

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA
ORIENTAÇÃO DE PROCESSOS DECISÓRIOS
RELATIVOS A INTERVENÇÕES EM CURSOS
DE ÁGUA EM ÁREAS URBANAS

Adriana Sales Cardoso

Belo Horizonte
2012

Adriana Sales Cardoso

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA
ORIENTAÇÃO DE PROCESSOS DECISÓRIOS
RELATIVOS A INTERVENÇÕES EM CURSOS DE
ÁGUA EM ÁREAS URBANAS**

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: Hidrologia urbana e drenagem

Orientador: Prof. Márcio Benedito Baptista

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2012

Sobre teses e rios

O curso de uma tese se assemelha ao de um rio. É um percurso profundo e sinuoso, envolvente e sedutor. O mergulho em suas águas tem um quê de perigoso. Transforma(dor).

Suas curvas escondem mistérios. Revelam algo de novo. Inovam. Renovam. Mudam. Transformam. Alteram as paisagens, as de dentro e as de fora.

A tese, o rio, a embarcação. O condutor e sua bússola. Tudo se mistura, cresce, floresce. E segue a correnteza, ora em águas calmas, ora turbulentas, na doce expectativa do encontro com o mar.

E, finalmente, depois da última curva, do último engasgo e do fôlego suspenso, lá está ele. Grande. Enorme. Maior que o mundo. E a pequena jangada – que foi se transformando barco com o balançar das águas – se sente assustada diante da imensidão do mar. Da necessária transposição. Da troca de paladar. Do doce do rio pelo sal do mar.

Mas lá também estão outros barcos. Muitos. Grandes e pequenos. Pesqueiros e veleiros. Todos sonhadores. Todos contadores de estrelas. Todos navegando e colorindo o mar, os horizontes. Sempre em movimento. Sempre indo em frente. Em todas as direções. Afinal,

Navegar é preciso. Viver não é preciso.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam na possibilidade de mudança, de transformação e melhoria do meio em que vivemos, mesmo diante de cenários complexos e aparentemente consolidados.

Àqueles que dedicam seu tempo, conhecimento e trabalho à construção de cidades mais justas, humanas e democráticas, mais respeitosas e gentis aos cidadãos e ao meio ambiente.

Aos que voltam o seu olhar para a qualidade de vida pública, para a promoção de espaços e oportunidades de convívio social, de experimentação da cidade em suas mais diversas dimensões.

A todos que, assim como os ipês de setembro que persistem em florir – mesmo diante de condições urbanas tão adversas – não se intimidam perante a descrença alheia e as dificuldades existentes no caminho, se expondo ao desconhecido e se permitindo as mais incríveis descobertas.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Márcio Baptista, por tantas e todas orientações. Por me conduzir nas águas raras desse rio chamado Tese.

Obrigada pela dedicação, compromisso e seriedade. Pelo entusiasmo e incentivo constantes. Pelos muitos – e fundamentais – momentos de descontração, que trouxeram a leveza necessária ao desenvolvimento deste trabalho. Pela parceria neste desafio.

Aos meus pais, pela oportunidade desta escol(h)a.

À minha avó querida, por toda reza sua.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da UFMG e ao Departamento de Gestão Ambiental da universidade, que contribuíram, cada um à sua maneira, com uma peça fundamental na construção desta tese.

À Prefeitura Municipal de São Paulo, em especial às arquitetas Elizabete França e Maria Teresa Diniz, pela oportunidade junto à Secretaria Municipal de Habitação – SEHAB, experiência inigualável no aprendizado de “cidade”.

Ao Professor Juan Pedro Martín Vide, por me receber junto ao seu grupo de estudos na Universidade Politécnica da Catalunha, em Barcelona/Espanha.

Às minhas queridas e mais que especiais amigas, sempre presentes. Meus presentes.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes – pelas bolsas de estudo no Brasil e no exterior.

Por fim, à Universidade Federal de Minas Gerais, pelos muitos anos de acolhida e contribuição ímpar na minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

Intervenções em cursos de água urbanos tem sido foco de ampla discussão. O lugar de destaque que vem sendo assumido pelas abordagens ambientalmente mais integradas, em contraposição às tradicionais técnicas de engenharia, insere novos elementos nos processos de análise e decisão – múltiplas disciplinas, escopos e atores –, ampliando as dificuldades inerentes à escolha de soluções.

Uma vez constatada a carência de abordagens metodológicas para dar suporte ao processo ora citado, este trabalho se volta para a proposição de uma ferramenta com tal finalidade, buscando integrar variáveis fluviais e ambientais àquelas relativas ao meio urbano.

A metodologia proposta, a ser empregada na fase de estudos preliminares das operações urbanísticas que apresentam interferências ou implicam em intervenções diretas em rios e córregos, consiste na estruturação das etapas de um processo decisório multicriterial, considerando os objetivos da intervenção, o diagnóstico dos meios fluvial e urbano, a concepção de alternativas e a análise de sua viabilidade, impacto, custos e atendimento aos objetivos, permitindo realizar-se uma comparação global das alternativas.

Em termos globais, o processo de análise repousa em bases qualitativas, incorporando, quando possível, dados quantitativos – o que exige notável critério e discernimento por parte do analista. Por outro lado, a proposta desenvolvida é simples e de fácil aplicação, além de significativamente flexível, permitindo a incorporação de novos elementos de análise ou a eliminação daqueles considerados pouco pertinentes.

O estabelecimento de pesos diferenciados para os objetivos da intervenção e aos indicadores de impacto – priorizando-os de acordo com as particularidades de cada área – permite que a metodologia seja aplicada aos mais diversos cenários. A conjugação desses critérios aos custos de implantação e manutenção das alternativas, formalizada por meio de tratamento quantitativo – o que reduz a subjetividade da análise – constitui-se, portanto, a base para orientação da tomada de decisão.

A metodologia proposta foi aplicada a um estudo de caso no município de Belo Horizonte, o qual demonstrou a sua consistência e potencial para orientar processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água na fase preliminar de concepção e análise de alternativas.

ABSTRACT

Interventions in urban rivers have been under much discussion. The tendency of adopting more integrated approaches combined with traditional engineering techniques is increasing and inserting new elements in the processes of analysis and decision – multiple disciplines, scopes and agents – making the selection of alternatives even more difficult.

Due to the lack of methodologies focused on helping the decision process mentioned, this work proposes a tool with this aim, incorporating fluvial and environmental variables to those related to the urban scenario.

Therefore, the proposed systematic consists of structuring the phases of a multicriterial decision process related to urban interventions that may affect, in different levels, rivers and creeks. It aims at helping the preliminary phase of studies, taking into account the intervention's objectives, the diagnosis of the fluvial and urban environments, the conception of alternatives, their feasibility analyses and their performance, impact, costs and level of objectives attendance analysis, making it possible to compare them all in global terms.

In general terms, the process is based on qualitative analyses, incorporating, whenever possible, quantitative aspects – which demands outstanding criterion and judgment by the analyst. On the other hand, the methodology is simple and easy to apply, besides being significantly flexible, allowing the incorporation of new elements of analysis or the elimination of the ones not considered pertinent.

The establishment of different weights to the intervention objectives and to the performance/impact indicators – prioritizing them according to the particularities of each area – makes it possible to apply the systematic to the most various scenarios. The combination of these criteria with the implementation and maintenance costs of the alternatives, formalized by quantitative treatment – what minimizes the analysis subjectivity – constitutes the orientating basis of the decision process.

The proposed systematic was applied to a case study in the city of Belo Horizonte, Brazil, and demonstrated its consistency and potential to help decision processes related to interventions in water courses, considering the preliminary phase of alternatives conception and analysis.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xvii
Lista de Abreviaturas e Siglas	xxi
1 Introdução	1
2 Justificativa	4
3 Objetivos e Etapas Metodológicas	6
3.1 Objetivo geral	6
3.2 Objetivos específicos	6
3.3 Etapas metodológicas	6
4 Legislação	10
4.1 Introdução	10
4.2 Legislação nacional	10
4.3 Legislação estrangeira	26
4.4 Considerações finais	31
5 Meio físico	32
5.1 Introdução	32
5.2 Conceitos de geomorfologia fluvial	32
5.3 Diagnóstico de cursos de água	52
5.4 Considerações finais	70
6 Meio urbano	71
6.1 Introdução	71
6.2 Cursos de água e cidades	71
6.3 Diagnóstico de bacias urbanas	86
6.4 Considerações finais	94
7 Intervenções em cursos de água em áreas urbanas: aspectos conceituais, metodológicos e tecnológicos	95
7.1 Introdução	95
7.2 Restauração de cursos de água	95
7.3 Soluções e técnicas de intervenção em cursos de água	108
7.4 Processo de concepção e planejamento de intervenções em cursos de água	117

7.5	Análise multicriterial de intervenções em cursos de água.....	133
7.6	Considerações finais	134
8	Metodologia proposta para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água urbanos.....	136
8.1	Introdução.....	136
8.2	Considerações preliminares sobre a metodologia proposta.....	136
8.3	Etapa Determinação dos objetivos de intervenção	139
8.4	Etapa Diagnóstico.....	140
8.5	Etapa Concepção e análise de viabilidade de alternativas	163
8.6	Etapa Análise de impacto, custos e atendimento aos objetivos.....	168
8.7	Etapa Comparação de alternativas	183
8.8	Etapa Seleção de alternativas.....	184
8.9	Considerações finais	184
9	Estudo de caso.....	186
9.1	Introdução.....	186
9.2	Descrição geral do Córrego Engenho Nogueira.....	187
9.3	Etapa Determinação dos objetivos de intervenção	189
9.4	Etapa Diagnóstico.....	190
9.5	Etapa Concepção de alternativas e análise de viabilidade urbanística e tecnológica.....	197
9.6	Etapa Análise de impacto, custos e atendimento aos objetivos	219
9.7	Considerações finais	230
10	Resultados e Discussão	232
11	Conclusões e Recomendações	239
12	Referências Bibliográficas	247
	Apêndice 01	259
	Apêndice 02	269
	Apêndice 03	278
	Apêndice 04	294
	Apêndice 05	302
	Apêndice 06	312

LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1 – Formas fluviais e escalas de análise.....	34
Figura 5.2 – Curso de água com continuidade elevada e baixa.....	34
Figura 5.3 – Esquema de distribuição de velocidades em um curso de água.....	35
Figura 5.4 – escoamento em curva	36
Figura 5.5 – Balança de Lane	37
Figura 5.6 – Componentes de um sistema fluvial	40
Figura 5.7 – Condições de equilíbrio observadas ao longo de diferentes escalas de tempo	41
Figura 5.8 – Seção fluvial típica.....	43
Figura 5.9 – Desenho esquemático dos elementos que compõem o espaço fluvial e sua divisão segundo os critérios ambiental, administrativo e urbanístico	44
Figura 5.10 – Formas de canais e margens de cursos de água	46
Figura 5.11 – Vazão, dimensão dos canais e características do sedimento ao longo do perfil longitudinal	46
Figura 5.12 – Dinâmica morfológica dos sistemas fluviais	47
Figura 5.13 – Resposta de um curso de água à canalização	50
Figura 5.14 – Morfologia da calha e qualidade do <i>habitat</i> de um rio natural e de um rio canalizado.....	51
Figura 5.15 – Sistema de classificação de cursos de água proposto por Rosgen	57
Figura 5.16 – Configuração de seções e características típicas de cursos de água de acordo com critérios morfológicos (grupos representados pelas letras) e com o substrato dominante do leito (grupos representados pelos números)	58
Figura 5.17 – Mapeamento das tipologias identificadas para os trechos de dois cursos de água da rede de drenagem da bacia de Wolumla, New South Wales, Austrália	60
Figura 5.18 – Exemplo de aplicação do <i>Rivers Styles Framework</i> para avaliação do potencial de restauração de uma determinada tipologia de curso de água. As letras “A” e “G” indicam os estágios/condições de degradação do canal.....	60

Figura 5.19 – Priorização de áreas de intervenção na bacia de Bega, Austrália	61
Figura 5.20 – Exemplo de avaliação de indicadores do meio físico para determinada tipologia de curso de água	63
Figura 5.21 – Representação do modelo ICM.....	68
Figura 6.1 – Impactos da urbanização sobre as águas.....	74
Figura 6.2 – Técnicas compensatórias de drenagem urbana em Bordeaux/ França: (a) vala de retenção e infiltração e (b) trincheira de infiltração.....	79
Figura 6.3 – Evolução da relação entre a água e as cidades.....	80
Figura 6.4 – Mapas gerados pelo Habisp: (esquerda) áreas protegidas por legislação ambiental; (direita) risco de solapamento e escorregamento em um dado assentamento precário	89
Figura 6.5 – Indicadores urbanos para avaliação de projetos de habitação: (a) inserção urbana da edificação e (b) equipamentos presentes no seu entorno.....	92
Figura 6.6 – Avaliação global da qualidade de uma dada habitação.....	93
Figura 7.1 – Representação dos cenários de restauração e reabilitação de um curso de água hipotético às suas condições atual e de referência.....	100
Figura 7.2 – Representação esquemática do cenário de restauração de uma determinada variável de um sistema fluvial	103
Figura 7.3 – Possíveis objetivos de um projeto de restauração de rios e córregos.....	106
Figura 7.4 – Algumas abordagens relacionadas à restauração de cursos de água.....	107
Figura 7.5 – Um dos trechos do Rio Los Angeles antes (foto da esquerda) e depois (imagem da direita) da intervenção.....	110
Figura 7.6 – Intervenção no Rio Cheonggyecheon antes (foto da esquerda) e depois (foto da direita) da intervenção	110
Figura 7.7 – Intervenção em uma dada extensão do Rio Besòs: trecho de montante (foto da esquerda) e de jusante (foto da direita)	111
Figura 7.8 – Etapas do processo de restauração fluvial.....	118
Figura 7.9 – Esquema da sequência de fases propostas para o estabelecimento das bases de um projeto de restauração de um dado trecho fluvial, contando com a participação pública e o suporte técnico-científico	119

Figura 7.10 – Etapas e aspectos a serem considerados em processos de restauração de cursos de água.....	120
Figura 7.11 – Etapas do processo de restauração de cursos de água como ferramenta de auxílio à avaliação e monitoramento de alternativas.....	122
Figura 7.12 – Etapas relacionadas ao processo de concepção, análise e seleção de alternativas de intervenção em cursos de água urbanos no panorama das cidades de São Paulo e Belo Horizonte.....	128
Figura 7.13 – Diferentes alternativas de intervenção propostas para o Córrego Baleares	130
Figura 7.14 – Aspectos geralmente considerados na proposição e seleção de alternativas de intervenção em cursos de água nas cidades brasileiras.....	132
Figura 8.1 – Fluxograma sintético da metodologia proposta	137
Figura 8.2 – Fluxograma detalhado da metodologia proposta	138
Figura 8.3 – Etapas metodológicas para avaliação das condições de degradação de cursos de água.....	140
Figura 8.4 – Divisão de cursos de água em trechos homogêneos em função de: (a) confluência de tributários; (b) trechos de dimensões aproximadas; (c) existência de cruzamento viário de porte; (d) mudanças significativas no uso do solo	142
Figura 8.5 – Ficha de diagnóstico das condições do curso de água quanto aos seus aspectos fluviais e ambientais.....	144
Figura 8.6 – Indicadores propostos para avaliação do nível de degradação de cursos de água de acordo com as dimensões fluvial e ambiental.....	145
Figura 8.7 – Condição do curso de água quanto ao desenvolvimento longitudinal	146
Figura 8.8 – Condição do curso de água quanto à forma, conectividade e revestimento	147
Figura 8.9 – Condição do curso de água quanto à integridade morfológica	148
Figura 8.10 – Condição do curso de água quanto ao regime hidrológico	149
Figura 8.11 – Condição do curso de água quanto à diversidade de <i>habitats</i>	150
Figura 8.12 – Condição do curso de água quanto às áreas verdes marginais.....	151
Figura 8.13 – Condição do curso de água quanto à qualidade da água.....	151

Figura 8.14 – Proposta de ficha para representação dos resultados da avaliação dos indicadores de degradação fluvial e ambiental de cursos de água – caso hipotético/ilustrativo	152
Figura 8.15 – Proposta de representação gráfica dos resultados da avaliação dos indicadores de degradação fluvial e ambiental de cursos de água – caso hipotético/ilustrativo	153
Figura 8.16 – Indicadores propostos para análise das condições da bacia e das áreas marginais ao curso de água	154
Figura 8.17 – Ficha para diagnóstico das condições urbanísticas da bacia e áreas marginais ao curso de água.....	156
Figura 8.18 – Representação do zoneamento urbano incidente sobre uma dada área de intervenção (a) e de faixas de preservação marginal (b).....	158
Figura 8.19 – Fluxograma para análise da viabilidade urbanística das alternativas propostas.....	165
Figura 8.20 – Fluxograma para análise da viabilidade tecnológica das alternativas propostas.....	167
Figura 8.21 – Quadro síntese da análise a ser realizada para avaliação do grau de atendimento de uma alternativa qualquer aos objetivos da intervenção – caso hipotético	175
Figura 8.22 – Dimensões de análise e indicadores de impacto para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água urbanos.....	178
Figura 8.23 – Escala de pontuação dos impactos decorrentes da adoção de alternativas de intervenção sobre cursos de água	179
Figura 8.24 – Alternativas de intervenção propostas para um caso hipotético	180
Figura 8.25 – Representação gráfica para comparação de alternativas de intervenção em cursos de água quanto aos critérios de atendimento aos objetivos, impacto e custos.....	183
Figura 9.1 – Localização da bacia do Engenho Nogueira no mapa de bacias de Belo Horizonte, delimitação das suas sub-bacias e imagem de satélite da área de estudo	187
Figura 9.2 – Imagem de satélite de parte do campus da UFMG com indicação do trecho do Córrego Engenho Nogueira a ser estudado	188

