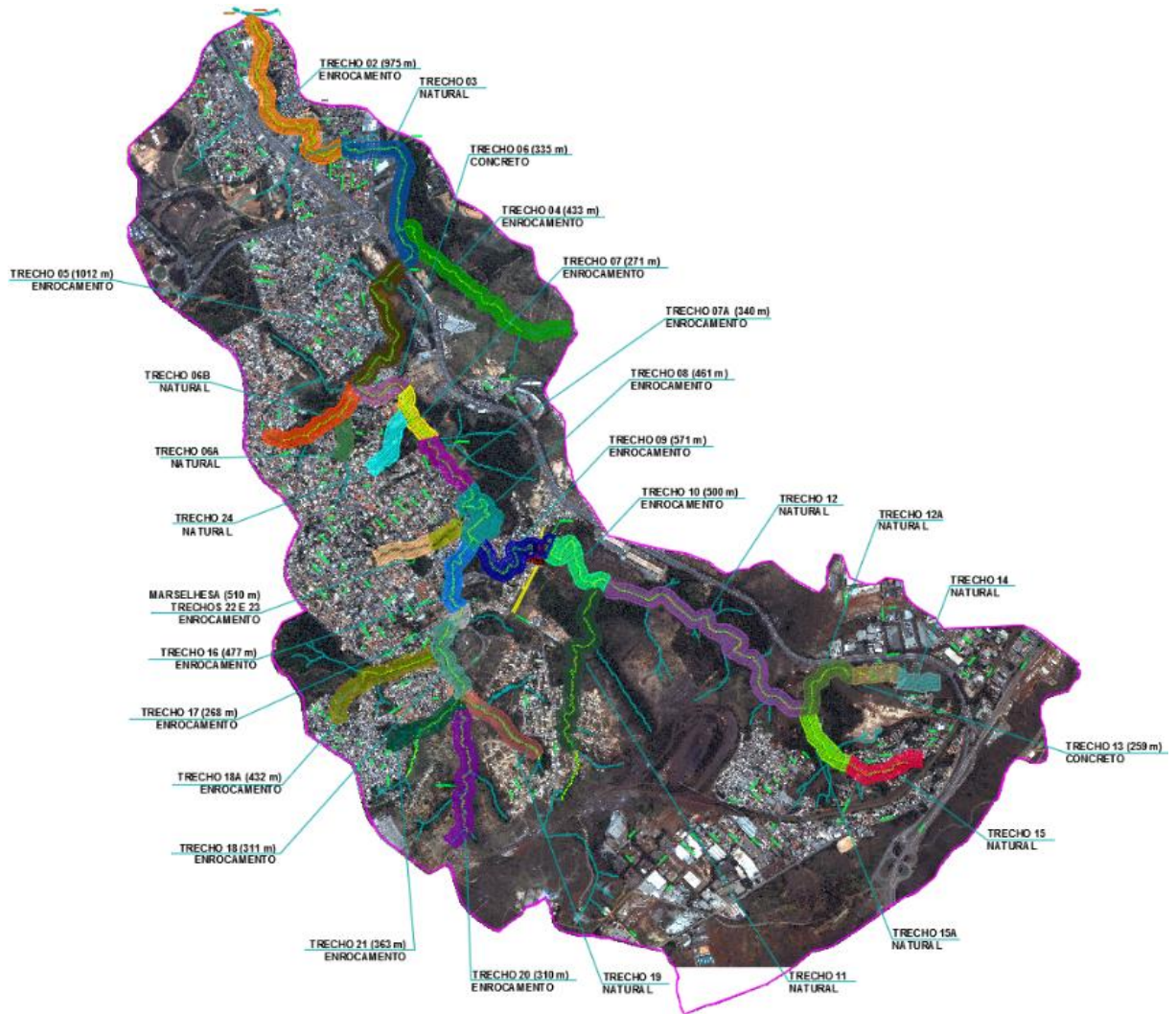


Figura 8-4: Córrego Bonsucesso - Características gerais dos trechos (Adaptado de Belo Horizonte, 2010b)

Apesar de possuir áreas bastante consolidadas, ao comparar as imagens da Figura 8-5 (2002) e Figura 8-6 (2011), pouco antes da implementação das intervenções nas calhas pelo Programa Drenurbs, percebe-se o avanço da ocupação urbana sobre as áreas próximas aos trechos 19, 20 e 21, à direita da vila Alto das Antenas.



Figura 8-5: Vista das bacias dos Córregos Bonsucesso (parte alta) e Olhos D'água em 2002
(Fonte Google Earth®)

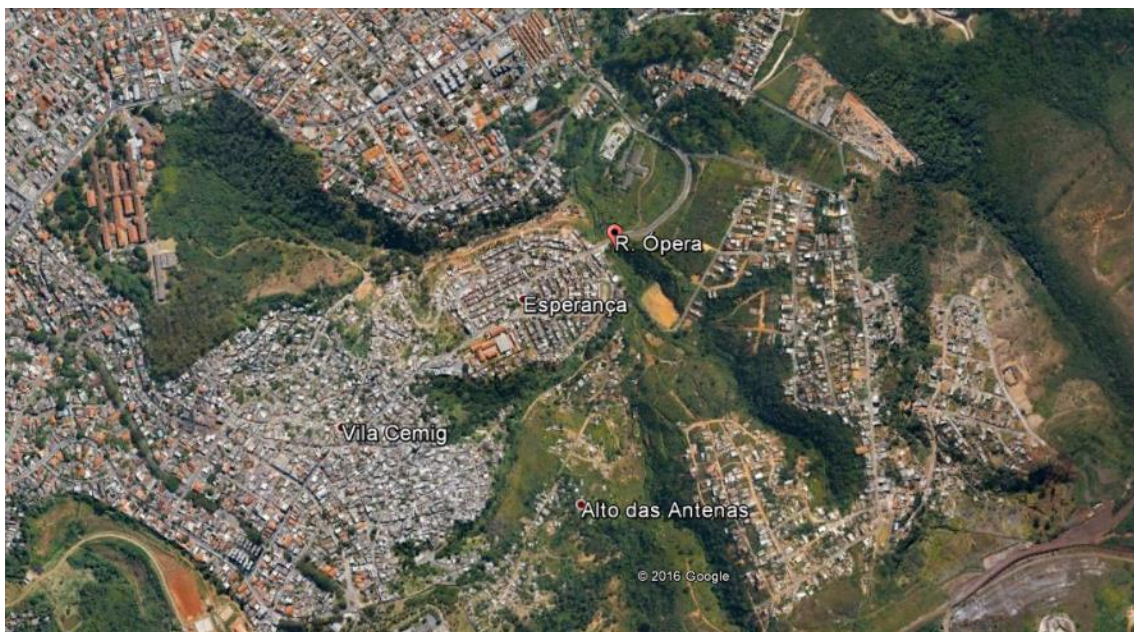


Figura 8-6: Vista das bacias dos Córregos Bonsucesso (parte alta) e Olhos D'água em 2011
(Fonte: Google Earth®)

Por outro lado áreas como bairro Araguaia e Bonsucesso, Figura 8-7 (2002) e Figura 8-8 (2011) já se encontravam bastante consolidados, não havendo alterações significativas nas imagens de satélite.

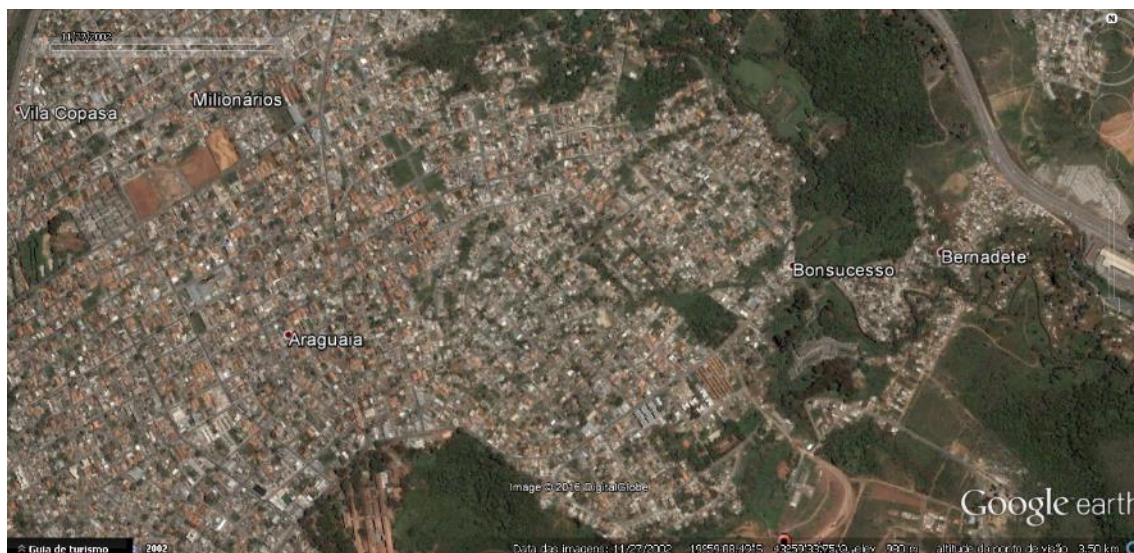


Figura 8-7: Vista da bacia do Córrego Bonsucesso (parte baixa) em 2002
(Fonte: Google Earth®)

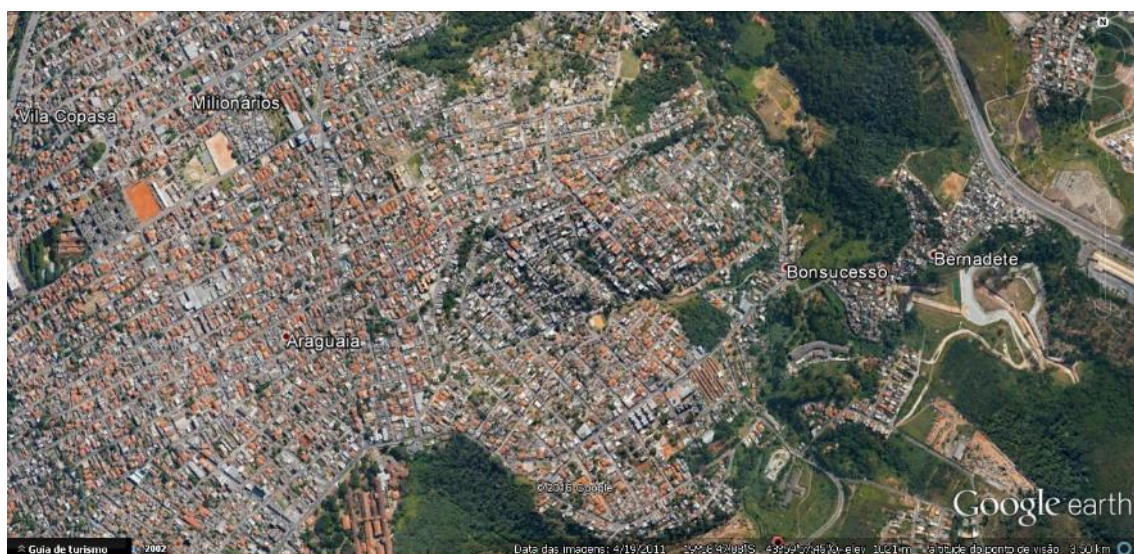


Figura 8-8: Vista da bacia do Córrego Bonsucesso (parte baixa) em 2011
(Fonte Google Earth®)

As análises foram feitas com base nos estudos do Diagnóstico Sanitário e Ambiental, (BELO HORIZONTE, 2002), projetos básicos e executivos do Programa Drenurbs, (BELO HORIZONTE, 2009a e 2009b), e levantamentos de campo, realizados em 3/8/2011 (após a construção da bacia de contenção e antes das intervenções nas calhas) e em 12/11/2015 após a execução da maior parte das intervenções nas calhas. As ações adotadas pela Prefeitura como solução aos problemas a serem apontados a seguir envolveram intervenções físicas consolidadas nos projetos básico e executivo, respaldadas pelo Diagnóstico Sanitário e Ambiental (BELO HORIZONTE, 2002) que se constituiu de uma avaliação socioeconômica e ambiental da bacia.

No Apêndice III são apresentadas plantas com levantamento feito à época da elaboração do projeto básico pelo Drenurbs que auxiliaram a estimativa dos indicadores deste estudo de caso, essas plantas referem-se à densidade populacional, coleta de resíduos sólidos, coleta de esgoto, estabilidade de margens, drenagem com indicação de pontos de inundação e estruturas hidráulicas insuficientes. Foram utilizadas ainda as cartas de inundação da bacia constantes do Anexo I e os mapas de compilação da Lei 7.166/96 de parcelamento, ocupação e uso do solo de Belo Horizonte (BELO HORIZONTE, 1996) que constam do Anexo II. A existência desses documentos agilizou a obtenção dos indicadores, mas não são imprescindíveis. Os indicadores, essencialmente qualitativos, podem ser estimados com levantamento de campo, inspeção física e obtenção de informações com moradores que residam a mais tempo na bacia.

8.2 Matriz DPSIR da Bacia do Córrego Bonsucesso

Esse item tem a finalidade de oferecer uma visão geral dos problemas da bacia antes da aplicação do SAD. Com base no diagnóstico realizado pela prefeitura para elaboração dos projetos do Drenurbs foi possível realizar uma avaliação global e detectar forças motrizes, pressões, estado e impactos sobre os serviços fluviais ou usos da bacia e relacioná-los às ações propostas, conforme representação na Figura 8-9.

Forças Motrizes

Dentre as forças motrizes de maior importância identificadas na bacia está a *urbanização* que em parte foi orientada pela lei de uso e ocupação do solo, mas havia presença significativa de assentamentos irregulares com pouca infraestrutura, como Vila Cemig, Vila Bernadete e Vila Alta Tensão. O sistema viário era precário, havendo áreas não atendidas pela coleta de resíduos sólidos, domicílios não interligados à rede de coleta de esgoto, tanto na área de ocupação irregular quanto na formalmente ocupada. Havia presença de alguma atividade comercial nas áreas residenciais, sendo mais expressiva no bairro Betânia, próximo à rua Úrsula Paulino. As margens de alguns trechos do Córrego Bonsucesso foram ocupadas por invasões, como por exemplo, na vila CEMIG e na Vila Bernadete. Já na altura do bairro Betânia as margens foram parceladas e ocupadas com um contribuinte em canal fechado, apesar de ter a nascente na área verde sob responsabilidade da Siderúrgica Vallourec. Na bacia existiam várias instalações industriais, com atividades ligadas à metalurgia como os Grupos Rima,

Belgo e Vallourec e à indústria de alimentos. Foi destacada também a existência de vias de transporte rodoviário, Anel Rodoviário de Belo Horizonte, BRs 262 e 040, e também uma linha ferroviária utilizada para transporte de minério, que deixavam a região da bacia do Olhos D'água desarticulada com o restante da bacia e da região do Barreiro. O principal acesso a essa área é feito pelo Anel, próximo a seu entroncamento com a BR-040, na ligação com a rua São Pedro da Aldeia.

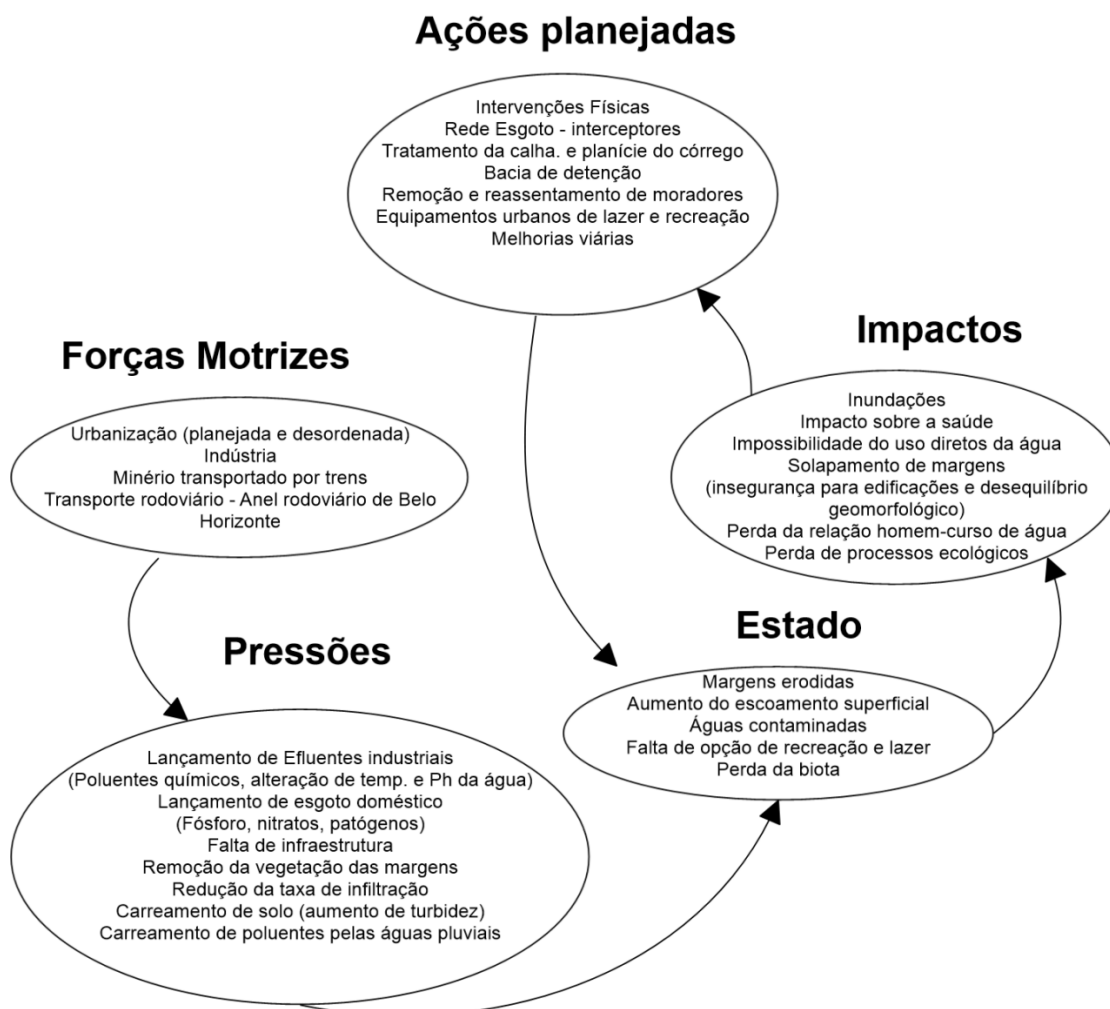


Figura 8-9: Matriz DPSIR do Córrego Bonsucesso

A bacia do Olhos D'água sofria impactos da mineração e do distrito Industrial, possuía assentamentos unifamiliares de padrão médio e baixo, compreendendo ainda a Vila Olhos D'água, mas possuía áreas verdes principalmente dentro da Siderúrgica Vallourec. Do lado oposto ao Distrito Industrial está o Bairro Pilar, que apresenta ocupação desordenada, com parte do arruamento irregular sugerindo um processo de invasões quando de sua formação. Nessa área a densidade de ocupação é maior que a da

extremidade sul da bacia, tendo em vista ser um assentamento mais consolidado, com ruas pavimentadas, porém desarticuladas.

Apesar de várias áreas com ocupação desordenada, a bacia possuía ainda áreas verdes preservadas, como aquelas localizadas nas áreas dos hospitais Eduardo de Menezes e Júlia Kubitschek, da Siderúrgica Vallourec e o Parque Jaques Costeau.

Pressões

Entre as pressões mais importantes sobre o sistema fluvial, seus serviços e usos, estavam lançamento de esgoto e resíduos sólidos nos córregos, deficiência do sistema viário com carreamento de sólidos e impermeabilização.

Lançamento de Esgoto nos córregos: o sistema de esgotamento sanitário existente à época da elaboração dos projetos para o Drenurbs na bacia do Córrego Bonsucesso era constituído apenas por redes coletoras que atendiam cerca de 65% de toda população da bacia, e interceptores com extensão insuficiente para receber os lançamentos da rede coletora já instalada. Essa deficiência ocasionava lançamentos de esgotos sanitários no sistema de drenagem ao longo de toda a bacia. A cidade formal possuía elevado índice de atendimento por redes coletoras de esgotos, entretanto, o atendimento era precário nas vilas e favelas. Conforme levantamento do diagnóstico feito, a rede coletora existente era de 65,1km, a extensão de ruas sem rede era de 3,4km e havia ainda uma área de 143,9ha em áreas de vilas e aglomerados onde não havia sequer vias para instalação das redes. À época dos estudos não havia tratamento do esgoto da bacia. Havia uma estação de tratamento de esgoto – ETE - em construção na bacia para tratamento do esgoto dos bairros Pilar e Olhos D'água, com localização prevista para as proximidades da junção dos dois principais braços do Córrego Olhos D'água. O restante da bacia carecia de interceptores que conduzissem o esgoto à ETE Arrudas.

Efluentes industriais: está localizado na bacia o distrito Industrial Olhos D'água, Estação da Cemig, a Siderúrgica Vallourec, a Belgo Mineira e outras indústrias menores, Tabela 8-2. A maior parte dessas indústrias são usuárias dos serviços da COPASA-MG, portanto, são abastecidas pela água e lançam seus efluentes na rede pública da COPASA-MG. Entretanto, existem algumas indústrias sem licenciamento ambiental e sem contrato com a COPASA-MG.

Tabela 8-2: Principais indústrias situadas na bacia do Córrego Bonsucesso
(Adaptado de Belo Horizonte, 2009a)

Nº	Indústria	Atividade
01	Siderúrgica Vallourec Av. Olinto Meireles, 65 - Barreiro	Siderurgia
02	Colortêxtil Participações Ltda. R. Barão de Monte Alto, 249 – Urucuia	Têxtil
03	Franco Matos Indústria e Comércio de Malhas Rua A, 91 – Distrito Industrial Vale do Jatobá	Têxtil
04	Madson Eletrometalúrgica Suggar R. Jerônimo Marcucci, 74 – Olhos D’água	Galvanoplastia
05	Belgo Mineira Bekaert Arames Av. Gal. David Sarnoff, 909 – Cid. Industrial	Metalurgia
06	Cia. Fiação e Tecelagem São Geraldo Av. Cardeal Eugênio Pacelli, 1.341 – Cid. Industrial	Têxtil
07	Fricon S/A – Frigorífico Industrial de Contagem Dr. Antônio Chagas Diniz, 555 – Cid. Industrial	Abatedouro
08	Pohlig Heckel do Brasil Indústria e Comércio Ltda. Rua Dr. Antônio de Carvalho Laje, 170 – Cid. Industrial	Mecânica

Lançamento de resíduos sólidos nos córregos: havia coleta domiciliar na parte com urbanização formal. Nas vilas e aglomerados, entretanto, havia ruas estreitas sem acesso para os caminhões da coleta, nesses locais a prefeitura demandava aos moradores que levassem o resíduo até as ruas próximas onde havia coleta. De acordo com levantamento feito para o programa Drenurbs, junto aos moradores da bacia, esses afirmaram que não havia adesão de todos e que alguns moradores lançavam os resíduos no córrego. Outro problema detectado foi o lançamento de entulhos de construção civil ao longo das margens. Os assentamentos formais possuíam varrição semanal, mas na ocupação informal somente os bairros Bonsucesso, Novo das Indústrias e Betânia eram atendidos por varrição.

Deficiência do sistema viário com carreamento de sólidos: havia problemas de interligação dos bairros da bacia, com malha viária desarticulada devido à ocupação desordenada, localização do Anel Rodoviário longitudinalmente ao córrego e existência da linha férrea que dividia dois bairros. Além disso, cerca de 5% das vias não eram revestidas e 15% não eram cadastradas ou não foram abertas, portanto, cerca de 20% das vias contribuía diretamente para o carreamento de sólidos para o córrego (BELO HORIZONTE, 2009a).

A *impermeabilização* da bacia gerou aumento do escoamento superficial e das vazões de pico, com existência de áreas inundáveis com impacto sobre sistema viário e residências, com placas informativas em alguns pontos, Figura 8-10. O Trecho 2 na confluência com o Ribeirão Arrudas era um desses locais de inundação devido ao afogamento do córrego pelas águas do Arrudas em eventos de cheia. A rua Marselhesa, Trechos 22 e 23, também era outra área de inundações como indicado na planta de drenagem do Apêndice III.



Figura 8-10: Placa indicativa de área sujeita a inundação em período chuvoso (3/8/2011)

Estado

A situação relatada nos estudos preliminares do Programa Drenurbs pôde ser comprovada na visita realizada em 3/8/2011, quando verificou-se a existência de processos erosivos avançados em determinados trechos, pontos com deposição de sedimentos, contaminação das águas por esgoto, e existência de resíduos nas margens, exemplificados na imagem do trecho da Figura 8-11. Havia também muitas residências sem acesso para os caminhões de coleta de resíduos sólidos, inexistência de áreas de recreação e lazer, e insuficiência da calha do córrego para as vazões de pico.



Figura 8-11: Imagens do Córrego Bonsucesso antes da intervenção (3/8/2011)

Impactos

O comprometimento da qualidade das águas do Córrego Bonsucesso foi indicado pelos estudos preliminares do Drenurbs como causador de impactos sobre a saúde da população, com base em análise de dados de número de internações por diarreia aguda, e das precárias condições sócio sanitárias da bacia. Os sistemas de drenagem apresentavam deficiência na microdrenagem que gerava alagamentos devido a limitações quanto à capacidade de engolimento de bocas de lobo, e as estruturas hidráulicas, em grande parte, possuíam capacidade para período de retorno de um a dois anos, o que explicou a ocorrência de inundações quase anual na bacia. Foram detectados quatro pontos críticos, e definida como solução a construção de bacias de contenção. Esses apontamentos técnicos foram reforçados por um trabalho de consulta aos moradores, feitos para o Programa Drenurbs, que indicaram os problemas e demandas das comunidades. Os principais apontamentos foram: lançamento de esgoto e de resíduos sólidos nos córregos, infraestrutura de saúde insatisfatória, infraestrutura local muito deficiente, quanto a vias, saneamento e áreas de lazer.

Ações

As ações planejadas pela prefeitura para execução no âmbito do programa foram: intervenções físicas como rede e interceptores de esgoto; tratamento dos fundos de vale;

implantação de bacias de contenção de cheias; remoção e reassentamento da população residente em áreas de risco ou em áreas onde seriam implantadas estruturas do programa; implantação de equipamentos de recreação e lazer; e melhoramento dos sistema viário. No item 8.7 é feito o detalhamento dessas intervenções.

8.3 Serviços fluviais prioritários

A partir dos estudos realizados pelo programa Drenurbs e dos dados do levantamento de campo pôde ser feita uma avaliação preliminar dos serviços fluviais mais vulneráveis na bacia de forma geral. O nível de degradação e contaminação do Córrego Bonsucesso inviabilizavam usos mais nobres, como abastecimento doméstico, irrigação e dessedentação de animais, que requerem padrões mais elevados de qualidade. Mesmo usos menos exigentes como paisagismo estavam prejudicados.

Serviços ecossistêmicos relacionados à segurança da população, saúde e bem estar encontravam-se bastante impactados, com pontos de inundação e contaminação das águas por esgoto e resíduos sólidos.

A população predominante da bacia era de classes média a baixa e os bairros possuíam poucos espaços de recreação e lazer, de maneira que configurava-se uma oportunidade de integração da solução de problemas relacionados à saúde e segurança com a oferta de opções de recreação e lazer.

Para definir quais os serviços fluviais mais importantes para a bacia, existentes a serem preservados, ou a serem recuperados ou introduzidos, as partes interessadas devem ser consultadas. Esses valores irão orientar a priorização dos trechos da bacia de acordo com a vulnerabilidade e relevância do serviço.

A seleção das pessoas a serem consultadas sobre os serviços fluviais prioritários partiu da ideia de trabalhar com os membros de comitê de bacia, que são a instância com legitimidade para promover essas discussões. Os membros representam os diversos setores interessados, entretanto, em conversa informal e preliminar com alguns membros de comitê, pode-se perceber que quando a bacia é muito extensa o conhecimento dos membros pode não alcançar a bacia como um todo. Geralmente os membros têm conhecimento sobre a região onde moram ou atuam profissionalmente.

O Comitê do Rio das Velhas possui um modelo de descentralização da gestão em subcomitês, o que faz com que os membros sejam mais próximos aos problemas da sua unidade territorial. Não restam dúvidas de que discutir as prioridades de intervenção na bacia do Córrego Bonsucesso no Subcomitê do Arrudas é mais adequado que discuti-las no comitê do Rio das Velhas, mas ainda pode ser difícil para os membros do Arrudas enxergarem as peculiaridades do Córrego e bacia do Bonsucesso. Pela lista de membros atuais do subcomitê percebe-se que não há representantes da sociedade civil da região do Bonsucesso, alguns membros estão ligados aos municípios vizinhos de Contagem e Sabará.

Como solução optou-se por fazer a consulta aos membros do subcomitê do Arrudas questionando a eles sobre os serviços prioritários na bacia do Arrudas, do qual eles têm uma melhor visão geral, e consultar também algumas lideranças comunitárias da bacia do Bonsucesso.

A hierarquização dos serviços fluviais foi obtida por meio de consulta realizada com aplicação do método “jogo de cartas” ou método Simos na sua forma tradicional presencial ou por e-mail, utilizando o formulário do Apêndice II. A listagem de serviços da Tabela 8-3 foi hierarquizada pelos informantes conforme Tabela 8-4.

Tabela 8-3: Rol de referência para definição dos serviços fluviais

Serviços ecossistêmicos ou usos fluviais	
(A)	Abastecimento público de água
(B)	Abastecimento de água para indústrias
(C)	Diluição de efluentes
(D)	Manutenção de fauna e flora
(E)	Manutenção de processos ecológicos
(F)	Manutenção de processos geomorfológicos
(G)	Manutenção da segurança da população
(H)	Manutenção da saúde e bem estar da população
(I)	Pesca
(J)	Navegação
(K)	Esportes aquáticos
(L)	Recreação e lazer
(M)	Contemplação e aspecto cênico ou paisagístico
(N)	Produção de energia
(O)	Agricultura (irrigação, manutenção da umidade e fertilidade do solo)
(P)	Dessedentação de animais/Pecuária

Tabela 8-4: Ordenação dos Serviços fluviais do mais relevante ao menos relevante pelos informantes consultados

Ordem de prioridade	Bonsucesso		Arrudas				
	P1 ¹⁵	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	F e H	D e P	H	H	H	M	C
2	C e G		G		G	L	E
3	E		M	E	C	H	F
4			C	M	E	G	D
5	M	E e M	D	L	D		H
6	L e D		E	G	M	C	B
7			F	D	L	B	
8	B	F	L	C		D	
9			A	F	F	F	
10			P		A		
11		H e L	O				
12			B				
13							
14		A			I		
15					K		
16		G			B		
17		I			N		
18		O			J		
19		N			O		
20		K			P		
21		B					
22		J					

Com a aplicação do método de Simos obteve-se os pesos por informantes listados na Tabela 8-5 e os pesos a serem utilizados nesta pesquisa, Tabela 8-6.

A partir dos pesos médios obtidos na Tabela 8-5 verifica-se que os serviços fluviais mais importantes na bacia foram manutenção da saúde e bem estar da população (0,152), manutenção de processos ecológicos (0,125), contemplação e aspecto cênico ou paisagístico (0,118), diluição de efluentes (0,116), manutenção da segurança da população (0,102), manutenção de fauna e flora (0,100), manutenção de processos geomorfológicos (0,098) e recreação e lazer (0,09). Portanto, na avaliação a ser realizada neste estudo serão considerados esses serviços para a priorização de áreas, com exceção do serviço de diluição de efluentes, que é o único não influenciado pelo melhor padrão de qualidade do curso de água. Entretanto, esse serviço deverá ser considerado como fator limitante de outros, pois a bacia recebe os efluentes da Estação de tratamento de Esgotos Olhos D'água, o que inicialmente não tem perspectiva de

¹⁵ P1, P2, ..., P7 – Código utilizado para resguardar a identidade das pessoas consultadas para definição dos pesos

alteração. Com a eliminação da diluição de efluentes, os pesos dos demais critérios foram normalizados em função da soma total dos pesos dos critérios considerados (0,785) e obtidos os pesos a serem considerados neste estudo, como indicado na Tabela 8-6 (Método da média ponderada) e Figura 8-12, e na Tabela 8-7 (Método Electre Tri).

Tabela 8-5: Ponderação final dos pesos pelo método de Simos

	Critério	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média
A	Abastecimento público de água	0	0,066	0,0513	0	0,068	0	0	0,026
B	Abastecimento de água para indústrias	0,017	0,015	0,0128	0	0,027	0,075	0,048	0,028
C	Diluição de efluentes	0,147	0	0,1154	0,054	0,109	0,100	0,286	0,116
D	Manutenção de fauna e flora	0,060	0,168	0,1026	0,081	0,095	0,050	0,143	0,100
E	Manutenção de processos ecológicos	0,121	0,135	0,0897	0,189	0,102	0	0,238	0,125
F	Manutenção de processos geomorfológicos	0,181	0,109	0,0769	0,027	0,075	0,025	0,190	0,098
G	Manutenção da segurança da população	0,147	0,051	0,1410	0,108	0,116	0,150	0	0,102
H	Manutenção da saúde e bem estar da população	0,181	0,091	0,1538	0,243	0,122	0,175	0,095	0,152
I	Pesca	0	0,044	0	0	0,041	0	0	0,012
J	Navegação	0	0,007	0	0	0,014	0	0	0,003
K	Esportes aquáticos	0	0,022	0	0	0,034	0	0	0,008
L	Recreação e lazer	0,060	0,091	0,0641	0,135	0,082	0,200	0	0,090
M	Contemplação e aspecto cênico ou paisagístico	0,086	0,135	0,1282	0,162	0,088	0,225	0	0,118
N	Produção de energia	0	0,029	0,0256	0	0,020	0	0	0,011
O	Agricultura (irrigação, manutenção da umidade e fertilidade do solo)	0	0,036	0	0	0,007	0	0	0,006
P	Dessedentação de animais/Pecuária	0	0,168	0,0385	0	0	0	0	0,029

Tabela 8-6: Serviços fluviais a serem considerados e os pesos antes e pós-normalização (método da média ponderada)

Serviços fluviais	Pesos	
	Geral	normalizado
manutenção da saúde e bem estar da população (H)	0,152	0,194
manutenção de processos ecológicos (E)	0,125	0,159
contemplação e aspecto cênico ou paisagístico (M)	0,118	0,150
manutenção da segurança da população (G)	0,102	0,130
manutenção de fauna e flora (D)	0,100	0,127
manutenção de processos geomorfológicos (F)	0,098	0,125
recreação e lazer (L)	0,090	0,115
soma	0,785	1,000

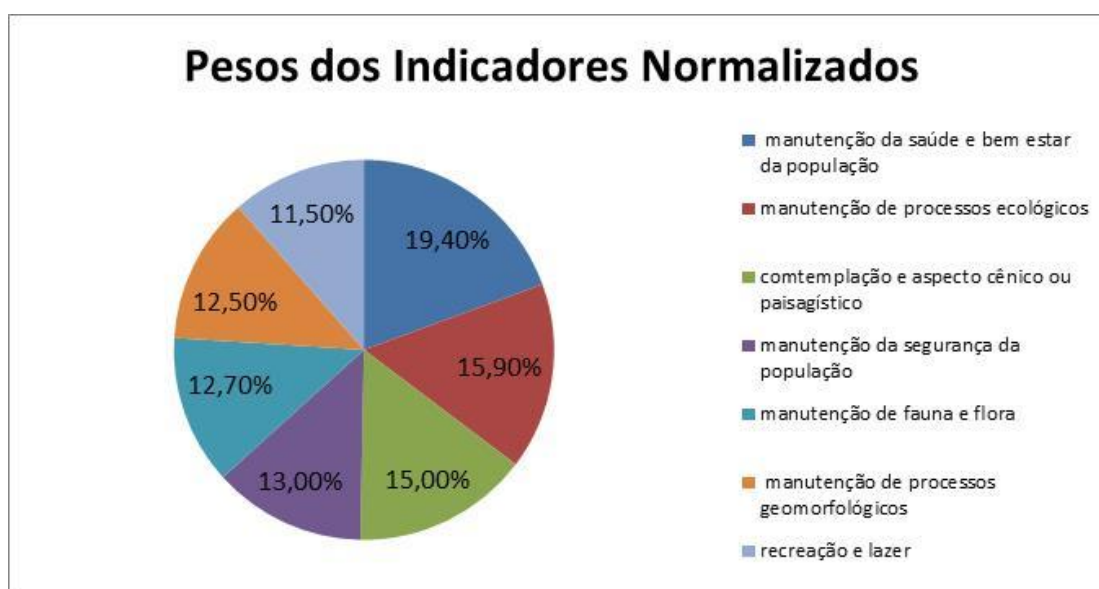


Figura 8-12: Pesos dos indicadores normalizados

Para a avaliação pelo método Electre Tri, *software* IRIS versão DEMO, havia limitação de 5 critérios, de maneira que foi necessário reduzir o número de critérios. Devido ao fato dos indicadores de manutenção de fauna e flora e de manutenção de processos ecológicos terem os mesmos subindicadores, e terem sido atribuídos os mesmos pesos decidiu-se agregar os indicadores de manutenção de fauna e flora e de manutenção de processos ecológicos. Os pesos relativos à relevância desses dois serviços fluviais para a bacia foram somados. Para atingir o limite de cinco critérios o indicador de recreação e lazer foi eliminado por ser o de menor valor entre os listados na Tabela 7-6. Assim, especificamente para o Electre Tri os pesos utilizados foram os listados na Tabela 8-7.

Os indicadores de manutenção de fauna e flora e de manutenção de processos ecológicos estão intimamente relacionados e as alterações de estado apresentaram a mesma relevância para ambos, de tal forma que a agregação mostrou-se adequada para o caso geral. Assim, para novas aplicações recomenda-se a agregação do indicador de manutenção de fauna e flora ao indicador manutenção de processos ecológicos, e sua priorização de forma conjunta em relação aos demais serviços fluviais.

Tabela 8-7: Serviços fluviais e pesos (Método Electre Tri)

Serviços fluviais	Pesos normalizado
manutenção da saúde e bem estar da população (H)	0,219
manutenção de processos ecológicos manutenção de fauna e flora (E)	0,323
contemplação e aspecto cênico ou paisagístico (M)	0,170
manutenção da segurança da população (G)	0,147
manutenção de processos geomorfológicos (F)	0,141
soma	1,000

Para aplicação do método Electre Tri foi necessária a redução do número de trechos avaliados para 20, eliminando-se aqueles cuja vulnerabilidade foi mais baixa na análise pela média ponderada, conforme se discute no item seguinte.

8.4 Subindicadores de estado

Os indicadores, Tabela 8-8, foram calculados a partir das informações disponíveis na documentação referente ao projeto básico e aos documentos iniciais do projeto executivo, em especial nos mapas adaptados e apresentados no Apêndice III, plantas de uso e ocupação do solo e manchas de inundação (Apêndice III), dados obtidos nas visitas de campo e imagens de satélite, obtidas do Google Earth 2011.