Figura 9.3 – Bacia/sub-bacias do Córrego Engenho Nogueira e representação do trecho em estudo dentro da área do <i>campus</i> da UFMG.....	190
Figura 9.4 – Rede de macrodrenagem do Córrego Engenho Nogueira dentro da área do campus da UFMG	191
Figura 9.5 – Imagem de satélite da área de estudo com a subdivisão do Córrego Engenho Nogueira em trechos homogêneos	192
Figura 9.6 – Trechos Coltec, Estacionamento, Engenharia e ICEX/FACE do Córrego Engenho Nogueira.....	192
Figura 9.7 – Trecho Reitoria do Córrego Engenho Nogueira	193
Figura 9.8 – Galeria do Córrego Engenho Nogueira e Trecho Reitoria.....	193
Figura 9.9 – Quadro resumo com o resultado do diagnóstico das condições fluviais e ambientais dos cinco trechos do Córrego Engenho Nogueira dentro da área de estudo	194
Figura 9.10 – Delimitação da bacia do Córrego Engenho Nogueira no mapa da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte de 1996	195
Figura 9.11 – Imagem de satélite com delimitação da bacia do Córrego Engenho Nogueira	196
Figura 9.12 – Zoneamento do campus da Universidade Federal de Minas Gerais dentro dos limites da área de estudo.....	197
Figura 9.13 – Expectativa dos entrevistados quanto às áreas e intervenções que eles gostariam associados ao curso de água; dentro do <i>campus</i> e junto ao trecho a céu aberto (Coltec).....	198
Figura 9.14 – Alternativa de intervenção #1 proposta para o trecho Coltec	200
Figura 9.15 – Alternativa de intervenção #2 proposta para o trecho Coltec	200
Figura 9.16 – Alternativa de intervenção #1 proposta para o trecho Engenharia	201
Figura 9.17 – Alternativa de intervenção #2 proposta para o trecho Engenharia	201
Figura 9.18 – Alternativa de intervenção #1 proposta para o trecho Reitoria.....	203
Figura 9.19 – Alternativa de intervenção #2 proposta para o trecho Reitoria.....	204
Figura 9.20 – Alternativa de intervenção #3 proposta para o trecho Reitoria.....	205
Figura 9.21 – Alternativa de intervenção #4 proposta para o trecho Reitoria.....	206
Figura 9.22 – Fluxograma para análise da viabilidade urbanística de implementação das alternativas propostas para os trechos do	

Córrego Engenho Nogueira a sofrer intervenção	207
Figura 9.23 – Fluxograma para análise da viabilidade tecnológica de implementação das alternativas propostas para os trechos do Córrego Engenho Nogueira a sofrer intervenção	209
Figura 9.24 – Solução tecnológica para intervenção na calha da Alternativa #1 proposta para o Trecho Engenharia – (a) talude em grama; (b) arquibancada de concreto.....	211
Figura 9.25 – Solução tecnológica para intervenção na calha da Alternativa #2 proposta para o Trecho Engenharia	211
Figura 9.26 – Solução tecnológica para intervenção na calha da Alternativa #1 proposta para o Trecho Reitoria – talude gramado.....	212
Figura 9.27 – Solução tecnológica para intervenção na calha da Alternativa #1 proposta para o Trecho Reitoria – arquibancada	212
Figura 9.28 – Alternativa #1 proposta para o Trecho Coltec	215
Figura 9.29 – Alternativa #2 proposta para o Trecho Coltec	216
Figura 9.30 – Alternativa #1 proposta para o Trecho Engenharia.....	216
Figura 9.31 – Alternativa #2 proposta para o Trecho Engenharia.....	217
Figura 9.32 – Alternativa #1 proposta para o Trecho Reitoria – vista aérea.....	217
Figura 9.33 – Alternativa #1 proposta para o Trecho Reitoria – perspectiva.....	218
Figura 9.34 – Alternativa #2 proposta para o Trecho Reitoria – perspectiva.....	218
Figura 9.35 – Alternativa #3 proposta para o Trecho Reitoria – perspectiva.....	219
Figura 10.1 – Representação gráfica das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Coltec	234
Figura 10.2 – Representação gráfica das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Engenharia.....	235
Figura 10.3 – Representação gráfica das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Reitoria	237
Figura 13.1 – Ficha para avaliação das condições de degradação de cursos de água.....	259
Figura 13.2 – Fluxograma proposto para determinação do potencial de restauração e respectivas abordagens de intervenção em cursos de água urbanos	261
Figura 13.3 – Relação entre as condições de cursos de água e seu potencial de	

restauração	262
Figura 13.4 – Exemplo de mapa de potencial de restauração de cursos de água	263
Figura 13.5 – Proposta de fluxograma para determinação do potencial de restauração de cursos de água com margens não ocupadas/ parcialmente ocupadas.....	265
Figura 13.6 – Proposta de fluxograma para determinação do potencial de restauração de cursos de água com margens ocupadas	266
Figura 13.7 – Fluxograma inicial da metodologia proposta para a orientação de processos de intervenção em cursos de água urbanos	268
Figura 14.1 – Imagem de satélite da área da bacia e sub-bacia de estudo do Córrego Bonsucesso	269
Figura 14.2 – Imagem de satélite da rede de drenagem em estudo dividida em trechos homogêneos	270
Figura 14.3 – Ficha para diagnóstico das condições gerais de cursos de água aplicada ao trecho “c”	271
Figura 14.4 – Ficha para avaliação das condições de degradação de cursos de água aplicada ao trecho “c”	272
Figura 14.5 – Desenho esquemático das condições de degradação relativas ao trecho “c”	272
Figura 14.6 – Ficha de avaliação das condições do meio urbano relativas ao trecho “c”	273
Figura 14.7 – Mapa de potencial de restauração da sub-bacia em estudo do Córrego Bonsucesso	273
Figura 14.8 – Proposta de ficha para diagnóstico das condições do curso de água e do meio urbano	275
Figura 17.1 – Tamanho da amostra para população finita	303
Figura 17.2 – Ficha de entrevista utilizada na pesquisa	304
Figura 17.3 – Conjunto de fotos/imagens apresentado aos entrevistados, referente à questão número 6.....	305
Figura 17.4 – Mapa com a extensão do Córrego Engenho Nogueira dentro do <i>campus</i> da UFMG.....	306
Figura 17.5 – Síntese dos resultados das entrevistas	307

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Legislação urbanística e ambiental nas esferas federal, estadual e municipal	11
Tabela 4.2 – Largura de cursos de água e das respectivas APPs (em metros) conforme alterações do Código Florestal ao longo dos anos	12
Tabela 4.3 – Largura das faixas <i>non aedificandi</i> ao longo de cursos de água canalizados ou em leito natural no município de São Paulo	24
Tabela 4.4 – Legislação e programas internacionais concernentes à questão da água	26
Tabela 4.5 – Indicadores para avaliação do estado ecológico de rios segundo a Diretiva Europeia da Água 2000/60/CE	27
Tabela 5.1 – Condições da bacia indicadoras do seu estado ecológica, sintomas de degradação e escalas/magnitude dos efeitos previsíveis nas calhas	48
Tabela 5.2 – Características do curso de água a serem consideradas na etapa de diagnóstico.....	54
Tabela 5.3 – Características da bacia a serem consideradas na etapa de diagnóstico ..	54
Tabela 5.4 – Classes de degradação de cursos de água em relação ao meio físico.....	63
Tabela 5.5 – Proposta para classificação de cursos de água em áreas urbanas	66
Tabela 5.6 – Classificação de cursos de água de acordo com o ICM.....	68
Tabela 5.7 – Previsão de comportamento hidrológico de cursos de água de acordo com o ICM.....	69
Tabela 5.8 – Previsão de comportamento físico de cursos de água de acordo com o ICM.....	69
Tabela 7.1 – Termos e conceitos relativos à “restauração”, de acordo com diversos autores	97
Tabela 7.2 – Características das técnicas de engenharia tradicional e de restauração ecológica para intervenção em cursos de água.....	113
Tabela 7.3 – Grupo de técnicas para intervenção em cursos de água segundo suas Condições de estabilização das margens e permeabilidade	114
Tabela 7.4 – Técnicas de proteção das margens de cursos de água e suas características.....	115
Tabela 7.5 – Funções e características das técnicas de bioengenharia.....	116

Tabela 7.6 – Pontuação dos objetivos e de seus respectivos indicadores para quatro alternativas de intervenção em um dado curso de água	125
Tabela 7.7 – Critérios de análise e escala de pontuação de indicadores para avaliação de alternativas quanto ao seu atendimento aos objetivos da intervenção.....	126
Tabela 8.1 – Temas de análise e itens de interesse para avaliação das áreas marginais ao curso de água.....	157
Tabela 8.2 – Exemplos de leis, planos e exigências relacionados a áreas urbanas	158
Tabela 8.3 – Exemplo de tabela a ser utilizada para avaliação de alternativas quanto ao seu atendimento aos objetivos da intervenção – caso hipotético	170
Tabela 8.4 – Proposta de avaliação para composição do índice de atendimento ao Objetivo de implantação/alteração de vias de circulação e transporte – caso hipotético	172
Tabela 8.5 – Proposta para avaliação do critério referente à acessibilidade da alternativa de intervenção ao curso de água – caso hipotético.....	173
Tabela 8.6 – Proposta para avaliação de alternativas quanto ao critério de uso do solo adjacente à calha do curso de água – caso hipotético	173
Tabela 8.7 – Proposta para pontuação de alternativas quanto ao critério de revestimento do leito e margens do curso de água.....	174
Tabela 8.8 – Composição do índice de atendimento ao objetivo de integração urbanística – caso hipotético	174
Tabela 8.9 – Grau de importância a ser conferido aos indicadores de acordo com as especificidades de cada caso	179
Tabela 8.10 – Importância relativa dos indicadores de impacto para um caso hipotético.....	180
Tabela 8.11 – Análise de impacto de três alternativas de intervenção para um caso hipotético	180
Tabela 8.12 – Pontuação final de impacto de três alternativas de intervenção para um caso hipotético	181
Tabela 9.1 – Alternativas propostas para os trechos Coltec, Engenharia e Reitoria do Engenho Nogueira	213

Tabela 9.2 – Avaliação do atendimento aos objetivos da intervenção para as Alternativas propostas para o Trecho Coltec.....	220
Tabela 9.3 – Avaliação do atendimento aos objetivos da intervenção para as Alternativas propostas para o Trecho Engenharia.....	221
Tabela 9.4 – Avaliação do atendimento aos objetivos da intervenção para as Alternativas propostas para o Trecho Reitoria	223
Tabela 9.5 – Análise de impacto das alternativas propostas para o Trecho Coltec.....	225
Tabela 9.6 – Análise de impacto das alternativas propostas para o Trecho Engenharia.....	225
Tabela 9.7 – Análise de impacto das alternativas propostas para o Trecho Reitoria ...	226
Tabela 9.8 – Custos de implantação e manutenção de canais e galerias	228
Tabela 9.9 – Custos de implantação e manutenção das alternativas do Trecho Coltec.....	228
Tabela 9.10 – Custos de implantação e manutenção das alternativas do Trecho Engenharia.....	229
Tabela 9.11 – Custos de implantação e manutenção das alternativas do Trecho Reitoria	230
Tabela 10.1 – Resultado da análise das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Coltec	232
Tabela 10.2 – Resultado percentual dos índices de análise para o Trecho Coltec	234
Tabela 10.3 – Resultado da análise das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Engenharia.....	235
Tabela 10.4 – Resultado percentual dos índices de análise para o Trecho Engenharia.....	235
Tabela 10.5 – Resultado da análise das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Reitoria	236
Tabela 10.6 – Resultado percentual dos índices de análise para o Trecho Reitoria	236
Tabela 10.7 – Comparação de custos globais das estruturas de drenagem propostas para o Trecho Reitoria.....	237
Tabela 10.8 – Comparação de custos por metro linear das estruturas de drenagem propostas para o Trecho Reitoria	238

Tabela 13.1 – Abordagem de intervenção em cursos de água de acordo com o seu potencial de restauração	263
Tabela 17.1 – Número de pessoas que frequenta a área do campus da UFMG	302
Tabela 17.2 – Áreas ou espaços de lazer que os entrevistados gostariam que houvesse na área do campus da UFMG.....	309
Tabela 17.3 – Intervenções propostas pelos entrevistados para a área em que o Córrego Engenho Nogueira se encontra a céu aberto	310

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

AUSRIVAS – Australian River Assessment System

BMPs – Best Management Practices

CE – Comunidade Europeia

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM – Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais

CWP – Center for Watershed Protection

DPH – Domínio Público Hidráulico

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

G – Grau de atendimento

HABISP – Sistema de Informações para a Habitação Social

IAURIF – Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la région de d'Île-de-France

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICM – Impervious Cover Model

INCC – Índice Nacional da Construção Civil

MAMC – Método de Análise Multicritério

MD – Margem Direita

ME – Margem esquerda

PDMAT – Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê

PN – Peso Normalizado

PR – Peso Relativo

SABESP – Companhia de Água e Esgotos do Estado de São Paulo

SAGE – Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SDAGE – Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SEHAB – Secretaria Municipal de Habitação da cidade de São Paulo

SEQ – Systèmes D'Évaluation de La Qualité

SVMA – Secretaria do Verde e do Meio Ambiente do município de São Paulo

TR – Tempo de Retorno

TRd – Tempo de Retorno desejável

TRp – Tempo de Retorno de projeto

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

URBEM – Urban River Basin Enhancement Methods

ZEIS – Zona Especial de Interesse Social

1 INTRODUÇÃO

O processo de constituição das cidades se relaciona intimamente com a transformação do meio natural. Em inúmeros casos, são diversos os impactos negativos observados, como as alterações de qualidade, quantidade e regime das águas urbanas.

As interferências da urbanização sobre o ciclo hidrológico, o aporte de poluentes e as intervenções diretas na estrutura física dos cursos de água configuram um quadro de sérios problemas ambientais e sociais nas cidades. Os danos ao meio ambiente e à paisagem, associados ao aumento na frequência dos eventos de inundação, implicam na perda gradativa da qualidade de vida nas urbes.

Diante do atual cenário de degradação da água em meio urbano, é crescente o reconhecimento da importância de se preservar os sistemas naturais remanescentes e de restaurar os ambientes degradados. Num período em que o termo “sustentabilidade” vem sendo a cada dia mais empregado, a adoção de novas abordagens para tratar a questão tem assumido papel de destaque, com o emprego gradativo de soluções ambientalmente mais integradas em conjunto com as tradicionais técnicas de engenharia.

Notadamente no panorama internacional são observadas algumas propostas de reintegração de rios à paisagem das cidades, embasadas em conceitos que procuram compatibilizar inúmeras demandas. No cenário nacional, todavia, as iniciativas observadas são significativamente mais tímidas, centradas em cursos de água ainda não canalizados e em intervenções de pequena escala, tanto em termos espaciais quanto de escopo.

No que tange os procedimentos de seleção das alternativas a serem adotadas – qualquer que seja a finalidade da intervenção no sistema fluvial – observa-se que, ao contrário do modelo usual, geralmente pautado apenas em análises de custo-benefício, o cenário que desponta com as questões ambientais – guiado pela ideia de construção de cidades sustentáveis e socialmente mais justas – exige a incorporação de novos critérios de análise.

No entanto, o que se observa é uma carência de ferramentas voltadas para a estruturação do processo em questão, incorporando de forma ampla e integrada um conjunto de fatores, como os ambientais, urbanísticos, legais, tecnológicos, econômicos e sociais.

Frente a esse quadro, o presente trabalho propõe uma abordagem metodológica de auxílio à decisão estruturada em etapas que contemplam o diagnóstico do objeto de estudo (o curso de água e a sua área de inserção urbana, em escala de corredor fluvial), a determinação e priorização dos objetivos da intervenção, a concepção de alternativas e a sua análise de viabilidade urbanística, tecnológica, de impacto, custos e atendimento aos objetivos propostos, subsidiando, assim, a sua comparação e seleção.

De forma a dar suporte científico à construção da ferramenta proposta, foi realizada uma ampla revisão de literatura sobre (i) a legislação concernente à gestão das águas urbanas (Capítulo 4), (ii) aspectos dos meios físico (Capítulo 5) e urbano (Capítulo 6) relacionados aos sistemas fluviais e (iii) intervenções em rios e córregos, com destaque para a restauração (Capítulo 7).

Deve-se ressaltar que o estabelecimento do referencial teórico mencionado contou não somente com leituras de livros, artigos e documentos afins, mas também com discussões junto ao grupo de pesquisa do Departamento de Hidráulica e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – voltado para estudos de intervenções em rios e córregos urbanos e rurais – e com experiências acadêmicas e práticas dentro e fora da cidade de Belo Horizonte, que transcorreram em diferentes momentos.

Nesse sentido, após o período inicial de um ano e meio de estudos na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), o prosseguimento da pesquisa se deu em São Paulo, junto à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU/USP) e à Secretaria de Habitação da Prefeitura Municipal de São Paulo (SEHAB). Sem sombra de dúvida, tais oportunidades contribuíram sobremaneira para o enriquecimento do trabalho, permitindo o contato da autora com realidades urbanas extremamente complexas e ampliando a sua visão acerca da multiplicidade de fatores que interagem no processo de construção, funcionamento e transformação das cidades.

As possibilidades de troca de experiências dentro da academia e junto a profissionais de órgãos públicos, assim como visitas a campo e a participação em inúmeros eventos relacionados à gestão urbana e ambiental, foram fundamentais para uma melhor compreensão das questões envolvidas em processos de intervenções urbanas.

Ao final de um período de quase um ano na cidade de São Paulo, o desenvolvimento da pesquisa teve continuidade em Belo Horizonte e, na sequência, em Barcelona, na Espanha. O curto período de quatro meses fora do país foi uma interessante oportunidade de contato com um pouco da experiência internacional no campo da restauração fluvial. Nesse caso, ao contrário da realidade brasileira, o olhar ambiental sobre os sistemas fluviais se sobrepõe a questões de ordem urbana e social, ao menos sob a perspectiva dos pesquisadores envolvidos com a questão, notadamente engenheiros e geomorfólogos.

Aos estudos na Universidade Politécnica da Catalunha (UPC) e às visitas a campo, acrescenta-se a experiência pessoal da autora de vivência em uma cidade concebida segundo “padrões” urbanísticos bastante diferentes daqueles geralmente encontrados no Brasil, notadamente quanto à questão relacionada à oferta e uso de espaços públicos pela população – o que põe em evidência o importante papel social que os cursos de água podem desempenhar nas cidades.

O retorno a Belo Horizonte, seis meses antes do prazo previsto para a defesa da tese, foi dedicado ao seu aprimoramento, com a inclusão de novos dados e referências aos capítulos de revisão de literatura (Capítulos 4 a 7), conclusão da sistemática proposta pelo trabalho (Capítulo 8) e realização de estudo de caso (Capítulo 9), sendo seus resultados/discussões e conclusões/perspectivas apresentados nos Capítulos 10 e 11, respectivamente.

Finalmente, vale destacar que o intercâmbio de experiências no Brasil e no exterior foi de suma importância na aproximação do campo científico com a realidade das questões urbanas, permitindo a construção de uma ferramenta simples e de fácil aplicação, flexível e adaptável a diversos cenários, possibilitando orientar, na fase de estudos preliminares, o processo de concepção e análise de alternativas de intervenção em cursos de água urbanos.

Este trabalho, portanto, é fruto desse conjunto de vivências, dentro e fora de sala de aula, que permitiram a construção de um caminho de mão-dupla entre academia e prática.

A seguir, apresentam-se as justificativas que dão relevância à elaboração deste documento (Capítulo 2) e os objetivos e etapas metodológicas que guiaram a sua consecução (Capítulo 3).