Tabela 8-8: Subindicadores de estado dos trechos - bacia do Córrego Bonsucesso

Trecho	Indicadores											
	I _{CAV}	I _{BF}	I _{EM}	I _{DL}	I _{CL}	I _{LF}	I _{OCB}	I _{OM}	I _{HR}	I _{CSS}	I _{VEE}	I _{OL}
2	0,75	0,74	0,75	0	0,5	0	0,2	1	1	0	0,75	1
3	0,25	0,5	1	0	0,75	0	0,3	0,8	-	0	0,75	1
4	0,75	0,75	0,5	0	0	0	0,1	0,1	-	0	0	1
5	0,75	0,75	1	0	0,75	0	0,1	0,6	-	0	0,75	1
6	1	1	0,5	0	0	0	0,3	0	-	0	0	1
6A	0,75	0,75	0,75	0	0	0	0,3	0	-	0	0	1
6B	0,25	0,5	0,75	0	0	0	0,2	0,6	-	0	0	1
7	0,25	0,5	0,25	0	0	0	0,3	1	1	0	0	1
7A	0,75	0,75	1	0	0,5	0	0,3	0	-	0	0,5	1
8	0,25	0,5	0,75	0	0,5	0	0,3	0	-	0,334	0,5	1
9	0,75	0,75	0,5	0	0	0	0,3	0	-	0,250	0	1
10	0,75	0,75	0,5	0	0	0	0,3	0,6	-	0,252	0	1
11	0,25	0,5	1	0	0	0	0,15	0	-	0,254	0	1
12	0,25	0,5	0,75	0	0	0	0,15	0	-	0,251	0	1
12A	0,25	0,5	0,5	0	0	0	0,3	0	-	0	0	1
13	1	1	1	1	0	1	0,3	0	-	0	0	1
14	0,75	0,75	1	0	0	0	0,3	0	-	0	0	1
15	0,75	0,75	1	0	0	0	0,3	0	-	0	0	1
15A	0,25	0,5	1	0	0	0	0,3	0	-	0	0	1
16	0,75	0,5	1	0	0,5	0	0,3	0,6	-	0,257	0,5	1
17	1	1	1	0	0,5	0	0,3	1	0,75	0,257	0,5	1
18	0,75	0,75	1	0	0	1	0,3	1	0,75	0	0	1
18A	0,75	0,75	0,5	1	0	0	0,3	1	1	0	0	1
19	0,5	0,5	0,25	0	0	0	0,2	1	0,75	0,252	0	1
20	0,75	0,75	1	0	0	0	0,2	1	0,75	0,252	0	1
21	0,75	0,75	0,5	0	0	0	0,2	1	0,75	0,255	0	1
22	0,75	0,75	0,5	0	0		0,3	1	0,75	0	0	1
23	0,75	0,75	0,5	0	0,75		0,3	1	0,75	0	1	1
24	0,25	0,5	0,25	0	0		0,3	0	-	0	0	1

Para o indicador de estabilidade de margens a planta apresentada no Apêndice III apresentava duas variáveis que permitiam a avaliação da suscetibilidade à erosão (1-alta, 2-média, 3-baixa) e a estabilidade (1-instável, 2-pouco estável, 3-estável). Na Tabela 8-9 são apresentadas as combinações de suscetibilidade à erosão e estabilidade que foram consideradas para estimar o indicador.

Tabela 8-9: Critérios para avaliação da perturbação da estabilidade de margens

Perturbação da estabilidade	Suscetibilidade a erosão	estabilidade
Muito alta	1	1
Alta	1	2
	2	1
Média	2	2
Baixa	2	3
	3	2
Ausente	3	3

Quanto ao indicador relativo aos serviços de saneamento, a estimativa considerou as plantas de cobertura por serviços de coleta de esgoto, coleta de resíduos e densidade

demográfica (Apêndice III). Levantou-se a área sem cobertura dentro de cada bacia de contribuição do trecho e a respectiva densidade demográfica. Com base nas informações do Diagnóstico Sanitário e Ambiental (BELO HORIZONTE, 2002) a cobertura por abastecimento de água foi considerada 100% e por tratamento de esgoto igual a 0%.

Para a vulnerabilidade das habitações ribeirinhas utilizou-se as plantas de uso e ocupação do solo do município, sendo consideradas vulneráveis as áreas inseridas nas zonas de interesse social – ZEIS (Apêndice III), que correspondem às áreas onde se localizam as ocupações irregulares com menor infraestrutura (vilas e favelas).

8.5 Indicadores de impacto sobre os serviços fluviais

Nas tabelas do Apêndice IV é apresentado o quadro com os dados de entrada e os valores obtidos na agregação dos subindicadores pelo método da média ponderada e na Tabela 8-10 o resumo com os valores obtidos para os indicadores de impacto sobre cada serviço fluvial avaliado.

Tabela 8-10: Indicadores de impacto sobre os serviços fluviais obtidos pelo método da média ponderada

Trecho	Indicador de Impacto					
	Manutenção de fauna e flora e de processos ecológicos	Manutenção de processos geomorfológicos	Manutenção da segurança da população	Manutenção da saúde e bem estar da população	Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Recreação e lazer
2	0,412	0,399	0,617	0,489	0,508	0,490
3	0,361	0,400	0,475	0,356	0,339	0,340
4	0,241	0,220	0,117	0,227	0,233	0,243
5	0,407	0,395	0,408	0,371	0,400	0,363
6	0,272	0,280	0,133	0,261	0,278	0,259
6A	0,248	0,255	0,175	0,245	0,250	0,250
6B	0,234	0,230	0,258	0,248	0,233	0,270
7	0,356	0,297	0,536	0,442	0,444	0,500
7A	0,337	0,330	0,300	0,306	0,315	0,287
8	0,263	0,252	0,295	0,276	0,241	0,259
9	0,272	0,247	0,244	0,298	0,250	0,259
10	0,339	0,307	0,261	0,308	0,317	0,326
11	0,234	0,207	0,220	0,229	0,223	0,250
12	0,206	0,182	0,178	0,214	0,195	0,232
12A	0,189	0,172	0,161	0,208	0,167	0,213
13	0,578	0,530	0,217	0,412	0,556	0,333
14	0,411	0,380	0,217	0,321	0,389	0,269
15	0,300	0,280	0,217	0,261	0,278	0,269

Trecho	Indicador de Impacto					
	Manutenção de fauna e flora e de processos ecológicos	Manutenção de processos geomorfológicos	Manutenção da segurança da população	Manutenção da saúde e bem estar da população	Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Recreação e lazer
15A	0,217	0,205	0,217	0,215	0,194	0,222
16	0,404	0,382	0,345	0,323	0,382	0,373
17	0,532	0,497	0,620	0,519	0,593	0,538
18	0,522	0,480	0,508	0,480	0,583	0,463
18A	0,467	0,430	0,467	0,473	0,556	0,491
19	0,293	0,262	0,395	0,361	0,361	0,408
20	0,432	0,387	0,520	0,437	0,500	0,491
21	0,376	0,337	0,437	0,407	0,445	0,454
22	0,356	0,330	0,425	0,389	0,417	0,426
23	0,411	0,405	0,592	0,480	0,472	0,454
24	0,133	0,130	0,092	0,170	0,111	0,167

A comparação dos resultados por serviço fluvial e trechos pode ser melhor visualizada no gráfico da Figura 8-13, no qual alguns trechos se destacam por terem indicadores de impacto sensivelmente menores que os demais, para todos os indicadores, como os Trechos 24, 4, 15A, 11, 12 e 12A, que são trechos mais preservados.

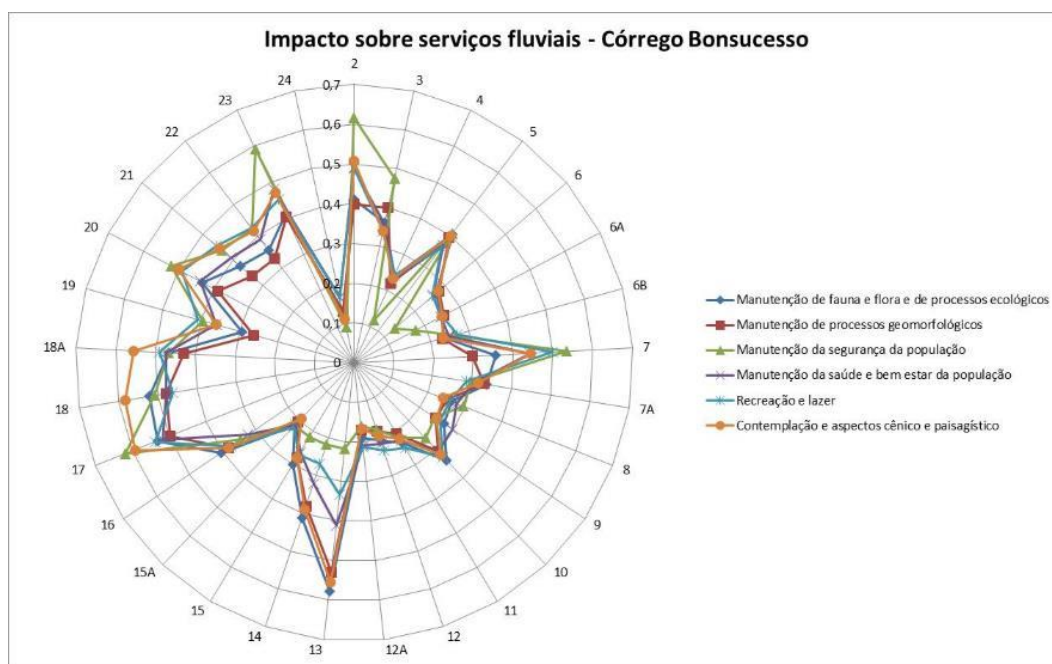


Figura 8-13: Impacto sobre serviços fluviais por trechos

Para melhor visualização da variação de cada impacto sobre os trechos avaliados o gráfico da Figura 8-13 foi desmembrado nos gráficos da Figura 8-14, Figura 8-15, Figura 8-18, Figura 8-23, Figura 8-22 e Figura 8-23 em função do serviço fluvial

avaliado. Na Figura 8-14 é possível perceber que os impactos sobre os serviços de recreação e lazer são mais pronunciados nos trechos 17, 18A, 20, 2, e 7, podendo se representar essa avaliação pelo mapa da Figura 8-16. Já quanto à manutenção da saúde e bem estar da população os trechos 17, 23 e 2 se destacaram, Figura 8-15, mapa de impacto na Figura 8-17.

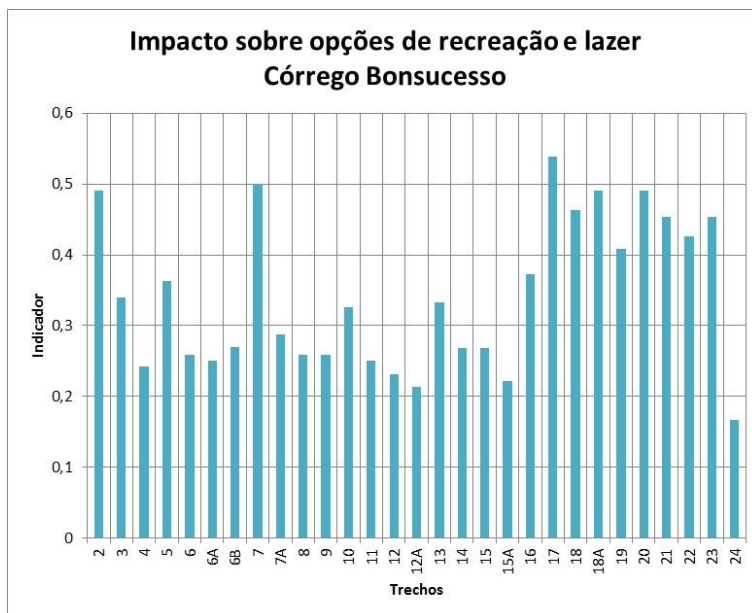


Figura 8-14: Avaliação quanto a opções de recreação e lazer por trecho

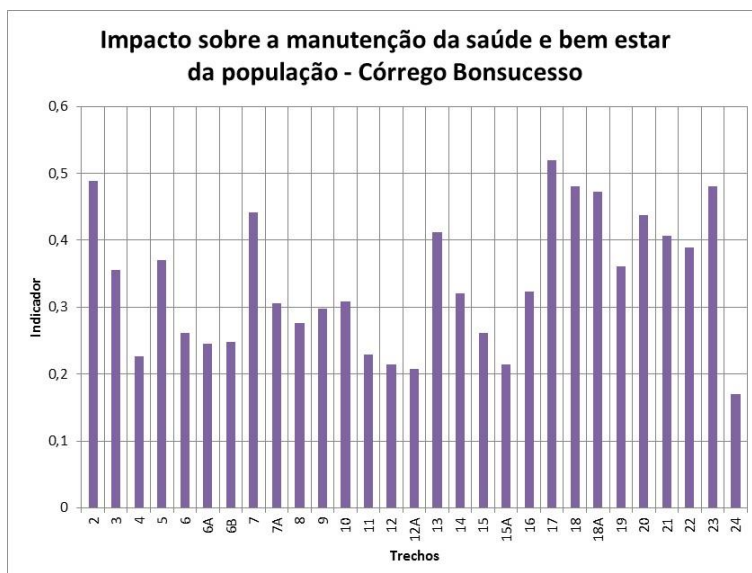


Figura 8-15: Avaliação quanto a manutenção da saúde e bem estar da população por trecho

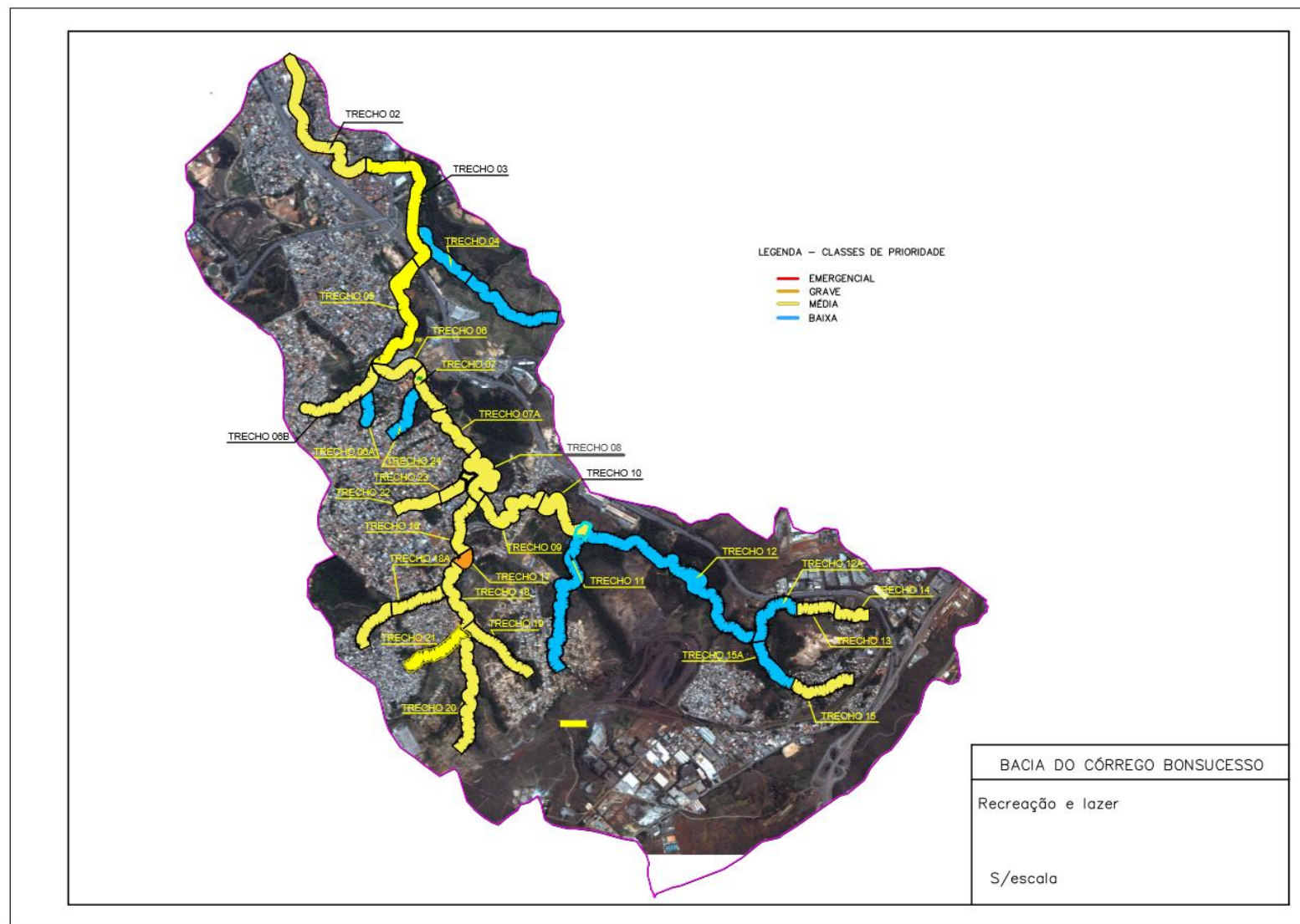


Figura 8-16: Mapa de impacto sobre opções de recreação e lazer

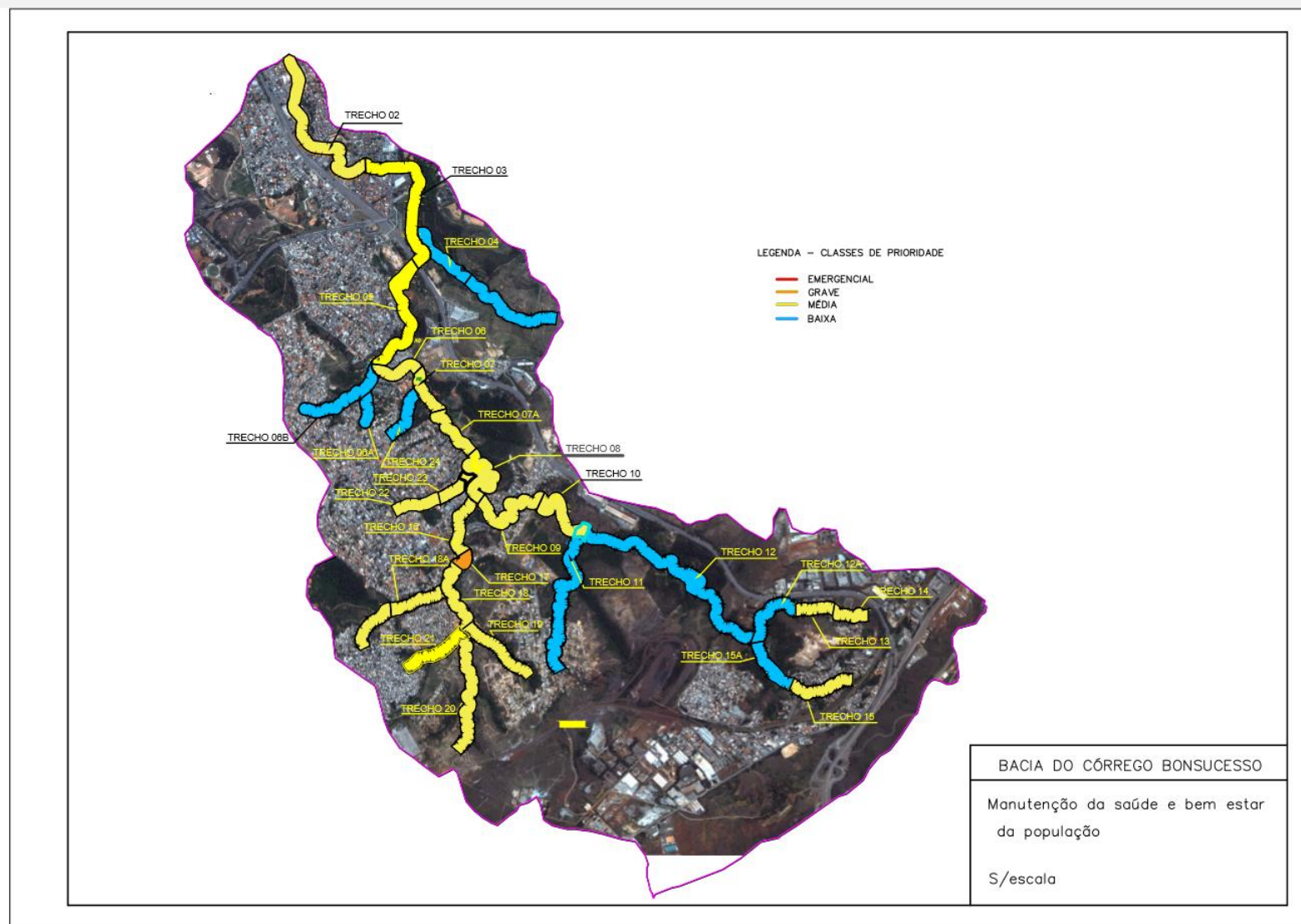


Figura 8-17: Mapa de impacto sobre a manutenção da saúde e bem estar da população

Esses mesmos trechos, 17, 23 e 2, também demonstraram maiores impactos quanto à segurança da população, gráfico da Figura 8-18 e mapa de impacto na Figura 8-20.

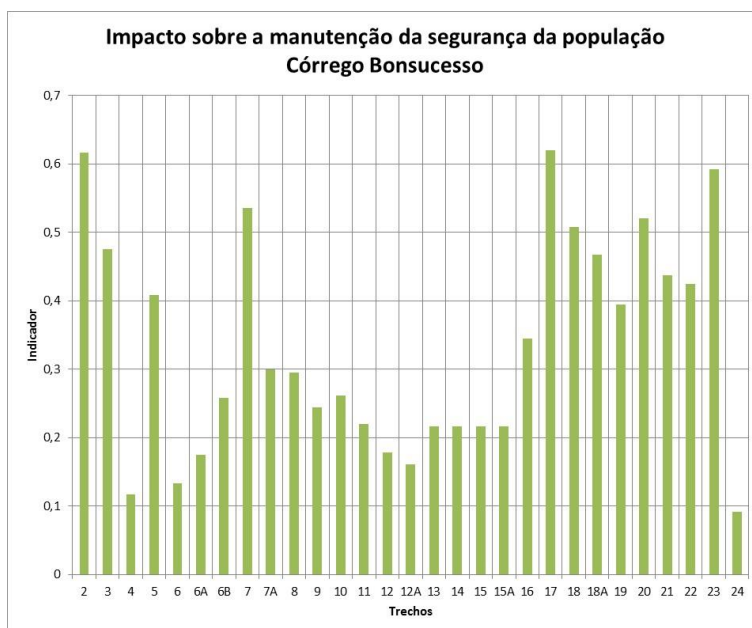


Figura 8-18: Avaliação quanto a manutenção da segurança da população por trecho

O impacto sobre a integração paisagística e aspectos cênicos se destacaram mais nos trechos 2, 13, 17, 18 e 18A, Figura 8-19, e mapa de impacto da Figura 8-21

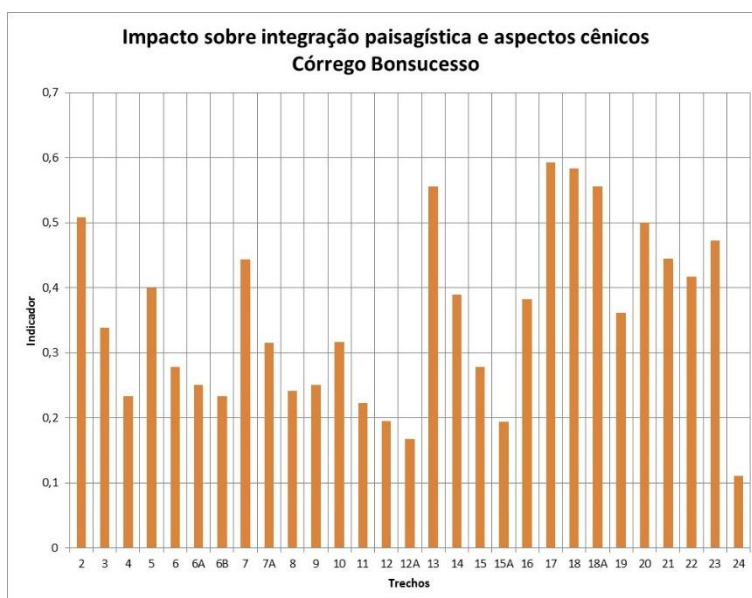


Figura 8-19: Avaliação quanto a integração paisagística e aspectos cênicos por trecho

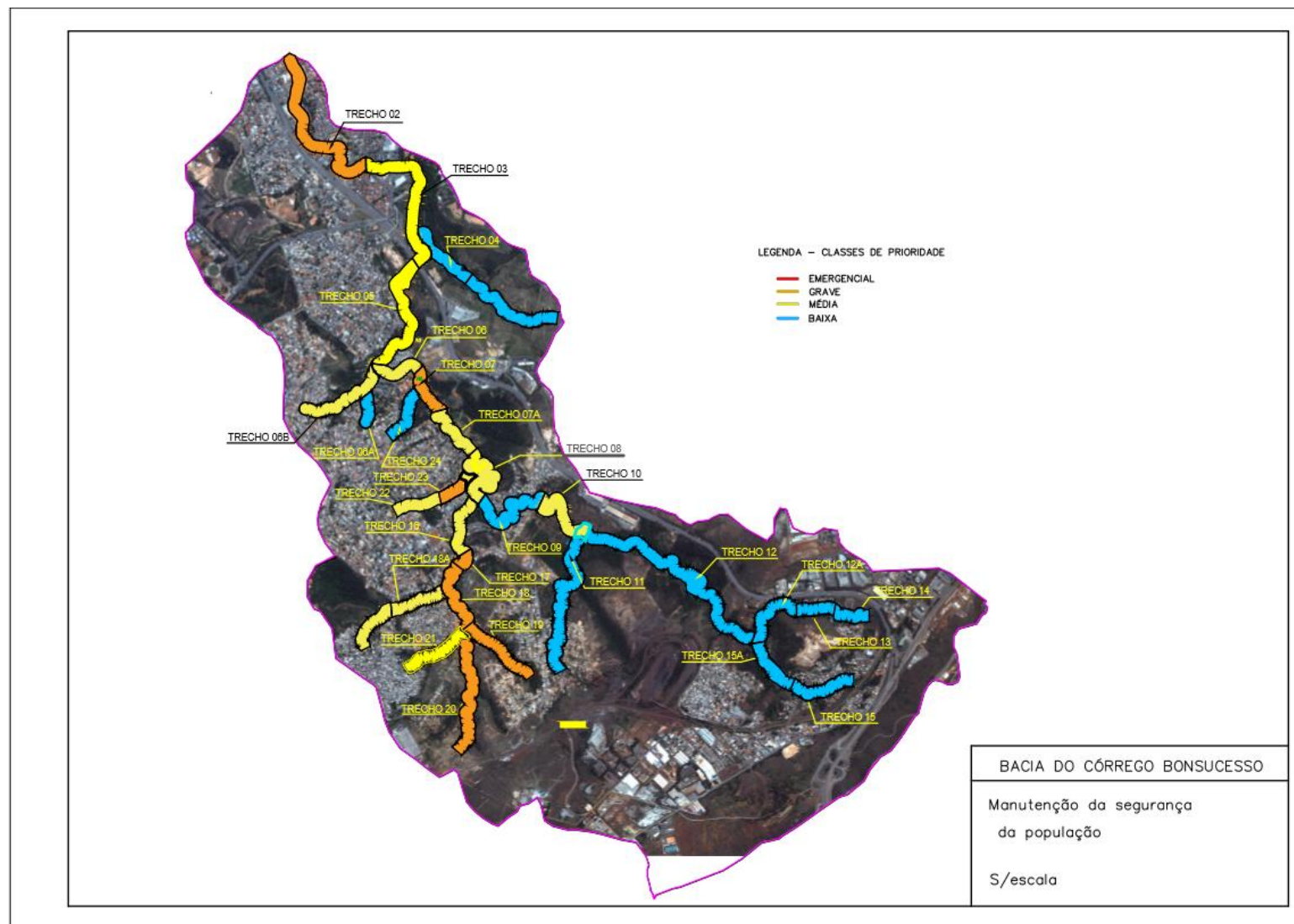


Figura 8-20: Avaliação quanto a manutenção da segurança da população por trecho

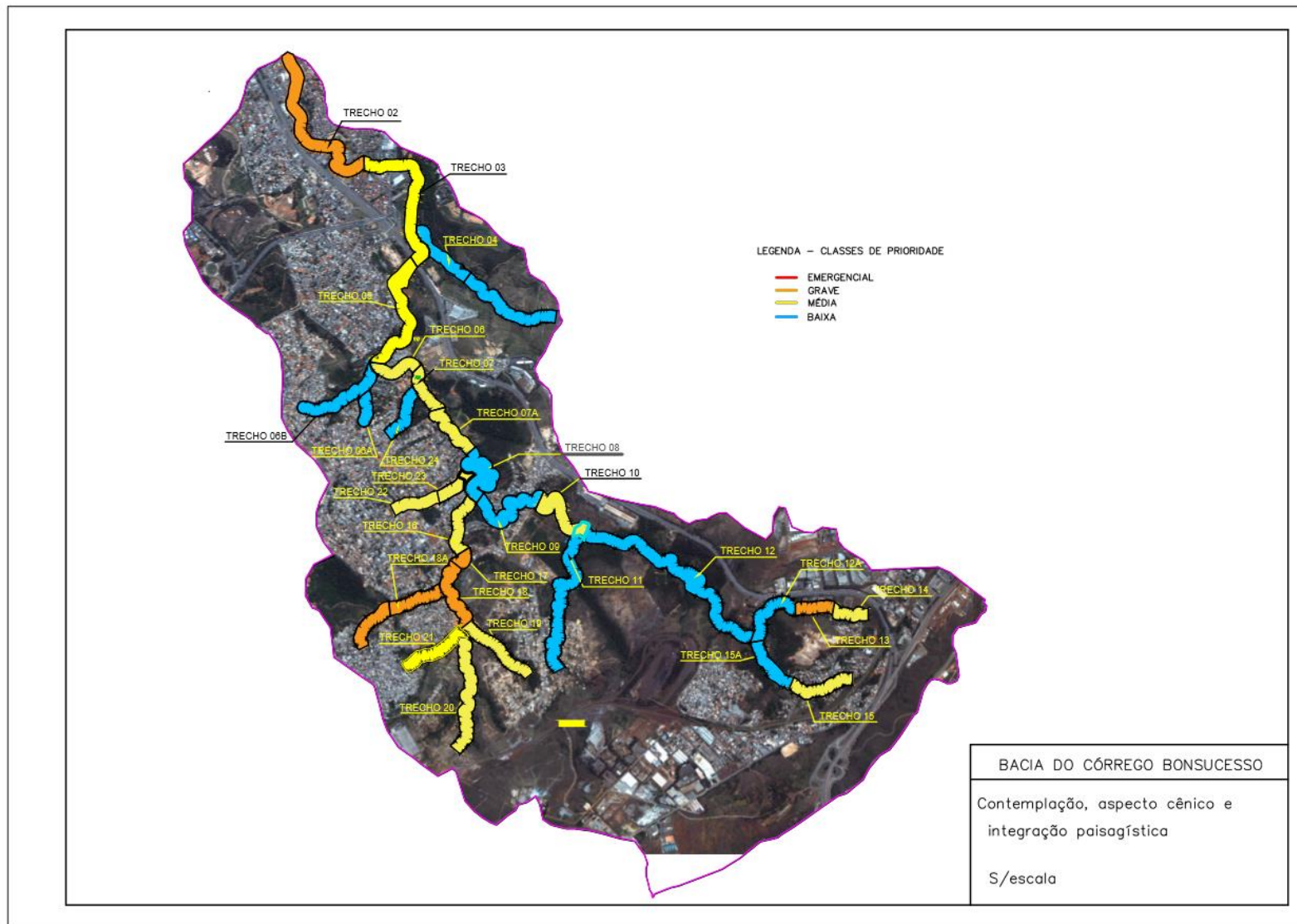


Figura 8-21: Mapa de impacto sobre contemplação, aspectos cênicos e integração paisagística

Na avaliação da manutenção de processos geomorfológicos, Figura 8-22, e de fauna, flora e processos ecológicos, Figura 8-23, o comportamento foi similar, o que era esperado, já que esses critérios possuem relação direta. O trecho 13 foi o mais impactado, seguido pelos trechos 17 e 18, mapas de impacto na Figura 8-24, manutenção de processos geomorfológicos, e Figura 8-25., manutenção de fauna, flora e processos ecológicos.

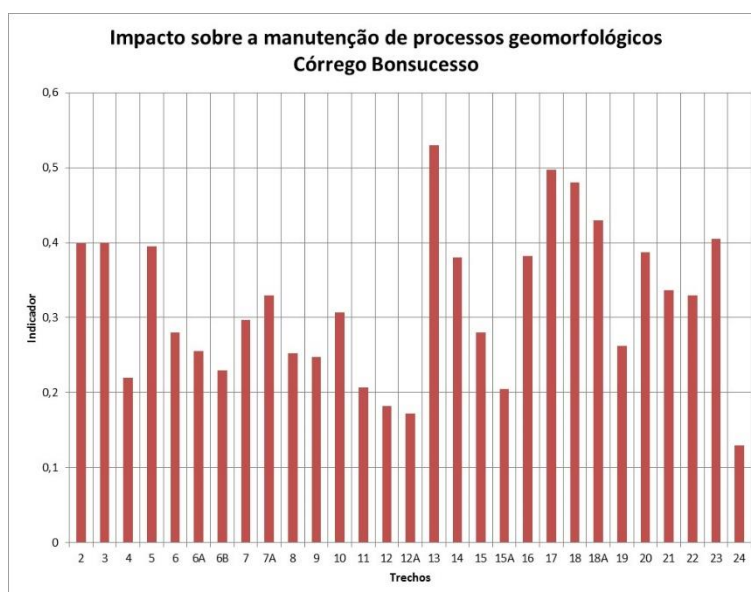


Figura 8-22: Avaliação quanto a manutenção de processos geomorfológicos por trecho

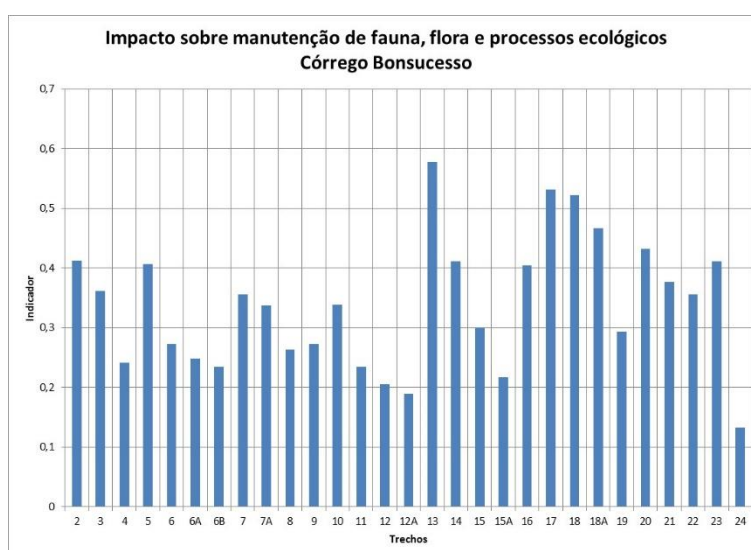


Figura 8-23: Avaliação quanto a manutenção de fauna, flora e processos ecológicos por trecho

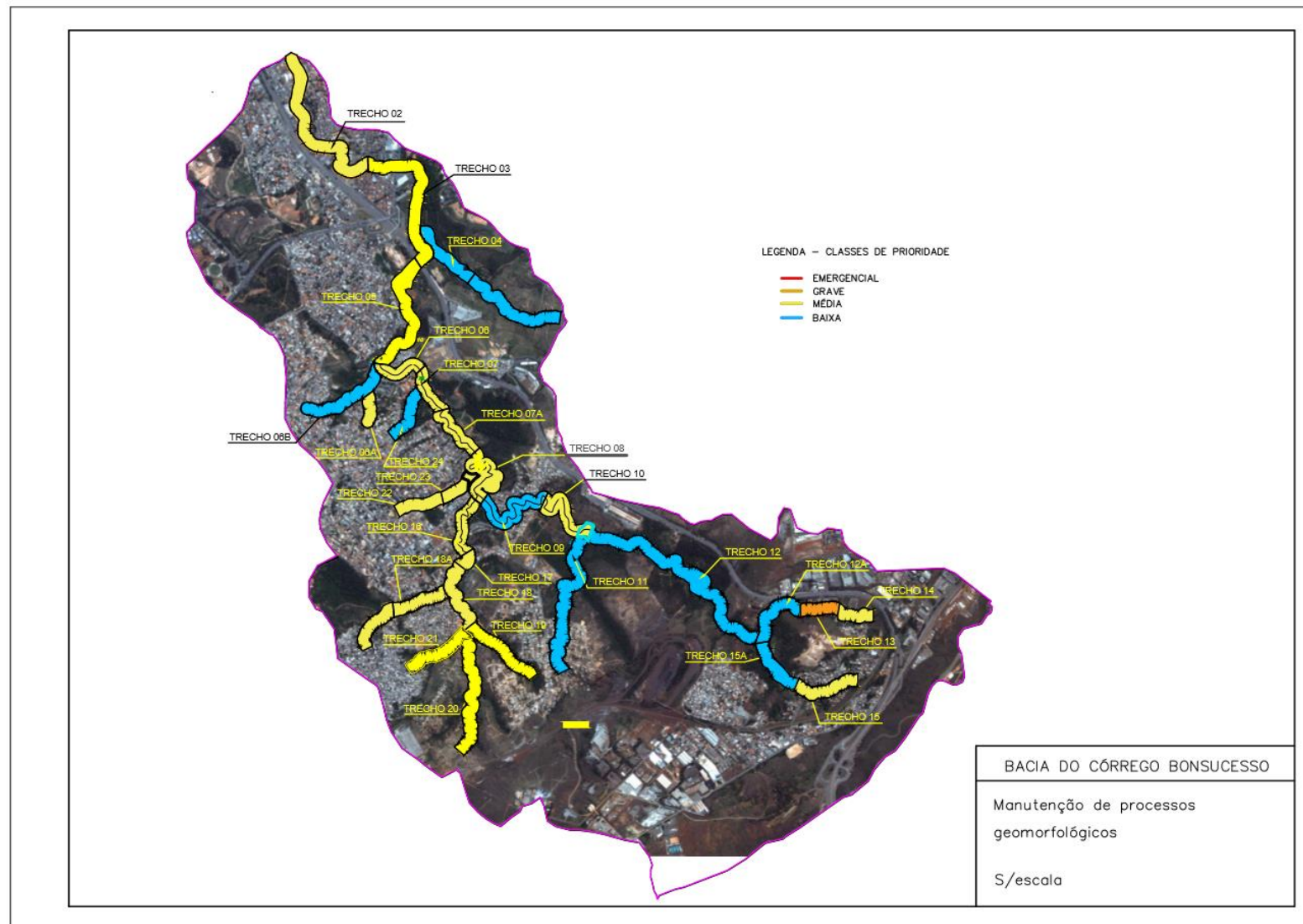


Figura 8-24: Mapa de impacto sobre a manutenção de processos geomorfológicos

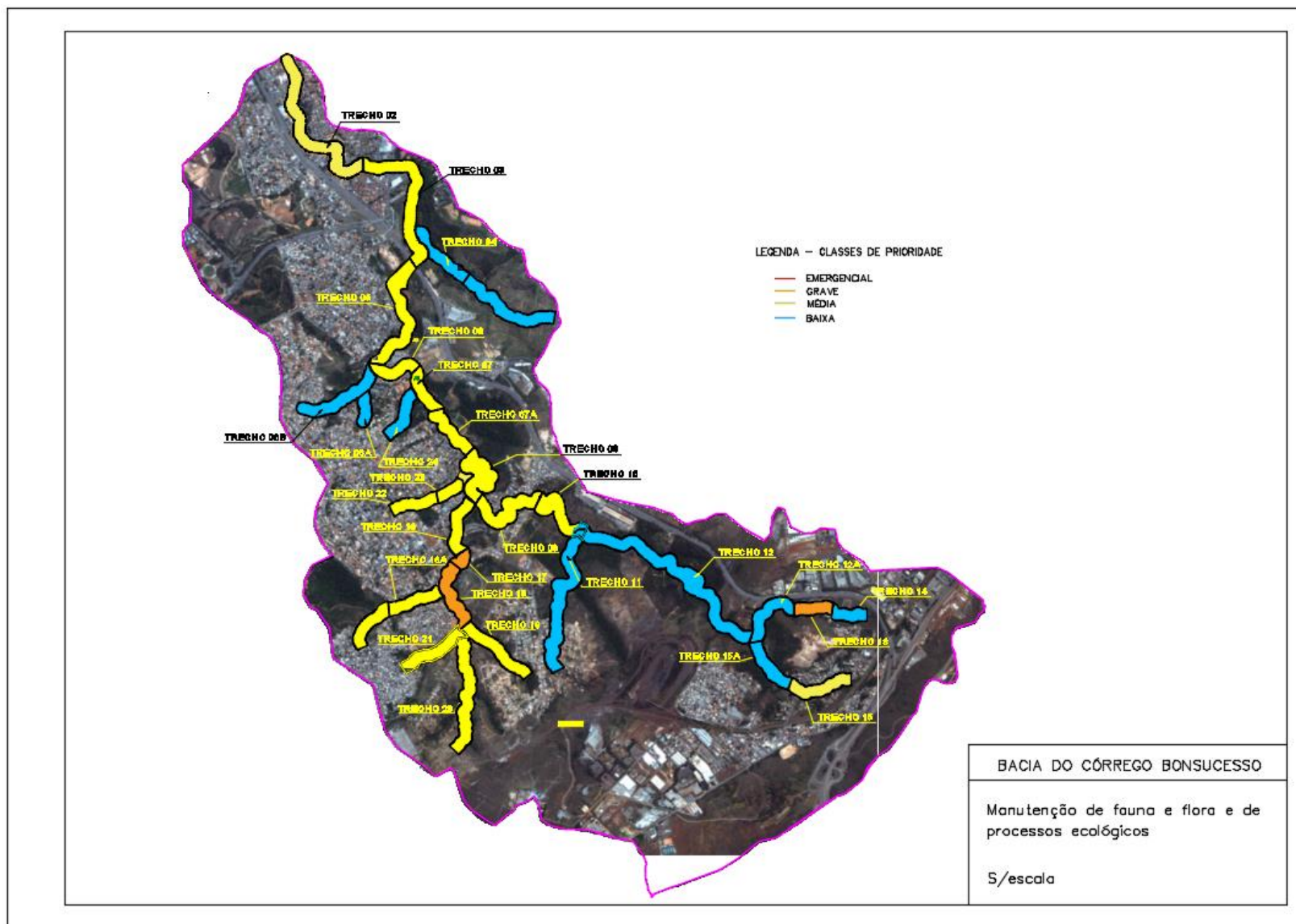


Figura 8-25: Mapa de impacto sobre a manutenção de fauna, flora e processos ecológicos

Na Tabela 8-11 os trechos são apresentados ordenados e classificados de acordo com a agregação dos indicadores de impacto sobre os serviços fluviais pelo método da média ponderada e pelo método Electre Tri (saídas do Electre Tri no Apêndice V).

Tabela 8-11: Indicadores de impacto sobre os serviços fluviais obtidos pelo método da média ponderada

Trecho	Indicador de Impacto sobre Serviços Fluviais (Média Ponderada)	Vulnerabilidade (Média ponderada)	Vulnerabilidade (Electre Tri)
17	0,547	grave	grave
18	0,509	grave	grave*
18A	0,479	média	média
2	0,475	média	grave*
23	0,461	média	média
13	0,461	média	grave*
20	0,456	média	média
7	0,418	média	média
21	0,404	média	média
5	0,393	média	média
22	0,385	média	média
3	0,374	média	média
16	0,371	média	média
14	0,345	média	média**
19	0,339	média	média
7A	0,316	média	média
10	0,314	média	média
15	0,272	média	média**
9	0,266	média	média
8	0,265	média	média
6	0,260	média	média**
6B	0,248	baixa	média**
6A	0,246	baixa	média**
11	0,228	baixa	baixa
4	0,219	baixa	baixa
15A	0,212	baixa	baixa
12	0,202	baixa	baixa
12A	0,186	baixa	baixa
24	0,135	baixa	baixa

O método Electre Tri indicou para os trechos destacados a possibilidade de serem classificados em categoria de menor vulnerabilidade. Conforme Apêndice V, a cor verde escuro daquela saída indica forte indicação, e a cor verde clara fraca indicação. Então:

* Forte indicação para classificação grave, mas com possibilidade de ser classificado como média vulnerabilidade;

** Forte indicação para classificação média vulnerabilidade, mas com possibilidade de ser classificado como baixa vulnerabilidade.

Devido à limitação do *software* IRIS versão DEMO de aplicação do método Electre Tri em vinte alternativas, ou neste estudo 20 trechos, a avaliação foi feita em duas etapas sequenciais com 20 e 9 trechos, conforme saídas do Apêndice V.

Conforme pode ser verificado na Tabela 8-11 de forma geral houve convergência entre os resultados obtidos com a agregação pela média ponderada e pelo Electre Tri. As quatro divergências encontradas: (a) trechos T2 e T13, grave pelo Electre tri e média pela média ponderada, poderiam ser classificados como média vulnerabilidade no Electre Tri, conforme indicação em cor verde clara (Apêndice V); e (b) trechos T6A e T6B, classificados com média vulnerabilidade pelo Electre Tri e baixa vulnerabilidade pela média ponderada, poderiam ser classificados como baixa vulnerabilidade no Electre Tri, conforme indicação em cor verde clara (Apêndice V); A planta da Figura 8-26 representa a classificação dos trechos na bacia.

Deve-se ressaltar ainda que a avaliação e o suporte à decisão pelo método da média ponderada contribuiu mais para a discussão da priorização dentro de uma mesma classe de prioridades, como no caso da média prioridade, na qual foram classificados mais de quinze trechos. O valor obtido da agregação dos indicadores de impacto sobre os serviços fluviais foi um parâmetro importante para essa comparação, o que não ocorreu na aplicação do Electre Tri que fornece a classificação em categorias. Por outro lado o Electre Tri fornece certa medida de incerteza quando indica que um trecho possui classificação recomendada para a categoria indicada com a cor verde escuro, mas que há possibilidade de classificá-la também na categoria indicada com a cor verde claro (porém como indicação fraca). Uma alternativa para aplicação do Electre Tri, que poderia aumentar esse poder de análise seria aumentar o número de categorias de classificação.

A avaliação dos gráficos e mapas de cada serviço fluvial, Figura 8-13 a Figura 8-25, contribui para a melhor compreensão da situação de cada trecho e pode auxiliar a discussão entre analistas e comunidade, onde a maioria dos participantes conhecem a bacia, mas não participaram das avaliações efetuadas pelo analista. A apresentação desses gráficos contribui para a discussão e definição final das prioridades.

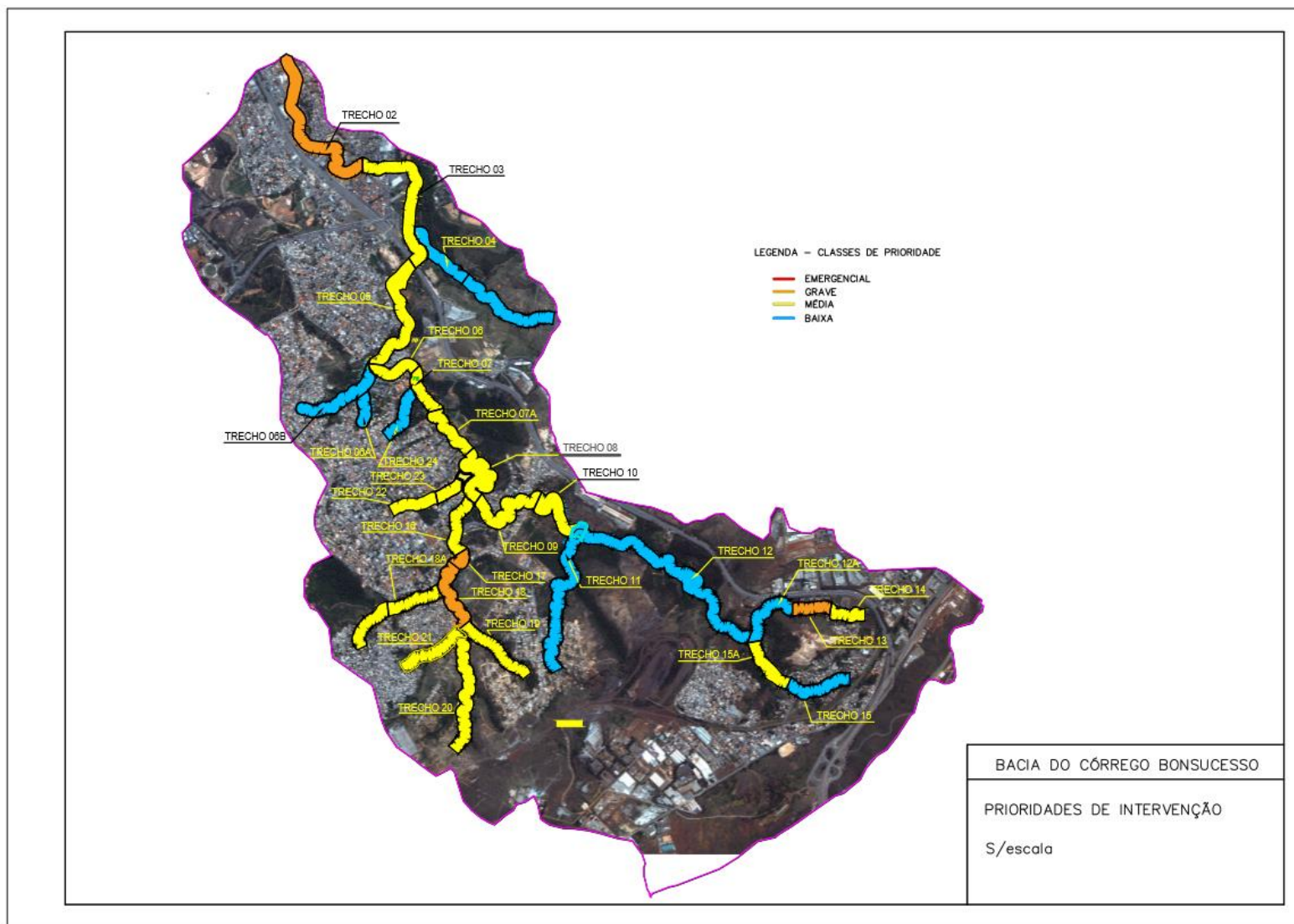


Figura 8-26: Priorização de áreas após a agregação dos indicadores de impacto sobre serviços fluviais

8.6 Avaliação dos cenários de desenvolvimento

Quanto aos cenários de desenvolvimento da bacia, o principal fator identificado como força motriz geradora de impacto sobre os serviços fluviais está a expansão urbana da região. As fotos de satélite da Figura 8-5 (2002) e da Figura 8-6 (2011) indicaram o crescimento da expansão urbana sobre o território onde estão inseridos os trechos T19, T20 e T21. A

Tabela 8-12 indica o zoneamento correspondente a cada trecho, com maior interesse sobre a Zona de Adensamento Preferencial – ZAP que tem ocupação incentivada, T4 e T3, entretanto, pelas imagens do Google Earth essa área encontra-se consolidada.

Tabela 8-12: Avaliação das zonas de uso e ocupação do solo e vetor de crescimento

Trecho	Zona	Vetor de crescimento	Trechos de jusante
2	ZAP	Area de adensamento preferencial já consolidada	-
3	ZP1-ZPAM-ZAP	Area de adensamento preferencial já consolidada	T2
4	ZPAM-ZAR2 (AEIS)	Ocupação pressionando a ZPAM	T2, T3
5	ZEIS1-ZEIS3-ZAR2		
6	ZEIS3-ZAR2		
6A	ZAR2		
6B	ZAR2		
7	ZPAM-ZAR2		
7A	ZPAM-ZAR2		
8	ZPAM-ZAR2		
9	ZEIS1		
10	ZPAM-ZAR2		
11	ZAR2 (AEIS)- ZPAM		
12	ZPAM		
12A	ZPAM		
13	ZAR2-AEIS		
14	ZAR2		
15	ZAR2		
15A	ZPAM-ZAR		
16	ZAR2-ZP1- ZPAM		
17	ZAR2- ZPAM		
18	ZP1-ZEIS3		
18A	ZAR2-ZEIS1-ZP1- ZPAM		
19	ZP1	Ocupação desordenada	T18, T17, T16, T8, T7A, T7, T6, T5, T3, T2
20	ZP1	Ocupação desordenada	
21	ZEIS3	Ocupação desordenada	
22	ZAR2		
23	ZAR2		
24	ZAR2		

As Zonas de Proteção Ambiental – ZPAM também foram objeto de avaliação quanto à pressão de ocupações irregulares, sendo identificada a pressão sobre a área do parque Jaques Costeau no Trecho T4 pela Área de Interesse Social - AEIS. Entretanto, T4 foi classificada como baixa vulnerabilidade, uma reclassificação o posicionaria como média vulnerabilidade. Optou-se por não reclassificá-la já que mesmo assim ela não estaria entre os trechos prioritários. Mas como conclusão do estudo de caso recomenda-se maior atenção para a proteção da área do parque no limite com a AEIS no Trecho 4.

A avaliação feita sugere a necessidade de maior atenção sobre essas áreas que foram classificadas com média prioridade, T20 – 0,456; T19 – 0,339; e T21 – 0,404 (indicador de impacto sobre os serviços fluviais, Tabela 7.10). Os valores do indicador de impacto sobre os serviços fluviais já indicavam, entre os trechos classificados com média prioridade, que T20 e T21 teriam maior prioridade, o que associado à pressão da expansão urbana e o fato de estarem nas cabeceiras os coloca como candidatos a reclassificação como grave de forma que a classificação foi alterada para a configuração da Figura 8-27.

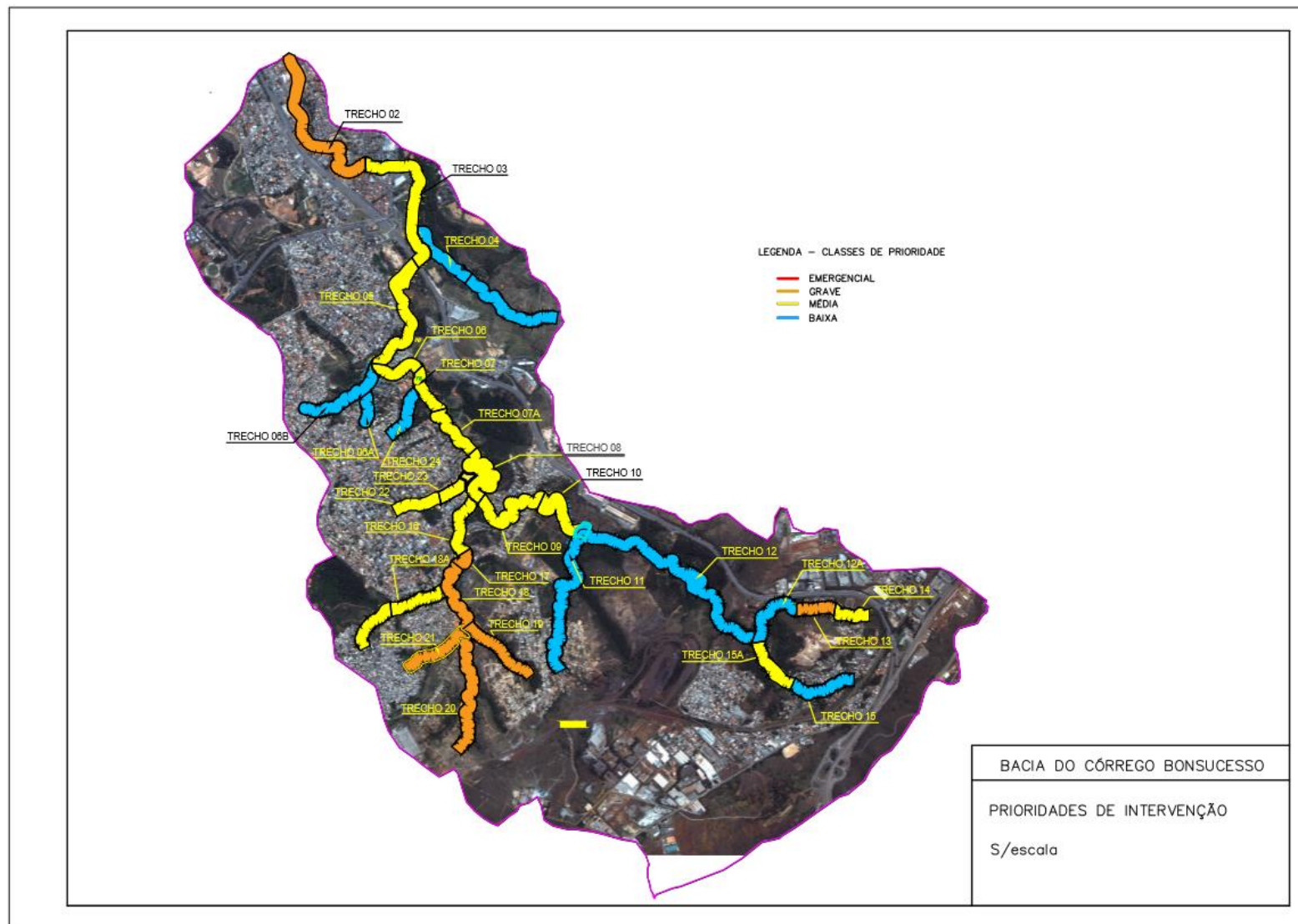


Figura 8-27: Priorização de áreas final

8.7 Escolhas feitas pelo Programa Drenurbs

O programa definiu as ações a serem implementadas no âmbito do programa, mas apenas parte dessas ações foi implementada como passa-se a discorrer nos parágrafos seguintes.

Calha do curso de água – o programa previa o revestimento da calha da maior parte do curso de água com enrocamento arrumado em extensões que estavam em leito natural, com exceção do Córrego Olhos D'Água e de um dos três braços das cabeceiras do Bonsucesso que não sofreriam intervenções. Dessa maneira foi adotada uma solução única com a artificialização da seção do canal e restrição quanto à dinâmica geomorfológica do córrego, inclusive em trechos de montante, onde os processos erosivos não eram tão acentuados.

Controle de inundações – Foram previstas duas bacias de contenção, com remoção e reassentamento da população que estava nas áreas de risco de inundação e na área de construção da bacia de contenção; melhoria do sistema viário no seu entorno; e implantação de equipamentos de lazer e recreação.

Esgotamento sanitário – Foram previstas três linhas de ação, uma incluída no programa Drenurbs que correspondia à área de ocupação regular não incluída nos projetos da COPASA (Companhia de Saneamento do Estado). Outra ação em áreas de vilas e aglomerados, sob responsabilidade da URBEL, e a terceira englobaria as ações já planejadas pela COPASA. O problema relacionado à falta de tratamento seria solucionado com a finalização da construção da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE - Olhos D'Água e a construção dos interceptores conduzindo o esgoto a essa estação e à ETE Arrudas. Neste ponto ressalta-se que as áreas com problemas mais graves quanto ao esgotamento sanitário eram as vilas e aglomerados, que foram excluídas desse programa, e deixadas a cargo da URBEL.

Sistema viário – Foram previstas melhorias no sistema viário, no entorno da barragem e em outros locais para melhor integração dos bairros e acesso de caminhões de coleta de resíduos, e pavimentação de vias. A implantação de áreas de uso social e paisagismo foi prevista no entorno da barragem, em praças e nas margens do curso de água, que teriam uma faixa de proteção para acesso de veículos e equipe de manutenção.

Resíduos sólidos – As melhorias do sistema viário e campanhas de educação ambiental seriam os principais meios de incrementar a coleta de resíduos.

Ações Executadas e estado do curso de água após as obras

Na visita realizada em 3/8/2011 uma das bacias de contenção havia sido concluída, entretanto, os equipamentos de recreação e lazer previstos no programa não foram implantados, com situação inalterada na visita de 12/11/2015, Figura 8-28.



Figura 8-28: Córrego Bonsucesso, Bacia de Contenção – Vista geral em 12/11/2015 - não há equipamentos de lazer

A solução projetada em enrocamento foi alterada para canal trapezoidal em gabião tipo colchão. Os problemas de inundação não voltaram a ocorrer após a execução das obras. Pela Figura 8-29 a) e b) verifica-se que o problema de processos erosivos nas margens foi solucionado, entretanto, houve perda dos processos dinâmicos da geomorfologia fluvial, com a rígida contenção das margens.



a) margens erodidas

b) após intervenção em gabião tipo manta

Figura 8-29: Córrego Bonsucesso, (a) antes do programa e (b) após o programa

Outro aspecto importante a ser ressaltado é o impacto na paisagem, o que contrariou uma das premissas do programa que era a integração paisagística. Em nenhum dos trechos executados, até a visita de 12/11/2015, havia implantação de equipamento de recreação e lazer. As alterações no sistema viário se restringiram à área da barragem, tendo sido verificado com moradores e líderes comunitários em 12/11/2015 que a falta de acesso à coleta de resíduos manteve-se inalterada.

O relatório de monitoramento da qualidade das águas do Programa de março/2012, (BELO HORIZONTE, 2012) apresenta a avaliação das águas da bacia no período de 4/2008 a 2/2012, ou seja, antes e durante as obras. O relatório confirma a avaliação qualitativa feita no campo de que a contaminação por esgoto não foi solucionada, Figura 8-30 e Figura 8-31. Foram estabelecidos quatro pontos de monitoramento, E1 no Córrego Olhos D'Água, e os pontos E2, E3 e E4 no Córrego Bonsucesso. Os valores da DBO nos quatro pontos de monitoramento estiveram durante todo esse período acima do valor exigido pela legislação local que é 5mg/L, exceção feita em duas das dez avaliações feitas para o ponto E1. Os valores em mg/L para as amostras de Fev/2012 foram E1=3,3, E2=64,2, E3=26 e E4=21,1 mg/L. O índice de qualidade das águas - IQA - avalia sua qualidade na seguinte escala: excelente; boa; média; ruim; e muito ruim. Com exceção da estação E1 localizada no Córrego Olhos D'Água, trecho que está contido em sua maior parte em uma área verde mais preservada, que apresentou qualidade boa para 56% medições, em todos os outros pontos de monitoramento a qualidade da água foi considerada ruim a muito ruim para mais de 75% das medições.



a)Afluentes do Córrego Bonsucesso (3/8/2011)

b)Mesmo ponto, não houve intervenção (12/11/2015). Cor da água sugere aumento de lançamento de esgoto

Figura 8-30: Confluência do Córrego Bonsucesso, trecho mais a montante, 2011/2015



Figura 8-31: Trecho em gabião, lançamentos de esgoto direto das casas das margens

Ainda com base no mesmo relatório, quanto aos sedimentos no período de abril de 2008 a fevereiro de 2012 os valores obtidos nos pontos monitorados, E1, E2, E3 e E4 para sólidos dissolvidos e sólidos suspensos atenderam aos limites máximos de 500mg/L e 100mg/L, respectivamente, estabelecidos pela DN Conjunta N° 1/08 do COPAM/CERH – MG (MINAS GERAIS, 2008). A exceção se deu para as avaliações de sólidos suspensos em dezembro de 2009 para todas as estações e em julho de 2010 para estação E3, que superaram 100mg/l. O relatório de monitoramento apontou como causa para o aumento de sólidos suspensos em dezembro de 2009 a execução das obras e que após esse período os valores voltaram aos níveis anteriores em conformidade com a legislação.

Apesar do atendimento aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação, quanto aos processos geomorfológicos houve alteração no transporte de sedimentos. Como o canal teve sua seção artificializada com retificações, houve restrição quanto à movimentação natural das margens e aumento da velocidade de escoamento, com alteração em alguns pontos onde havia deposição de sedimentos antes da obra que foram eliminados. As imagens da Figura 8-32 demonstram um trecho imediatamente à montante do bueiro em frente ao Hospital Eduardo de Menezes, onde havia deposição de sedimentos em agosto de 2011 e em novembro de 2015 não existia mais.



c) deposição de sedimentos (3/8/2011)

d) após intervenção não há mais deposição de sedimentos (12/11/2015)

Figura 8-32: Córrego Bonsucesso Próximo ao Hospital Eduardo de Menezes

De acordo com informação obtida da gerência do Programa Drenurbs em setembro de 2016 a implantação do Programa pode ser dividida em duas etapas. A primeira etapa constituiu-se da realocação de moradores que estavam em áreas de risco de inundação ou de interferência com os projetos, que foi concretizada com a construção de três conjuntos residenciais em 2009. Foram executadas ainda as redes coletoras de esgoto dos bairros Hosana e Liberdade e a bacia de contenção de cheias, essa última concluída em 2010.

A etapa 2 foi custeada com recursos de um contrato de empréstimo assinado em 2013 entre a prefeitura e o Banco Interamericano de Desenvolvimento com - BID – e contrapartida da prefeitura e recursos do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC – com ações a serem implementadas em cinco anos. Essas ações contemplavam intervenções na calha do córrego executados nos trechos 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 16 e 18, Figura 8-33. Os trechos 22 e 23, assim como obras de esgotamento sanitário (interceptores, rede coletora e ligações domiciliares) no restante da bacia, ainda não foram executadas e encontram-se em processo de licitação.

Observa-se que dos sete trechos mais prioritários segundo o SAD desenvolvido, 2, 13, 17 e 18 acrescidos pelos trechos 19, 20 e 21 de média prioridade, mas sob maior pressão pela expansão urbana, três foram priorizados pelo Programa e já foram executados (2, 17, 18). Entre os trechos executados estão os trechos 6, 8 e 9, que se enquadram em categorias de menor prioridade pelo SAD.

Destaca-se a atenção dada pela prefeitura a trechos mais degradados e onde ocorriam os eventos de inundação mais frequentes, enquanto os trechos sob maior pressão, 19, 20 e 21 não estão entre as prioridades do Programa.

Percebe-se que a priorização de áreas feita pelo programa poderia ser mais sistêmica, com vistas a evitar a degradação de trechos sob forte pressão e que gerariam gastos ainda maiores no futuro, assim como potencializariam as demais intervenções feitas.

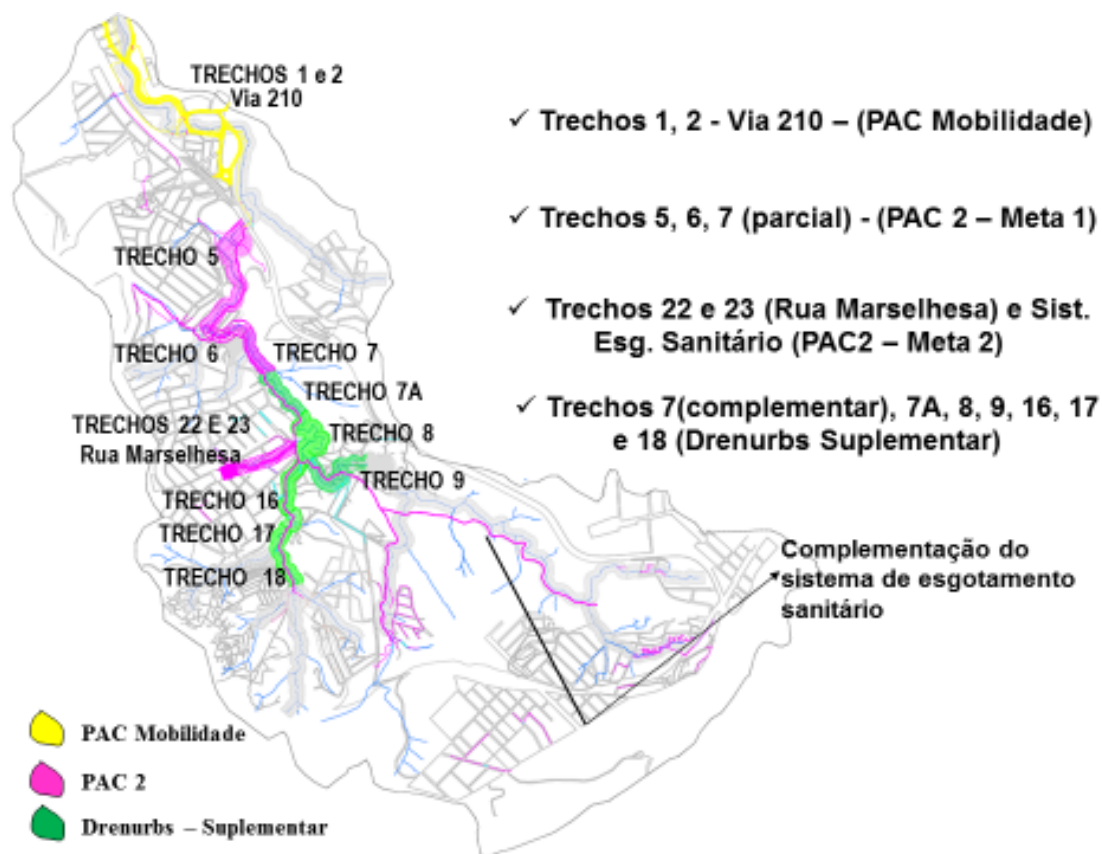


Figura 8-33: Trechos executados ou em fase de contratação pelo Drenurbs (Fonte: Belo Horizonte, 2016)

8.8 Avaliação das alternativas de projeto

8.8.1 Trechos estudados

Nesta pesquisa o objetivo do estudo de caso para avaliação de alternativas (Etapa II do SAD) é testar a sistemática de Evangelista (2011) utilizando o método Electre III e comparar os resultados com os obtidos naquele estudo, que utilizou metodologia multicriterial associando TOPSIS-Pareto. Por isso foram mantidos os mesmos trechos e as mesmas alternativas de projeto avaliados por Evangelista (2011), entretanto a sistemática pode ser aplicada a maior número de alternativas e trechos.

A Figura 8-34 apresenta os tipos de intervenções adotadas para cada trecho do curso de água. Os trechos que serão objeto da avaliação de alternativas de projeto são: 16, 17, 18,

18A, 20 e 21. O trecho 19 não será objeto do estudo de caso por não ter previsão de intervenções em seu curso.

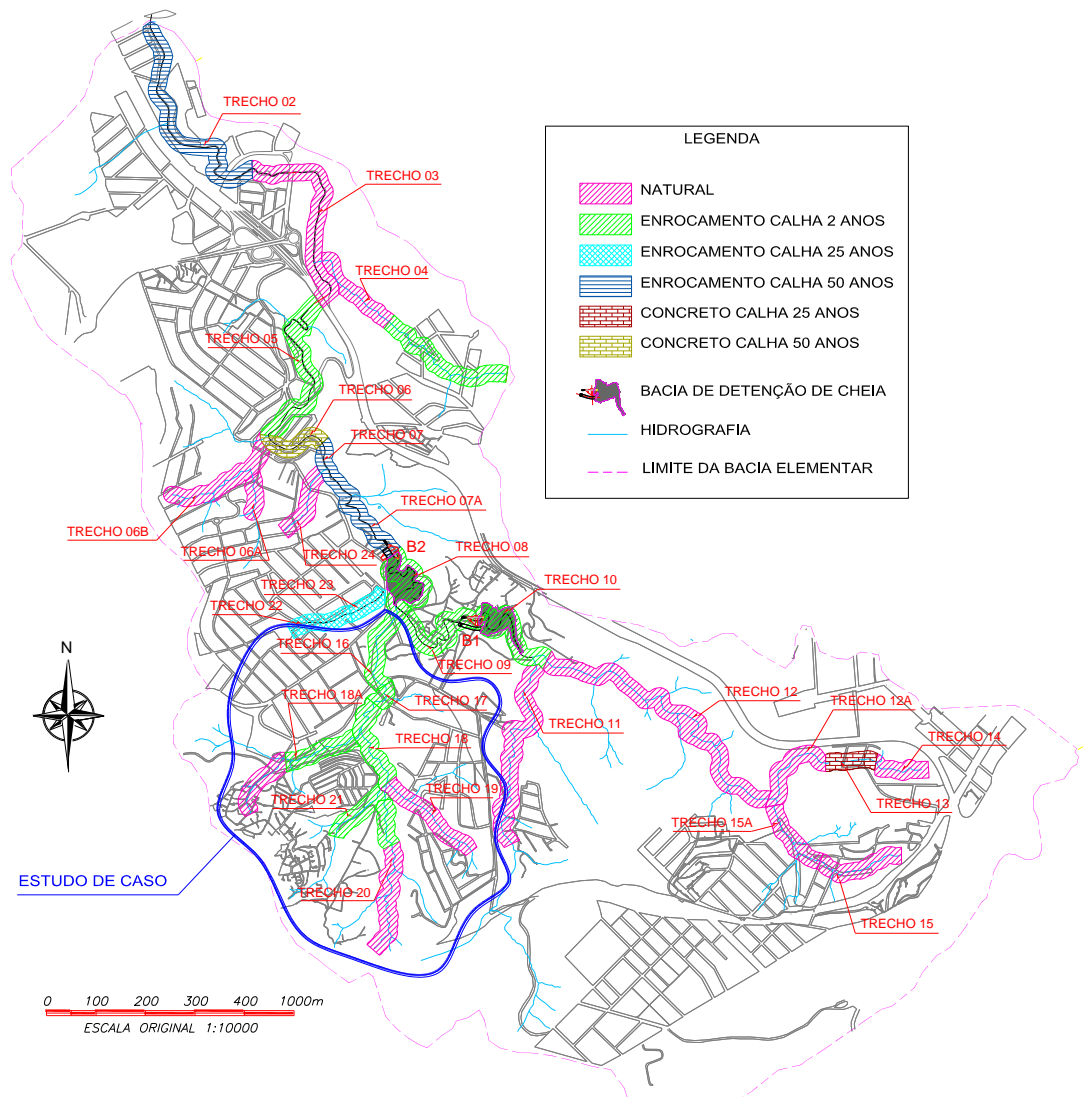


Figura 8-34: Córrego Bonsucesso - Trechos para avaliação de alternativas de projeto (Adaptado de Belo Horizonte, 2010c por Evangelista, 2011)

Os trechos selecionados para a aplicação da sistemática possuem características que justificam o tipo de avaliação proposta, apresentando-se em sua maioria em leito natural com presença de vegetação em parte das áreas adjacentes ao rio, porém com problemas de lançamento de esgoto, focos erosivos e de assoreamento, lançamento de resíduos sólidos e ocupação da planície de inundação por algumas casas. O afluente da margem direita do Bonsucesso, Córrego Olhos D’água, por apresentar-se em melhores condições de preservação e maior extensão de mata ciliar, terá pequena extensão de trechos tratados, com ações mais focadas na recuperação de matas ciliares. Já os trechos a jusante da confluência do Córrego Olhos D’água e dos trechos 16 e 22, por estarem

muito impactados e com maior ocupação de sua calha, não apresentam muitas opções de intervenção, o que reduziria o seu potencial para avaliação da sistemática proposta.

Trecho 16 e 17

Os trechos 16 e 17 são mais a jusante dentre aqueles selecionados para avaliação de alternativas de projeto, e como possuem características similares, serão avaliados conjuntamente. Os dois trechos possuem extensão total de 493,5m e declividade média de 0,019m/m. O trecho 17 tem início no bueiro da Rua Gilberto Freire, sendo seguido pelo trecho 16, que termina no bueiro situado sob a rua que dá acesso ao Hospital Eduardo de Menezes, Figura 8-35. A maior ocupação ocorre na margem direita, sendo a margem esquerda ocupada em sua maior parte pelo terreno do Hospital com suas edificações e uma área verde. Nesse trecho o córrego apresenta margens instabilizadas com grandes movimentações de massas, havendo taludes com inclinação próxima a 90°, assim como pontos de assoreamento. Foram verificados, também, lançamentos de esgoto sem tratamento diretamente das casas situadas às suas margens e presença de resíduos sólidos na calha e margens.



Figura 8-35: Trechos 16 e 17 à jusante, na entrada do Hospital Eduardo de Menezes (Fonte: Evangelista, 2011)

Trecho 18

Este trecho tem início na junção dos trechos 19, 20 e 21, atravessa a rua Ópera, onde existe um bueiro, e alguns metros a frente na sua margem esquerda recebe as águas do

afluente correspondente ao trecho 18A, terminando no bueiro da Rua Gilberto Freire. O trecho possui extensão de 449,5m e declividade média de 0,034m/m. A vegetação em suas margens é pouco representativa, constituída principalmente por gramíneas, Figura 8-36 e Figura 8-37, vários focos erosivos e de assoreamento, com presença de escorregamento de solo nas margens. A maior ocupação ocorre na margem direita, sendo esta, em sua maioria, ocupação irregular. Verificou-se grande quantidade de resíduos sólidos e lançamento de esgoto em suas margens.



Figura 8-36: Trecho 18 à montante, na Junção dos Trechos 19, 20 e 21
(Fonte: Evangelista, 2011)



Figura 8-37: Trecho 18 à jusante após o bueiro da rua Ópera
(Fonte: Evangelista, 2011)

Trecho 18A

O trecho 18A possui extensão de 529m, declividade média de 0,018m/m e a calha mais encaixada dos trechos em avaliação, possui na sua margem esquerda um talude muito íngreme com grande extensão vertical, que é pouco ocupada por residências que se localizam em sua maioria no topo do talude que coincide com a rua das Chácaras. Como os demais trechos, possui lançamento de esgotos, resíduos sólidos e margens instabilizadas por focos erosivos, Figura 8-38. A parte inicial deste trecho localiza-se na Vila CEMIG, encontrando-se canalizado.



Figura 8-38: Trecho 18A a jusante do trecho canalizado da Vila CEMIG
(Fonte: Evangelista, 2011)

Trecho 21

O trecho 21 possui extensão de 245,5m e inicia-se nas partes altas da bacia, possuindo altas declividades em seu trecho inicial e declividade média de 0,030m/m, terminando na junção com os trechos 20 e 19, onde tem início o trecho 18. O trecho 21 possui margens com sinais de erosão, a cobertura vegetal é esparsa, constituída principalmente por gramíneas, Figura 8-39. A maior ocupação é verificada na margem esquerda, havendo lançamento de esgoto e de resíduos sólidos.

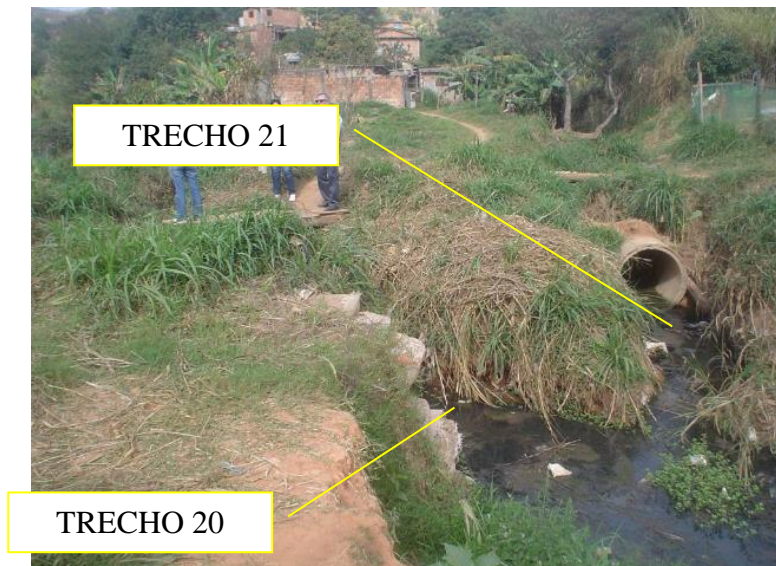


Figura 8-39: Junção dos Trechos 19, 20 e 21
(Fonte: Evangelista, 2011)

Trecho 20

O trecho 20 é o mais preservado dos trechos em estudo, Figura 8-40, havendo poucas casas em suas margens, com vegetação esparça, com presença de pequenos arbustos isolados e gramíneas. Inicia-se nas partes altas da bacia, possuindo grandes declividades e apresenta características similares às do trecho 21.