2 JUSTIFICATIVA

As cidades e os cursos de água sempre mantiveram uma estreita relação ao longo da história. Ora meios essenciais à vida nas urbes, ora desprezados e com presença indesejável ao convívio dos cidadãos, hoje em dia os cursos de água têm estado na pauta de inúmeros debates voltados para a sua restauração e integração à paisagem.

Esse novo olhar sobre os rios e córregos reflete a sua importância para a melhoria da qualidade de vida urbana, sendo a sua valorização ambiental e social fundamental ao processo de construção de cidades mais “sustentáveis” e democráticas.

A restauração de atributos naturais e o tratamento dos corredores fluviais como elementos estruturadores de espaços públicos e de convívio social têm sido alvo de inúmeros projetos de intervenção urbana em diversos países, incluindo a abertura de canais em seção fechada e a participação de diferentes agentes no processo de elaboração das propostas, com resultados bastante positivos para a comunidade em geral.

No cenário nacional, todavia, intervenções de caráter mais amplo – em termos de abrangência espacial e de escopo – são ainda muito tímidas, sobressaindo algumas iniciativas pontuais voltadas para a preservação de pequenas extensões de córregos ainda em leito natural.

A mudança de paradigma em relação à abordagem tradicional de intervenção nos cursos de água que atravessam as cidades (ou que são atravessados por elas), baseada nos preceitos higienistas de rápida evacuação das águas pluviais, tem como ponto de partida questões que permeiam os campos ambiental, econômico, político e social.

A crescente demanda por preservação do meio ambiente, a escassez de áreas públicas para o lazer da população e as inúmeras limitações dos sistemas de drenagem tradicionais quanto ao controle de cheias – além dos altos custos geralmente associados a esse tipo de solução – ressaltam a necessidade de adoção de novas posturas para o equacionamento dos problemas mencionados.

Nesse quadro, a concepção de propostas com fins exclusivos de contenção de inundações ou estruturação de sistema viário, por exemplo, vai de encontro às premissas de sustentabilidade, exigindo a ruptura de práticas setorializadas de planejamento. Ao contrário, a complexa

realidade urbana carece de intervenções inseridas em planos abrangentes, pautadas em escopos que contemplem a solução integrada de múltiplos aspectos e soluções.

Contudo, as intervenções em cursos de água concebidas nessa nova perspectiva tornam imprescindível a disponibilização de ferramentas que auxiliem o processo de concepção e avaliação de alternativas construídas sobre essa rede de diversas variáveis, com peso ou importância distintos de acordo com cada situação particular.

No panorama internacional destacam-se alguns estudos e propostas metodológicas inseridos nesse âmbito, mas que deixam abertas diversas lacunas ainda a serem preenchidas. A estruturação clara do processo em questão e a orientação quanto aos procedimentos de análise a serem empregados em cada uma das etapas despontam como as principais carências a serem supridas.

Vale ainda destacar a rigidez de determinadas abordagens – pouco abertas a adaptações – e o fato de que muitas delas demandam extensos levantamentos de dados (físicos, geomorfológicos, de qualidade da água, etc), o que pode inviabilizar o seu emprego pela dificuldade de acesso às informações necessárias.

Diante do exposto, observa-se a necessidade de construção de uma abordagem simples e de fácil aplicação – a ser utilizada na fase de estudos preliminares relativos a intervenções em corredores fluviais –, flexível e adaptável a diversos contextos e cenários urbanos.

Sendo assim, faz-se *mister* uma ferramenta que oriente esse processo, considerando as etapas de diagnóstico e de concepção, análise e comparação de alternativas, à luz de variáveis urbanísticas, ambientais, econômicas, políticas e sociais, de modo que a escolha da alternativa a ser adotada se dê em bases concretas e realistas.

As questões ora colocadas, assim como a necessidade de discussão sobre o tema da restauração em áreas urbanas, além de justificarem o desenvolvimento do presente trabalho, foram grandes desafios colocados ao mesmo, exigindo profundas reflexões sobre a sua abordagem no âmbito das cidades. O mergulho nessas questões, juntamente com a experiência de casos reais, permitiu, portanto, aproximar teoria e prática, levando à construção de uma ferramenta que se pretende útil para a finalidade para a qual foi concebida.

3 OBJETIVOS E ETAPAS METODOLÓGICAS

3.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia voltada para a orientação de processos de intervenção em cursos de água urbanos, dentro da escala de corredor fluvial – considerando as etapas de concepção, análise, comparação e seleção de alternativas –, tendo por base o estado de degradação dos sistemas fluviais e as condições urbanas da sua área de inserção, assim como aspectos relacionados ao impacto e custos das soluções.

3.2 *Objetivos específicos*

Os objetivos específicos do trabalho são:

1. Estabelecer o quadro conceitual e teórico do trabalho;
2. Desenvolver procedimento para diagnóstico dos meios urbano e fluvial;
3. Propor metodologia para avaliação das potencialidades de restauração de cursos de água urbanos;
4. Propor uma abordagem metodológica para integração de variáveis fluviais, urbanas e tecnológicas ao procedimento de concepção e análise de alternativas de intervenção em cursos de água;
5. Propor procedimentos para análise de impacto e custos das alternativas de intervenção por meio do uso de indicadores;
6. Consolidar a metodologia proposta por meio da realização de estudos de caso.

3.3 *Etapas metodológicas*

Em linhas gerais, o processo de construção desta tese se deu conforme a sequência de etapas descrita a seguir.

Revisão de literatura

A revisão de literatura foi realizada ao longo de todos os anos de desenvolvimento do trabalho e procurou abordar inúmeros aspectos relacionados aos meios urbano e fluvial, de forma a

permitir a construção de uma visão abrangente acerca da relação entre cursos de água e cidades, tanto no panorama nacional quanto estrangeiro. Os principais temas e questões levantados nesta etapa foram:

- Legislação relacionada à gestão da água em meio urbano;
- Geomorfologia fluvial;
- Diagnóstico e classificação de cursos de água;
- Perspectiva histórica da relação entre cursos de água e cidades;
- Diagnóstico de bacias urbanas;
- Restauração de cursos de água;
- Soluções e técnicas de intervenção em cursos de água urbanos;
- Metodologias para orientação de processos de intervenção/restauração de cursos de água.

Desenvolvimento de procedimento para diagnóstico dos meios urbano e fluvial

Esta etapa foi desenvolvida buscando-se levantar as principais variáveis que pudessem caracterizar, de forma simples e expedita, o estado de degradação de cursos de água e as condições urbanas do seu entorno, a fim de possibilitar a construção de um banco de dados com informações suficientes e adequadas para auxiliar a concepção inicial de alternativas de intervenção.

A sua consecução se deu a partir do estudo de inúmeros protocolos com finalidade similar e posterior elaboração de fichas de diagnóstico em consonância com os objetivos do trabalho. A bacia do Córrego Bonsucesso, na cidade de Belo Horizonte, serviu como estudo de caso para aplicação e validação das fichas propostas.

Proposição de metodologia para avaliação das potencialidades de restauração de cursos de água urbanos

A ideia inicial deste trabalho considerou a possibilidade de relacionar o estado de degradação de cursos de água com um potencial de restauração respectivo – à luz das condições de uso e ocupação do solo da bacia –, o qual iria orientar o tipo de intervenção mais adequada para cada situação particular.

Seguindo este raciocínio, foram discutidas e propostas inúmeras abordagens para o tratamento da questão, conforme esquemas apresentados no Apêndice 01 deste documento.

No entanto, após incontáveis tentativas de sua aplicação a casos reais, chegou-se à conclusão de que, em áreas urbanas, a determinação do potencial de restauração nos moldes propostos não seria viável, ao contrário do observado para o meio rural, para o qual algumas abordagens estudadas na revisão de literatura se mostraram plenamente aplicáveis.

Todavia, em se tratando de cidades, o potencial de se restaurar um curso de água vai muito além das questões de ordem geomorfológica e ambiental consideradas, envolvendo, além de fatores que interagem e continuamente se transformam ao longo do tempo e do espaço – como o uso e a ocupação do solo –, aspectos de ordem econômica, política e social. Ademais, a necessidade de compatibilização de outros objetivos de intervenção com a restauração introduz um elevado grau de complexidade na determinação do referido potencial.

Isso implica dizer que, diante do amplo conjunto de variáveis que se entrelaçam na construção do espaço urbano, a determinação de um potencial de restauração rígido ou estático para um dado curso de água, estabelecido para um momento fixo na escala temporal, vai contra a natureza dinâmica que rege a realidade urbana e os sistemas fluviais.

Em vistas disso, uma das ideias centrais que motivaram o desenvolvimento desta tese teve que ser considerada sob outro ponto de vista, deixando de lado a tentativa de estabelecimento de relações diretas entre determinadas condições do curso de água e o potencial de restaurá-lo.

Sendo assim, com base no quadro geral de alteração fluvial e urbana do objeto de estudo – levantado na etapa de diagnóstico –, assim como nas demandas da intervenção e nas condições políticas, econômicas e sociais locais, torna-se possível avaliar, de maneira integrada e sem a estruturação “engessada” de um procedimento de análise, as potencialidades de restauração de cursos de água urbanos.

A consecução da análise mencionada, apesar de menos explícita que a ideia original aventada pelo trabalho, mostra-se bastante mais realista, constituindo-se importante subsídio para a concepção de alternativas de intervenção.