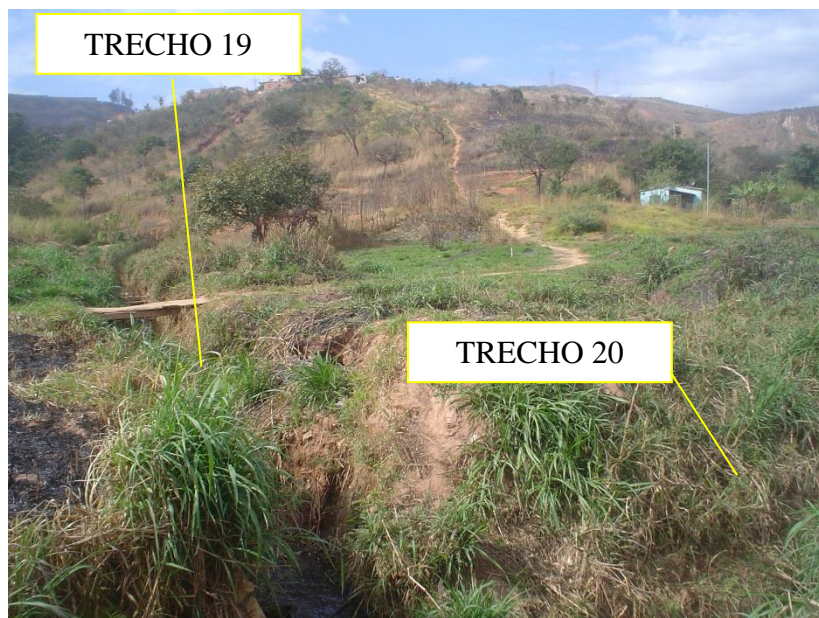


Figura 8-40: Bacia de contribuição do Trecho 19 e Trecho 20
(Fonte: Evangelista, 2011)

8.8.2 Alternativas de projeto

Para cada um dos trechos apresentados foram avaliadas três alternativas de intervenção. A **alternativa 1 – Intervenção Intermediária** - proposta pelo Programa Drenurbs, compreende uma solução com materiais que permitem maior integração ambiental, porém, com grandes alterações no leito e nas margens. Esta solução prevê, para a calha menor, um canal trapezoidal com enrocamento arrumado ($d_{50}=250\text{mm}$) e transições em degraus construídas com margens em gabião colchão e fundo em gabião caixa e revegetação com espécies de no máximo 30cm na calha maior, conforme desenho esquemático da Figura 8-41. O projeto desta alternativa alterou muito o desenvolvimento longitudinal do curso de água, com redução da extensão e mudanças de eixo. Esta alternativa previu a desapropriação de uma área não edificante que compreende a calha maior, e que permite também a construção de acessos para execução de serviços de manutenção.

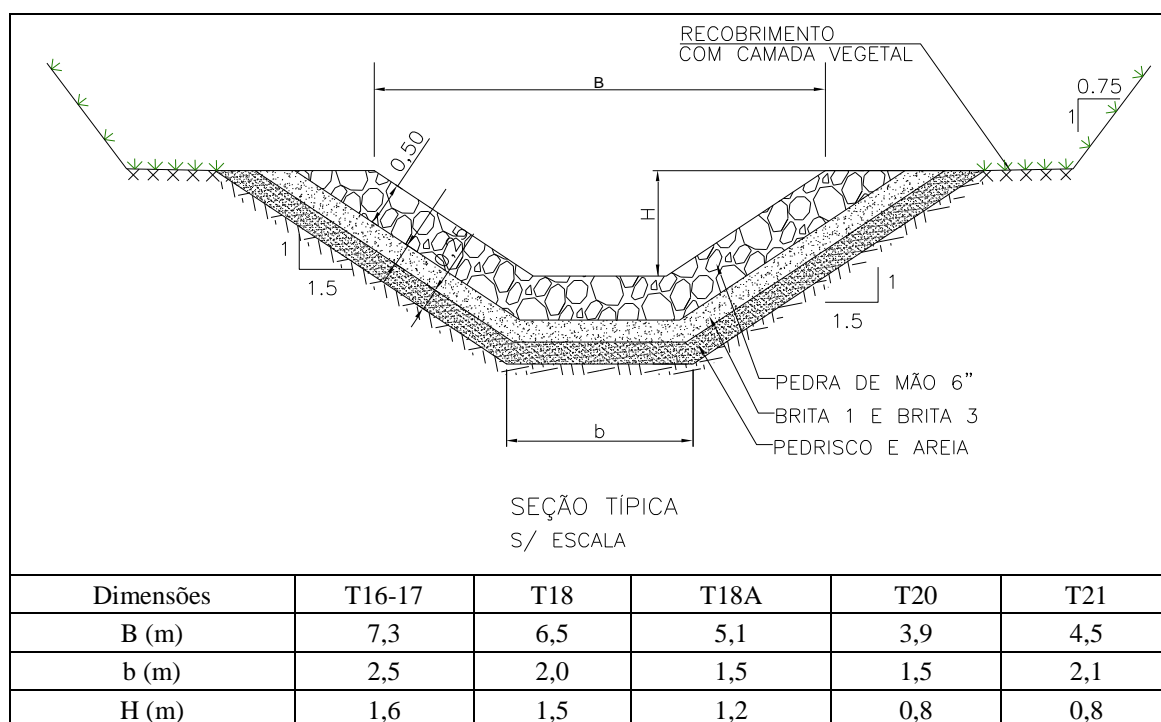


Figura 8-41: Alternativa 1 – Intervenção intermediária Seção típica do canal trapezoidal em enrocamento
(Adaptado de Belo Horizonte, 2009a por Evangelista, 2011)

No dimensionamento das alternativas 2 e 3 foi utilizado o *software* HIDROWIN, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG.

A alternativa 2 - **Intervenção Tradicional** - compreende uma solução que representa a adoção de técnicas tradicionais, sendo projetada uma seção mista com calha menor em seção retangular de concreto e calha maior em grama, conforme Figura 8-42. Para esta alternativa foi mantida a mesma faixa não edificante proposta na alternativa 1 - Intermediária. A abordagem adotada no desenvolvimento longitudinal da alternativa 1 foi mantida nesta solução.

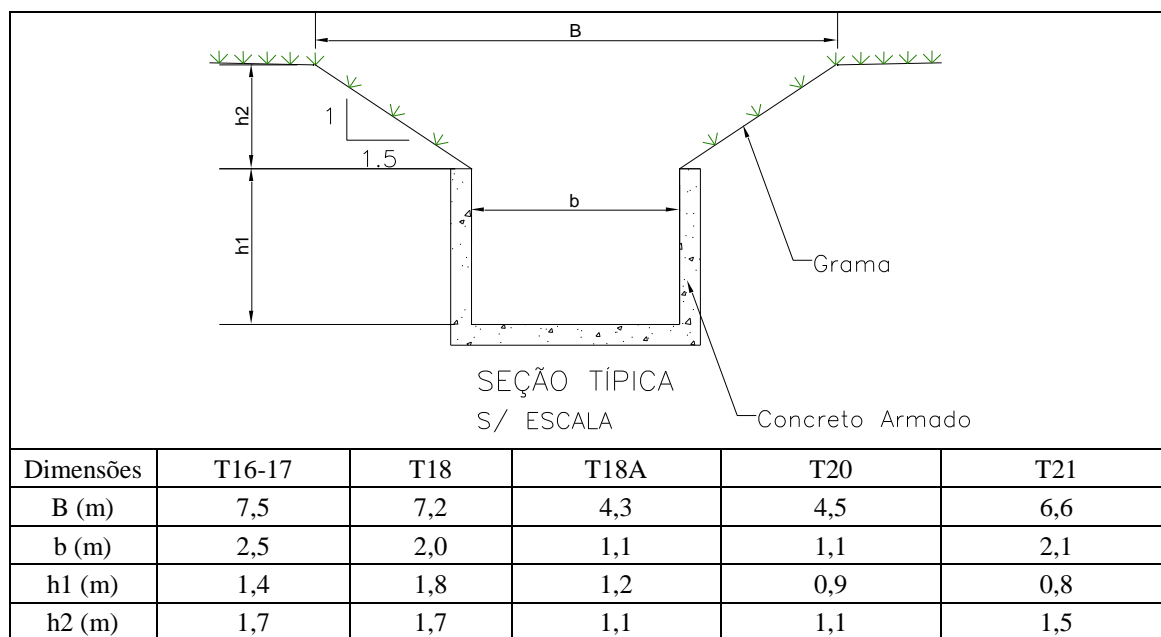


Figura 8-42: Alternativa 2 – Intervenção Tradicional
Seção típica do canal em concreto e grama
(Fonte: Evangelista, 2011)

A **alternativa 3 – Intervenção Ambientalizada** - contemplou uma solução com técnicas *ambientalizadas*, incluindo o uso associado de biomanta e biorretentores, conforme Figura 8-43. Para os canais com maior vazão e instabilidade de margens, Trecho 18 e 16-17, foram utilizadas biomantas com grelhas sintéticas. Nesta alternativa foi mantido o eixo do curso de água e prevista uma faixa de 20 metros de área verde não edificante em cada margem. Devido a grandes desníveis da calha do curso de água, foram previstos trechos em degrau com revestimento em gabião colchão e gabião caixa no fundo em pontos localizados, como na solução da alternativa 1.

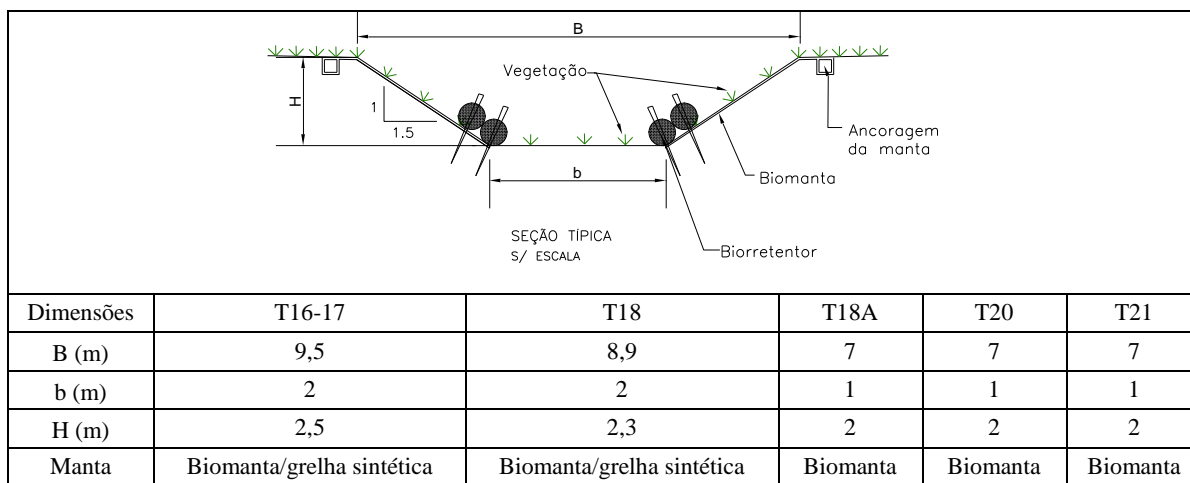


Figura 8-43: Alternativa 3 – Intervenção Ambientalizada (biomanta e biorretentores)
(Fonte: Evangelista, 2011)

A Tabela 8-13 apresenta as características dos trechos obtidas em Belo Horizonte (2002, 2009a).

Tabela 8-13: Características dos trechos avaliados
(Fonte: Evangelista, 2011)

Características		Trecho 20	Trecho 21	Trecho 18A	Trecho 18	Trecho 16-17
A_{Bacia} (km ²)		0,53	0,23	0,42	1,55	1,75
t_c^{16} (min)		13	8	12	15	15
Extensão do trecho (m)	atual	239,8	245,5	529	449,5	493,5
	Alternativa1	193	193	480,6	429,7	415
	Alternativa2	193,8	193,2	429,65	429,65	415
	Alternativa3	239,8	245,5	449,5	449,5	493,5
Declividade média (m/m)	atual	0,045	0,030	0,018	0,034	0,019
	Alternativa1	0,037	0,062	0,018	0,039	0,024
	Alternativa2	0,037	0,062	0,018	0,039	0,024
	Alternativa3	0,045	0,030	0,018	0,034	0,019
T^{17} - Calha menor (anos)		2	2	2	2	2
T^5 - Calha maior (anos)		50	50	25	50	50
Q (T=2) (m ³ /s)		2,54	2,78	3,89	10,99	12,4
Q(T=25) (m ³ /s)		-	-	9,52	-	-
Q(T=50) (m ³ /s)		8,56	7,99	11,2	29,83	33,18
Faixa não edificante (m)	Alternativa1	21	18	21	20	20
	Alternativa2	21	18	21	20	20
	Alternativa3	40	40	40	40	40

¹⁶ t_c - Tempo de concentração.

¹⁷ T – Tempo de retorno adotado no projeto.

8.8.3 Indicadores de desempenho

A partir das três alternativas propostas, uma mais integrada, uma tradicional e uma alternativa intermediária, foram calculados os indicadores de desempenho que são apresentados na Tabela 8-14, daqui por diante denominada solução base. O método multicritério utilizado foi o TOPSIS, utilizando a distância euclidiana para calcular as distâncias aos pontos ideal e anti-ideal e as taxas de similaridade. Os pesos utilizados na aplicação do método constam da Tabela 7-17.

Tabela 8-14: Indicadores e Índices de desempenho por trecho para cada alternativa (Fonte: Evangelista, 2011)

Trechos	Indicadores											Índices
	Intervenção	I _{QI}	I _{QJ}	I _{AH}	I _{CR}	I _{CV}	I _{QA}	I _{DL}	I _{EG}	I _{AV}	I _{IA}	
18A	1 -Intermediária	1,00	1,00	0,66	0,14	1,00	0,55	0,58	0,92	0,43	0,74	0,65
	2 -Tradicional	1,00	1,00	0,66	0,14	1,00	0,52	0,58	1,00	0,43	0,20	0,60
	3 -Ambientalizada	1,00	1,00	1,00	0,22	1,00	1,00	1,00	1,00	0,44	0,82	0,68
20	1 -Intermediária	1,00	0,42	0,49	0,07	1,00	0,77	0,42	1,00	0,48	0,72	0,59
	2 -Tradicional	1,00	0,10	0,49	0,07	1,00	0,76	0,42	1,00	0,48	0,20	0,51
	3 -Ambientalizada	1,00	0,36	1,00	0,23	1,00	1,00	1,00	1,00	0,49	0,80	0,63
21	1 -Intermediária	1,00	0,42	0,82	0,01	1,00	0,43	0,50	1,00	0,35	0,73	0,56
	2 -Tradicional	1,00	0,10	0,82	0,01	1,00	0,38	0,50	1,00	0,32	0,20	0,48
	3 -Ambientalizada	1,00	0,36	1,00	0,23	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,80	0,67
18	1 -Intermediária	1,00	1,00	0,45	0,00	1,00	1,00	0,58	0,85	0,72	0,77	0,70
	2 -Tradicional	1,00	1,00	0,45	0,00	1,00	0,97	0,58	1,00	0,72	0,20	0,65
	3 -Ambientalizada	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,97	1,00	1,00	0,72	0,84	0,70
16-17	1 -Intermediária	1,00	0,00	0,29	0,00	1,00	1,00	0,60	0,84	0,45	0,77	0,54
	2 -Tradicional	1,00	0,00	0,29	0,00	1,00	0,95	0,60	1,00	0,45	0,20	0,50
	3 -Ambientalizada	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,45	0,86	0,56

8.8.4 Indicadores de custo

Os indicadores de custos foram calculados com data base de janeiro de 2016. Para o cálculo do VPL dos custos de manutenção adotou-se a maior vida útil dentre as alternativas, que foi 30 anos, e uma taxa de desconto de 12%.

Para a alternativa 3 a estimativa de custo da biomanta foi feita com o menor valor da faixa estabelecida na Tabela 7-19, nos trechos 20, 21 e 18A. Considerou-se que em Belo Horizonte, devido à sua condição logística e competição entre fornecedores, preço seria mais baixo, além do fato de nesses trechos poder ser utilizada a manta mais simples e de menor preço. Entretanto, para os trechos 18 e 16-17, com maiores vazões e processos erosivos mais acentuados nas margens, foi utilizada a biomanta reforçada com grelha sintética e adotado um custo médio mais alto, R\$10,00/m. Os indicadores de custos são apresentados na Tabela 8-15 e os índices de custos na Tabela 8-16.

Tabela 8-15: Indicadores de custo das alternativas do estudo do caso - Córrego Bonsucesso
(Adaptado de Evangelista, 2011)

Trechos	Custo de Implantação (R\$)			VPL do custo de manutenção (R\$)			Indicador de custo - I_{ck} (Custo Total - R\$)		
	Alternativa			Alternativa			Alternativa		
	1 ¹⁸	2	3	1	2	3	1	2	3
18A	435.493,26	1.023.886,65	395.177,71	443.322,58	445.979,32	116.738,94	878.815,84	1.469.865,98	511.916,65
20	129.235,84	341.660,75	186.698,86	176.740,58	174.615,11	56.597,20	305.976,41	516.275,86	243.296,05
21	148.696,88	436.410,63	181.169,16	177.258,81	175.362,09	53.093,61	325.955,69	611.772,72	234.262,77
18	505.464,55	1.464.026,18	406.556,92	399.339,33	391.262,06	110.108,47	904.803,87	1.855.288,25	516.665,39
16-17	548.580,23	1.339.206,44	452.503,09	387.261,09	377.877,03	116.386,71	935.841,32	1.717.083,45	568.889,81
Total	1.767.470,75	4.605.190,65	1.622.105,74	1.583.922,38	1.565.095,60	452.924,93	3.351.393,13	6.170.286,27	2.075.030,67

Tabela 8-16: Índices de custo das alternativas do estudo de caso - Córrego Bonsucesso
(Adaptado de Evangelista, 2011)

Trechos	I_{Ck}		
	Alternativa		
	1- Intervenção intermediária	2 – Intervenção tradicional	3- Intervenção ambientalizada
18A	0,55	0,32	0,94
20	0,58	0,34	0,73
21	0,60	0,32	0,84
18	0,61	0,31	1,06
16-17	0,58	0,31	0,95

¹⁸ Os custos dos trechos para a alternativa 1 levaram em consideração o custo do canal em enrocamento (R\$/m/m) e o custo do filtro de 25cm de areia e 25cm de brita, conforme projeto.

8.8.5 Avaliação desempenho-custo - Topsis e Gráfico de Pareto

A análise desempenho custo foi realizada por meio de Gráficos de Pareto, com os índices de custos apresentados no eixo das abscissas e a taxa de similaridade, ou índice de desempenho, no eixo das ordenadas.

As incertezas estimadas para os valores dos índices de desempenho e custos foram representadas por uma área em formato elíptico com raios proporcionais aos erros nos eixos das abscissas e das ordenadas.

A incerteza no eixo das abscissas corresponde à ponderação do indicador de custos obtido no estudo de Moura (2004), com valor de 30%, 15% para mais e para menos, no valor do indicador de custos. Considerou-se que o erro da estimativa dos custos possa ser englobado dentro desse valor, tendo em vista que em orçamentos este erro não deve ultrapassar a faixa de 3 a 5 % do valor total do projeto.

A incerteza representada no eixo das ordenadas corresponde aos erros na determinação do índice de desempenho. Para a estimativa desta incerteza foi adotado o coeficiente de variação médio dos pesos dos indicadores de desempenho, por considerar-se que as incertezas relacionados à mensuração dos indicadores são inferiores àquelas relacionadas à definição de seus pesos. A faixa de incerteza foi então estimada em 38%, 19% para mais e 19% para menos, que corresponde ao coeficiente de variação dos pesos dos indicadores de desempenho.

Os resultados da avaliação do Trecho 18A, Figura 8-44, indicam a alternativa 3 como a melhor em termos de custos e desempenho. Como trata-se de um trecho em melhores condições de preservação, a técnica ambientalizada se destaca das demais, apresentando-se como a melhor opção.

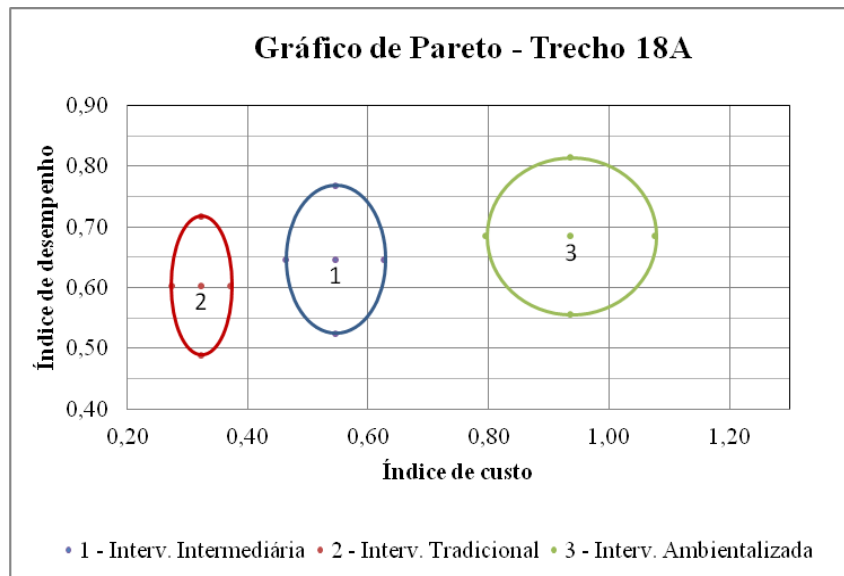


Figura 8-44: Trecho 18A - Resultado da avaliação desempenho- custo (Fonte: Evangelista, 2011)

Os resultados da avaliação do Trecho 20, mostrados na Figura 8-45, indicam que a alternativa 3 também possui custo menor e desempenho melhor que a alternativa 1, porém verifica-se que existe uma área de indiferença (interseção das elipses) que permitiria ao gestor, considerando outros aspectos ainda não avaliados, optar pela alternativa 1. Essa maior indiferença quanto ao custo, se comparada ao trecho 18A, pode ser explicada devido ao fato da alternativa 3 manter o desenvolvimento longitudinal atual, e as alternativas 1 e 2, terem reduzido muito a extensão do trecho.

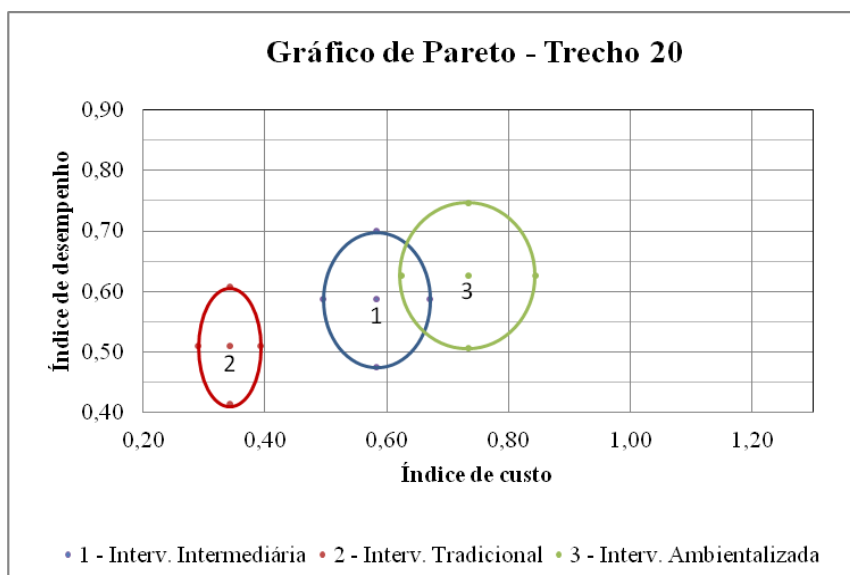


Figura 8-45: Trecho 20 - Resultado da avaliação desempenho- custo (Fonte: Evangelista, 2011)

Para o Trecho 21 a avaliação apresenta também a alternativa 3 como melhor opção, havendo para este trecho grande diferença quanto aos custos e ao desempenho em relação à alternativa 1. Pode-se apresentar as mesmas justificativas apresentadas no trecho 18A, como o maior grau de preservação.

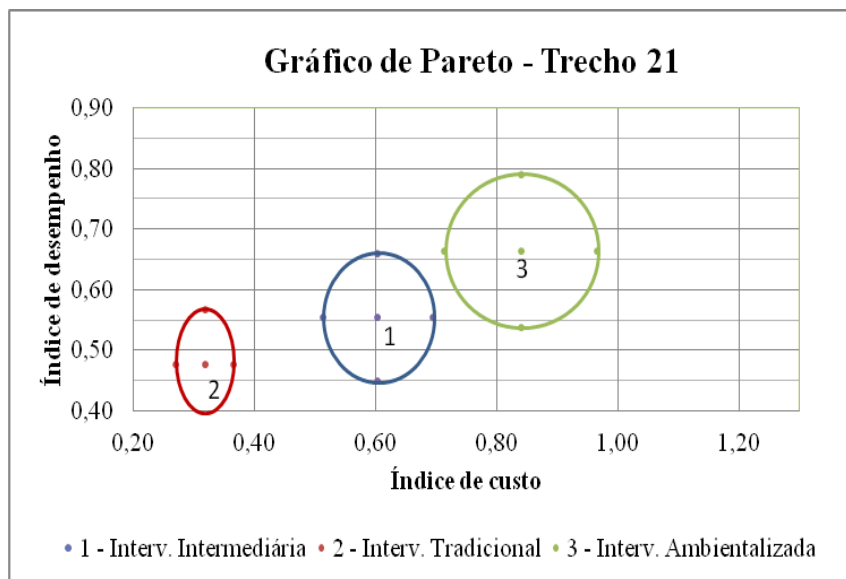


Figura 8-46: Trecho 21 - Resultado da avaliação desempenho-custo
(Fonte: Evangelista, 2011)

A análise dos resultados dos Trechos 18, Figura 8-47, e 16-17, Figura 8-48, são similares, assim como as características destes trechos, que apresentam maior grau de degradação, de forma que as alternativas apresentam-se dentro do limite de indiferença para o desempenho. Quanto aos custos, a alternativa 3 mantém-se como a melhor opção, direcionando a escolha final para a alternativa 3. É importante destacar que para um trecho mais degradado a alternativa 2, canal em concreto, tem praticamente o mesmo desempenho das outras duas.

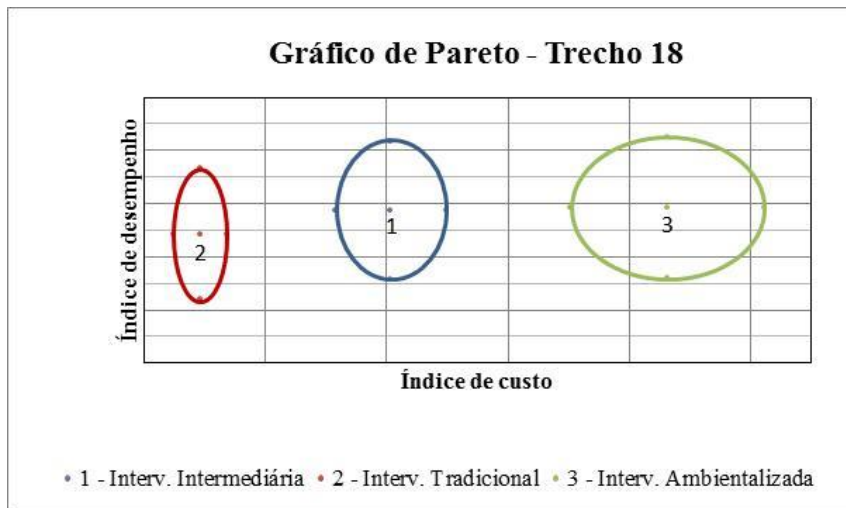


Figura 8-47: Trecho 18 - Resultado da avaliação desempenho-custo (Fonte: Evangelista, 2011)

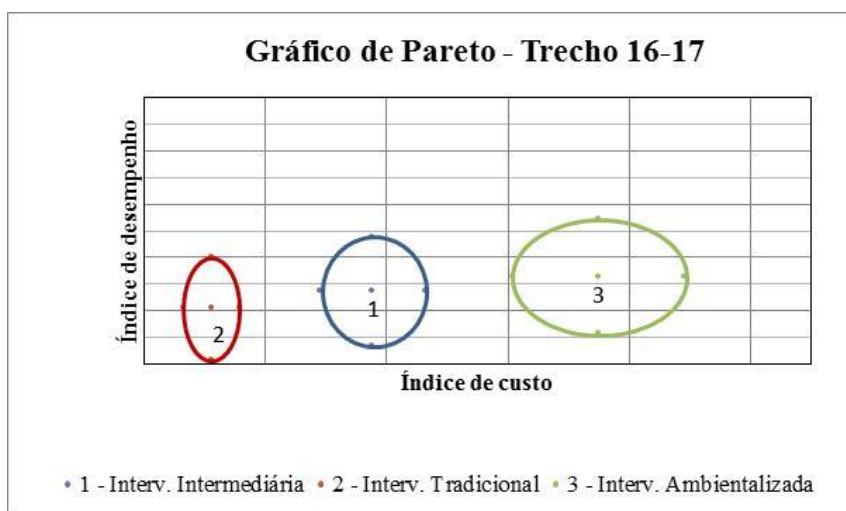


Figura 8-48: Trecho 16-17 - Resultado da avaliação desempenho- custo (Fonte: Evangelista, 2011)

8.8.6 Comparação aos pares das alternativas – método Electre III

Para aplicação do método Electre III foram utilizados os pesos dos indicadores estabelecidos na Tabela 8-17.

Tabela 8-17: Córrego Bonsucesso T16, T17, T18, T19 e T20 - Indicadores de desempenho, custo e respectivos pesos

Trechos	Indicadores	I _{QI}	I _{QJ}	I _{AH}	I _{CR}	I _{CV}	I _{QA}	I _{DL}	I _{EG}	I _{AV}	I _{IA}	I _{custo}
	Pesos	10	10	7	8	6	9	7	6	10	8	19
	Intervenção											
18A	1 -Intermediária	1,00	1,00	0,66	0,14	1,00	0,55	0,58	0,92	0,43	0,74	878.815,84
	2 -Tradicional	1,00	1,00	0,66	0,14	1,00	0,52	0,58	1,00	0,43	0,20	1.469.865,98
	3 -Ambientalizada	1,00	1,00	1,00	0,22	1,00	1,00	1,00	1,00	0,44	0,82	511.916,65
20	1 -Intermediária	1,00	0,42	0,49	0,07	1,00	0,77	0,42	1,00	0,48	0,72	305.976,41
	2 -Tradicional	1,00	0,10	0,49	0,07	1,00	0,76	0,42	1,00	0,48	0,20	516.275,86
	3 -Ambientalizada	1,00	0,36	1,00	0,23	1,00	1,00	1,00	1,00	0,49	0,80	243.296,05
21	1 -Intermediária	1,00	0,42	0,82	0,01	1,00	0,43	0,50	1,00	0,35	0,73	325.955,69
	2 -Tradicional	1,00	0,10	0,82	0,01	1,00	0,38	0,50	1,00	0,32	0,20	611.772,72
	3 -Ambientalizada	1,00	0,36	1,00	0,23	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,80	234.262,77
18	1 -Intermediária	1,00	1,00	0,45	0,00	1,00	1,00	0,58	0,85	0,72	0,77	904.803,87
	2 -Tradicional	1,00	1,00	0,45	0,00	1,00	0,97	0,58	1,00	0,72	0,20	1.855.288,25
	3 -Ambientalizada	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,97	1,00	1,00	0,72	0,84	516.665,39
16-17	1 -Intermediária	1,00	0,00	0,29	0,00	1,00	1,00	0,60	0,84	0,45	0,77	935.841,32
	2 -Tradicional	1,00	0,00	0,29	0,00	1,00	0,95	0,60	1,00	0,45	0,20	1.717.083,45
	3 -Ambientalizada	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,45	0,86	568.889,81

O Apêndice VI apresenta as saídas do *software* Electre III. Foram utilizados os limiares de indiferença $\beta=0,1$ e $\alpha=0$ para os indicadores de desempenho, ou seja, considerou-se que para uma diferença 0,1 no valor de um determinado indicador, ou inferior, não é possível assumir a superioridade de uma alternativa sobre a outra quanto a esse indicador. O limiar de preferência foi definido como $\beta=0,2$ e $\alpha=0$, ou seja, uma alternativa será preferível a outra quanto a um determinado critério se o valor do respectivo indicador for superior em 0,2 ao da segunda.

Já para o indicador de custos foram utilizados os limiares de indiferença $\beta=0$ e $\alpha=0,15$, ou seja, considerou-se que para uma diferença igual ou inferior a 15% do custo da alternativa “a” não permite afirmar que há superioridade; e $\beta=0$ e $\alpha=0,2$ para os limiares de preferência, ou seja, uma alternativa será preferível a outra se seu custo for pelo menos 20% menor que o da segunda.

Os resultados obtidos indicaram o *ranking* de preferência apresentado na Tabela 8-18. Para o trecho 18A as alternativas 1 e 2 não apresentaram diferença quanto aos seus indicadores que assegura-se a supremacia de uma sobre a outra, sendo ambas classificadas na segunda classificação.

Tabela 8-18: *Ranking* das alternativas por trecho pelo método Electre III

Trecho	Alternativa		
	1ª colocada	2ª colocada	3ª colocada
16-17	3	1	2
18	3	1	2
18A	3	1-2 (indiferentes)	
20	3	1	2
21	3	1	2

8.8.7 Discussão dos resultados pelas duas sistemáticas

A comparação dos resultados obtidos permite verificar que a indicação das técnicas ambientalizadas foi confirmada pelas duas sistemáticas, quanto a custos e desempenho técnico-ambiental. A sistemática com uso de Topsis-Pareto é mais acessível, pois permite sua aplicação com uso de planilhas eletrônicas, além de o seu uso associado com o gráfico de Pareto dar maior sensibilidade ao analista quanto ao distanciamento do desempenho e do custo, em especial para discussão com vários decisores. Por outro lado, o método Electre III permite maior objetividade quando um único analista faz a avaliação a partir da definição dos limites de indiferença e de preferência.

9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A gestão de sistemas fluviais está embasada em ampla normatização legal e infralegal como planos diretores de bacias hidrográficas, planos municipais de saneamento, planos diretores de drenagem. A competência para deliberação quanto às intervenções fluviais e sua execução foi concedida a diversos agentes como órgãos ou entidades municipais gestores de sistemas de drenagem, órgãos municipais, estaduais e federais emissores de licenças ambientais, comitês e agências de bacia, ou ONGs e outras entidades da sociedade civil atuando por meio de convênios e parcerias com o poder público ou instituições internacionais. Todos esses agentes são interessados no sistema de auxílio à decisão proposto e seus potenciais usuários.

O arcabouço legal estabelece regras com alcance sobre preservação e intervenção em cursos de água, havendo sobreposição de regras quanto a determinados aspectos como a definição de áreas de APPs. Apesar de ser possível solucionar essa questão pela análise da hierarquia entre leis e normas, essa multiplicidade de regras sobre o mesmo aspecto gera dúvidas e dificuldade quanto ao seu correto cumprimento. A falta de embasamento técnico na definição dos limites estabelecidos, e pouca clareza e objetividade das condições de aplicação são algumas das principais críticas sobre as normas vigentes.

Acrescenta-se se ainda que os vários instrumentos citados poderiam orientar o planejamento, em especial a priorização, de intervenções fluviais e que deveriam ser articulados, mas na prática não são, havendo com isso perda de informações e sobreposição, ao invés de complementariedade. A adequada integração desses planos permitiria partir de uma visão mais sistêmica dos problemas com o plano diretor de bacia hidrográfica e plano diretor municipal, aprofundamento das questões locais nos planos municipais de saneamento e planos de drenagem, para então definir prioridades de intervenções e projetos na escala da microbacia.

Ainda considerando o recorte macro de município ou de regiões metropolitanas, verifica-se que o planejamento urbano em bases sustentáveis tem apresentado avanços. Essa concepção de cidade com restauração ou reinserção dos corredores azuis e verdes nos centros urbanos como forma de dar maior resiliência aos processos naturais e sociais. Nesse modelo de planejamento a comunidade tem seus interesses destacados e integrados ao planejamento em processos participativos. Nesse contexto, o

planejamento de intervenções fluviais requer o conhecimento dos sistemas social e ambiental. Importa considerar os anseios da comunidade à luz do que é viável técnica e ambientalmente, o potencial de restauração e a vulnerabilidade dos serviços fluviais mais relevantes para a bacia. Vulnerabilidade quanto à situação atual e às pressões sobre as quais aquele sistema fluvial está submetido devido ao desenvolvimento socioeconômico local.

A restauração fluvial envolve processos complexos cujas respostas não podem ser determinadas *a priori*. Essas respostas dependem do nível de degradação do curso de água e da bacia, havendo dois limiares importantes a serem considerados, o limite biótico e o limite abiótico. Alterações que a resiliência do ecossistema é capaz de compensar sem intervenção humana estão situadas abaixo do limiar biótico, sendo possível a recuperação da condição anterior. Quando o limiar biótico é superado a restauração requer reintrodução de espécies e tem caráter funcional e não de recuperação da condição existente antes do impacto. Já o limiar abiótico corresponde ao estado a partir do qual a degradação atingiu o meio físico, carecendo de intervenções físicas. Essa dificuldade de previsão requer monitoramento e avaliação das intervenções realizadas de forma a reorientar as ações de acordo com a resposta do sistema fluvial.

Quanto ao processo de priorização, pode-se concluir que esse tem sido direcionado na maior parte dos casos por objetivos específicos no sentido contrário ao do novo paradigma de avaliação sistêmica e integrada de aspectos socioeconômicos e ambientais. A sistematização ainda é a exceção e as decisões em grande parte dos casos, em especial no Brasil, ainda são subjetivas e monocráticas. Sem a definição de critérios e sistematização do processo a participação da população e transparência do processo ficam comprometidas. Entretanto, a tendência atual, em alinhamento com a proposta de cidades sustentáveis, é de manutenção ou recuperação de rios em seu leito natural ou o mais próximo possível dessa condição, conciliando o atendimento das necessidades da sociedade que cada vez mais deve participar das tomadas de decisão.

A pesquisa realizada e o sistema de auxílio à decisão representam avanço quanto a sistematização do processo de tomada de decisão para planejamento de intervenções em cursos de água. O gestor a partir deste trabalho tem a possibilidade de aplicar e/ou ajustar o SAD ao caso concreto, envolver as diversas partes interessadas nas discussões conferindo maior respaldo às escolhas feitas. Outro reflexo positivo do processo mais

participativo diz respeito à maior facilidade de implantação e manutenção com apropriação pela comunidade sobre as intervenções das quais ela participou da escolha.

O SAD proposto pode ser utilizado como instrumento de monitoramento e avaliação das intervenções pois permite avaliar o estado de cada trecho e sua vulnerabilidade quanto aos serviços fluviais após a sua execução.

A estrutura do sistema de auxílio à decisão foi dividida em duas etapas. A Etapa I compreende a escolha das áreas prioritárias da bacia para realizar intervenções no curso de água. Já a Etapa II compreende a escolha da alternativa com melhor desempenho hidráulico, sanitário, ambiental de custos, etapa desenvolvida por Evangelista (2011).

A Etapa I foi desenvolvida com base em indicadores de impacto sobre os serviços fluviais e subindicadores de estado, de maneira que as áreas prioritárias para intervenção são aquelas em que os serviços fluviais mais importantes estão mais impactados ou ameaçados. A avaliação desse impacto parte da avaliação do estado social e ambiental do trecho do curso de água e da sua sub-bacia.