Desenvolvimento de sistemática para orientação dos processos de intervenção em cursos de água urbanos

A sistemática de análise alvo desta tese foi sendo construída ao longo de todos os anos de desenvolvimento do trabalho, pautando-se em estudos científicos e na vivência prática de casos reais. Essa mescla de “metodologias” permitiu que as etapas propostas para orientação dos processos de intervenção em cursos de água urbanos pudessem ser avaliadas em campo e, na sequência, reformuladas no ambiente acadêmico.

Nesse sentido, além das etapas anteriormente comentadas, a proposta voltada para a concepção de alternativas de intervenção em cursos de água urbanos e suas respectivas análises – viabilidade urbanística e tecnológica, impacto, custos e atendimento aos objetivos propostos –, foi concebida nos moldes comentados, aliando embasamento teórico à aplicação em casos reais.

Aplicação da metodologia a estudos de caso

Com o objetivo de avaliar os procedimentos iniciais de análise propostos nas etapas de diagnóstico e de avaliação das potencialidades de restauração de rios e córregos urbanos, os mesmos foram aplicados a determinados trechos da rede de drenagem fluvial da bacia do Córrego Bonsucesso, na cidade de Belo Horizonte (Apêndice 02). A realização desse estudo permitiu verificar a pertinência das etapas metodológicas propostas frente a um caso real e a sua conseqüente reformulação de acordo com a experiência obtida em campo.

O desenvolvimento das demais etapas, conforme já mencionado, se deu mediante a consideração de outros cenários fluviais e urbanos na sua concepção, numa tentativa de aproximação da realidade das cidades às proposições de análise baseadas em estudos acadêmicos.

Por fim, a sistemática desenvolvida neste trabalho foi aplicada a um estudo de caso na cidade de Belo Horizonte – o Córrego Engenho Nogueira, dentro dos limites do *campus* da UFMG –, de forma a avaliá-la e consolidá-la em todas as suas etapas.

4 LEGISLAÇÃO

4.1 Introdução

A dinâmica de “produção” e transformação do espaço urbano está intimamente relacionada ao conjunto de leis que visam reger a ocupação do território. Assim como as questões de ordem socioeconômica, política, geográfica, etc, o quadro legal condiciona o contínuo processo de construção e transformação das cidades.

No entanto, de acordo com a interação dos aspectos mencionados, a “cidade real” se distancia da “cidade legal”, demandando investimento contínuo e permanente na atualização de leis e na elaboração de planos e programas compatíveis com os cenários diagnosticados.

Nesse quadro, o presente capítulo procura discutir alguns avanços, lacunas, problemas e desafios relacionados à gestão da água em meio urbano, tendo por base um conjunto de leis nacionais e estrangeiras que, direta ou indiretamente, são afetas à questão.

4.2 Legislação nacional

A análise da legislação contemplada neste item é realizada, separadamente, para as esferas federal, estadual e municipal (Tabela 4.1).

No primeiro caso, procura-se dar uma visão abrangente da maneira pela qual a questão da água vem sendo tratada, ao longo dos anos, no panorama nacional. Ao contrário, para as demais esferas, não foi realizada uma ampla varredura de leis, senão um recorte mais preciso e a seleção de alguns exemplos para nortear a discussão de questões consideradas relevantes.

Desse modo, no âmbito estadual buscou-se discutir a questão dos impactos e alcances de leis e iniciativas embasadas em diferentes níveis de restrição e exigências ambientais sobre o território urbano e suas águas, tendo como referência os Estados de São Paulo e Minas Gerais.

No âmbito municipal é tecido um breve comentário a respeito dos Planos Diretores de Drenagem Urbana e discutidos aspectos específicos relativos à ocupação marginal de rios e córregos nas cidades de São Paulo e Belo Horizonte.

A escolha dos Estados e cidades mencionados se deve à maior aproximação da autora com a realidade dos mesmos, além do fato de que seus complexos problemas ambientais e urbanos exigem um cuidadoso tratamento legal da questão.

Tabela 4.1 – Legislação urbanística e ambiental brasileira nas esferas federal, estadual e municipal

		Legislação	Assunto
Esfera	Federal	Decreto 24.643/1934	Código das Águas
		Lei 4.771/1965	Código Florestal
		Lei 6.766/1979	Parcelamento do Solo Urbano
		CF/1988	Constituição da República Federativa do Brasil
		Lei 9.433/1997	Política Nacional de Recursos Hídricos
		Lei 10.257/2001	Estatuto da Cidade
		Resolução CONAMA 357/2005	Classificação e enquadramento de corpos d'água
		Lei 11.445/2007	Política Nacional de Saneamento Básico
	Lei 11.977/2009	Programa Minha Casa, Minha Vida e regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas.	
	Estadual	Leis 898/1975, 1.172/1976 e 9.866/1997	Proteção aos Mananciais do Estado de São Paulo
		DN COPAM 95/2006	Intervenções em cursos de água de sistemas de drenagem urbana no Estado de Minas Gerais
	Municipal	Planos Diretores de Drenagem Urbana	Gestão de cursos de água e infraestrutura urbana relacionada ao escoamento das águas pluviais
		Lei 11.228/1992 e Decreto 32.329/92	Código de obras e edificações do município de São Paulo e respectivo Decreto Regulamentador
Lei 7.165/1996		Plano Diretor do Município de Belo Horizonte	
Leis 7.166/1996, 8.137/2000 e 9.959/2010		Parcelamento, ocupação e uso do solo no município de Belo Horizonte.	

4.2.1 Legislação Federal

Código das Águas – 1934

O Decreto Federal nº 24.643/1934 (BRASIL, 1934) foi o primeiro documento legal estruturado sobre a questão da água no Brasil, contemplando diversos aspectos relativos à sua dominialidade e aproveitamento, dentre outros assuntos.

No tocante a intervenções em cursos de água, estabelece faixas *non aedificandi* de 10 metros de largura ao longo de suas margens, objetivando a liberação de área para execução de serviços por parte da administração pública (faixas de servidão de trânsito). Contudo, não ficam claros os limites a partir dos quais as mesmas devem ser implantadas.

O Código Florestal – Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965) – representa consideráveis avanços no campo da preservação ambiental, tendo sido alvo de diversas alterações desde a sua promulgação até o ano corrente.

A última delas – Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) – se sujeitou a inúmeros debates e discussões, extrapolando as fronteiras nacionais e promovendo, até mesmo, mobilização estrangeira. O foco da polêmica, voltado para a preservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente¹ (APPs) e Reservas Legais² em áreas rurais, expôs conflitos e interesses de ordem econômica, política e ambiental, envolvendo proprietários rurais, políticos e a sociedade civil no processo de sua alteração.

Contudo, apesar das modificações realizadas, alguns de seus pontos continuam bastante questionáveis, notadamente quanto às APPs, a exemplo do critério estabelecido para a sua determinação ao longo de cursos de água, estejam eles localizados em áreas urbanas ou rurais (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Largura de cursos de água e das respectivas APPs (em metros) conforme alterações do Código Florestal ao longo dos anos

1965		1986		1989		2012	
Curso de água	APP	Curso de água	APP	Curso de água	APP	Curso de água	APP
L < 10	5	L < 10	30	L < 10	30	L < 10	30
10 < L < 200	½ L	10 < L < 50	50	10 < L < 50	50	10 < L < 50	50
L > 200	100	50 < L < 100	100	50 < L < 200	100	50 < L < 200	100
-	-	100 < L < 200	150	200 < L < 600	200	200 < L < 600	200
-	-	L > 200	= L	L > 600	500	L > 600	500

¹ “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” (BRASIL, 2012).

² “Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, 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” (BRASIL, 2012).

Conforme os dados apresentados, a largura das faixas de preservação está diretamente relacionada à largura dos cursos de água. No entanto, o limite de seu início não fica claro em nenhuma das versões da lei.

O texto original (BRASIL, 1965) e a revisão datada de 1986 – Lei nº 7.511, de 7 de julho de 1986 (BRASIL, 1986) – não fazem qualquer menção ao assunto. Já as revisões de 1989 – Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989 (BRASIL, 1989) – e de 2012 (BRASIL, 2012) determinam que o início das APPs seja considerado a partir do nível mais alto atingido pelas águas (primeiro caso) e desde a borda da calha do leito regular do curso d'água natural (segundo caso). Todavia, o esclarecimento da questão continua vago, não havendo qualquer menção acerca de vazões dominantes ou *Períodos de Retorno*, conceitos que poderiam tornar mais objetiva a determinação do ponto a partir do qual as APPs devem se iniciar.

Ainda, há que se considerar que a largura dos cursos de água não deveria ser o único critério utilizado para o estabelecimento das faixas de proteção. De fato, Mello (2008) questiona a inclusão de outras variáveis, como as relacionadas à seção da calha e ao escoamento das águas, de acordo com condições físicas e climáticas específicas. Sendo assim, o estabelecimento de regras gerais para um país onde existem biomas tão diversos apresenta-se particularmente problemático, reduzindo a complexidade relativa à definição dos limites das áreas de proteção a um cálculo aparentemente simplista.

Também o enquadramento proposto para os cursos de água – dentro de “faixas” de largura (Tabela 4.2) – é susceptível ao debate, não sendo feita, no texto original e em suas revisões, nenhuma menção a respeito dos critérios que embasaram o seu estabelecimento e a sua alteração ao longo dos anos.

Diante desse quadro, pode-se dizer que aplicação dos parâmetros apresentados para todo o território nacional – que se caracteriza por uma ampla diversidade de cenários geográficos, climatológicos, etc – e para áreas urbanas e rurais – cujas condições de ocupação e uso do solo são significativamente distintas – não se mostra coerente.

Especialmente no caso urbano, a questão reveste-se de elevado nível de complexidade, uma vez que não somente os fatores ambientais devem levados em conta, senão também aqueles de ordem socioeconômica e cultural.

Na redação do Código Florestal de 1965 (BRASIL, 1965), o Parágrafo único do artigo 2º considera que para a determinação da largura das APPs em áreas urbanas deverá ser observado “*o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo*”. Todavia, a questão não fica clara, suscitando inúmeras discussões acerca de quais seriam os princípios e limites a serem respeitados, ou seja, os do Código Florestal ou os das leis municipais.

De acordo com parecer da Secretaria de Negócios Jurídicos – Procuradoria Geral do Município de São Paulo (SÃO PAULO, 2010) – sobre a interpretação da questão, “*o legislador não criaria um parágrafo para tratar da zona urbana simplesmente para prever que se aplicariam as mesmas regras do caput (...). Os princípios e limites a serem respeitados pelo legislador municipal referem-se à diretriz de preservação dos cursos d’água, mas não da aplicação das mesmas restrições impostas pelo art. 2o, que se configuram limite máximo para o legislador municipal, sob pena da zona urbana ter limitação maior que a zona rural, o que à toda evidência não é razoável*”.

A revisão da lei no ano de 2012, por sua vez, também não deixa clara a questão. Segundo o Parágrafo 9 do artigo 4º (BRASIL, 2012), “*Em áreas urbanas, (...), as faixas marginais de qualquer curso d’água natural que delimitem as áreas da faixa de passagem de inundação terão sua largura determinada pelos respectivos Planos Diretores e Leis de Uso do Solo, ouvidos os Conselhos Estaduais e Municipais de Meio Ambiente, sem prejuízo dos limites estabelecidos pelo inciso I do caput*”.

Já o Parágrafo 10 do mesmo artigo diz que “*No caso de áreas urbanas, (...), observar-se-á o disposto nos respectivos Planos Diretores e Leis Municipais de Uso do Solo, sem prejuízo do disposto nos incisos do caput*” (BRASIL, 2012).

A redação dos Parágrafos anteriores suscita algumas dúvidas: primeiramente, a necessidade do Parágrafo 10, menos restritivo que o seu anterior. Em seguida, a questão dos limites a não sofrerem prejuízo, conforme comentários já tecidos em relação ao texto de 1965.

Frente a esse cenário, o debate em torno das áreas de preservação marginal ao longo dos cursos de água urbanos continuará alvo de polêmica quanto aos limites e leis a serem seguidos.

Outra questão interessante, embutida no conceito das APPs, refere-se ao “princípio da intangibilidade” – relacionado à proibição de qualquer tipo de uso e ocupação dessas áreas – o qual vai de encontro às tradicionais funções urbanas das orlas aquáticas e ao seu natural efeito de atração sobre as pessoas. Fica assim evidente o paradoxo entre os múltiplos usos das áreas marginais aos cursos de água e a exigência de sua preservação (MELLO, 2008).

Dentre outros fatores, a desconsideração dessas especificidades urbanas pelo Código Florestal é um dos motivos que levam ao seu desrespeito nas cidades brasileiras (MELLO, 2008).

Por fim, apesar das críticas anteriormente tecidas, há que se destacar alguns avanços observados na última revisão do Código em questão. Em primeiro lugar, a inclusão do tópico relativo à regularização fundiária de interesse social³ e específico⁴ “*dos assentamentos inseridos em área urbana de ocupação consolidada e que ocupam Áreas de Preservação Permanente*”, admitindo a sua regularização ambiental por meio da aprovação de projeto de regularização fundiária na forma da Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009 (BRASIL, 2009), a ser discutida ulteriormente.

Em segundo lugar, a lei considera que, para os casos de regularização fundiária de interesse específico, “*Em áreas urbanas tombadas como patrimônio histórico e cultural, a faixa não edificável que trata o § 2º⁵ poderá ser redefinida de maneira a atender aos parâmetros do ato do tombamento*” (BRASIL, 2012), demonstrando uma maior flexibilização da lei também nesse tipo de situação.

Parcelamento do solo urbano – 1979

A Lei 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (BRASIL, 1979), dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e suas formas de ocupação, determinando a reserva de faixas marginais *non*

³ “Regularização fundiária de interesse social: regularização fundiária de assentamentos irregulares ocupados, predominantemente, por população de baixa renda” (BRASIL, 2009).

⁴ “Regularização fundiária de interesse específico: regularização fundiária quando não caracterizado o interesse social nos termos do inciso VII da Lei 11.977/2009” (BRASIL, 2009).

⁵ § 2º do artigo 65: “Para fins da regularização ambiental prevista no caput, ao longo de rios ou de qualquer curso d’água, será mantida faixa não edificável com largura mínima de 15 (quinze) metros de cada lado” (BRASIL, 2012).

aedificandi, de no mínimo 15m de largura, ao longo dos cursos de água. De modo geral, essas faixas destinam-se à implantação de infraestrutura urbana, e não à preservação ambiental.

As exigências divergentes entre a legislação urbanística e o Código Florestal evidenciam conflitos quanto ao que deve ser seguido, sendo relativamente distintos os seus reflexos nas intervenções urbanas. Em vista do conceito de planejamento urbano-ambiental integrado, essas questões não podem ser avaliadas de forma isolada e setorial como, por exemplo, pela Secretaria de Meio Ambiente de um lado e pela de Planejamento Urbano e Obras de outro. A mediação desses conflitos somente será possível se os problemas encontrados forem avaliados de forma global.

Constituição da República Federativa do Brasil – 1988

A promulgação da Constituição Federal (BRASIL, 1988) lança novas atenções ao tratamento da questão urbano-ambiental no Brasil, incumbindo ao Poder Público definir, “*em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção*”.

No caso de atividades ou obras potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente fica exigida a elaboração de estudos de impacto ambiental, a exemplo das obras de infraestrutura urbana.

A introdução da pauta ambiental na gestão e no planejamento do território das cidades evidencia que o processo de estruturação urbana deve se pautar na integração de diversos aspectos, como a valorização e a preservação do meio ambiente e a garantia do direito, para todos, de acesso à terra e à moradia.

Política Nacional de Recursos Hídricos – 1997

Nesse contexto de integração de planos e políticas destaca-se a Lei 9.433 de 1997 – que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) e regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal (BRASIL, 1988) –, uma vez que coloca dentre as diretrizes gerais para sua implantação “*a adequação da gestão de recursos hídricos às*

diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País”, assim como “*a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental*” e “*a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo*”.

Além de apontarem a necessidade de adequação da gestão dos recursos hídricos às particularidades regionais do território nacional, as diretrizes em questão prevêm a integração de políticas setoriais de planejamento, notadamente as de cunho urbanístico e ambiental.

Ainda, ressaltam a necessidade de busca de soluções específicas para situações particulares, considerando o diagnóstico da situação dos recursos hídricos no cenário atual e frente a projeções de crescimento demográfico e de modificações nos padrões de uso e ocupação do solo.

No entanto, Mello (2008) ressalta que apesar do enfoque integrado aparecer de forma clara no texto da lei, na prática, o que se observa é uma abordagem dissociada entre a gestão das águas – associada a intervenções hídricas e de saneamento –, do meio ambiente e o planejamento urbano. Essencialmente, isso se deve à fragmentação do tema *água em meio urbano* em distintas esferas e instituições governamentais no Brasil, conforme discutido no âmbito do Capítulo 6 (item 6.2.3).

Estatuto da Cidade – 2001

Seguindo a tendência de integração de diversos escopos na elaboração de políticas públicas, o Estatuto da Cidade – Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (BRASIL, 2001) – vem legitimar o “direito à cidade”, regulamentando os artigos 182 e 183 da Constituição Federal (BRASIL, 1988). Nesse sentido, prevê:

- “*Garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações*”;
- “*Proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído*”;
- “*Regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda mediante o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e*

ocupação do solo e edificação, consideradas a situação socioeconômica da população e as normas ambientais”.

O Estatuto também determina o Plano Diretor Municipal como instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, o qual deve contemplar questões afetas à política habitacional, regularização fundiária, transporte e saneamento ambiental, dentre outras. No que tange o tratamento a ser dispensado à drenagem, os planos em questão devem considerar a adoção de soluções alternativas às intervenções estruturais, a criação de parques lineares ao longo de cursos de água e a adoção de medidas voltadas para a sua recuperação (BRASIL, 2005a).

Resolução Conama 357/2005

Especificamente no que tange a qualidade da água, a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005b) trata da classificação dos corpos de água segundo seus usos preponderantes, dispõe sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento (classe a ser alcançada ou mantida ao longo do tempo) e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, tendo em vista “*a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas, visando atingir gradativamente os objetivos propostos*” (BRASIL, 2005b).

Política Nacional de Saneamento Básico – 2007

O avanço na legislação federal no tocante às políticas públicas relativas às águas urbanas segue com a promulgação da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), referente ao saneamento básico. Segundo a mesma, os serviços públicos em questão deverão ser prestados com base na sua “*articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante*”.

Mais uma vez, observa-se um esforço na busca de soluções integradas para os problemas urbano-ambientais.