Apesar da complexidade da questão e da conclusão de que não é possível estabelecer um rol de indicadores aplicável em todas as situações, foi proposto um rol de referência não exaustivo para os indicadores mais relevantes. A pertinência dos critérios propostos foi confirmada junto aos especialistas, apesar da necessidade de reinterpretação das relações de causalidade e relevância. A aplicação em estudo de caso permitiu obter uma classificação satisfatória que, apesar de não coincidir com todas as escolhas do Programa Drenurbs, convergiu com a avaliação procedida para os casos mais emergenciais. Além disso, acredita-se que elementos novos propostos no SAD poderiam sustentar discussão e avaliação mais sistêmica que incentivaria ações preventivas que evitariam aumento dos custos para intervenções futuras e poderiam ter maior alcance social. Por fim, a avaliação pelos especialistas e a aplicação em estudo de caso confirmaram a adequação do rol de referência dos critérios.

Os indicadores poderiam ser obtidos com levantamento de campo e avaliação qualitativa, entretanto, neste estudo de caso, como algumas intervenções já haviam sido feitas, foram utilizados projetos, imagens do Google Earth e informações levantadas à época, antes da execução das obras. Verificou-se que os dados podem ser obtidos de

levantamentos facilmente encontrados em registros e estudos da administração municipal, mas visitas e observação direta da bacia também permitem a sua estimativa.

Quanto ao aprimoramento dos indicadores, pode-se afirmar que diante da complexidade dos processos e atual estágio de conhecimento e de disponibilidade de dados de monitoramento, a escala qualitativa é a que melhor se adequa à avaliação do estado do curso de água. Ressalta-se que avaliação qualitativa é influenciada pela experiência e pelo ponto de vista do analista, o que fatalmente fornece certa subjetividade ao indicador. Não obstante, sistemas de avaliação com numerosos parâmetros físico-químicos, como os utilizados pela metodologia SEQ, elevam substancialmente o custo e inviabilizariam sua aplicação em estudos de viabilidade e planejamento na maior parte dos cursos de água brasileiros, em especial em microbacias. Não resta dúvidas de que a ampliação da rede de monitoramento contribuiria para o uso de indicadores quantitativos para determinados aspectos, mas não afastaria a necessidade de avaliação qualitativa. Há aspectos que não estão presentes em todas as situações, mas que podem explicar o estado do curso de água, que podem ser incluídos na análise qualitativa e não na quantitativa.

A relevância ou peso dos subindicadores de estado para a disponibilização do serviço fluvial é definida pelo analista por tratar-se de aspecto mais técnico, de maneira que a definição da importância de cada subindicador de estado sobre os serviços fluviais em análise requer avaliação por especialista com experiência.

Por outro lado, a relevância ou peso dos serviços ecossistêmicos para a bacia em estudo é definida pelas partes interessadas, ou atores envolvidos, pois implica na definição do sistema fluvial desejado, e feita no estudo de caso com a aplicação do método de Simos.

A definição dos pesos dos serviços mais relevantes pelo método de Simos junto às partes interessadas mostrou-se bem acessível aos membros do subcomitê, mas para aplicação a membros da comunidade requer escolha criteriosa quanto aos líderes a serem consultados. Esses líderes devem ter uma visão mais sistêmica da bacia, pois alguns entrevistados conseguiram avaliar bem determinados aspectos, mas não conseguiram avaliar outros. Uma alternativa para democratizar mais essa participação seria colocar esses membros em uma reunião, onde cada um apresentaria sua visão

específica, e em discussão poderiam chegar a um consenso com essa visão mais sistêmica.

Em contra partida, é importante destacar que a maior parte dos consultados mostrou-se bastante à vontade para aplicar o método de Simos. Ordenar critérios (Simos) mostrou-se mais fácil que estabelecer diretamente os pesos como foi feito para a avaliação de alternativas por Evangelista (2011).

Quanto à relevância dos subindicadores de estado para os serviços fluviais, dados de monitoramento e avaliação de intervenções fluviais, ainda não disponíveis, poderiam contribuir para o aprimoramento e redução da subjetividade da definição dos pesos. Realizada uma intervenção, a mensuração e avaliação do impacto de indicadores como aumento da conectividade do trecho com áreas verdes; melhoria da biodiversidade e recuperação das funções ecológicas; melhoria da estabilidade de margens, entre outros, poderiam fornecer dados que permitiriam realizar estudos de correlação e assim a definição mais objetiva dos pesos.

De forma mais geral, com base no estudo de caso, pode-se afirmar que o procedimento permitiu a discriminação dos trechos em função da sua vulnerabilidade, o que coincidiu em parte com as escolhas feitas pela prefeitura de Belo Horizonte.

Quanto à metodologia de agregação pela média ponderada e pelo método Electre Tri, pode-se afirmar que para os casos mais críticos houve convergência dos resultados. Para a média vulnerabilidade houve maior variação dos resultados, o que correspondeu, para o estudo de caso, à maior parte dos trechos (16). Neste caso, houve maior dificuldade para avaliar a prioridade dentro dessa classe pelo Electre Tri que fornece o agrupamento dos trechos, enquanto que pela média ponderada obteve-se um indicador de vulnerabilidade dos serviços fluviais, o que facilitou a avaliação. Ressalta-se, entretanto, que se trata de avaliação a ser feita de forma criteriosa, já que esse ordenamento absoluto da média ponderada não ofereceu a noção de incomparabilidade, ou dúvida quanto à classificação oferecida pelo Electre Tri (Indicação forte na cor mais escura, mas com possibilidade de outra(s) classificações na cor clara). É preciso neste ponto refletir quanto ao problema em estudo, se é possível melhorar os dados de entrada na mensuração dos indicadores e avaliação dos pesos, e assim eliminar ou reduzir essas incomparabilidades pelo Electre Tri. Ou ainda, se o aumento do número de classes

contribuiria para essa discriminação, ou se os trechos são igualmente prioritários por serem muito similares.

Para a realização de discussão com as partes interessadas, que não foi realizada neste estudo de caso, essa discriminação maior dos resultados intraclasse é imprescindível. Pois no estudo de caso, dos 29 trechos avaliados, dezesseis situaram-se na categoria média vulnerabilidade.

Quanto à apresentação dos resultados, verificou-se que os mapas permitiram rápida visualização dos trechos críticos, mas o seu uso associado aos gráficos de avaliação comparativa dos trechos quanto a cada serviço fluvial, bem como a apresentação das listas com os valores dos indicadores agregados pela média ponderada, foram essenciais para a definição final das prioridades.

Aspecto importante de ser discutido é a necessidade de avaliação dos cenários de desenvolvimento e pressão a que os cursos de água estão submetidos. Essa avaliação permite antecipar medidas e atuar de forma a reduzir o custo de intervenções e aumentar a efetividade das ações. A identificação, por exemplo, de trecho de rio situado em área verde sobre pressão da ocupação urbana pode indicar ao gestor a urgência em tomar medidas de proteção da área ou de estruturação de um parque linear. O avanço da ocupação desordenada sobre uma área como a dos trechos 19, 20 e 21 indica a necessidade de tratamento daquele curso de água, implantação da infraestrutura viária e sanitária e resguardo das APPs.

A Etapa II, desenvolvida por Evangelista (2011), contempla a avaliação das técnicas mais apropriadas para cada trecho priorizado do curso de água. Foi possível avaliar as alternativas quanto ao desempenho e ao custo. Nesta etapa os indicadores podem ser obtidos em documentos contemplados nos estudos de viabilidade e/ou levantamento de campo. Nesta pesquisa de doutorado, a sistemática foi adaptada para aplicação do método Electre III, realizando-se a avaliação das alternativas por meio da comparação por pares, de maneira que o custo passou a ser mais um dos indicadores, estabelecendo-se um peso adequado à sua grande relevância (19%). Não houve alteração da ordenação, o que confirmou os resultados e a adequação da sistemática com Topsis-Pareto.

Quanto aos métodos pode-se dizer que o Electre III possui aplicação mais prática, permitindo inclusive avaliação da alteração no desempenho alternando os valores de indicadores e pesos. Entretanto, requer a aquisição do *software*, sendo necessário ainda estabelecer o peso do indicador de custos, o que não é tarefa simples. Já com o uso de Topsis-Pareto a avaliação é mais acessível requerendo somente uma planilha eletrônica.

Acrescenta-se que o método Electre III oferece a ordenação das alternativas, informando os casos em que os dados não permitem estabelecer superioridade de uma alternativa sobre outra, ou seja, situações de empate. Essa é uma vantagem do método, que fornece informação quanto à incomparabilidade entre duas alternativas, que pode estar associado a incertezas na mensuração dos indicadores e estabelecimento dos pesos, ou de fato, à igualdade de desempenho. Pode-se dizer que o Electre III, ao contrário dos métodos de agregação total, não fornece uma ilusória ideia de superação. O método induz, portanto, uma maior reflexão e compreensão do problema.

Ressalta-se que a aplicação com Topsis-Pareto também fornece avaliação das incertezas e indiferenças, fornecidas pelos raios e pela área de interseção entre as elipses. A representação gráfica possui indicação para discussões em grupos maiores pela facilidade de visualização das distâncias em termos de desempenho e custos entre as alternativas. A partir dessa comparação, entende-se que as duas formas de aplicação, Electre III e Topsis-Pareto são perfeitamente aplicáveis e que dependem da disponibilidade do *software* e da maneira pela qual serão conduzidas as discussões.

Por fim, destaca-se que o objetivo inicial era estruturar o SAD o máximo possível com a finalidade de reduzir a subjetividade dos pesos e dos indicadores. Entretanto, ao longo da pesquisa percebeu-se que as peculiaridades da priorização são mais frequentes do que se esperava e que um sistema rígido reduziria sua aplicação e poderia não garantir a retratação da realidade. De maneira que avalia-se de forma positiva a estrutura mais flexível da Etapa I, que permite o uso do rol de indicadores adaptável ao caso concreto, assim como a orientação da forma de obtenção dos pesos ao invés de fornecê-los. Quanto à Etapa II a situação foi um pouco diferente, pois a avaliação de desempenho de alternativas de projeto envolve aspectos mais técnicos, que permitiram maior estruturação da avaliação com indicadores essencialmente quantitativos. Entretanto, o estabelecimento dos pesos proposto permite adaptação dentro de uma faixa de variação.

Com base nos resultados do trabalho, conclui-se, acerca das hipóteses definidas no início da pesquisa:

Hipótese 1 - *A escolha dos cursos de água prioritários para intervenções físicas pode ser conduzida com base em indicadores sociais, ambientais e econômicos, utilizando-se métodos multicriteriais.* Essa hipótese foi confirmada, já que o SAD pôde ser estabelecido com indicadores que contemplam os aspectos citados. Foram testados métodos multicriteriais diferentes, a serem aplicados de acordo com as especificidades de cada caso. A aplicabilidade e pertinência do SAD foram verificadas no estudo de caso.

Hipótese 2 - *Essa sistematização facilita a participação das diversas partes interessadas, em especial da comunidade local, a qual, muitas vezes, não possui conhecimento técnico sobre o assunto.* Essa hipótese foi confirmada parcialmente. A sistematização da priorização de trechos (etapa I) permitiu estabelecer dois momentos para o envolvimento direto das partes interessadas no processo. O primeiro consiste na definição dos serviços fluviais prioritários na bacia (pesos dos indicadores). É o momento em que as partes interessadas definem os valores fluviais, os quais orientarão, de forma decisiva, todo o processo de priorização. Essa participação teve a sua viabilidade testada e comprovada na realização do estudo de caso. O segundo momento onde a sistematização permitiu a participação das partes interessadas é a discussão para a priorização final dos trechos. Com a representação em mapas e gráficos dos diversos critérios envolvidos foi possível traduzir essas informações em uma escala de vulnerabilidade mais acessível (baixa, média, grave, emergencial). A sistematização e as ferramentas gráficas permitem uma visualização mais rápida da vulnerabilidade dos trechos e maior facilidade de comparar os trechos, mas a avaliação e confirmação definitivas da sua eficiência requerem a verificação desses instrumentos em reunião para a decisão final com as partes interessadas.

Hipótese 3 - *A sistematização e maior participação social conduzem a maior respaldo, efetividade e eficiência das escolhas.* Apesar de não haver dúvidas de que a decisão colegiada com participação social oferece maior respaldo às decisões do gestor público, quanto à efetividade e eficiência das escolhas, as avaliações são de médio a longo prazo. Para verificar a efetividade e eficiência das escolhas orientadas pelo SAD seriam necessários: a aplicação do procedimento pelo agente público para a tomada de decisão,

a execução das intervenções conforme os resultados do SAD; o monitoramento dessas intervenções; e a avaliação dos resultados. Assim, foi inviável cumprir todas essas etapas da avaliação dentro de uma pesquisa de doutorado de quatro anos, em que o produto final, o SAD, é consolidado no último ano de pesquisa. Portanto, com os elementos obtidos na pesquisa não foi possível decidir pela sua rejeição ou não rejeição.

Como recomendações e possibilidade de continuidade da pesquisa pode se citar a possibilidade de avaliar a utilização de diferentes formas de apresentação dos resultados da priorização de áreas como mapas, gráficos, lista com valores de indicadores. Para a tomada de decisão poderia ser utilizada uma reunião do comitê, ou no caso do Córrego Bonsucesso, do subcomitê do Ribeirão Arrudas, com convite de lideranças da bacia. Para aferição poderiam ser utilizados questionários avaliativos aplicados após a discussão e tomada de decisão sobre quais instrumentos foram melhor compreendidos e quais foram mais úteis à discussão.

Para a mensuração dos subindicadores e indicadores foram utilizadas planilhas eletrônicas. O SAD poderia ser sistematizado em um programa computacional de maneira a facilitar a sua aplicação e simulação de cenários.

A restauração de rios representa amplo campo de pesquisa a ser explorado, apesar das muitas incertezas, acredita-se que este trabalho oferece importante contribuição para o planejamento de intervenções fluviais. Passos foram dados, mas ainda resta um caminho a percorrer.

REFERENCIAS

ADAM, P.; DEBIAIS, N.; MALAVOI, J.R. *Manuel de Restauration Hydromorphologique des Cours d'Eau - Guide de Terrain*. Agence de l'Eau Seine-Normandie. Nanterre. 2007 *apud* MEURER, M. *A restauração fluvial e a busca de reconciliação da Europa com os seus cursos d'água: o que o Brasil deve aprender com esta experiência?* GEOgraphia. Vol. 12, nº. 23. 2010.

ADRIAANSE, A. *Environmental policy performance indicators*. Haia, Holanda: SDV Publishers, 1993.

AGUIAR, J.E. *Estudos das características técnicas e operacionais das galerias de águas pluviais como subsídios para gestão patrimonial e estabelecimento de diretrizes para projetos de sistemas de drenagem urbana*. (Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 258p. 2012. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/bancodefesas.php>>. Consulta em: 11/11/2015.

AL-ANI, I.A.; SIDEK, L.M.; DESA, M.N. M.; BASRI, N.E.A. Development of Decision Support Tools for Urban Storm Drainage. *12th International Conference on Urban Drainage*. Porto Alegre: 2011.

ALMANSA, C.; MARTÍNEZ-PAZ, J.M. What weight should be assigned to future environmental impacts? A probabilistic cost benefit analysis using recent advances on discounting. *Science of the Total Environment* 409. 1305–1314. 2011.

ALVAREZ-GUERRA, M.; CANIS, L.; VOULVOULIS, N.; VIGURI, J.R.; LINKOV, I. Prioritization of sediment management alternatives using stochastic multicriteria acceptability analysis. *Science of the Total Environment* 408. 4354–4367. 2010.

ALVAREZ-GUERRA, M.; VIGURI, J.R.; VOULVOULIS, N. A multicriteria-based methodology for site prioritization in sediment management. *Environment International*. 35. 920-930. 2009.

ANTUNES, E. Os rios dos Outros. In: *Manuelzão – Saúde, Ambiente e Cidadania na Bacia do Rio das Velhas*. Nº.66, Ano 15, Ago.2012. ISSN 2178-9363.

ARAÚJO, R.P.Z; PINHEIRO, C.B. Reflexões acerca das intervenções integradas na gestão das águas urbanas em Belo Horizonte. *XVI ENANPUR - Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional*. Belo Horizonte: 2015.

ARTHINGTON, A.H.; NAIMAN, R.J.; MCCLAIN, M.E.; NILSSON, C. Preserving the biodiversity and ecological services of rivers: new challenges and research opportunities. *Freshwater Biology*. 55, 1–16. 2010.

ARZET, K. Rio Isar – Munique, Alemanha. In: *MATTA MACHADO, A.T.G.; LISBOA, A.H.; ALVES, C.B.M.; LOPES, D.A.; GOULART, E.M.A.; LEITE, F.A.;*

POLIGNANO, M.V. (Organização). *Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia*. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 344 p. 2010.

AVALON, M. *Converting concrete channels to natural stream systems*. APWA Reportes. California: 2013, p.84-87. Disponível em: <<http://www.apwa.net/resources/reporter>>. Consulta em: 20/1/2014.

BAKHTIN, M. *Marxismo e Filosofia da Linguagem*. 3ª ed., São Paulo: Hucitec. 1986, *apud* MINAYO, M. C. S.; SANCHES, O. Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementariedade? *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 9 (3): 239-262, jul/set,1993.

BAPTISTA, M.B.; MOURA, P.M.; EVANGELISTA, J.A.; MUZZI, M.R.S.; GOMES, L.N.L. Técnicas para intervenções em cursos D'água. In: BAPTISTA, M.B. e PÁDUA, V.L. (Editores). *Restauração de Sistemas Fluviais*. Cap.7. 259-303. Barueri, São Paulo: Manole, 2016.

BAPTISTA, M.B.; CARDOSO, A.S. Rios e cidades: uma longa e sinuosa história.... *Revista da Universidade Federal de Minas Gerais*, v. 20, p. 124-153, 2013.

BAPTISTA, M.B.; LARA, M. *Fundamentos de engenharia hidráulica. 3ª Edição revista e ampliada - 1ª reimpressão*. Belo Horizonte: Editora UFMG. Escola de Engenharia da UFMG, 473p. 2012.

BAPTISTA, M.B.; VON SPERLING, M. Morfologia fluvial. In: VON SPERLING, M. *Estudos e Modelagem da Qualidade da Água em Rios*. Cap. 4, p.139-183. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

BAPTISTA, M.B.; NASCIMENTO, N.O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Volume 7, nº. 1, Jan/Mar 2002, 29-49.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2009. 48p.

BARNAUD, G.; CHAPUIS, J. L. Questions scientifiques et éthiques relatives à la restauration des systèmes insulaires. L'éradication des mammifères introduits dans les îles subantarctiques françaises. *Vieet Milieu* 46, 291 e 303. 1996, *apud* COTTET, M.; PIÉGAY, H.; BORNETTE, B. Does human perception of wetland aesthetics and healthiness relate to ecological functioning? *Journal of Environmental Management*, 128, 1012-1022. 2013.

BELL, S. DPSIR = A Problem Structuring Method? An exploration from the "Imagine" approach. *European Journal of Operational Research*, 222. 2012.350-360.

BELO HORIZONTE. Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP. Comunicação pessoal (Dados compilados e fornecidos por email para instrução da tese após solicitação da pesquisadora). 2016.

BELO HORIZONTE. Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP. Site institucional: <<http://portalpbh.pbh.gov.br>>. Consulta em 10/8/2014.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. *Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2012-2015, Volumes I e II*. Belo Horizonte: 2013, 147p.

BELO HORIZONTE. SUDECAP. *DRENURBS - Relatório do monitoramento da qualidade das águas, Sub-Bacia do Córrego Bonsucesso - Relatório consolidado marco zero e fase de obras - Abril/08 a Fevereiro/12*. Belo Horizonte: 2012.

BELO HORIZONTE. *Lei nº. 9.959 de 20 de julho de 2010*. Altera as leis nº 7.165/96 – que institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte – e nº 7.166/96 – que estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município –, estabelece normas e condições para a urbanização e a regularização fundiária das Zonas de Especial Interesse Social, dispõe sobre parcelamento, ocupação e uso do solo nas Áreas de Especial Interesse Social, e dá outras providências. 2010a.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Superintendência de Desenvolvimento da Capital - SUDECAP. *Programa DRENURBS - Foto aérea da Bacia do Bonsucesso (QBCP_CN_30Km2_BeloHorizonte-MG_20081005_8Bits)*. 2010b.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Superintendência de Desenvolvimento da Capital - SUDECAP. *Programa DRENURBS - Plano de controle ambiental de obras - Execução das obras de infraestrutura urbana na bacia do Córrego Bonsucesso*. Belo Horizonte: 2010c.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Superintendência de Desenvolvimento da Capital - SUDECAP. *Programa Drenurbs - Bacia do Córrego Bonsucesso - Projeto Executivo Trechos 16, 17, 18, 18A, 20 e 21, Memorial Descritivo e projetos*. Belo Horizonte: 2009a.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Superintendência de Desenvolvimento da Capital - SUDECAP. *Projeto executivo barragem B1 - Avaliação hidrológica/hidráulica - Sistema extravasor*. Belo Horizonte: 2009b.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Estrutura Urbana. Superintendência de Desenvolvimento da Capital - SUDECAP. *Programa Drenurbs - Bacia do Córrego Bonsucesso – 4110400 – Densidade Demográfica. (Projeto em planta)*. Belo Horizonte: 2004.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Estrutura Urbana. DRENURBS-BH. Programa de recuperação ambiental e saneamento dos fundos de vale dos córregos em leito natural. Diagnóstico sanitário e ambiental. Bacia do Córrego Bonsucesso – 4110400. LOTE 1. VOLUME 1 - TOMO I. FISCALIZAÇÃO: Grupo Gerencial do Plano Diretor de Drenagem. Belo Horizonte: 2002.

BELO HORIZONTE. *Lei nº 7.277, de 17 de janeiro de 1997*. Institui a Licença Ambiental e dá outras providências. 1997.

BELO HORIZONTE. *Lei 7.165 de 27 de agosto de 1996*. Institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte. 1996a.

BELO HORIZONTE. *Lei 7.166 de 27 de agosto de 1996*. Estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano do Município. 1996b.

BELO HORIZONTE. *Lei nº 4.253 de 4 de dezembro de 1985*. Dispõe sobre a política de proteção do controle e da conservação do meio ambiente e da melhoria da qualidade de vida no município de Belo Horizonte. Retificada em 15/2/1986.

BELO HORIZONTE. *Lei nº 1747, de 9 de dezembro de 1969*. Autoriza a constituição da superintendência de desenvolvimento da capital - SUDECAP. 1969.

BENDIX, J.; HUPP, C.R. Hydrological and geomorphological impacts on riparian plant communities. *Hydrological Process*. 14, 2977-2990. 2000.

BESTELMEYER, B.T. Threshold Concepts and Their Use in Rangeland Management and Restoration: The Good, the Bad, and the Insidious. *Restoration Ecology*, Vol. 14, Nº. 3, pp. 325–329. 2006.

BETHEL, M.B.; BRIEN, L.F.; ESPOSITO, M.M.; MILLER, C.T.; BURAS, H.S. *et al.* Sci-TEK: A GIS-Based Multidisciplinary Method for Incorporating Traditional Ecological Knowledge into Louisiana's Coastal Restoration Decision-Making Processes. *Journal of coastal Research*, Vol. 30 (5):1081-1099. 2014.

BIELLO, D. How Green Is My City. *Scientific American*, 00368733, set-2011, Vol. 305, nº.3. 2011.

BIROL, E.; KOUNDOURI, P.; KOUNDOURIS, Y. Accessing the economic viability of alternative water resources in water-scarce regions: Combining economic valuation, cost-benefit analysis and discounting. *Elsevier Ecological Economics* 69, p.839-847. 2010.

BONTEMPO, V.L.; OLIVIER, C.; MOREIRA, C.W. DE S.; OLIVEIRA, G. Gestão de águas urbanas em Belo Horizonte: avanços e retrocessos. *REGA: Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 9, n. 1, p. 5-16, 2012.

BORSAGLI, A. *Rios invisíveis da metrópole mineira*. Belo Horizonte: Ed. do Autor, 2016.

BRADSHAW, A.D. Underlying principles of restoration. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 53 (Suppl.1): 3-9. 1996. *apud* RUTHERFURD, I.D.; JERIE, K.; MARSH, N.A. *Rehabilitation Manual for Australian Streams – Volume 1*. Canberra, Australia: Land and Water Resources Research and Development Corporation/Cooperative Research Centre for catchment Hydrology Department of Civil Engineering – Monash University, 2000. 192p. Disponível em: <<http://arcc.com.au/resources/managing-for-multiple-benefits>>. Consulta em 10/1/2014.

BRASIL - Agência Nacional de Águas - ANA. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013*. Brasília: ANA, 2013. 432 p.

BRASIL. *Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº. 4.771,

de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012.

BRASIL. *Lei Complementar nº. 140, de 8 de dezembro de 2011*. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do *caput* e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Publicada no D.O.U. de 9.12.2011 e retificado em 12/12/2011.

BRASIL. *Lei nº. 9.984, de 17 de julho de 2000*. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Publicada no D.O.U. de 18/7/2000.

BRASIL, Ministério das Cidades. *Panorama Nacional do Saneamento Básico no Brasil – Visão estratégica para o futuro do saneamento básico no Brasil - Volume VI – Versão preliminar para consulta pública*. Ministério das Cidades, Brasília. 2011. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PlanSaB/PANORAMA_Vol_6.pdf>. Consulta em 15/05/2013.

BRASIL. *Lei nº. 11.997, de 7 de julho de 2009*. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas; altera o Decreto-Lei nº. 3.365, de 21 de junho de 1941, as Leis nº. 4.380, de 21 de agosto de 1964, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 10.257, de 10 de julho de 2001, e a Medida Provisória nº. 2.197-43, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2009.

BRASIL. *Lei nº. 10.257, de 10 de julho de 2001*. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. 2001.

BRASIL, Presidência da República – Casa Civil. *Lei nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de gerenciamento de Recursos Hídricos. regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a lei nº. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 1997. Publicada no D.O.U. de 9/1/1997.

BRASIL. *Resolução do conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA - nº.237, de 19 de dezembro de 1997*. Dispõe sobre o licenciamento ambiental. Publicada no D.O.U. nº 247, de 22/12/1997.

BRASIL, *Lei nº. 11.445, de 21 jun. 1993*. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Publicada no D.O.U. de 08 jan. 2007, retificação em 11 jan.2007.

- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. 1988.
- BRASIL. *Resolução CONAMA nº. 001, de 23 de janeiro de 1986*. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. Publicado no D.O.U. de 17/2/86.
- BRASIL. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Publicado no D.O.U. de 2/9/1981.
- BRASIL. *Lei nº. 6.766, de 19 de dezembro de 1979*. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. 1979.
- BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A. *River Futures – An integrative scientific approach to river repair*. Washington, USA: Island Press, 2008, 304p.
- BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Applications of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography* 22, p.91-122. 2002.
- BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A. River Styles, a Geomorphic Approach to Catchment Characterization: Implications for River Rehabilitation in Bega Catchment, New South Wales, Australia. *Environmental Management*, New York, USA, v. 25, n.6, p. 661–679, 2000.
- BROOKS, A. Large woody debris and the geomorphology of a perennial river in southeast Australia. In: Rutherford, I.; Bartley, R. (Eds). *Proceedings of the Second Stream Management Conference*, (Vol. 1 pp. 129–136). Melbourne: CRC for Catchment Hydrology. 1999. *apud* BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Applications of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography*, 22, p.91-122. 2002.
- BROOKES, A. The importance of high flows for riverine environments. In: HARPER, D.M.; Ferguson, A.J.D. (Eds.). *The ecological basis for river management*. New York: John Wiley & Sons, p. 33-49. 1995a. *apud* MENDIONDO, E.M. Challenging issues of urban biodiversity related to ecohydrology. *Braz. J. Biol.*, 68 (4, suppl.): 983-1002, 2008.
- BROOKES, A. River channel restoration: theory and practice. In: Gurnell, A.; Petts, G.E. (Eds), *Changing river channels* (pp. 369–388). Chichester: Wiley. 1995b. *apud* BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Applications of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography*, 22, p.91-122. 2002.
- CALIFORNIA – Contra Costa County. *The 50 Year Plan – “Form Channels to Creeks”*. California: 2009, 11p. Disponível em: <<http://www.co.contra-costa.ca.us/DocumentCenter/View/27969>>. Consulta em: 20/1/2014.

CANÇADO, V.; BRASIL, L.; NASCIMENTO, N.; GUERRA, A. Flood risk and vulnerability: an assessment based on urban network modeling. *12th International Conference on Urban Drainage*, Porto Alegre/Brazil, 11-16 September. 2011.

CANÇADO, V.; BRASIL, L.; NASCIMENTO, N.; GUERRA, A. Flood risk assessment in an urban area: Measuring hazard and vulnerability. *11th International Conference on Urban Drainage*, Edinburgh, Scotland, UK, 2008.

CARDOSO, A.S.; BAPTISTA, M.B. Metodologia multicriterial para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água em áreas urbanas. *REGA - Vol. 10 - n.º. 1 - Jan/Jun.* 2013.

CARDOSO, A.S. *Proposta de metodologia para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água em áreas urbanas.* (Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte 2012, 331p. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/bancodefesas.php>>. Consulta em: 11/11/2015.

CARDOSO, A.S.; BAPTISTA, M.B. Metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Volume 16 n.º.1, Jan/Mar 2011, 129-139p. 2011.

CARDOSO, A.S. *Desenvolvimento de metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas.* (Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil: 2008, 197p. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/bancodefesas.php>>. Consulta em: 11/11/2015.

CARPENTER, S.R.; LUDWIG, D.; BROCK, W.A. Management of eutrophication for lakes subject to potentially irreversible change. *Ecological Applications*, 9: 751–771. doi:10.1890/1051-0761 (1999) 009[0751:MOEFLS]2.0.CO;2. 1999.

CARRÉ, C.; GOUVELLO, B.; DEROUBAIX, J.F.; DEUTSCH, J.C.; HAGHE, J.P. *Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement de la Seine - piren-seine. Les petites rivières urbaines d'Île-de-France. Découvrir leur fonctionnement pour comprendre les enjeux autour de leur gestion et de la reconquête de la qualité de l'eau.* L'Agence de L'Eau Seine-Normandie: 2011. 86p.

CASTRO, L.A.M. *Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água* (Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2007, 297p. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/bancodefesas.php>>. Consulta em: 8/6/2011.

CASTRO, L.A.M. *Proposição de indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana.* (Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) — Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2002, 118p. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/bancodefesas.php>>. Consulta em: 8/6/2011.

[CBD] Secretariat of the Convention on Biological Diversity. *Cities and Biodiversity Outlook – Global assessment of the links between urbanization, biodiversity and ecosystem services*. Montreal, 2012, 64p. Disponível em <<http://www.cbd.int/en/subnational/partners-and-initiatives/cbo>>. Consulta em: 15/4/2014.

[CEDEPLAR] Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da UFMG. *Plano Metropolitano – Macrozoneamento RMBH. Produto 1 – Marco Teórico Metodológico e Definição das Áreas Temáticas Afetas ao Interesse Metropolitano*. 2014. Disponível em: <http://www.rmbh.org.br/sites/default/files/MZ-RMBH_Produto1_MarcoTeoricoMetodologico_2014_0.pdf>. Consulta em: 28/7/2014.

CEPAL. *Socio-demographic vulnerability: old and new risks for communities, households and individuals*. Brasília: CEPAL, 2002. Disponível em <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/2/9662/SES29-16-I.pdf>. Consulta em: 21/11/2016.

CHAZDON, R.L. Beyond Deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, Vol.320 13 jun. 2008. Washington: American Association for the Advancement of Science. 2008. Disponível em <www.sciencemag.org>. Consulta em: 22/2/2012.

CHIN, A; GREGORY, K.J. Managing urban river channel adjustments. *Geomorphology*, 69, 28-45. 2005.

CHOW, V. T. *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill:1959, 680p.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia fluvial*. Editora Edgard Blucher. São Paulo: 1981, 312p.

[CIREF] Centro Ibérico de Restauración Fluvial. *¿Qué es restauración fluvial? Notas Técnicas del CIREF*, n.º.4, 2010.

CLEIRICI, N.; VOGT, P. Ranking European regions as providers of structural riparian corridors for conservation and management purposes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21 (2013) 477–483. 2013.

COMÍN, F. A. *Ecological restoration: a global challenge*. Cambridge Univ Pr, Cambridge, MA. 2010. *apud* TRABUCCHI, M.; O'FARRELL, P.J.; NOTIVOL, E.; COMÍN, F.A. Mapping Ecological Processes and Ecosystem Services for Prioritizing Restoration Efforts in a Semi-arid Mediterranean River Basin. *Environmental Management*. 2014. 53:1132–1145. DOI 10.1007/s00267-014-0264-4. 2014.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B., LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, vol. 387, p. 253-260. 1997.

COTTET, M. *La perception des bras morts fluviaux Le paysage, un médiateur pour l'action dans le cadre de l'ingénierie de la restauration. Approche conceptuelle et*

métodologique appliquée aux cas de l'Ain et du Rhône. (Thèse de doctorat de géographie et d'aménagement – Université de Lyon). Lyon: 2010. 341p.

CRAIG, L.S.; PALMER, M.A.; RICHARDSON, D.C.; FILOSO, S.; BERNHARDT, E.S.; BLEDSOE, B.P.; DOYLE, M.W.; GROFFMAN, P.M.; HASSETT, B.; KAUSHAL, S.S.; MAYER, P.M.; SMITH, S.M.; WILCOCK, P.R. Stream restoration strategies for reducing nitrogen loads. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6. doi:10.1890/070080. 2008.

[CWP] CENTER FOR WATERSHED PROTECTION. *An Integrated Framework to Restore Small Urban Watersheds*. Washington: CWP, 2005. (Urban Subwatershed Restoration Manual Series, v. 1).

[CWP] Center of Watershed Promotion. *Urban Subwatershed Restoration Manual Series – Manual 4 - Urban Stream Repair Practices - Version 1.0*. Washington, Estados Unidos: 2004, 240p. Disponível em: <<http://www.cwp.org/store/free-downloads.html>>, acesso em 14/01/2011.

DAGENAIS, D.; PAQUETTE, S.; FUAMBA, M.; SERVIER, E.J.; SPECTOR, A.; BESSON, L.; THOMAS-MARET, I. 2013. Participatory Design of a Decision Aid Tool Integrating Social Aspects for the Implementation of at Source Vegetated Best Management Practices (SVBMPs) at the Neighbourhood Level. *8^e Conférence Internationale – NOVATECH*. Lyon.

DALFOVO, M.S.; LANA, R.A.; SILVEIRA, A. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada*, Blumenau, V.2, n.4, p.1-13, Sem II. 2008.

DANUBE INSIDE - Magazin. DanubParks - Network of Protected Areas. 2013. Disponível em: <http://www.danubeparks.org/files/1334_Danubeparks_Magazin_engl_final.pdf>. Consulta em: 30/7/2014.

DE ANGELIS, D.L.; J.C. WATERHOUSE. Equilibrium and nonequilibrium concepts in ecological models. *Ecological Monographs*, 57: 1–21. doi:10.2307/1942636. 1987. *apud* PALMER, M.A. Reforming watershed restoration: science in need of application and application in need of science. *Estuaries and Coasts*. 32:1-17. 2009.

DUARTE, T. *A possibilidade da investigação a 3: reflexões sobre triangulação (metodológica)*. CIES e-Working Paper n.º. 60/2009. Lisboa: Centro de Investigação de Estudos de Sociologia. Disponível em: <<http://www.cies.iscte.pt/destaques/documents>>. Consulta em: 7/5/2014.

ELKINGTON, J. Accounting for the triple bottom line. *Measuring Business Excellence*, Vol. 2 Iss: 3, pp.18 – 22. 1998.

ELKINGTON, J. Governance for Sustainability. *8th International Conference on Corporate Governance and Board Leadership*. Henley Management College: 2005. In. *Corporate Governance: An International Review*, <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/corg.2006.14.issue-6/issuetoc>> pages 522–529, November 2006.

ELLISA, J.B.; DEUTSCHB, J.C.; MOUCHEL, J.M.; SCHOLESA, L.; REVITTA, M.D. Multicriteria decision approaches to support sustainable drainage options for the treatment of highway and urban runoff. *Science of the total environment*. Vol. 334-335, pp. 251 – 260. Grã-Bretanha: 2004.

ESPAÑA – Secretaría General Técnica do Ministerio de Fomento. *Manual de técnicas de restauración fluvial*. 2008. 300p.

ESPAÑA. Ministerio de Medio Ambiente. *Restauración de rios: Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. 318p. 2007.

ESPIRITO SANTO. *Lei complementar nº 248*. Cria o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA e dá outras providências. Publicada no D.O.E. do Espírito Santo em 02/07/2002.

EVANGELISTA, J.A.; MOURA, P.M.; BAPTISTA, M.B. Avaliação preliminar de custos de implantação e manutenção de intervenções em cursos de água. In: *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Maceió. 2011

EVANGELISTA, J.A. *Sistemática para avaliação técnica e econômica de alternativas de intervenções em cursos de água urbanos*. (Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011, 197p.

FALK, D.A.; RICHARDS, C.M.; MONTALVO, A.M.; KNAPP, E.E. Population and ecological genetics in restoration ecology. In. *Foundations of restoration ecology*. 14-41, Washington, D.C.: Island Press. 2006.

FISCHENICH, C. *Stability Thresholds For Stream Restoration Materials*. U.S. Army Corps of Engineers. Ecosystem Management and Restoration Research Program. ERDC-TN-EMRRP-SR-29.2001, 10p. Disponível em: <<http://el.ercd.usace.army.mil/emrrp/pdf/sr29.pdf>>. Consultada em: 10/08/2011.

[FISRWG] FEDERAL INTERAGENCY STREAM CORRIDOR RESTORATION WORKING GROUP. *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group, 637p.: il. 2001.

FLICK, U. *Desenho da Pesquisa Qualitativa (Coleção Pesquisa qualitativa/ Coordenada por Uwe flick)/Tradução Roberto Cataldo Costa; consultoria, supervisão e revisão técnica desta edição Dirceu da Silva*. Porto alegre: Artmed, 2009, 164p.

_____. *Uma introdução à análise qualitativa*, 2ª edição. Porto alegre: Bookman, 2007, 312p.

FRISSELL, C.A. e NAWA, R.K. Structures in Streams of Western Oregon and Washington. *USA North American Journal of Fisheries Management*, 12: 182-197, 1992.

FUAMBA, M.; COULAIS, C.; BERTRAND, H. An innovative method for selecting efficient Best Management Practices. *12th International Conference on Urban Drainage*, Porto Alegre, 2011.

GALLOPÍN, G. Indicators and their use: information for decision making. p.13-27 In: Moldan, B.; Billharz, S. (editors). *Sustainability indicators: report on the Project on Indicators of Sustainable Development*. John Wiley, Chichester, UK. 1997.

GAYDOU, P. *et al.* Quelle méthodologie pour étudier les potencialités de restaurer la dynamique fluvial du Rhône? *8^e IS. Rivers*. Lyon. 2012.

GOBSTER, P.H.; Restoring nature: human actions, interactions and reactions. In: dans GOBSTER, P.H.; HULL, R.B. (dir.), *Restoring nature. Perspectives from the social science sand humanities*. Island Press, Washington D.C. p.1e19. 2000, *apud* COTTET, M.; PIÉGAY, H.; BORNETTE, B. Does human perception of wetland aesthetics and healthiness relate to ecological functioning? *Journal of Environmental Management*, 128, 1012-1022. 2013.

GOMES, L.F.A.M.; ARAYA, M.C.G.; CARIGNANO, C. *Tomada de Decisões em Cenários Complexos*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004, 168p.

[GRAIE] Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur Les Infrastructures et L'Eau. *La gestion intégrée des rivières. Vol. 1, 2 et 3*. CD-ROM. Lyon: 1999.

GRANGER, D. *Methodologie d'aide a la gestion durable des eaux urbaines*. (Thèse de Doctorat en Mécanique, Énergétique, Génie civil, Acoustique - L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon). Lyon: 2009. 206p.

GREGORY, A.J.; ATKINSA, J.P.; BURDONB, D.; ELLIOTT, M. A problem structuring method for ecosystem-based management: TheDPSIR modelling process. *European Journal of Operational Research*, 227. 2013. 558-569. 2013.

GREIBER, T. *Payments for ecosystem services – Legal and Institutional Frameworks*. IUCN, Gland, Switzerland. xvi + 296 pp. 2009.

HALLEN, S. Present State and Future Perspectives of Restoration Ecology—Introduction. *Restoration Ecology*, Vol. 15, No. 2, p. 304–306. 2007.

HANLEY, N., SPASH, C.L. *Cost-benefit Analysis and the Environment*, Brookfield. Edward Elgar Publishing, Vermont. 1993.

HARVEY D. *Justice, Nature and the Geography of Difference*, Blackwell, Oxford. 1996. *apud* SWYNGEDOUW, E.; KAÏKA, M.; CASTRO, E. Urban Water: A political-ecology perspective. *Built Environment*, ISSN 0263-7960, Special Issue on Water Management in Urban Areas, 2002, Vol.28(2), pp.124-137.

HELLER, L.; CASTRO, J.E. Política pública de saneamento: apontamentos teórico-conceituais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 12. n^o.3. p.284-295, 2007

HEY, R.D. Fluvial Geomorphological Methodology For Natural Stable Channel Design. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, Middleburg, VA, USA, n. 02094, 2006.

HERZOG, C. P. *Cidades para todos: (re)aprendendo a conviver com a natureza*. Rio de Janeiro: Mauad X : Inverde, 2013.312p.

HICKIN, E.J. Vegetation and river channel dynamics. *Canadian Geographer*, 28(2), 111–126. 1984. *apud* BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Applications of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography* 22, p.91-122. 2002.

HILL, R. Rio Tâmbisa - Londres, Inglaterra. In. Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia. In: MATTA MACHADO, A.T.G.; LISBOA, A.H.; ALVES, C.B.M.; LOPES, D.A.; GOULART, E.M.A.; LEITE, F.A.; POLIGNANO, M.V. (Organização). *Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia*. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 344 p. 2010.

HOBBS, R. J. Setting Effective and Realistic Restoration Goals: Key Directions for Research. *Restoration Ecology*. Vol. 15, nº. 2, pp. 354–357 Jun. 2007.

HOBBS, R.J.; HARRIS, R.J. Restoration Ecology: Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. *Restoration Ecology*. Vol. 9 No. 2, pp. 239–246. 2001.

HOBBS, R.J.; NORTON, D.A. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*, 4: 93–110. 1996.

HOEKSTRA, A. Y. 'Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade', 12–13 December 2002, *Value of Water Research Report Series nº. 12*, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands, Ed. 2003. Disponível em < <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf>>. Consulta em: 10/6/2014.

HWANG, C.; YOON, K. Multiple attribute decision making. Methodes and applications survey. *Springer*, 1981. *apud* POMEROL, J.C.; BARBA-ROMERO, S. *Choix multicritère dans l'entreprise: principe et pratique*. Paris, França: Hermes. 1993. 390p.

IEA. *Training Manual – Volume two – Themes: Climate change vulnerability and impact assessment in cities*. UNEP: 2011.

[IGAM] Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2015: resumo executivo / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2016.

[IGAM] Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais - PERH-MG. Resumo Executivo – Volume I. Belo Horizonte: IGAM. 2011.

IMHOF, J.G.; FITZGIBBON, J.; ANNABLE, W.K. A hierarchical evaluation system for characterizing watershed ecosystems for fish habitat. *Canadian Journal*

of *Fisheries and Aquatic Science*, 53(Suppl. 1). 312–326. 1996. *apud* BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Applications of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography*, 22, p.91-122. 2002.

JANNUZZI, P.M. Políticas Públicas Municipais e Indicadores Sociais. *Revista Brasileira de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v.36(1):51-72, jan/fev 2002.

JOHNSON, D.L.; AMBROSE, S.H.; BASSETT, T.J.; BOWEN, M.L.; CRUMMEY, D.E.; ISAACSON, J.S.; JOHNSON, D.N.; SAUL, P.L.M.; WINTER-NELSON, A.E. Meanings of environmental terms. *Journal of Environmental Quality*, n.º. 26:3, p.581-589, 1997. *apud* SANCHÉZ, L.E. *Avaliação de impacto ambiental – Conceito e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

KIKER, G.A.; BRIDGES, T.S.; KIM, J. Integrating comparative risk assessment with multi-criteria decision analysis to manage contaminated sediments: an example for the New York/New Jersey harbor. *Hum Ecol Risk Assess.* 14:495–511. 2008.

KING, J.; BROWN, C. Environmental flows: striking the balance between development and resource protection. *Ecology and Society*, 11, 26. 2006. Disponível em:< <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art26/>>. Consulta em: 12/12/2016.

KONDOLF, G.M.; AVALON, M. Taking a long-term view of river renaturalization: a 50-year plan for Contra Costa County, California. *IS.Rivers 2012*. Lyon: Graie, 2012.

KONDOLF, G.M.; DOWNS, P.W. Catchment approach to planning channel restoration. pages 129–148. In: Brookes, A.; Shields Jr., F. D. (eds.), *River channel restoration: Guiding principles for sustainable projects*. John Wiley & Sons, Chichester. 1996. *apud* BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K.A. River Styles, a Geomorphic Approach to Catchment Characterization: Implications for River Rehabilitation in Bega Catchment, New South Wales, Australia. *Environmental Management*, New York, USA, v. 25, n.6, p. 661–679, 2000.

LABOUZE, E. e LABOUZE, R. La comptabilité de l'environnement. *Revue Française de Comptabilité*, n.º272. 92p. 1995.

LAKE, P.S.; BOND, N.; REICH, P. Linking ecological theory with stream restoration. *Freshwater Biology*, 52: 597–615. doi:10.1111/j.1365-2427.2006.01709.x. 2007.

LANDELL-MILLS, N.; PORRAS, I.T. *Silver bullet of fools' gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor*. London: International Institute for Environment and Development, 2002.

LEITMANN, J. *Sustaining cities: environmental planning and management in urban design*. McGraw-Hill, USA 412 pp. 1999.

LEOPOLD, L.B. *A view of the river*. Harvard University Press, Cambridge: 1994. 298p. *apud* BAPTISTA, M.B.; VON SPERLING, M. Morfologia fluvial. In: VON

SPERLING, M. *Estudos e Modelagem da Qualidade da Água em Rios*. Cap. 4, p.139-183. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

LI, M.H.; EDDLEMAN, K.E. Biotechnical engineering as an alternative to traditional engineering methods – A biotechnical streambank stabilization design approach. *Landscape and Urban Planning*, 60. 225-242, 2002

LINDHE, A.; ROSE, L.; NORBERG, T.; BERGSTEDT, O.; PETTERSSON, T.J.R. Cost-effectiveness analysis of risk-reduction measures to reach water safety targets. *Water Research*, 45. 2011. 241 a 253. 2011.

LINKOV, I.; SATTERSTROM, F.K.; KIKER, G.; BATCHELOR, C.; BRIDGES, T.; FERGUSON, E. From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptive management: recent developments and applications. *Environ. Int.* 2006;32:1072–93.

LIU, J.G.; T. DIETZ, S.R.; CARPENTER, M.; ALBERTI, C.; FOLKE, E.; MORAN, A.N.; PELL, P.; DEADMAN, *et al.* Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, 317: 1513–1516. doi:10.1126/science.1144004. 2007. *apud* PALMER, M.A. Reforming watershed restoration: science in need of application and application in need of science. *Estuaries and Coasts*. 32:1-17. 2009.

LOWRANCE, R.; NEWBOLD, J.D.; SCHNABEL, R.R.; GROFFMAN, P.M.; DENVER, J.D.; CORRELL, D.L.; GILLIAM, J.W.; ROBINSON, J.L. Water quality functions of riparian forest buffers in Chesapeake bay watersheds. *Environmental Management*. Vol.21, nº.5. pp.687-712. 1997.

MADDOCK, I. The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater Biology*, 41, 373–391. 1999. *apud* BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Applications of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography*, 22, p.91-122. 2002.

MARQUES, C.P.M ; MAGALHÃES, A.P. Artificialização de cursos d'água urbanos e transferência de passivos ambientais entre territórios municipais: reflexões a partir do caso do Ribeirão Arrudas, Região Metropolitana de Belo Horizonte – MG. *Geografias*. Vol.10, nº. 2, Belo Horizonte: 2014.

MAHIDA, N. The Isar - Plan Project in Munich Great (Un) expectations. 5^a *European River Restoration*. Session 5 - Enhancement of Multi-Use Landscapes. Viena: 2013. Disponível em: <http://www.restorerivers.eu/Portals/27/NiveditaMahida_session05_ECRR2013_Isar-Plan.pdf>. Consulta em: 30/7/2014.

MARENO-MATEOS, D.; PEDROCCHI, C.; COMÍN, F. A. Avian communities' preferences in recently created agricultural wetlands in irrigated landscapes of semi-arid areas. *Biodivers Conserv*, 18:811–828. 2009 *apud* TRABUCCHI, M.; O'FARRELL, P.J.; NOTIVOL, E.; COMÍN, F.A. Mapping Ecological Processes and Ecosystem Services for Prioritizing Restoration Efforts in a Semi-arid Mediterranean River Basin. *Environmental Management*, (2014) 53:1132–1145. DOI 10.1007/s00267-014-0264-4. 2014.

MARTIN, C.; RUPERD, Y.; LEGRET, M. Urban storm drainage management: The development of a multicriteria decision aid approach for best management practices. *European Journal of Operational Research*. 2006. No prelo.

MARTINS, E.S.; SOUZA, E. *Ecologia da paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil*. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 2004. 35p.

MATTAS, C.; Voudouris, K.S.; Panagopoulos, A. Integrated Groundwater Resources Management Using the DPSIR Approach in a GIS Environment: A Case Study from the Gallikos River Basin, North Greece. *Water* 2014, 6, 1043-1068. 2014.

McDANIELS, T. A decision analysis of the Tatshenshini-Alsek Wilderness Preservation alternatives. *J Environ Manag*, 1999;19(3):498–510. *apud* LINKOV, I.; SATTERSTROM, F.K.; KIKER, G.; BATCHELOR, C.; BRIDGES, T.; FERGUSON, E. From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptive management: recent developments and applications. *Environ. Int.* 2006;32:1072–93.

McHARG, I. L. Natural factors in planning. *Journal of Soil and Water Conservation*. 52.1 (January-February 1997): p13.

MENDIONDO, E.M. Challenging issues of urban biodiversity related to ecohydrology. *Braz. J. Biol.*, 68 (4, suppl.): 983-1002, 2008.

_____. Towards the Renaturalization of Riparian Areas in South America Through an Interdisciplinary Approach: Management Opportunities. In: *ATSAF Proceedings*, 1999 Deutscher Tropentag, Berlin, Oct. 1999. *apud* MENDIONDO, E.M. Challenging issues of urban biodiversity related to ecohydrology. *Braz. J. Biol.*, 68 (4, suppl.): 983-1002, 2008.

_____. Integrated eco-hydraulics options for the recovery of life and safety in aquatic environments. In: *New Trends in Water and Environmental Engineering for Safety and Life*. Maione, Majone Lehto and Monti (Eds.). Rotterdam: Balkema. 2000a. *apud* MENDIONDO, E.M. Challenging issues of urban biodiversity related to ecohydrology. *Braz. J. Biol.*, 68 (4, suppl.): 983-1002, 2008.

_____. *Leitbilder für das Einzugsgebiet der Lahn. Internal Report. Fachgebietes Wasserbau und Wasserwirtschaft*, University of Kassel. + an (Ecological Concepts of Restoration of Lahn River; in German). 33 p. 2000b. *apud* MENDIONDO, E.M. Challenging issues of urban biodiversity related to ecohydrology. *Braz. J. Biol.*, 68 (4, suppl.): 983-1002, 2008.

MEURER, M. A restauração fluvial e a busca de reconciliação da europa com os seus cursos d'água: o que o Brasil deve aprender com esta experiência? *GEOgraphia*. 2010.<
<http://www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/issue/view/25>>

MIGUEZ, M.G.; VERÓL, A.P.; REZENDE, O.M. *Drenagem Urbana – Do projeto tradicional à sustentabilidade (E-book)*. Rio de Janeiro: Elsevier. 2015. 384p.

MILLAR, R.G. Influence of bank vegetation on alluvial channel patterns. *Water Resources Research*, 36(4), 1109–1118. 2000. *apud* BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Applications of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography*, 22, p.91-122. 2002.

MILLENNIUM Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: Wetland and water. Synthesis*. 2005. Disponível em <<http://www.millenniumassessment.org/proxy/Document>>. Consulta em: 12/12/2016.

MILLER, J.R. Biodiversity conservation and the extinction of experience. *Trends in Ecology and Evolution*, 20:430–434. 2005. *apud* BESTELMEYER, B.T. Threshold Concepts and Their Use in Rangeland Management and Restoration: The Good, the Bad, and the Insidious. *Restoration Ecology*, Vol. 14, No. 3, pp. 325–329. 2006.

MILOGRANA, J.C. *Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas*. (Tese de Doutorado na Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos hídricos). Universidade Federal de Brasília. Brasília: 2009. 342p.

MINAS GERAIS – Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. *Editais SEMAD/IGAM N° 01/2013*. Para seleção de programas, projetos e ações que visem promover a implantação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, a racionalização do uso e a melhoria dos recursos hídricos, quanto aos aspectos qualitativos e quantitativos, a prevenção de inundações e o controle da erosão do solo com recursos do Fhídrio. 2013. Disponível em < <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/Fhídrio/2013/editais-fhídrio-2013.pdf>>. Consulta em 17/6/2014.

MINAS GERAIS. *Lei 17.727, de 13 de agosto de 2008*. Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, para os fins que especifica, e altera as Leis n°. 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Publicada no Diário do Executivo – “Minas Gerais” – em 14/08/2009.

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa COPAM n° 1, de 05 de maio de 2008*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2008.

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa COPAM n°. 95, de 12 de abril de 2006*. Dispõe sobre critérios para o licenciamento ambiental de intervenções em cursos d’água de sistemas de drenagem urbana no Estado de Minas Gerais. 2006.

MINAS GERAIS. *Lei n° 13.199, de 29 de janeiro de 1999*. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Publicada no Diário do Executivo - "Minas Gerais" – em 30/01/1999.

MINAS GERAIS. *Lei nº 12.503 de 30 de maio de 1997*. Cria o Programa Estadual de Conservação da Água em Minas Gerais. Publicada no Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 31/05/1997.

MINAYO, M.C.S.; SANCHES, O. Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementariedade? *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 9 (3): 239-262, jul/set,1993.

MITCHELL, V.G.; MEIN, R.G.; McMAHON, T.A. Utilising stormwater and wastewater resources in urban areas. *Australian Journal of Water Resources*. 6:31–43. 2002. *apud* MITCHELL. V.G. Applying Integrated Urban Water Management Concepts: A Review of Australian Experience. *Environmental Management*, Vol. 37, No. 5, pp. 589–605. 2006.

MITCHELL. V.G. Applying Integrated Urban Water Management Concepts: A Review of Australian Experience. *Environmental Management*, Vol. 37, nº. 5, pp. 589–605. 2006.

MORANDI, B. *La restauration des cours d'eau en France et à l'étranger: de la définition du concept à l'évaluation de l'action. Eléments de recherche applicables*. (Thèse de doctorat en Geography. Ecole normale supérieure de LYON-ENS LYON). Lyon. 2014. 430p.

MOTA, J.A. *O valor da natureza – Economia e política dos recursos naturais*, p.37-65, 2001.

MOURA, L.A.A. *Economia Ambiental – Gestão de custos e investimentos*. 4ª. Edição.V. Belo Horizonte: Del Rey. 2011. 296p.

MOURA, P.M. *Méthode d'évaluation des performances des systèmes d'infiltration des eaux de ruissellement en milieu urbain*. (Thèse de doctorat en Mécanique, Énergétique, Génie civil, Acoustique - L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon). Lyon. 2008. 363p.

MOURA, P.M. *Contribuição para a avaliação global de sistemas de drenagem urbana*. (Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2004, 164p.

MUHAR, S. Habitat improvement of Austrian rivers with regard to different scales. *Regulated rivers: research and management* 12:471-482. 1996.

NAEEM, S.; THOMPSON, L.J.; LAWLER, S.P.; LAWTON, J.H.; WOODFIN, R.M. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature*, 368: 734–737. doi:10.1038/368734a0. 1994.

NAVEH, Z. From biodiversity to ecodiversity: a landscape-ecology approach to conservation and restoration. *Restoration Ecology*, 2, 180e189. 1994. *apud* TRABUCCHI, A,M; NTSHOTSHO, C.P.; O'FARRELL, B.P.; COMÍN, F.A. Ecosystem service trends in basin-scale restoration initiatives: A review. *Journal of Environmental Management*, 111. 18 e 23. 2012.

[NRCS] Natural Resources Conservation Service - United States Department of Agriculture. *Engineering Field Handbook. Chapter 18*. USDA, 1992.

NEWMAN, J.; MOURITZ, M. Principles and planning opportunities for community scale systems of water and waste management. *Desalination*, 106:339–354. 1996. *apud* MITCHELL. V.G. Applying Integrated Urban Water Management Concepts: A Review of Australian Experience. *Environmental Management*, Vol. 37, n^o. 5, pp. 589–605. 2006.

NEWSON, M.D.; SEAR, D.A. River conservation, river dynamics, river maintenance: contradictions? In: WHITE, S.; GREEN, J.; MACKLIN, M.G. (eds) *Conserving our landscape', Joint nature Conservancy*, 139 -146. 1993. *apud* BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Applications of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography*, 22, p.91-122. 2002.

NEWSON, M.D. River conservation and catchment management: a UK perspective. In: BOON, P.J.; CALOW, P.; PETTS, G. E. (Eds), *River conservation and management* (pp. 385–395). Chichester: Wiley. 1992.

NIEMCZYNOWICZ, J. Water management and urban development: A call for realistic alternatives for the future. *Impact of Science on Society*, 42:133–147. 1992. *apud* MITCHELL. V.G. Applying Integrated Urban Water Management Concepts: A Review of Australian Experience. *Environmental Management*, Vol. 37, n^o. 5, pp. 589–605. 2006.

NILSSON, C.; JANSSON, R.; MALMQVIST, B.; NAIMAN, R.J. Restoring Riverine Landscapes: The Challenge of Identifying Priorities, Reference States, and Techniques. *Ecology and Society*, 12(1). 2007.

[OECD] Organization for economic co-operation and development. *Environmental Indicators – Development, Measurement and Use*. 2003. Disponível em <<http://www.oecd.org>>, Consulta em: 19/04/2010.

OLDFORD, G.L. *Spatial optimisation for river restoration planning in Nova Scotia, Canada*. (Master thesis in Environmental studies in Dalhousie University Halifax). Nova Scotia: 2013.

OLEWILER, N., *The Value of Natural Capital in Settled Areas of Canada*. Published by Ducks Unlimited Canada and the Nature Conservancy of Canada, 36 pp. Retrieved April 8, 2011, from the Ducks Unlimited Canada Web Site: <http://www.ducks.ca/aboutduc/news/archives/pdf/ncapital.pdf>. 2004.

OSLO. City Council. *Urban Ecology Program – 2011-2023*. Oslo: 2013, 28p. Disponível em: <<http://www.oslo.kommune.no>>. Consulta em: 27/1/2014.

OSLO. Oslo Kommune. *Plan-og bygningsetaten - Avdeling for byutvikling. Grøntplan for Oslo Kommunedelplan for den lågrønne strukturen i Oslos byggesone*. Oslo: 2010, 108p.

OSLO. Oslo Kommune. *Plan-og bygningsetaten. Kommunedelplan for Alna miljøpark - Planforslag til offentlig ettersyn*. Oslo: 2009, 86p.

OSLO. Oslo Kommune. *Plan-og bygningsetaten. Grøntplan for Oslo Kommunedelplan for Grøntstruktur I byggesonen*. Oslo: 1992.

PALMER, M.A. Reforming watershed restoration: science in need of application and application in need of science. *Estuaries and Casts*. 32:1-17. 2009.

PALMER, M.A.; REIDY LIERMANN, C.A.; NILSSON, C.; FLORKE M.; ALCAMO, J.; LAKE, P.S. E BOND, N. Climate change and the world's river basins: anticipating management options. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 81–89. 2008.

PALMER, M.A.; ALLAN, J.D.; MEYER, J.; BERNHARDT, E.S. River restoration in the twenty-first century: data and experimental knowledge top inform future efforts. *Restoration Ecology*, vol. 15, n^o. 3, p. 472-481. 2007.

PALMER, M.A.; BERNHARDT, E.S.; ALLAN, J.D.; *et al.* Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*, 42, 208–217. 2005.

PALMER, M.A.; HAKENKAMP, C.C. E NELSON-BAKER, K. Ecological Heterogeneity in Streams: Why Variance Matters. *Freshwater Science*. Volume 16, n^o. 1, Mar., 1997.

PETTS, G. Regulation of large rivers: problems and possibilities for environmentally-sound river development in South America. *Interciencia*, vol. 15, n^o. 6, p. 389-394. 1990. *apud* MENDIONDO, E.M. Challenging issues of urban biodiversity related to ecohyrology. *Braz. J. Biol.*, 68 (4, suppl.): 983-1002, 2008.

PETTS, G.E.; MOLLR, H.; ROUX, A.L. *Historical changes of large alluvial rivers*. Chichester: John Wiley & Sons. 1989. *apud* MENDIONDO, E.M. Challenging issues of urban biodiversity related to ecohyrology. *Braz. J. Biol.*, 68 (4, suppl.): 983-1002, 2008.

PIMM, S.L. *The balance of nature? Ecological issues in the conservation of species and communities*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press. 1991. *apud* PALMER, M.A. Reforming watershed restoration: science in need of application and application in need of science. *Estuaries and Casts*. 2009. 32:1-17.

PINKHAM, R. *21st Century water systems: Scenarios, visions and drivers*, 20p. 1999. Disponível em: <http://www.rmi.org/Knowledge-Center/Library/W99-21_21stCenturyWater>. Consulta em: 8/6/2014.

POFF, N.L.; WARD, J.V. Physical habitat template of lotic systems: recovery in the context of historical pattern of spatiotemporal heterogeneity. *Environmental Management*, 14(5), 629–645. 1990. *apud* BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Applications of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography*, 22, p.91-122. 2002.

POMEROL, J.C.; BARBA-ROMERO, S. *Choix multicritère dans l'entreprise: principe et pratique*. Paris, França: Hermes. 1993. 390p.

POMPÊO, C.A.; RIGOTTI, J.A.; FREITAS FILHO, M.D. Urban Stream Condition Assessment. *12nd International Conference in Urban Drainage*, Porto Alegre, 10-15 set, 2011.

PRZEDWOJSKI, B.; BLAZEJEWSKI, R.; PILARRCZYK, K.W. *River training techniques – Fundamentals, Design and applications.*. Netherlands: A.A.Balkema, Rotherdam Brookfield, 1994, 624p.

RADANNE, P. (Organizador) *Etat des lieux des controverses sur les ressources naturelles. L'infini dans un monde fini: quelles transitions politique, économique et sociale face à la limitation des ressources aux différentes échelles d'action? Annexes. 4D Dossier et débats pour le développement durable: 2013.*

REES, W.; WACKERNAGEL, M. Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable – and why they are a key to sustainability. *Environment Impact Assess Rev*, 1996;16:223-248. Nova Yorque: 1996.

REES, W.E.; WACKERNAGEL, M. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: Measuring the natural capital requirements of the human economy. In: JANSSON, A.M.; HAMMER, M.; FOLKE, C.; COSTANZA, R. (EDS). *Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability*, 1994. *apud* REES, W.; WACKERNAGEL, M. Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable – and why they are a key to sustainability. *Environment Impact Assess Rev*, 1996;16:223-248. Nova Iorque: 1996.

REES, W. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 4(2):121-130. 1992.

[RER] Restoring Europe's Rivers. *Rivers by Design – Rethinking development and river restoration – A guide for planners, developers, architects and landscape architects on maximizing the benefits of river restoration*. Bristol: 2013, 43p. Disponível em: <<http://www.restorerivers.eu/Portals/27/Publications/131223%20Rivers%20by%20Design.pdf>>. Consulta em: 28/7/2014.

[RERAU] *Projet National: Réhabilitation des réseaux d'assainissement urbains; Gestion Patrimoniale des Réseaux d'Assainissement Urbains - Guide Méthodologique*, 415p. 2005. *apud* AGUIAR, J.E. *Estudos das características técnicas e operacionais das galerias de águas pluviais como subsídios para gestão patrimonial e estabelecimento de diretrizes para projetos de sistemas de drenagem urbana*. (Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 258p. 2012. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/bancodefesa.php>>. Consulta em: 11/11/2015.

RICO, E.A.M. *Metodologia para priorização de intervenções em trechos de cursos de água: estudo de caso Torrentes Bolonia e Yomasa, Bogotá – Colômbia*. (Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia. Universidade Federal de

Minas Gerais. Belo Horizonte: 2013, 155p. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/bancodefesas.php>>. Consulta em: 20/8/2014.

RICHARDSON, R.J. *Pesquisa social: métodos e técnicas*. São Paulo: Atlas, 1989. *apud* DALFOVO, M.S.; LANA, R.A.; SILVEIRA, bA. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada*, Blumenau, V.2, n.4, p.1-13, Sem II. 2008.

RODRÍGUEZ, A.C.; MAS, F.M. *Buenas prácticas para el mantenimiento y conservación de cauces*. CEDEX: Espanha. 2014

RONCHI E.; FEDERICO, A.; MUSMECI, F. A system oriented integrated indicator for sustainable development in Italy. *Ecological Indicators*, novembro 2002, 2(1-2), p. 197-210. 2002.

ROSGEN, D. L. River restoration using a geomorphic approach for natural channel design. *Proceeding of the eighth Federal Interagency Sedimentation Conference*. USA. 2006.

ROSGEN, D. L. A geomorphological approach to restoration of incised rivers. In: Wang, S.S.Y.; Langendoen, E.J.; Shields Jr., F.D. (eds.) *Proceedings of the Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision*, 1997.

ROY, B.; FIGUEIRA, J. *Détermination des poids des critères dans les méthodes de type Electre avec la technique de Simos révisée*. 1998.

ROY, B.; BOUYSSOU, D. *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*. Paris: Economica, 1993, 694p. *apud* MOURA, P.M. *Contribuição para a avaliação global de sistemas de drenagem urbana*. (Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2004, 164p.

RUTHERFURD, I.D.; JERIE, K.; MARSH, N. *A Rehabilitation Manual for Australian Streams – Volume 1*. Canberra, Australia: Land and Water Resources Research and Development Corporation/Cooperative Research Centre for catchment Hydrology Department of Civil Engineering – Monash University, 2000. 192p. Disponível em: <<http://arcc.com.au/resources/managing-for-multiple-benefits>>. Consulta em: 10/1/2014.

SAATY, T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, v.14, p.234-281, 1977.

SALVETTI, M. *Les évaluations économiques en appui la gestion de l'eau et des milieux aquatiques*. Office National de l'eau et des Milieux Aquatiques – ONEMA. 2013. 172p.

SANCHÉZ, L.E. *Avaliação de impacto ambiental – Conceito e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTOS, A.C.P.B. *Proposição de abordagem para a avaliação do estado de alteração de cursos de água*. (Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de

Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2010, 122p. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/bancodefesas.php>>. Consulta em: 10/2/2016.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. *Manual de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais – Aspectos tecnológicos: diretrizes para projetos - Vol III*. São Paulo: SMDU. 2012.

SÃO PAULO (Estado). *Lei nº. 7.663, de 30 de dezembro de 1991*. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Publicado no D.O.E de São Paulo de 31/12/1991.

SEAR, D.A.; Newson, M.D.; Thorne, C.R. *Guidebook of Applied Fluvial Geomorphology R&D Technical Report FD1914*. Londres: Defra/Environment Agency - Flood and Coastal Defence R&D Programme, 2003. 233p.

SEAR, D.A. 1996. The sediment system and channel stability. Pages 149–177. In: Brookes, A.; Shields Jr. , F.D. (eds.). *River channel restoration: Guiding principles for sustainable projects*. John Wiley & Sons, Chichester: 1996. *apud* BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A. River Styles, a Geomorphic Approach to Catchment Characterization: Implications for River Rehabilitation in Bega Catchment, New South Wales, Australia. *Environmental Management*, v. 25, n°.6, p. 661–679, New York, USA: 2000.

SCHÜLTZ, R.C.; ISENHART, T.M.; SIMPKINS, W.W.; COLLETTI, J.P. Riparian forest buffer sinagro ecosystems – lessons learned from the Bear Creek Watershed, central Iowa, USA. *Agroforestry Systems*. 61:35–50, 2004.

SILVA, N.V.S., NASCIMENTO, R.Q., SILVA, T.C. Modelo de priorização de investimentos em saneamento básico utilizando programação linear com base em indicadores ambientais. *Revista Engenharia sanitária e ambiental*, Vol.13 - Nº 2 - abr/jun 2008, 171-180. 2008.

SIMENSTAD, C., REED, D.; FORD, M. When is restoration not? Incorporating landscape-scale processes to restore self-sustaining ecosystems in coastal wetland restoration. *Ecological Modelling*, 26: 27–39. 2006. *apud* PALMER, M.A. Reforming watershed restoration: science in need of application and application in need of science. *Estuaries and Coasts*. 2009. 32:1-17.

SMEETS, E.; WATERINGS, R.; *Environmental Indicators: Typology and overview*; European Environment Agency: Copenhagen, Denmark, 1999.

SONG, X.; FROSTELL, B. The DPSIR framework and a pressure-oriented Water Quality monitoring approach to ecological river restoration. *Water*, 4, 670-682. 2012.

SOUTHWOOD, T.R. E. Habitat, the template for ecological strategies? *Journal of Animal Ecology*, 46, 337–365.1977. *apud* BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Applications of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography*, 22, p.91-122. 2002.

STANFORD, J.A.; WARD, J.V.; LISS, W.J.; FRISSELL, C.A.; WILLIAMS, R.N.; LICHATOWICH, J.A.; COUTANT, C.C. A general protocol for restoration of regulated rivers. *Regulated Rivers: Research and Management*, 12, 391–413. 1996.

SWYNGEDOUW, E.; KAÏKA, M.; CASTRO, E. Urban Water: A political-ecology perspective. *Built Environment, ISSN 0263-7960, Special Issue on Water Management in Urban Areas*, 2002, Vol.28(2), pp.124-137.

SZAJUBOK, N.K.; MOTA, C.M.; ALMEIDA, A.T. Uso do método multicritério ELECTRE TRI para classificação de estoques na construção civil. *Pesquisa Operacional*, vol.26 n° 3. Rio de Janeiro Sept./Dec. 2006.

TAYLOR, C. *River restoration - Recognizing channels and floodplain forms. Water and Rivers Commission. Report RR17*. Austrália: 2002, 21p.

TEIXEIRA, J.C., HELLER, L. Modelo de priorização de investimentos em saneamento com ênfase em indicadores de saúde: desenvolvimento e aplicação em uma companhia estadual. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Vol. 6 - n° 3 - jul/set 2001 e N° 4 - out/dez 2001.

_____. Priorização de investimentos em saneamento baseada em indicadores epidemiológico e financeiro. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Vol. 8 - n° 3 - jul/set, 2003, 187-195.

TEIXEIRA, F.A.M. *Pegada de carbono Grupo TRACAR*. (Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto: 2010/2011, 72p.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M.C.; SCHWAGER, M.; JELTSCH, F. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31: 79–92. 2004.

THEYS J. *L'environnement à la recherche d'une définition. Notes de méthode de L'IFEN, n° 1*, Juin, 1993.

THORP, J.H.; FLOTTERMERSCH, J.E.; CASPER, A.F.; THOMS, M.C.; BALLANTYNE, F.; WILLIAMS, B.S.; O'NEILL, B.J.; HAASE, C.S. Linking ecosystem services, rehabilitation, and river hydrogeomorphology. *Bioscience*, 60: 67-74. 2010.

TILMAN, D.; WEDIN, D.; KNOPS, J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature*, 379: 718–720. doi:10.1038/379718a0. 1996.

TRABUCCHI, M.; O'FARRELL, P.J.; NOTIVOL, E.; COMÍN, F.A. Mapping Ecological Processes and Ecosystem Services for Prioritizing Restoration Efforts in a Semi-arid Mediterranean River Basin. *Environmental Management*, (2014) 53:1132–1145. DOI 10.1007/s00267-014-0264-4. 2014.

TRABUCCHI, M.; COMÍN, F.A. O'FARRELL, P.J.; Hierarchical priority setting for restoration in a watershed in NE Spain, based on assessments of soil erosion and

ecosystem services. *Reg Environ Chang.* 2013. 13:911–926. DOI 10.1007/s10113-012-0392-4. 2013.

TRABUCCHI, M.; NTSHOTSHO, C.P.; O'FARRELL, B.P.; COMÍN, F.A. Ecosystem service trends in basin-scale restoration initiatives: A review. *Journal of Environmental Management*, 111 (2012) 18 e 23.

TRENHOLM, R.; LANTZ, V.; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, R.; LITTLE, S. Cost-benefit analysis of riparian protection in an eastern Canadian watershed. *Journal of Environmental Management*, 116 (2013) 81e 94. 2013.

TUNSTALL, D. *Developing and using indicators of sustainable development in Africa. Thematic workshop on indicators of sustainable development.* Banjul, Gâmbia: 1994. apud CASTRO, L.A.M. *Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água* (Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2007, 297p.

[UNEP] United Nations Environment Programme. *Methodology for the preparation of GeoCities reports – Training Manual Version 3.* Regional Office for Latin America and the Caribbean Copyright, United Nations Environment Programme and Consorcio Parceria 21. Panama: 2009.

_____. Lääne, A., Kraav, E. and G. Titova. Baltic Sea, GIWA. *Regional assessment 17.* University of Kalmar, Kalmar, Sweden: 2005.

[UK] Environmental Agency & Lewisham. *Ravensbourne River Corridor – Improvement Plan.* London: 2010.

UNIVERSUM SPECIAL - MAGAZIN. *Special Europe's rivers.* Viena: 2013

URIBE, D.; GENELETTI, D.; DEL CASTILLO, R. F.; ORSI, F. Integrating stakeholder preferences and GIS-Based multicriteria analysis to identify forest landscape restoration priorities. *Sustainability*, 6, 935-951. 2014.

[US EPA] United states Environment Protection Agency. *Protecting and restoring America's watersheds – status, trends, and initiatives in watershade management.* EPA, 2001, 56p.

[USACE]. U.S. Army Corps of Engineers. SOAR, P. J. E THORNE, C. R. *Channel Restoration Design for Meandering Rivers.* Washington. 2001

VARIS, O.; SOMLYODY, L. Global urbanization and urban water: can sustainability be afforded? *Water Science and Technology*, 35:21–32. 1997. apud MITCHELL. V.G. Applying Integrated Urban Water Management Concepts: A Review of Australian Experience. *Environmental Management*, Vol. 37, nº. 5, pp. 589–605. 2006.

VIADONAU. *Integrated River Engineering Project Danube East of Vienna.* Vienna: 2013. Disponível em: <<http://www.danubecommission.org>>, consulta em: 27/1/2014.

VILLAÇA, F. Dilemas do Plano Diretor. In: CEPAM. *O município no século XXI: cenários e perspectivas*. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima – Cepam, 1999. p.237–247. Disponível em < http://www.ambiente.sp.gov.br/cea/files/2011/12/Eda_Tassara.pdf>. Consulta em: 17/6/2014.

WALLINGTON, T.J.; HOBBS, R.J.; MOORE, S.A. Implications of current ecological thinking for biodiversity conservation: a review of the salient issues. *Ecology and Society*, 10:15. 2005. *apud* HOBBS, R.J. Setting Effective and Realistic Restoration Goals: Key Directions for Research. *Restoration Ecology*. Vol. 15, No. 2, pp. 354–357 JUNE 2007.

WALKER, B.; HOLLING, C.S.; CARPENTER, S.R.; KINZIG, A. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2): 5. 2004. [online] URL: < <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>>. *apud* PALMER, M.A. Reforming watershed restoration: science in need of application and application in need of science. *Estuaries and Coasts*. 32:1-17. 2009.

WATSON, S.R. Decision analysis as a replacement for cost/benefit analysis. *European Journal of Operational Research*, 7 (1981). 242-248. 1981.

[WEF] Water Environmental Federation; [ASCE] American Society of Civil Engineers. *Design and construction of urban stormwater management systems*. 1993, 724 p.

WELCOMME, R.L.; BENE, C.; BROWN, C.A.; ARTHINGTON, A.H.; DUGAN, P.; KING, J.M.; SUGUNAN, V. Predicting the water requirements of river fisheries. In: Wetlands and Natural Resource Management. *Ecological Studies, Vol 90*. (Eds. J.T.A. Verhoeven, B. Beltman, R. Bobbink & D.F. Whigham), pp.123–154. Springer-Verlag, Berlin. 2006.

WIEDMANN, T. e MINX, J. A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends: Chapter 1*, pp. 1-11, *Nova Science Publishers*, Hauppauge NY, USA. 2008. <https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999>. *apud* TEIXEIRA, F.A.M. *Pegada de carbono Grupo TRACAR*. (Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto: 2010/2011, 72p.

WHISENANT, S.G. *Repairing damaged wildlands: a process-oriented, landscape-scale approach*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 1999. *apud* HOBBS, R. J.; HARRIS, R. J. Restoration Ecology: Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. *Restoration Ecology*. Vol. 9 No. 2, pp. 239–246. 2001.

WOHL, E.; ANGERMEIER, P.L.; BLEDSOE, G.B.; KONDOLF, M.; MACDONNELL, L.; DAVID, M.; MARGARET, A.M.; LEROY, P.N.; TARBOTON, P.D. River restoration. *Water Resources Research*, 41, W10301. 2005.

WU, J.; O. LOUCKS. From balance of nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in ecology. *Annual Review of Biology*, 70: 439–466. 1995 *apud*

PALMER, M.A. Reforming watershed restoration: science in need of application and application in need of science. *Estuaries and Coasts*. 32:1-17. 2009.

YANG, C. T. *Sediment transport*. USA: McGraw-Hill Companies Inc. 1996. 396p. *apud* BAPTISTA, M.B.; VON SPERLING, M. Morfologia fluvial. In: VON SPERLING, M. *Estudos e Modelagem da Qualidade da Água em Rios*. Cap. 4, p.139-183. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

APÊNDICE I

Roteiros de Entrevista



Roteiro de Entrevista - Especialistas

Entrevistado:

Área de atuação:

Data:

Telefone:

E-mail:

- 1) Como o Sr. (a) avalia as escolhas feitas para implementação de intervenções em cursos de água no Brasil na atualidade?
- 2) Fale sobre os processos de tomada de decisão utilizados pelos diversos gestores brasileiros na atualidade para priorização de intervenções em cursos de água.
- 3) Quais os critérios utilizados atualmente para a priorização de intervenções em cursos de água no Brasil?
- 4) Em sua opinião, quais deveriam ser os critérios utilizados nesse tipo de priorização?
- 5) Perguntar a opinião do entrevistado quanto a possibilidade de inclusão no rol por ele citado de critérios verificados na literatura que não foram por ele elencados?
- 6) Qual a ordem de relevância desses critérios em sua opinião?
- 7) De que forma poderiam ser avaliados esses critérios?
- 8) Como o Sr. (a) considera que deveria ser feito o envolvimento da comunidade no processo de tomada de decisão sobre as intervenções em cursos de água?
- 9) Existe alguma informação ou questão adicional que o Sr.(a) julgue relevante não abordada durante a entrevista e que queira acrescentar?
- 10) O Sr. (a) indica alguma pessoa envolvida com intervenções em cursos de água que poderia contribuir com essa pesquisa, por meio de resposta a uma entrevista como esta?
- 11) Por favor indique três ou mais pessoas que poderiam contribuir para uma pesquisa por meio de questionário eletrônico para definir os pesos dos critérios de priorização de intervenções em cursos de água.



Roteiro de Entrevista - Comunidade

Entrevistado:

Área de atuação:

Data:

Telefone:

E-mail:

- 1) Como o Sr. (a) avalia as escolhas feitas para realizar intervenções em rios e córregos, tanto canalizações, como restaurações e revitalizações? (*Processo de tomada de decisão, envolvimento da comunidade, critérios utilizados, resultados obtidos*)
- 2) Em sua opinião, para definir quais os trechos de rios ou córregos a serem restaurados ou revitalizados o que deveria ser levado em consideração?
- 3) Como o Sr. (a) considera que deveria ser feito o envolvimento da comunidade no processo de tomada de decisão sobre as intervenções em cursos de água?

APÊNDICE II

Formulários para levantamento dos serviços fluviais prioritários para o estudo de caso na Bacia do Córrego Bonsucesso



(Formulário aplicado aos membros do Subcomitê do Ribeirão Arrudas)

O objetivo desta consulta é obter informações para orientar o planejamento de intervenções na calha de cursos de água, quer sejam ações de restauração ou de preservação.

A partir da lista de serviços ecossistêmicos/usos fluviais apresentada na Tabela 1, uma referência geral para rios urbanos e rurais, estabeleça a ordem de prioridade desses serviços para a bacia do Ribeirão Arrudas na Tabela 2. Alguns desses serviços podem ser inexistentes ou de reduzida relevância para a bacia, neste caso esse serviços pode ser desconsiderado.

Tabela 1 - Serviços ecossistêmicos/usos – referência geral

Serviços ecossistêmicos ou usos fluviais	
(A)	Abastecimento público de água
(B)	Abastecimento de água para indústrias
(C)	Diluição de efluentes
(D)	Manutenção de fauna e flora
(E)	Manutenção de processos ecológicos
(F)	Manutenção de processos geomorfológicos
(G)	Manutenção da segurança da população
(H)	Manutenção da saúde e bem estar da população
(I)	Pesca
(J)	Navegação
(K)	Esportes aquáticos
(L)	Recreação e lazer
(M)	Contemplação e aspecto cênico ou paisagístico
(N)	Produção de energia
(O)	Agricultura (irrigação, manutenção da umidade e fertilidade do solo)
(P)	Dessedentação de animais/Pecuária

Os serviços/usos listados na Tabela 1 devem ser inseridos na Tabela 2, na ordem de maior para menor prioridade. Serviços/usos com mesmo nível de prioridade devem ser inseridos na mesma linha da planilha. Caso um serviço/uso seja 2 vezes mais prioritário que o seguinte deixe 1 linha vazia entre os dois serviços/usos, caso seja 3 vezes mais prioritário deixe 2 linhas vazias, e assim por diante.

Programa de Pós-Graduação em Saneamento,
Meio Ambiente e Recursos Hídricos



Tabela 1 - Serviços ecossistêmicos/ usos prioritários da bacia do Ribeirão Arrudas

Prioridade	Serviços/ usos
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	



(Formulário aplicado aos líderes comunitários da bacia do Córrego Bonsucesso)

O objetivo desta consulta é obter informações para orientar o planejamento de intervenções na calha de cursos de água, quer sejam ações de restauração ou de preservação.

A partir da lista de serviços ecossistêmicos/usos fluviais apresentada na Tabela 1, uma referência geral para rios urbanos e rurais, estabeleça a ordem de prioridade desses serviços para a bacia do Córrego Bonsucesso na Tabela 2. Alguns desses serviços podem ser inexistentes ou de reduzida relevância para a bacia, neste caso esse serviços pode ser desconsiderado.

Tabela 1 - Serviços ecossistêmicos/usos – referência geral

Serviços ecossistêmicos ou usos fluviais	
(A)	Abastecimento público de água
(B)	Abastecimento de água para indústrias
(C)	Diluição de efluentes
(D)	Manutenção de fauna e flora
(E)	Manutenção de processos ecológicos
(F)	Manutenção de processos geomorfológicos
(G)	Manutenção da segurança da população
(H)	Manutenção da saúde e bem estar da população
(I)	Pesca
(J)	Navegação
(K)	Esportes aquáticos
(L)	Recreação e lazer
(M)	Contemplação e aspecto cênico ou paisagístico
(N)	Produção de energia
(O)	Agricultura (irrigação, manutenção da umidade e fertilidade do solo)
(P)	Dessedentação de animais/Pecuária

Os serviços/usos listados na Tabela 1 devem ser inseridos na Tabela 2, na ordem de maior para menor prioridade. Serviços/usos com mesmo nível de prioridade devem ser inseridos na mesma linha da planilha. Caso um serviço/uso seja 2 vezes mais prioritário que o seguinte deixe 1 linha vazia entre os dois serviços/usos, caso seja 3 vezes mais prioritário deixe 2 linhas vazias, e assim por diante.

Programa de Pós-Graduação em Saneamento,
Meio Ambiente e Recursos Hídricos

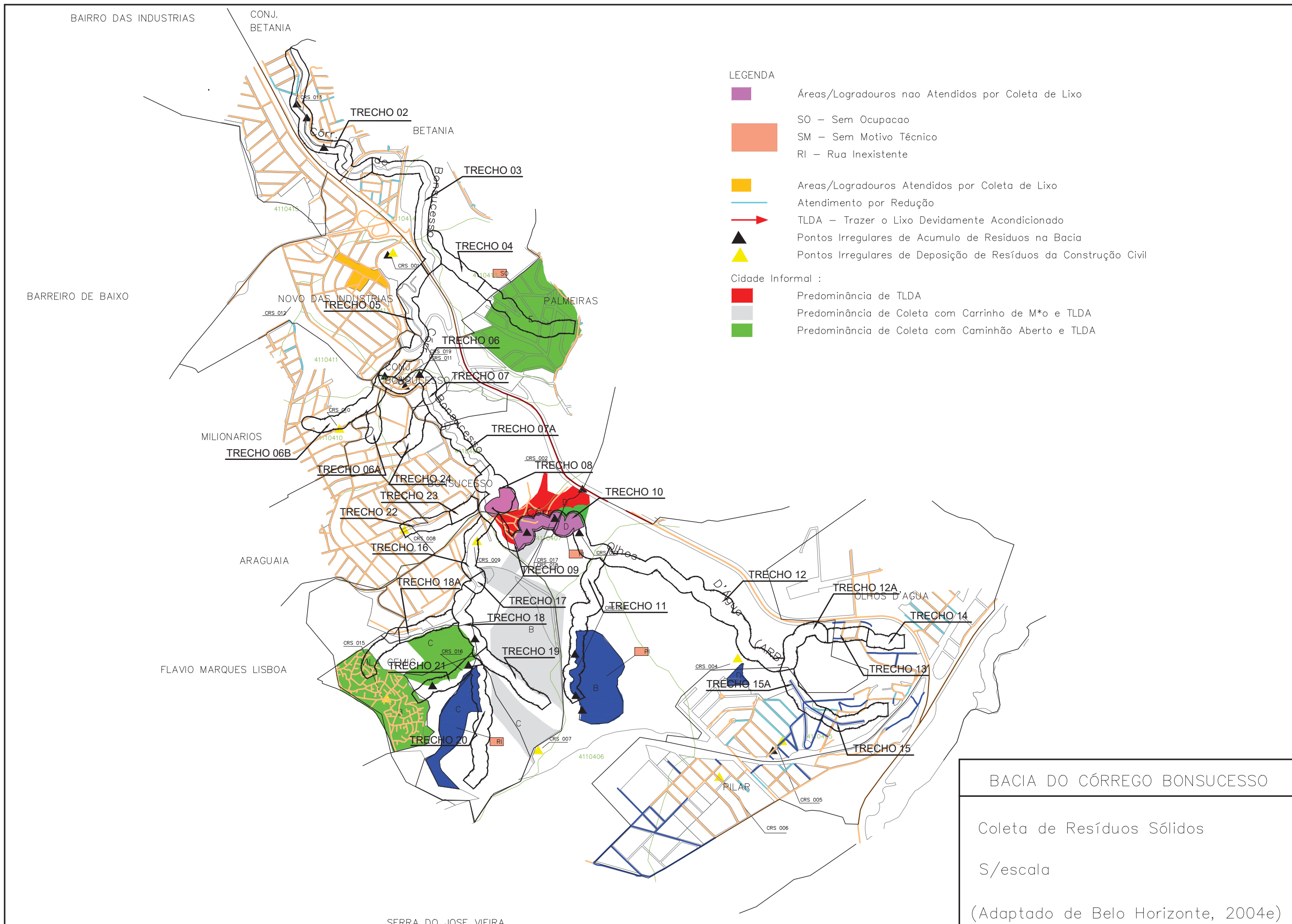


Tabela 1 - Serviços ecossistêmicos/ usos prioritários da bacia do Córrego Bonsucesso

Prioridade	Serviços/ usos
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	

APÊNDICE III

Plantas utilizadas para estimativa dos subindicadores



- LEGENDA**
- Áreas/Logradouros não Atendidos por Coleta de Lixo
 - SO – Sem Ocupação
 - SM – Sem Motivo Técnico
 - RI – Rua Inexistente
 - Áreas/Logradouros Atendidos por Coleta de Lixo
 - Atendimento por Redução
 - TLDA – Trazer o Lixo Devidamente Acondicionado
 - Pontos Irregulares de Acumulo de Resíduos na Bacia
 - Pontos Irregulares de Deposição de Resíduos da Construção Civil
- Cidade Informal :**
- Predominância de TLDA
 - Predominância de Coleta com Carrinho de M*o e TLDA
 - Predominância de Coleta com Caminhão Aberto e TLDA

BAIRRO DAS INDUSTRIAS

CONJ. BETANIA

BETANIA

PALMEIRAS

MILIONARIOS

ARAGUAIA

FLAVIO MARQUES LISBOA

SERRA DO JOSE VIEIRA

TRECHO 02

TRECHO 03

TRECHO 04

TRECHO 05

TRECHO 06

TRECHO 07

TRECHO 06B

TRECHO 06A

TRECHO 24

TRECHO 23

TRECHO 22

TRECHO 16

TRECHO 18A

TRECHO 17

TRECHO 18

TRECHO 19

TRECHO 21

TRECHO 20

TRECHO 11

TRECHO 09

TRECHO 08

TRECHO 10

TRECHO 12

TRECHO 12A

TRECHO 14

TRECHO 13

TRECHO 15A

TRECHO 15

PILAR

NOVO DAS INDUSTRIAS

CONJ. BONSUCESSO

BONSUCESSO

OLHOS D'ÁGUA

FLAVIO MARQUES LISBOA

PILAR

NOVO DAS INDUSTRIAS

MILIONARIOS

ARAGUAIA

FLAVIO MARQUES LISBOA

SERRA DO JOSE VIEIRA

TRECHO 02

TRECHO 03

TRECHO 04

TRECHO 05

TRECHO 06

TRECHO 07

TRECHO 06B

TRECHO 06A

TRECHO 24

TRECHO 23

TRECHO 22

TRECHO 16

TRECHO 18A

TRECHO 17

TRECHO 18

TRECHO 19

TRECHO 21

TRECHO 20

TRECHO 11

TRECHO 09

TRECHO 08

TRECHO 10

TRECHO 12

TRECHO 12A

TRECHO 14

TRECHO 13

TRECHO 15A

TRECHO 15

PILAR

NOVO DAS INDUSTRIAS

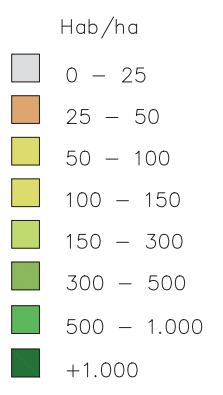
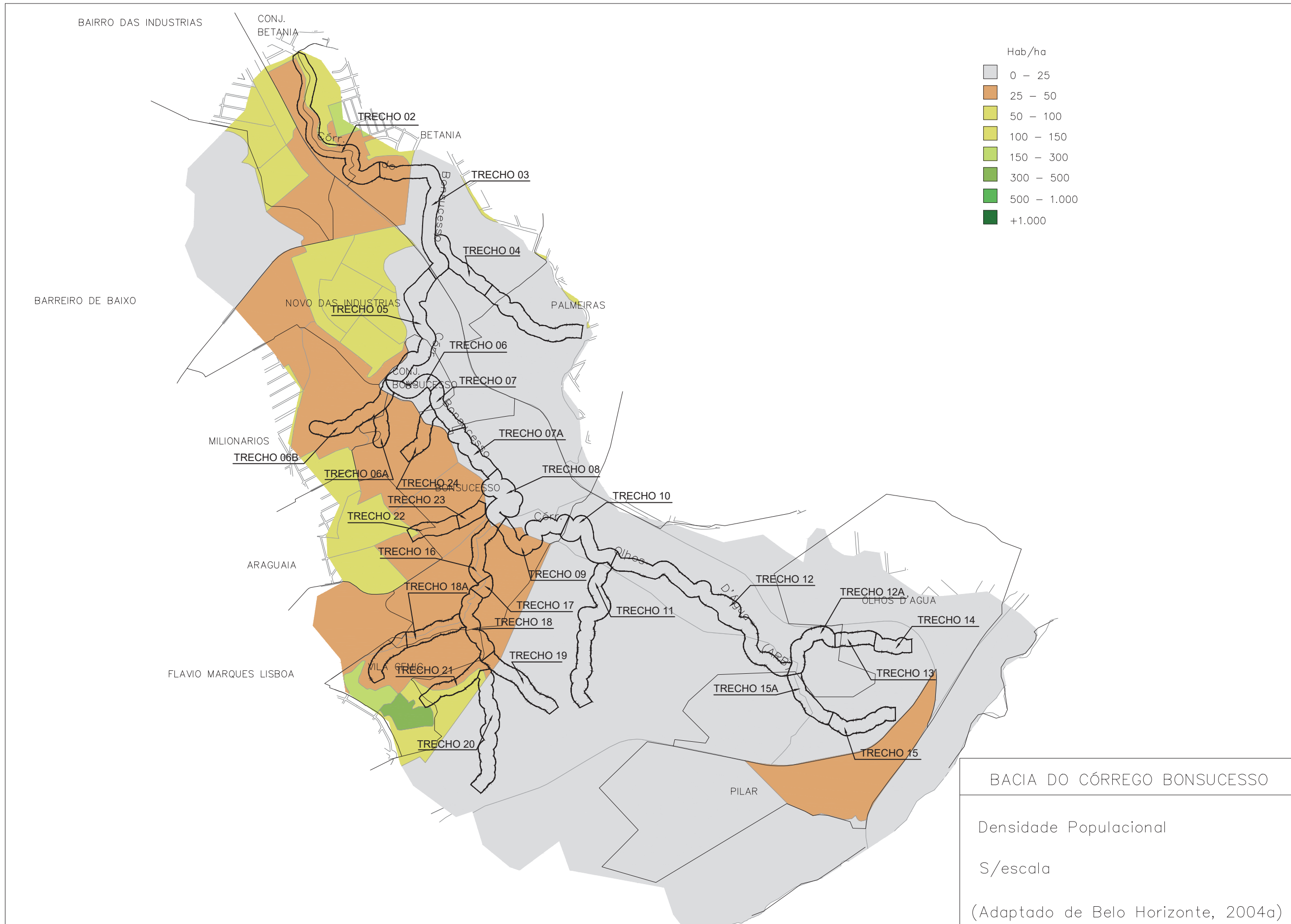
CONJ. BONSUCESSO

BONSUCESSO

OLHOS D'ÁGUA

FLAVIO MARQUES LISBOA

PILAR

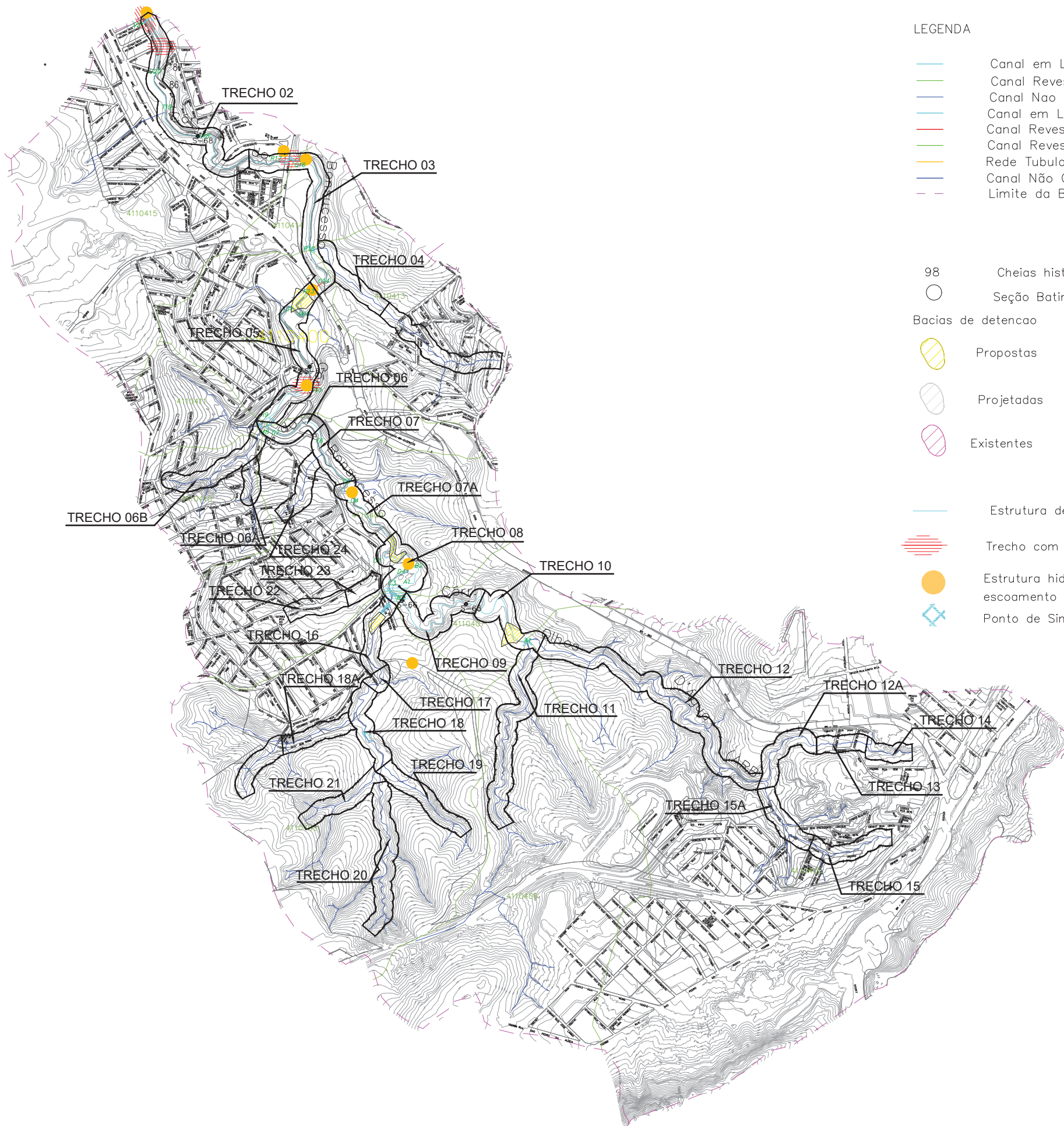


BACIA DO CÓRREGO BONSUCESSO

Densidade Populacional

S/escala

(Adaptado de Belo Horizonte, 2004a)



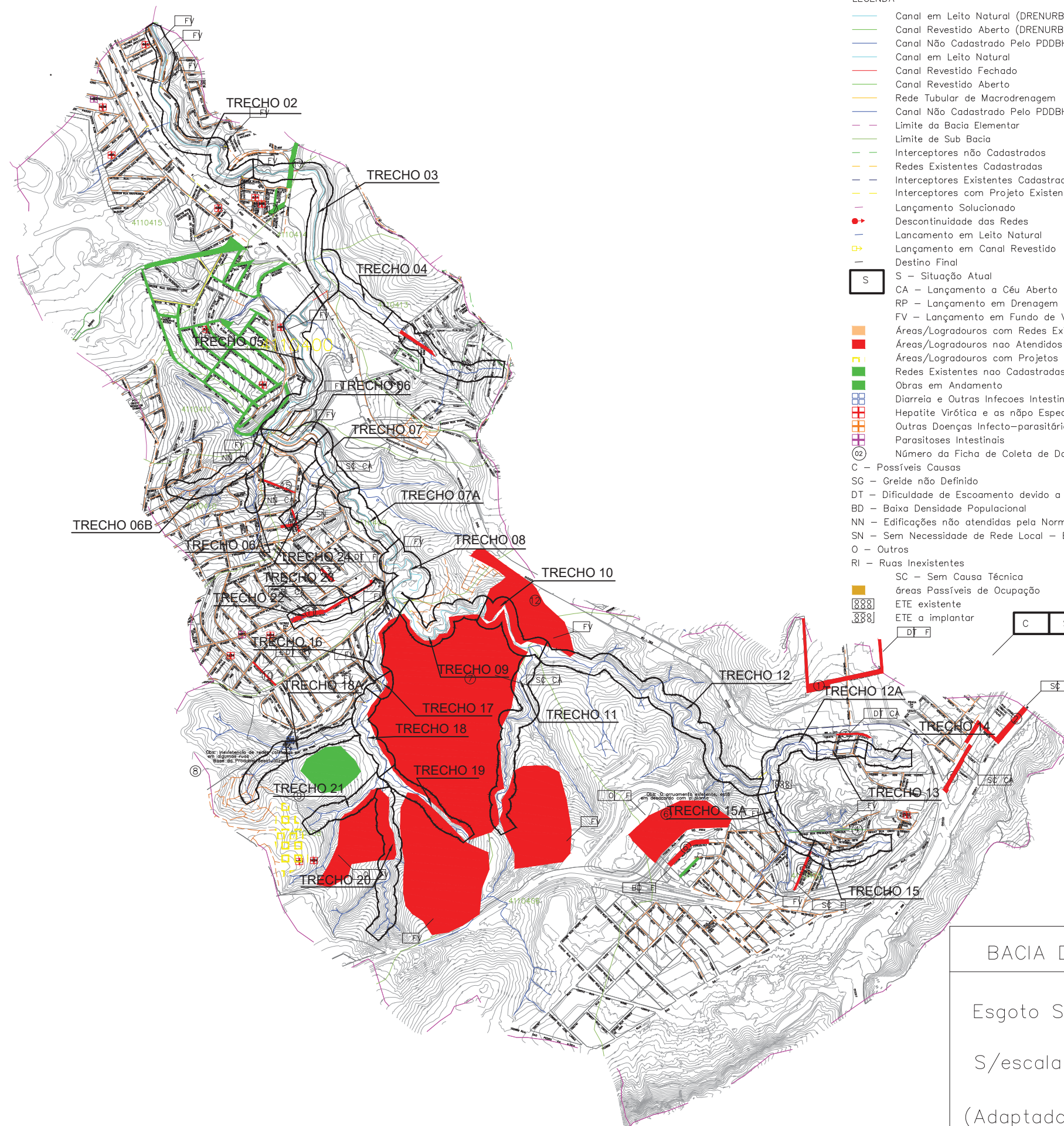
- LEGENDA
- Canal em Leito Natural (DRENURBS)
 - Canal Revestido Aberto (DRENURBS)
 - Canal Não Cadastrado Pelo PDBH (DRENURBS)
 - Canal em Leito Natural
 - Canal Revestido Fechado
 - Canal Revestido Aberto
 - Rede Tubular de Macrodrenagem
 - Canal Não Cadastrado Pelo PDBH
 - Limite da Bacia Elementar
-
- 98 Cheias históricas
 - Seção Batimétrica
- Bacias de detenção
- Propostas
 - Projetadas
 - Existentes
-
- Estrutura de drenagem não cadastrada
 - Trecho com problema de inundação
 - Estrutura hidráulica com problema de capacidade de escoamento < TR50 anos
 - ◆ Ponto de Simulação de Vazão

BACIA DO CÔRREGO BONSUCESSO

Drenagem

S/escala

(Adaptado de Belo Horizonte, 2004c)



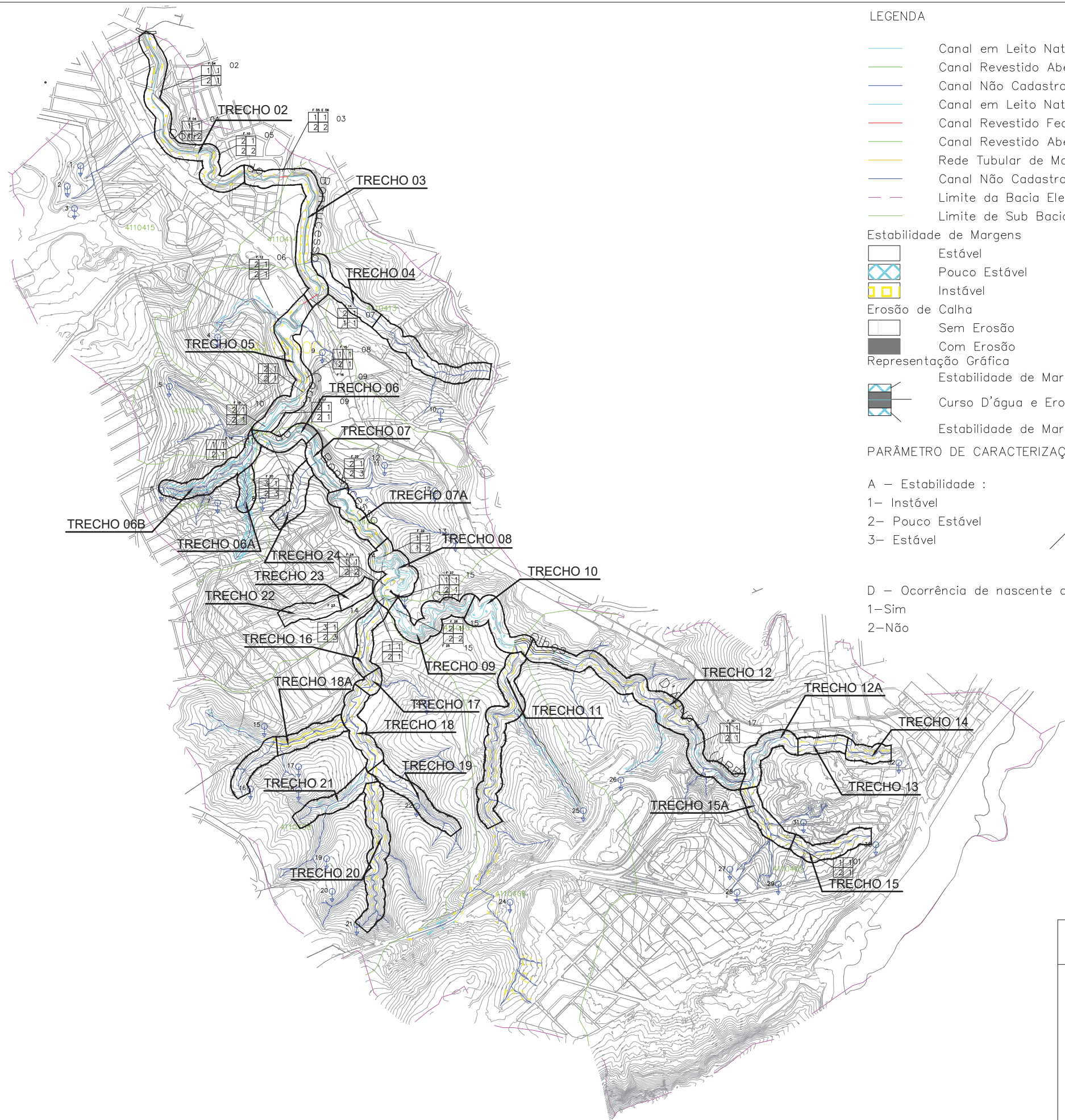
- LEGENDA
- Canal em Leito Natural (DRENURBS)
 - Canal Revestido Aberto (DRENURBS)
 - Canal Não Cadastrado Pelo PDBH (DRENURBS)
 - Canal em Leito Natural
 - Canal Revestido Fechado
 - Canal Revestido Aberto
 - Rede Tubular de Macrodrenagem
 - Canal Não Cadastrado Pelo PDBH
 - Limite da Bacia Elementar
 - Limite de Sub Bacia
 - Interceptores não Cadastrados
 - Redes Existentes Cadastradas
 - Interceptores Existentes Cadastrados
 - Interceptores com Projeto Existente
 - Lançamento Solucionado
 - Descontinuidade das Redes
 - Lançamento em Leito Natural
 - Lançamento em Canal Revestido
 - Destino Final
 - S - Situação Atual
 - CA - Lançamento a Céu Aberto
 - RP - Lançamento em Drenagem Pluvial
 - FV - Lançamento em Fundo de Vale
 - Áreas/Logradouros com Redes Existentes Clandestinas
 - Áreas/Logradouros não Atendidos
 - Áreas/Logradouros com Projetos Existentes
 - Redes Existentes não Cadastradas
 - Obras em Andamento
 - Diarreia e Outras Infecções Intestinais
 - Hepatite Virótica e as não Especificadas
 - Outras Doenças Infecto-parasitárias
 - Parasitoses Intestinais
 - Número da Ficha de Coleta de Dados Primários
 - C - Possíveis Causas
 - SG - Greide não Definido
 - DT - Dificuldade de Escoamento devido a Topografia
 - BD - Baixa Densidade Populacional
 - NN - Edificações não atendidas pela Normal
 - SN - Sem Necessidade de Rede Local - Edificações Atendidas por Redes Adjacentes
 - O - Outros
 - RI - Ruas Inexistentes
 - SC - Sem Causa Técnica
 - áreas Passíveis de Ocupação
 - ETE existente
 - ETE a implantar
 - S - Situação Atual
 - F - Lançamento em Fossa
 - CA - Lançamento em Céu Aberto
 - RP - Lançamento em Drenagem Pluvial
 - FV - Lançamento em Fundo de Vale
 - RV - Lançamento na Rede de Edificação Vizinha

BACIA DO CÓRREGO BONSUCESSO

Esgoto Sanitário

S/escala

(Adaptado de Belo Horizonte, 2004b)



LEGENDA

- Canal em Leito Natural (DRENURBS)
- Canal Revestido Aberto (DRENURBS)
- Canal Não Cadastrado Pelo PDBH (DRENURBS)
- Canal em Leito Natural
- Canal Revestido Fechado
- Canal Revestido Aberto
- Rede Tubular de Macrodrenagem
- Canal Não Cadastrado Pelo PDBH
- Limite da Bacia Elementar
- Limite de Sub Bacia

Estabilidade de Margens

- Estável
- Pouco Estável
- Instável

Erosão de Calha

- Sem Erosão
- Com Erosão

Representação Gráfica

- Estabilidade de Margem
- Curso D'água e Erosão de Calha
- Estabilidade de Margem

PARÂMETRO DE CARACTERIZAÇÃO

- A – Estabilidade :
- 1- Instável
 - 2- Pouco Estável
 - 3- Estável

A	B
D	C

- D – Ocorrência de nascente d'água
- 1-Sim
 - 2-Não

- B – Natureza do talude
- 1- Solo
 - 2- Rocha

01 – Identificação da Ficha Cadastro

- C – Suceptibilidade a erosão
- 1- Alta
 - 2- Média
 - 3- Baixa



Local com Ocorrência de Nascente de água

BACIA DO CÓRREGO BONSUCESSO

Estabilidade de Margens

S/escala

(Adaptado de Belo Horizonte, 2004d)

APÊNDICE IV

Planilhas de agregação da média ponderada dos indicadores de impacto sobre os serviços fluviais nos trechos estudados da bacia do Córrego Bonsucesso

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 2						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,412	5	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,74	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,394	7	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,74	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Manutenção da segurança	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2	0,617	1,000	1,3
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	1	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	0,75	3			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2	0,489	4,000	1,94
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,74	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva	0,2	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	1	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	0,75	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,508	2,000	1,5
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,74	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	1	3			
Recreação e lazer	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,490	3,000	1,15
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,74	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	1			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Electre Tri)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 3							
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,361	0,36	3	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3	1,500			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	3,000			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3	0,000			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	2	1,500			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3	0,000			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2	0,600			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,8	3	2,400			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,000				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,360	0,40	2	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3	1,500			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	3,000			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3	0,000			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	3	2,250			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3	0,000			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3	0,900			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,8	3	2,400			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2	0,000				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	0,475	0,48	1	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3	0,900			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,8	3	2,400			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3	0,000			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	0,75	3	2,250			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2	0,000			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,356	0,36	5	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	2	1,000			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2	2,000			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2	0,000			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2	0,600			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,8	3	2,400			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3	0,000			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	0,75	3	2,250			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2	0,000			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,000			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3	3,000				
Contemplação e aspectos cénico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,339	0,34	6	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3	1,500			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	3,000			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3	0,000			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	2	1,500			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3	0,000			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,8	3	2,400			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3	0,000			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,000			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3	3,000			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,339	0,34	6	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	1	0,500			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2	2,000			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1	0,000			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	1	0,750			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,8	3	2,400			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3	0,000			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,000			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3	3,000				

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 4						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,241	3	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,1	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,1	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,220	6	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,1	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3	0,117	7,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,227	5,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,1	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,233	4,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,243	1,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 5						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,407	3	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,1	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,395	5	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	0,408	1,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	0,75	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,371	6,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,1	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	0,75	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3	0,400	4,00	1,5
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Recreação e lazer	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3	0,363	7,00	1,15
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 6						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	3	0,300	1	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Manutenção de processos geomorfológicos	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,280	3	1,25
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
Manutenção da segurança	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3	0,133	7,00	1,3
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3	0,261	5,00	1,94
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2	0,278	4,00	1,5
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
Recreação e lazer	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1	0,259	6,00	1,15
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 6A						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,272	1	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,255	3	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3	0,175	7,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,245	6,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,250	5,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,250	5,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 6B						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,248	5	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,230	7	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3	0,258	2,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,248	3,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,233	6,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,270	1,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 7						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,356	5	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	1	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,297	7	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	1	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3	0,536	1,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	1	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	1	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,442	4,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	1	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	1	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,444	3,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	1	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	1	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,500	2,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	1	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	1	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 7A						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,337	1	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Manutenção de processos geomorfológicos	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,330	3	1,25
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
Manutenção da segurança	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3	0,300	6,00	1,3
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0,5	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3	0,306	5,00	1,94
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0,5	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
Contemplação e aspectos cênicos e paisagístico	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3	0,315	4,00	1,5
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Recreação e lazer	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3	0,287	7,00	1,15
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	1			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 8						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,263	3	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,334	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,252	6	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,334	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3	0,295	1,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0,5	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,334	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,276	2,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0,5	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,334	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,241	7,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,334	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,259	5,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,334	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 9						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,272	3	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,25	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,247	6	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,25	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3	0,244	7,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0,5	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,25	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,298	1,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0,5	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,25	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,250	5,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,25	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,259	4,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,25	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 10						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,339	1	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,307	6	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3	0,261	7,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,308	5,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,317	4,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,326	3,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 11						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,234	3	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,15	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,254	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,207	7	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,15	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,254	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	0,220	6,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,15	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,254	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,229	4,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,15	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,254	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênicos e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,223	5,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,254	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,250	1,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,254	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 12						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,206	3	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,15	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,182	6	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,15	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3	0,178	7,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,15	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,214	2,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,15	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênicos e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,195	5,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,232	1,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,75	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7			
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)			
Trecho 12A									
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,189	3	1,27			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3						
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	3							
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,172	5	1,25			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	2							
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3	0,161	7,00	1,3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3						
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	2						
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,208	2,00	1,94			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	2						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3						
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	3						
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3							
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,167	6,00	1,5			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	3						
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3						
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,213	1,00	1,15			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	1						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,251	3						
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3						

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 13						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	3	0,578	1	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	1	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	3	0,530	4	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	1	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	0,217	7,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	2	0,412	5,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	1	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	3	0,556	3,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	1	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	2	0,333	6,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	1	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7			
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)			
Trecho 14									
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,411	1	1,27			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3						
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	3						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3							
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,380	4	1,25			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	3						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2							
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	0,217	7,00	1,3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3						
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2						
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,321	5,00	1,94			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3						
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	2						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3						
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3							
Contemplação e aspectos cênicos e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,389	3,00	1,5			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3						
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3						
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,269	6,00	1,15			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3						
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3						

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 15A						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,217	3	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,205	6	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	0,217	2,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,215	5,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênicos e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,194	7,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2	0,222	1,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 15						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,300	1	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Manutenção de processos geomorfológicos	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,280	3	1,25
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
Manutenção da segurança	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3	0,217	7,00	1,3
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3	0,261	6,00	1,94
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,278	4,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
Recreação e lazer	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,269	5,00	1,15
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3				

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 16						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,404	1	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	2			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,382	4	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	0,345	6,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,323	7,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,382	3,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,373	5,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0,6	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 17						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	3	0,532	5	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	3	0,497	7	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	0,620	1,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0,5	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	2	0,519	6,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0,5	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	3	0,593	2,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	1	2	0,538	3,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	1	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,5	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,257	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7			
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)			
Trecho 18									
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,522	3	1,27			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3						
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	3						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3							
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,480	6	1,25			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	3						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2							
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3	0,508	4,00	1,3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2						
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,480	5,00	1,94			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	2						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3						
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3							
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,583	1,00	1,5			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3						
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3						
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,463	7,00	1,15			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3						
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3						

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 18A						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,467	5	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	1	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3				
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,430	7	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	1	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3	0,467	5,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	1	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,473	3,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	1	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	1	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,556	1,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	1	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	1	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,491	2,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	1	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	1	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7			
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)			
Trecho 19									
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,5	3	0,293	5	1,27			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3						
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	2						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3							
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,5	3	0,262	7	1,25			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	2							
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3	0,395	2,00	1,3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	2						
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,5	2	0,361	4,00	1,94			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	2						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	2						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	2						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3						
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3							
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,5	3	0,361	3,00	1,5			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3						
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3						
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,5	2	0,408	1,00	1,15			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	1						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	2						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3						
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3						

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 20						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,432	5	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Manutenção de processos geomorfológicos	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3	0,387	7	1,25
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	3			
Manutenção da segurança	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3	0,520	1,00	1,3
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	3			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3	0,437	4,00	1,94
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2	0,500	2,00	1,5
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	1	3			
Recreação e lazer	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3	0,491	3,00	1,15
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,252	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7			
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)			
Trecho 21									
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,376	5	1,27			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3						
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	2						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,255	3							
Manutenção de processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,337	7	1,25			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,255	2							
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3	0,437	3,00	1,3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	0	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,255	2						
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,407	4,00	1,94			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2						
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,2	2						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	0	3						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,255	3						
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3							
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,445	2,00	1,5			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2						
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,255	3						
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3						
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,454	1,00	1,15			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1						
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2						
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1						
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1						
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3						
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3						
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0,255	3						
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3						

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 22						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,356	5	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Manutenção de processos geomorfológicos	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,330	7	1,25
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
Manutenção da segurança	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3	0,425	2,00	1,3
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3	0,389	4,00	1,94
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2	0,417	3,00	1,5
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
Recreação e lazer	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3	0,426	1,00	1,15
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada) (1-10)
Trecho 23						
Manutenção fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,411	5	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3				
Manutenção processos geomorfológicos	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,405	7	1,25
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2				
Manutenção da segurança	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3	0,592	1,00	1,3
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	1	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,480	2,00	1,94
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{VEE}	1	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	3	0,472	3,00	1,5
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
Recreação e lazer	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,75	2	0,454	4,00	1,15
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,75	1			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,5	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0,75	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	1	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0,75	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3				

-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Serviço fluvial	subindicador do estado de vulnerabilidade	Valores dos subindicadores (0-1)	Relevância/peso do subindicador para o serviço fluvial (0-1-2-3)	Indicador de impacto sobre o serviço fluvial (Agregação Média ponderada)	Posição no ranking de serviços mais vulneráveis (Agregação Média ponderada)	Relevância/peso do indicador impacto sobre o serviço fluvial (1-10)
Trecho 24						
Manutenção de fauna e flora	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3	0,133	3	1,27
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3			
	Desenvolvimento longitudinal (Sinuosidade) - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	2			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
Manutenção de processos geomorfológicos	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3	0,130	5	1,25
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3			
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
Manutenção da segurança	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3	0,092	7,00	1,3
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3			
	Ocupação do solo da bacia e infiltração das águas de chuva - I_{OCB}	0,3	3			
Manutenção da saúde e bem estar da população	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3	0,170	1,00	1,94
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Vulnerabilidade das estruturas hidráulicas existentes - I_{FEE}	0	3			
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	2			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	2			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	2			
	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	2			
Contemplação e aspectos cênico e paisagístico	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	2	0,111	6,00	1,5
	Interação com lençol freático - I_{LF}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	3			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	3			
	Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	3			
Recreação e lazer	Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	3	0,167	2,00	1,15
	Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1			
	Vulnerabilidade à inundação - tipo de ocupação das margens - I_{OM}	0	3			
	Vulnerabilidade à inundação - padrão das habitações ribeirinhas - I_{HR}	0	3			
	Epidemiológica - cobertura por serviços de saneamento - I_{CSS}	0	3			
	Opções de recreação e lazer na bacia - I_{OL}	1	3			
	Conectividade de áreas verdes - I_{CAV}	0,25	2			
	Biodiversidade e funções biológicas - I_{BFE}	0,5	1			
Estabilidade de margens - I_{EM}	0,25	2				
Desenvolvimento longitudinal - I_{DL}	0	1				
Conectividade longitudinal - I_{CL}	0	1				

APÊNDICE V

Classificação pelo Electre Tri

Trechos avaliados (T2 a T24) e critérios (E, G, H, M, F) e classificação nas categorias de vulnerabilidade (prioridade) C1 (baixa), C2(média), C3 (grave) e C4(emergencial), k(pesos associados aos critérios)

Actions								Results				
Action	ELow	EHigh	E	G	H	M	L		C1	C2	C3	C4
T2	1	4	0.412	0.617	0.489	0.508	0.399					
T3	1	4	0.361	0.475	0.356	0.339	0.4					
T5	1	4	0.407	0.408	0.371	0.4	0.395					
T7	1	4	0.356	0.536	0.442	0.444	0.297					
T7A	1	4	0.337	0.3	0.306	0.315	0.33					
T9	1	4	0.272	0.244	0.298	0.25	0.247					
T10	1	4	0.339	0.261	0.308	0.317	0.307					
T13	1	4	0.578	0.217	0.412	0.556	0.53					
T14	1	4	0.411	0.217	0.321	0.389	0.38					
T15	1	4	0.3	0.217	0.261	0.278	0.28					
T16	1	4	0.404	0.345	0.323	0.382	0.382					
T17	1	4	0.532	0.62	0.519	0.593	0.497					
T18	1	4	0.522	0.508	0.48	0.583	0.48					
T18A	1	4	0.467	0.467	0.473	0.556	0.43					
T19	1	4	0.293	0.395	0.361	0.361	0.262					
T20	1	4	0.432	0.52	0.437	0.5	0.387					
T21	1	4	0.376	0.437	0.407	0.445	0.337					
T22	1	4	0.356	0.425	0.389	0.417	0.33					
T23	1	4	0.411	0.592	0.48	0.472	0.405					
T8	1	4	0.263	0.295	0.276	0.241	0.252					

lambda	k1	k2	k3	k4	k5
0.5	0.323	0.147	0.219	0.17	0.141

Actions								Results				
Action	ELow	EHigh	E	G	H	M	F		C1	C2	C3	C4
T6	1	4	0.272	0.133	0.261	0.278	0.28					
T6A	1	4	0.248	0.175	0.245	0.25	0.255					
T6B	1	4	0.234	0.258	0.248	0.233	0.23					
T11	1	4	0.234	0.22	0.229	0.233	0.207					
T4	1	4	0.241	0.117	0.227	0.233	0.22					
T15A	1	4	0.217	0.217	0.215	0.194	0.205					
T12	1	4	0.206	0.178	0.214	0.195	0.182					
T12A	1	4	0.189	0.161	0.208	0.167	0.172					
T24	1	4	0.133	0.092	0.17	0.111	0.13					

lambda	k1	k2	k3	k4	k5
0.5	0.323	0.147	0.219	0.17	0.141

A cor verde escuro das figuras acima representa a classificação mais recomendada (forte indicação) pelo programa em função dos parâmetros fornecidos e a cor verde clara uma possibilidade de classificação, mas com fraca indicação.

Limites das categorias C1, C2, C3 e C4, limiares de indiferença (q_i) e de preferência (p_i)

	E	G	H	M	F
g(b1)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
q1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
p1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
v1					
g(b2)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
q2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
p2	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
v2					
g(b3)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
q3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
p3	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
v3					
MAX/min	1	1	1	1	1

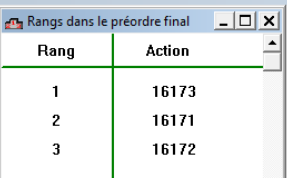
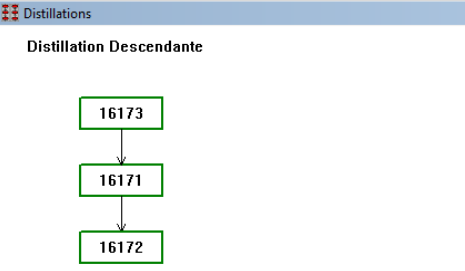
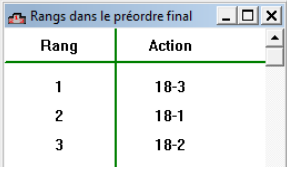
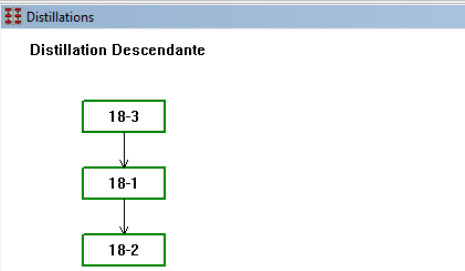
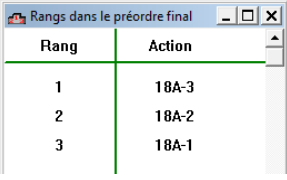
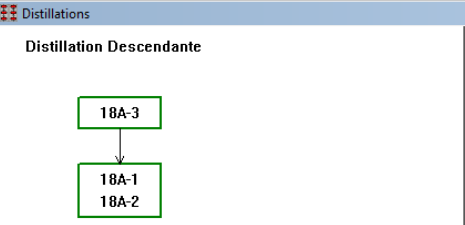
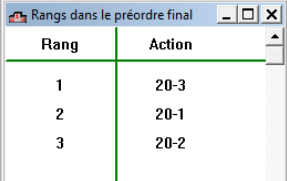
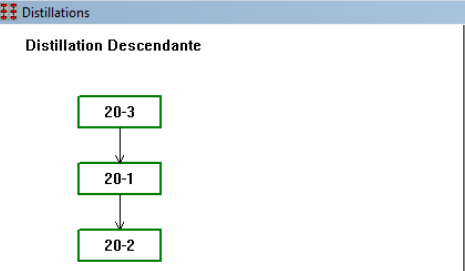
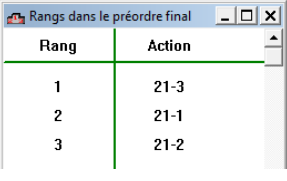
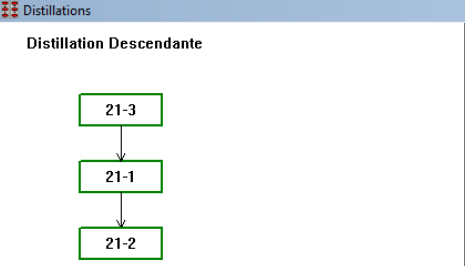
Limiares de corte e pesos dos indicadores

	lambda	k1	k2	k3	k4	k5
LB - Lower	0.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
UB - Upper	1	0.323	0.147	0.219	0.17	0.141

- k1 = peso do critério E;
- k2 = peso do critério G;
- k3 = peso do critério H;
- k4 = peso do critério M;
- k5 = peso do critério F.

APÊNDICE VI

Avaliação de alternativas pelo método electre iii

16171 – Trechos 16, 17 alternativa 1									
16172 – Trechos 16, 17 alternativa 2									
16173 – Trechos 16, 17 alternativa 3									
 <table border="1"><thead><tr><th>Rang</th><th>Action</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>16173</td></tr><tr><td>2</td><td>16171</td></tr><tr><td>3</td><td>16172</td></tr></tbody></table>	Rang	Action	1	16173	2	16171	3	16172	 <p>Distillations</p> <p>Distillation Descendante</p> <pre>graph TD; A[16173] --> B[16171]; B --> C[16172];</pre>
Rang	Action								
1	16173								
2	16171								
3	16172								
 <table border="1"><thead><tr><th>Rang</th><th>Action</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>18-3</td></tr><tr><td>2</td><td>18-1</td></tr><tr><td>3</td><td>18-2</td></tr></tbody></table>	Rang	Action	1	18-3	2	18-1	3	18-2	 <p>Distillations</p> <p>Distillation Descendante</p> <pre>graph TD; A[18-3] --> B[18-1]; B --> C[18-2];</pre>
Rang	Action								
1	18-3								
2	18-1								
3	18-2								
 <table border="1"><thead><tr><th>Rang</th><th>Action</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>18A-3</td></tr><tr><td>2</td><td>18A-2</td></tr><tr><td>3</td><td>18A-1</td></tr></tbody></table>	Rang	Action	1	18A-3	2	18A-2	3	18A-1	 <p>Distillations</p> <p>Distillation Descendante</p> <pre>graph TD; A[18A-3] --> B[18A-1]; B --- C[18A-2];</pre>
Rang	Action								
1	18A-3								
2	18A-2								
3	18A-1								
 <table border="1"><thead><tr><th>Rang</th><th>Action</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>20-3</td></tr><tr><td>2</td><td>20-1</td></tr><tr><td>3</td><td>20-2</td></tr></tbody></table>	Rang	Action	1	20-3	2	20-1	3	20-2	 <p>Distillations</p> <p>Distillation Descendante</p> <pre>graph TD; A[20-3] --> B[20-1]; B --> C[20-2];</pre>
Rang	Action								
1	20-3								
2	20-1								
3	20-2								
 <table border="1"><thead><tr><th>Rang</th><th>Action</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>21-3</td></tr><tr><td>2</td><td>21-1</td></tr><tr><td>3</td><td>21-2</td></tr></tbody></table>	Rang	Action	1	21-3	2	21-1	3	21-2	 <p>Distillations</p> <p>Distillation Descendante</p> <pre>graph TD; A[21-3] --> B[21-1]; B --> C[21-2];</pre>
Rang	Action								
1	21-3								
2	21-1								
3	21-2								

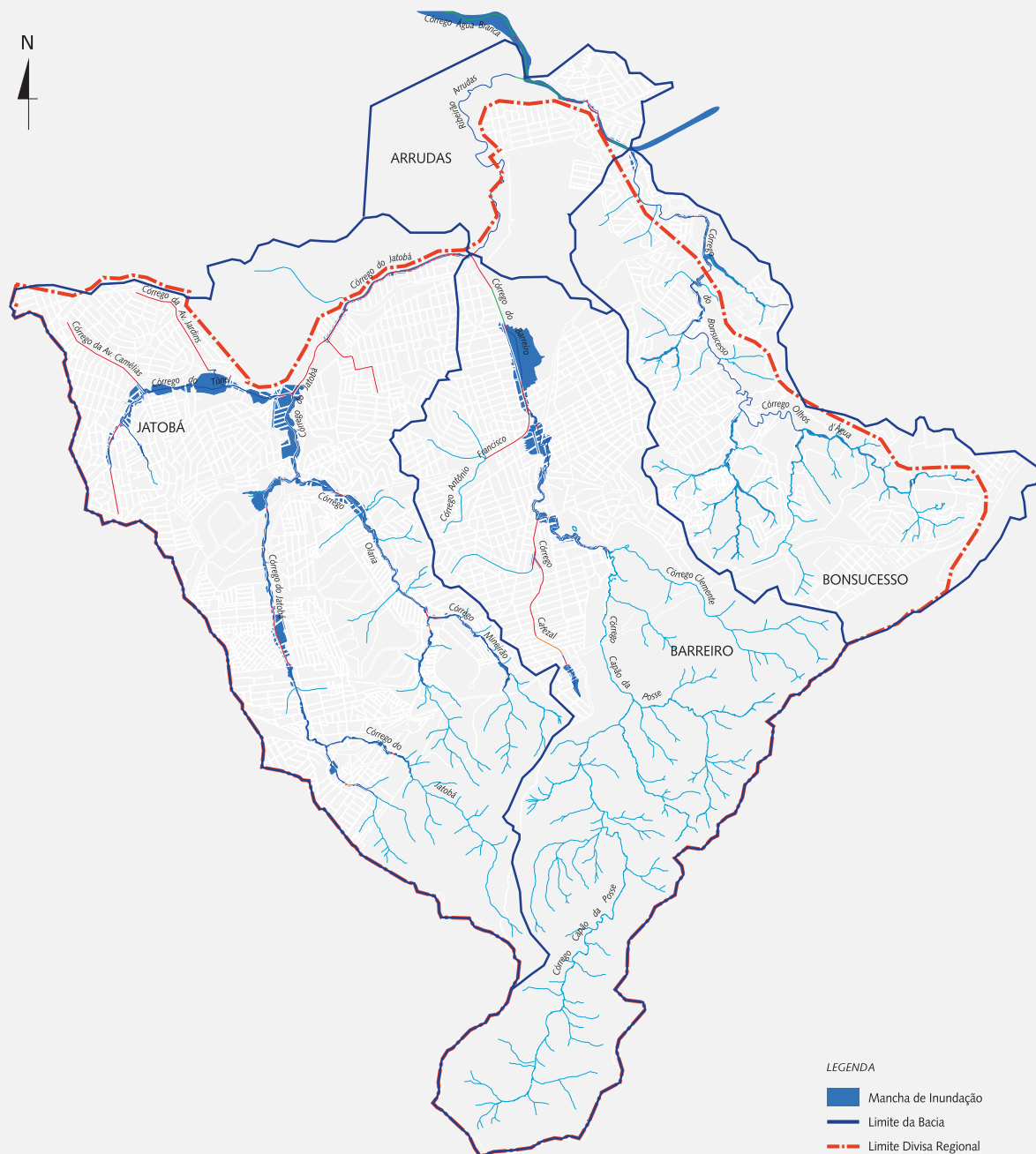
ANEXO I

Plantas de Inundação da Bacia do Bonsucesso

• CARTA DE INUNDAÇÕES DE BELO HORIZONTE •

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCETÍVEIS

REGIONAL BARREIRO



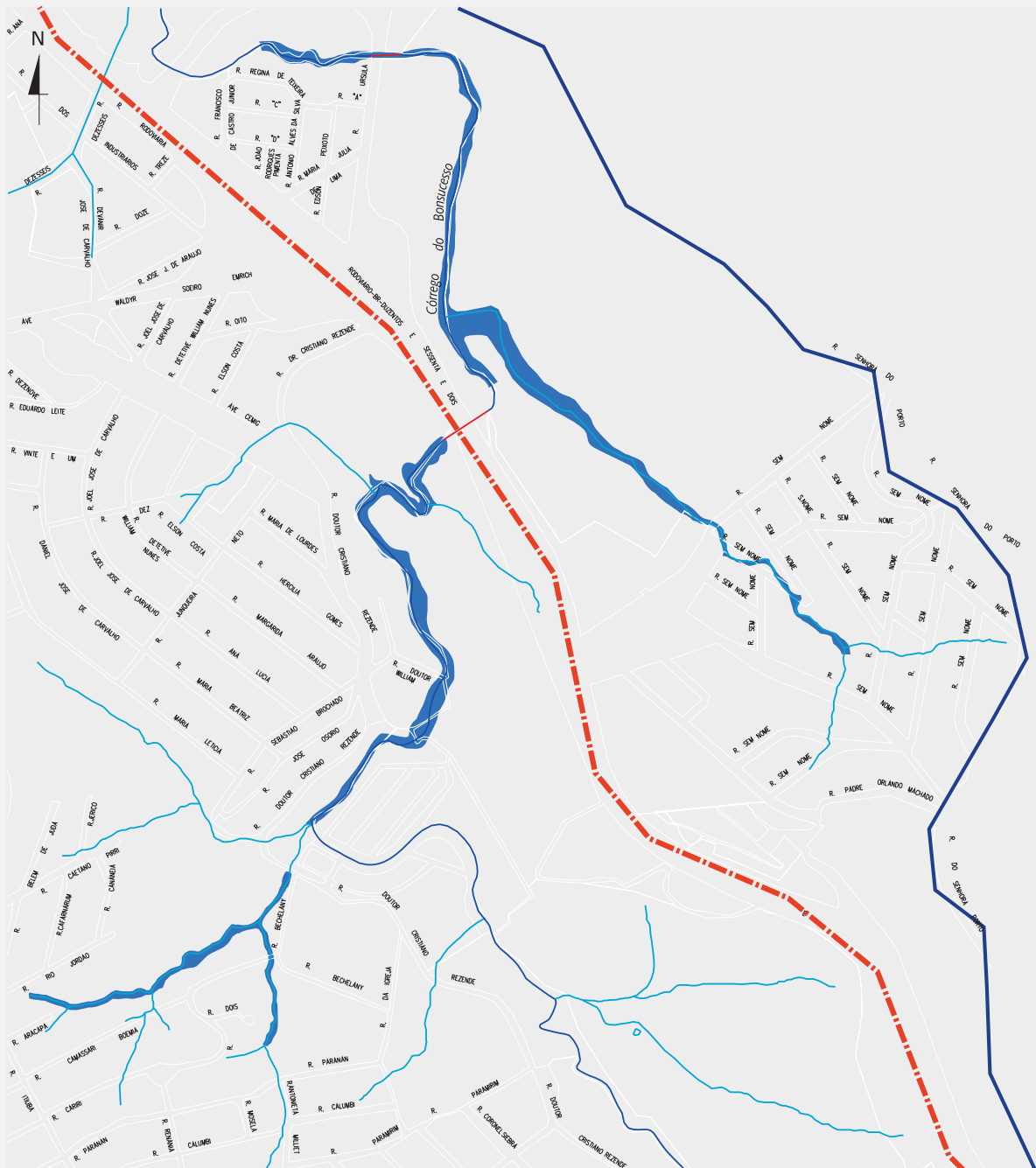
LEGENDA

- Mancha de Inundação
- Limite da Bacia
- Limite Divisa Regional
- Curso d'água em Leito Natural
- Curso d'água Canalizado Aberto
- Curso d'água Canalizado Fechado
- Curso d'água Canalizado em Seção Tubular
- Curso d'água Não Cadastrado

Escala: 1: 50.000

• CARTA DE INUNDAÇÕES DE BELO HORIZONTE • IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCETÍVEIS

REGIONAL BARREIRO – Figura 10 'Córrego do Bonsucesso'



LOCALIZAÇÃO

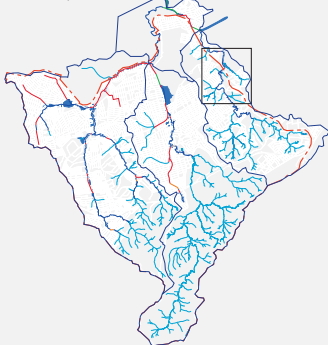
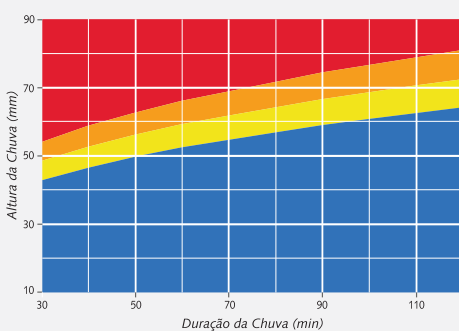


GRÁFICO DE RISCO DE INUNDAÇÃO



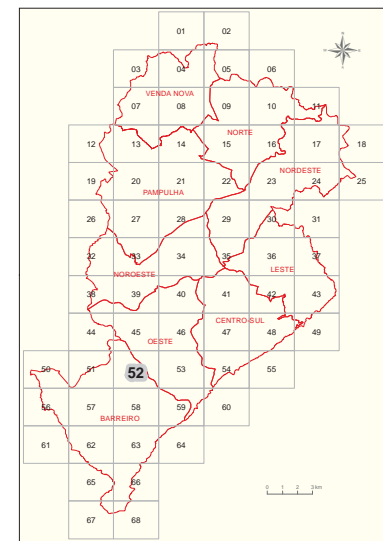
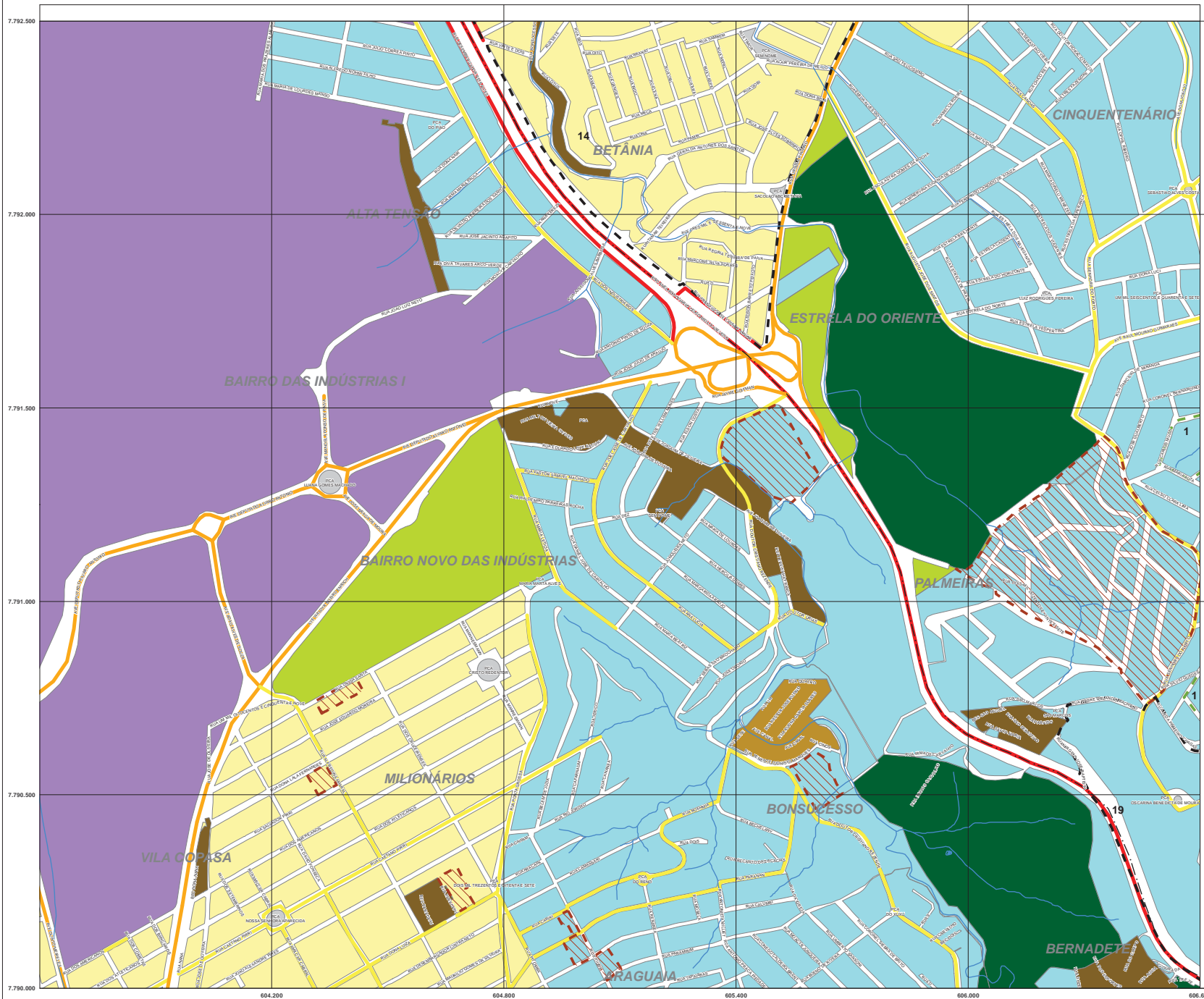
LEGENDA

- Mancha de Inundação
- Limite da Bacia
- Limite Divisa Regional
- Curso d'água em Leito Natural
- Curso d'água Canalizado Aberto
- Curso d'água Canalizado Fechado
- Curso d'água Canalizado em Seção Tubular
- Curso d'água Não Cadastrado

Escala: 1: 7.500

ANEXO II

Mapa de uso e ocupação do solo de Belo Horizonte – Plantas sobre a bacia do Córrego
Bonsucesso



ZONEAMENTO

ZA	ZCBA	ZE	ZP-2
ZAP	ZCBH	ZEIS-1	ZP-3
ZAR-1	ZHIP	ZEIS-3	ZPAM
ZAR-2	ZCVN	ZP-1	

HIERARQUIZAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO

Via Local
 Via Coletora
 Via Arterial
 Via de Ligação Regional

ÁREAS DE DIRETRIZES ESPECIAIS (ADEs)

Interesse Ambiental	Venda Nova	Serra do Curral
Baía da Pampulha	Santa Tereza	Pólo da Moda
Pampulha	Lagoinha	Rua da Bahia Viva
Estoril	Residencial Central	Mirante
Mangabeiras	Vale do Armdas	Santa Lúcia
Belvedere III	Hospitalar	Serra
São Bento	Trevo	Belvedere
Cidade Jardim	Primeiro de Maio	Quilombo de Mangueiras
Savassi	Burtis	

ÁREAS DE ESPECIAL INTERESSE SOCIAL

AEIS-1

lago / lagoa
 curso d'água
 limite de Região Administrativa
 praça

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE Mapa compilado da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo de Belo Horizonte (Lei 7.166/96 e alterações)

Anexo II - Mapa de zoneamento

Anexo IV - Mapa de hierarquização do sistema viário

Anexo XII - Mapa das Áreas de Diretrizes Especiais

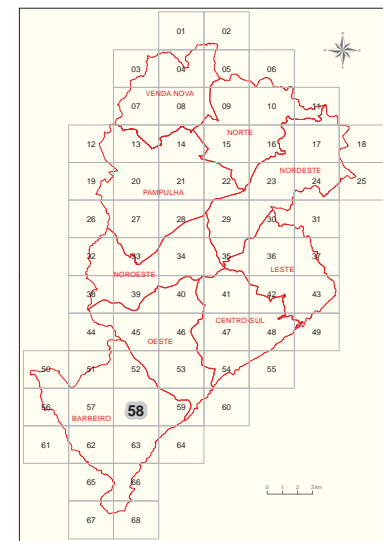
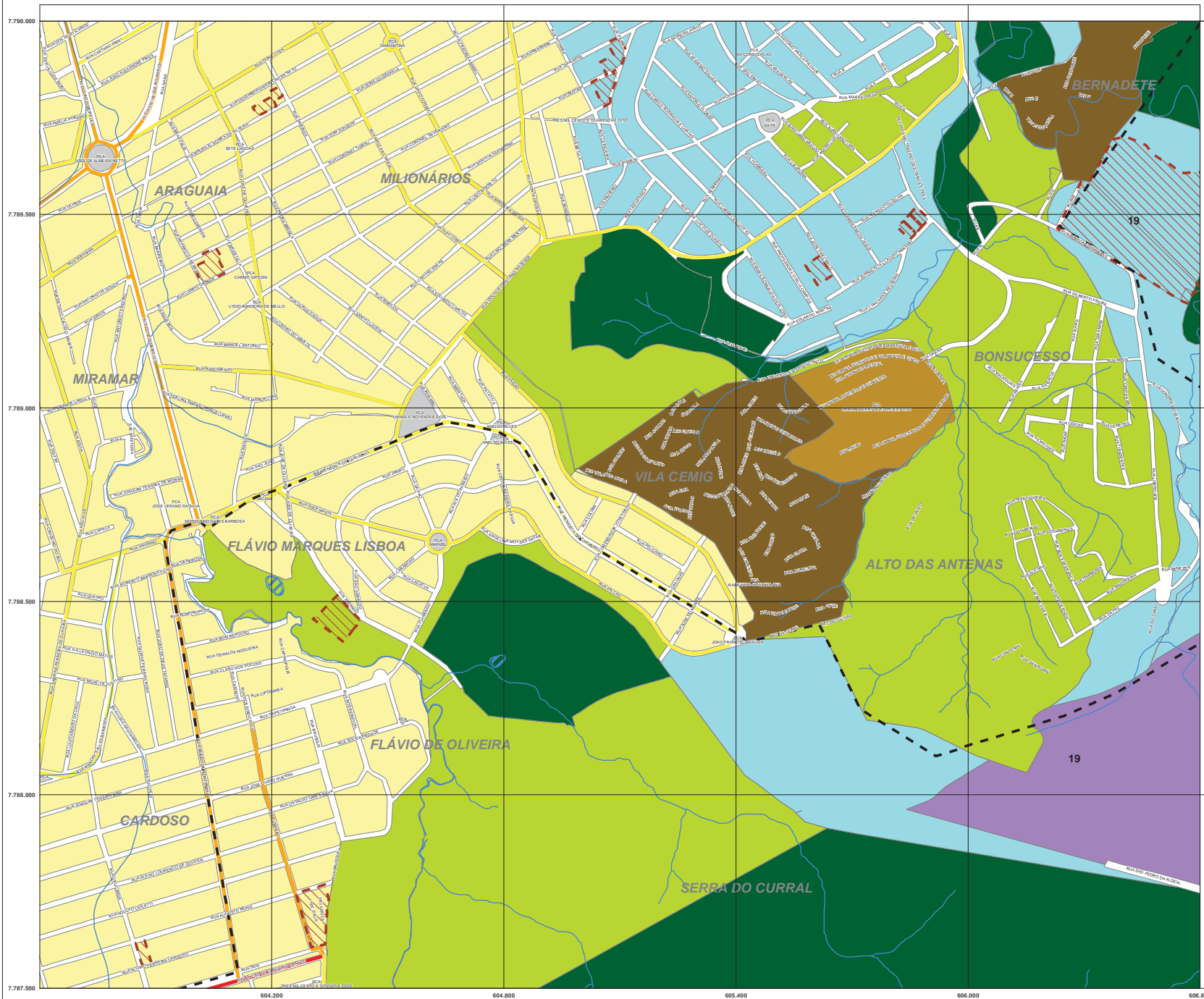
Anexo XIII - Mapa das Áreas de Especial Interesse Social 1 (AEIS-1)

Base Cartográfica: SMAPU (2014), Prodabel (2014)

Execução: SMAPU (Março/2014)

Escala 1:10.000 | Projeção: UTM (SAD 69) - Fuso 23S | Folha: **52**

OBS.: Este trabalho refere-se à compilação da Lei 7.166/96 e alterações. Apesar do alto grau de precisão na escala 1:10.000, deve-se considerar a possibilidade de desconformidade. Portanto, estas informações não podem ser utilizadas como documento oficial da Prefeitura de Belo Horizonte para fins de identificação de parâmetros urbanísticos.



ZONEAMENTO

ZA	ZCBA	ZE	ZP-2
ZAP	ZCBH	ZEIS-1	ZP-3
ZAR-1	ZHIP	ZEIS-3	ZPAM
ZAR-2	ZCVN	ZP-1	

HIERARQUIZAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO

Via Local
 Via Coletora
 Via Arterial
 Via de Ligação Regional

ÁREAS DE DIRETRIZES ESPECIAIS (ADEs)

Venda Nova	Serra do Curral
Bacia da Pampulha	Santa Tereza
Pampulha	Lagoinha
Estoril	Residencial Central
Mangabeiras	Vale do Armdas
Belvedere III	Hospitalar
São Bento	Trevo
Cidade Jardim	Primeiro de Maio
Savassi	Burriz
Pólo da Moda	Rua da Bahia Viva
Mirante	Santa Lúcia
Serra	Belvedere
Quilombo de Mangueiras	

ÁREAS DE ESPECIAL INTERESSE SOCIAL

AEIS-1

lago / lagoo
 curso d'água
 limite de Região Administrativa
 praça

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE | Mapa compilado da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo de Belo Horizonte (Lei 7.166/96 e alterações)

Anexo II - Mapa de zoneamento

Anexo IV - Mapa de hierarquização do sistema viário

Anexo XII - Mapa das Áreas de Diretrizes Especiais

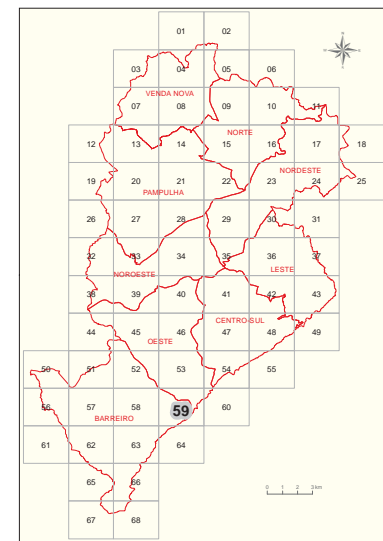
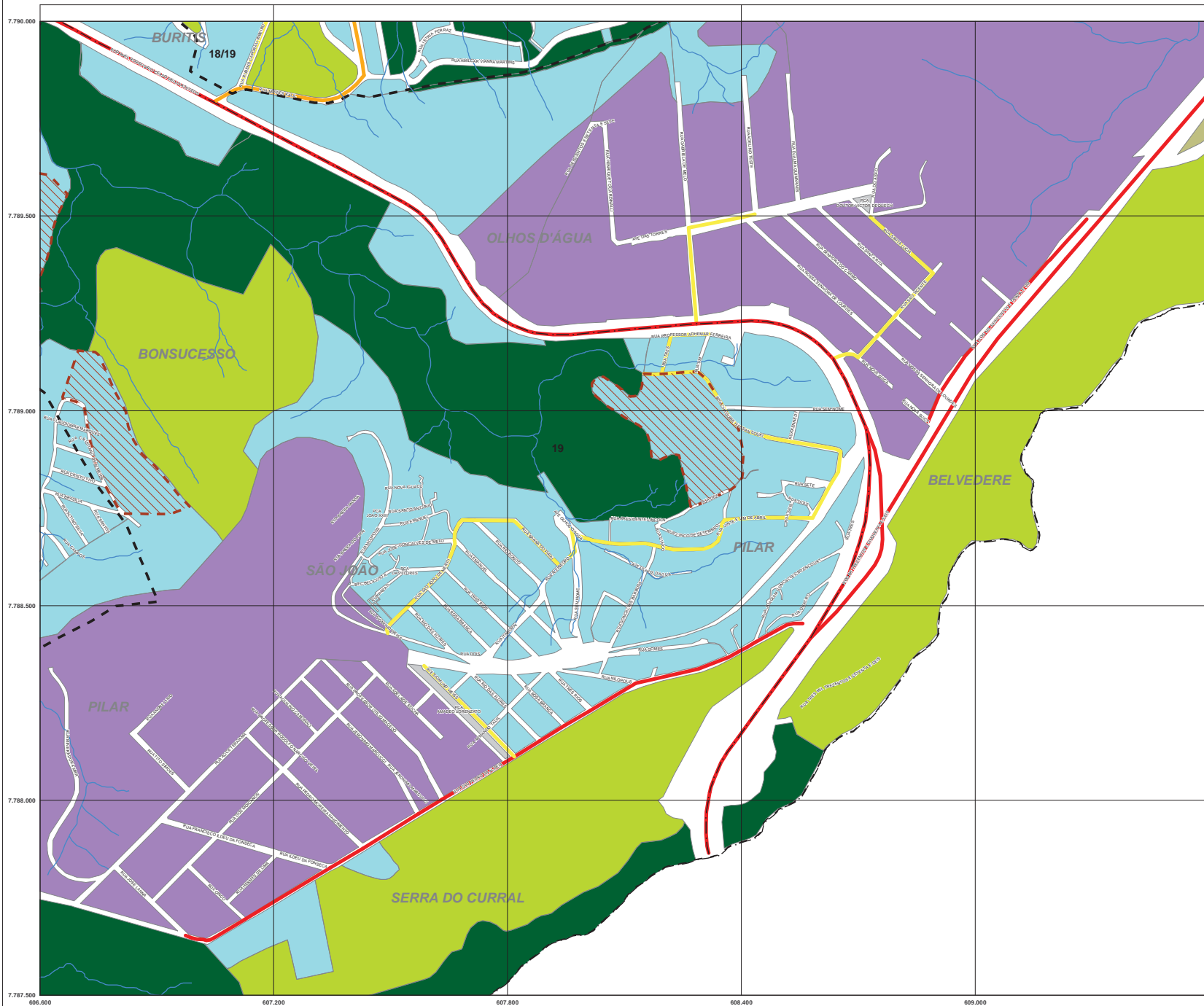
Anexo XIII - Mapa das Áreas de Especial Interesse Social 1 (AEIS-1)

Base Cartográfica: SMAPU (2014), Prodabel (2014)

Execução: SMAPU (Março/2014)

Escala 1:10.000 | Projeção: UTM (SAD 69) - Fuso 23S | Folha: **58**

OBS: Este trabalho refere-se à compilação da Lei 7.166/96 e alterações. Apesar do alto grau de precisão na escala 1:10.000, deve-se considerar a possibilidade de desconformidade. Portanto, estas informações não podem ser utilizadas como documento oficial da Prefeitura de Belo Horizonte para fins de identificação de parâmetros urbanísticos.



ZONEAMENTO

ZA	ZCBA	ZE	ZP-2
ZAP	ZCBH	ZEIS-1	ZP-3
ZAR-1	ZHIP	ZEIS-3	ZPAM
ZAR-2	ZCVN	ZP-1	

HIERARQUIZAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO

Via Local	Via Coletora	Via Arterial	Via de Ligação Regional
-----------	--------------	--------------	-------------------------

ÁREAS DE DIRETRIZES ESPECIAIS (ADES)

Interesse Ambiental	Venda Nova	Serra do Curral
Bacia da Pampulha	Santa Tereza	Pólo da Moda
Pampulha	Lagoinha	Rua da Bahia Viva
Estoril	Residencial Central	Mirante
Mangabeiras	Vale do Armutas	Santa Lúcia
Belvedere III	Hospitalar	Serra
São Bento	Trevo	Belvedere
Cidade Jardim	Primeiro de Maio	Quilombo de Mangueiras
Savassi	Buritís	

ÁREAS DE ESPECIAL INTERESSE SOCIAL

AEIS-1

lago / lagoa curso d'água limite de Região Administrativa praça

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE | Mapa compilado da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo de Belo Horizonte (Lei 7.166/96 e alterações)

Anexo II - Mapa de zoneamento
 Anexo IV - Mapa de hierarquização do sistema viário
 Anexo XII - Mapa das Áreas de Diretrizes Especiais
 Anexo XIII - Mapa das Áreas de Especial Interesse Social 1 (AEIS-1)

Base Cartográfica: SMAPU (2014), Prodabel (2014)
 Execução: SMAPU (Março/2014)
 Escala 1:10.000 | Projeção: UTM (SAD 69) - Fuso 23S | Folha: **59**

OBS: Este trabalho refere-se à compilação da Lei 7.166/96 e alterações. Apesar do alto grau de precisão na escala 1:10.000, deve-se considerar a possibilidade de desconformidade. Portanto, estas informações não podem ser utilizadas como documento oficial da Prefeitura de Belo Horizonte para fins de identificação de parâmetros urbanísticos.