Programa Minha Casa, Minha Vida e regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas – 2009

Fechando o quadro legal em nível federal, a Lei 11.977, de 7 de julho de 2009 (BRASIL, 2009), mais conhecida como “Minha Casa, Minha Vida”, trata da questão da habitação e da regularização fundiária de assentamentos urbanos, considerando que nos projetos de regularização fundiária de interesse social as características da ocupação e da área ocupada devem ser avaliadas para a definição de parâmetros urbanísticos e ambientais específicos a serem adotados nas áreas de intervenção, como previsto no Estatuto da Cidade e regulamentado na última revisão do Código Florestal (BRASIL, 2012).

Sendo assim, conforme já comentado, poderá ser admitida a regularização fundiária em Áreas de Preservação Permanente, desde que atendidas determinadas condições, como a comprovação de que as condições urbano-ambientais da ocupação, após a intervenção, serão melhores que a situação precedente.

Esse novo cenário faz acreditar que muitos dos conflitos que há tempos permeiam a questão da ocupação de APPs possam ser dirimidos. Significa, portanto, mais um avanço no sentido de se buscar um equacionamento para os problemas sociais, urbanos e ambientais das cidades, uma vez que considera a realidade construída sobre o território como pano de fundo para a proposta de soluções.

4.2.2 Legislação Estadual – São Paulo e Minas Gerais

A legislação contemplada neste item tem por objetivo nortear a discussão de duas questões principais. A primeira delas se volta para uma análise dos resultados da aplicação de leis urbanísticas e ambientais baseadas nos conceitos de “comando-controle” e “desempenho”. A segunda trata de uma interessante abordagem concebida para orientar o delineamento de alternativas de intervenção em cursos de água urbanos.

Lei de Proteção aos Mananciais do Estado de São Paulo – 1975, 1976 e 1997

A Lei de Proteção aos Mananciais da região metropolitana de São Paulo – Lei 898, de 18 de dezembro de 1975 (SÃO PAULO, 1975) e Lei Estadual nº1.172 de 17 de novembro de 1976 (SÃO PAULO, 1976) – foi concebida como parte de um conjunto de instrumentos esboçados

a partir do Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado (PMDI), cujo objetivo era reorientar as tendências regionais de crescimento e desenvolvimento urbano, assim como a proteção dos recursos naturais (MARTINS, 2006). Seu objetivo principal foi disciplinar o uso do solo e delimitar áreas com fins de proteção aos mananciais, cursos de água e demais recursos hídricos de interesse para a Região Metropolitana de São Paulo, delimitando 53% do território metropolitano como área de proteção (FRANÇA, 2009).

A criação desta lei foi uma reação do Estado ao quadro de crescente ocupação precária e desordenada da região sul do município de São Paulo que, na década de 1960, passa a se dar de forma veloz (ISA, 2009). A essa ocupação era associada a principal causa de deterioração da qualidade das águas dos mananciais, que dentre outros usos, prestam-se ao abastecimento público.

Dessa forma, são definidos, num primeiro momento, parâmetros extremamente restritivos à ocupação do solo nas bacias Guarapiranga e Billings. As áreas não impossibilitadas de ocupação deveriam apresentar baixa densidade, ficando esta mais rarefeita quanto mais próxima aos mananciais. Quanto aos usos, estes se limitavam, quase que exclusivamente, ao residencial unifamiliar (em lotes mínimos de 500 m²), sendo os demais sujeitos a parâmetros de restrição ainda mais elevados. A implantação de infraestrutura nas áreas próximas às represas fica proibida (ISA, 2009).

Contudo, o complexo detalhamento da lei – do tipo “comando-controle” – não obteve êxito quanto aos resultados esperados. Ao contrário, a rigidez imposta à ocupação – associada ao quadro socioeconômico da época (décadas de 70 e 80) e à falta de fiscalização – leva a uma significativa transformação das bacias, com o surgimento de um número considerável de assentamentos precários (favelas e loteamentos irregulares). Nesse caso, a determinação dos procedimentos a serem adotados para a obtenção dos resultados almejados teve um efeito perverso, contradizendo os objetivos propostos.

Ressalta-se, ainda, que a elaboração da lei em questão seguiu o “modelo” de centralização de tomada de decisões da “cultura tecnocrática”, não tendo sido realizada consulta aos municípios nem levantadas as suas especificidades. No caso, apenas o critério da capacidade de autodepuração dos recursos hídricos foi levado em consideração (FRANÇA, 2009).

Esse cenário de extrema precariedade social, urbanística e ambiental, associado à impossibilidade de remoção da ocupação, impulsionou a revisão da legislação. A partir de então, a Lei nº 9.866, de 28 de novembro de 1997 (SÃO PAULO, 1997) estabelece a necessidade de proteção e recuperação dos mananciais lado a lado com a adequação da ocupação irregular do território, considerando a compatibilização das ações com o desenvolvimento socioeconômico.

A nova proposta de lei, agora pautada no conceito de “desempenho”, é bem menos restritiva, preocupando-se mais com os resultados a serem alcançados do que com a determinação dos meios para tal. Seu foco está no estabelecimento de diretrizes e instrumentos para o planejamento, gestão, controle e monitoramento da qualidade ambiental, possibilitando uma maior aproximação do equacionamento dos problemas encontrados.

Dentre seus objetivos, destacam-se a gestão participativa (integrando setores e instâncias governamentais, bem como a sociedade civil), a descentralização do planejamento e da gestão das bacias hidrográficas e a integração de políticas e programas habitacionais à preservação do meio ambiente, o que vem demonstrar um nítido avanço entre a lei em questão e aquelas às quais sucede.

De fato, a gestão de recursos hídricos deve transcender a visão estática de preservação – fundamentada na adoção de instrumentos de comando e controle –, principalmente ao se considerar, no contexto brasileiro, a incapacidade do Poder Público de controlar processos de invasão e degradação de áreas ambientalmente sensíveis (MELLO, 2008). Os exemplos apresentados neste item, assim como o Código Florestal, ilustram bem essas considerações.

Como bem apontado por Mello (2008), a mudança de paradigma no tocante às águas urbanas implica na adoção de instrumentos dinâmicos de planejamento e gestão, tendo por base o envolvimento da população.

Intervenções em cursos de água de sistemas de drenagem urbana no Estado de Minas Gerais – 2006

A Deliberação Normativa COPAM nº 95, de 12 de abril de 2006 (MINAS GERAIS, 2006) – do Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais (COPAM) – dispõe sobre

critérios para o licenciamento ambiental de intervenções em cursos de água integrantes dos sistemas de drenagem urbana do Estado.

Sua intenção é definir tipos específicos de intervenção com base em aspectos relativos à ocupação do solo marginal, eventos de inundação e ocorrência de focos erosivos, levantados para o local da intervenção e suas áreas de montante e jusante.

Para tanto, é proposta uma tabela onde cada aspecto mencionado é avaliado e ponderado, chegando-se a um índice de impacto geral a ser correlacionado às seguintes classes de intervenção:

- *Classe A*: preservação do curso de água com manutenção da seção natural de escoamento;
- *Classe B*: intervenção no curso de água com manutenção da seção de escoamento e sem uso de revestimentos impermeabilizantes. Adoção de soluções que permitam o amortecimento de cheias, caso necessário;
- *Classe C*: revestimento das paredes laterais e manutenção do leito natural;
- *Classe D*: revestimento das paredes laterais e do leito, com manutenção da seção aberta.

A intervenção em seção fechada fica proibida, salvo os casos enquadrados na Classe D autorizados pelo COPAM.

A proposta metodológica em questão constitui significativo avanço na orientação de processos de intervenção, levando em conta a integração de um conjunto de fatores e auxiliando a concepção de alternativas de acordo com as especificidades da área de estudo.

Todavia, a definição e obtenção dos dados necessários pode não ser um procedimento expedito, demandando análises mais apuradas notadamente quanto ao cálculo das taxas de ocupação. A resolução também não considera que o trecho alvo de intervenção possa apresentar características heterogêneas ao longo da sua extensão, o que significa que o seu enquadramento em uma única classe pode não se configurar a solução mais indicada.

4.2.3 Legislação Municipal – São Paulo e Belo Horizonte e Planos Diretores de Drenagem Urbana

Além da discussão de algumas leis dos municípios de São Paulo e Belo Horizonte afetas a intervenções em cursos de água urbanos, este item tece um breve comentário sobre Planos Diretores de Drenagem Urbana.

Planos Diretores de Drenagem Urbana

Segundo Tucci (1997 e 2002), os Planos Diretores de Drenagem Urbana têm por objetivo a criação de mecanismos de gestão de cursos de água e da infraestrutura urbana relacionada ao escoamento das águas pluviais de acordo com princípios de sua integração aos planos de desenvolvimento urbano e ambiental das cidades, valorização dos mecanismos naturais de escoamento na bacia hidrográfica (com a preservação dos cursos de água em leito natural, quando possível), controle do escoamento na fonte, etc.

Embora algumas cidades brasileiras já tenham começado a incorporar esses e outros conceitos nas suas abordagens de gestão, o cenário atual ainda se configura pela predominância de utilização dos sistemas tradicionais de drenagem urbana, sendo presente a resistência à implementação de estruturas compensatórias, notadamente pela falta de informação dos técnicos, tomadores de decisão e da população em geral.

Código de obras e edificações do município de São Paulo e respectivo Decreto Regulamentador – 1992

O Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo – Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992 (SÃO PAULO, 1992a) – e seu Decreto Regulamentador – Decreto nº 32.329, de 23 de setembro de 1992 (SÃO PAULO, 1992b) – estabelecem que as obras junto a cursos de água devem ser avaliadas segundo as condições físicas do canal e o tamanho da bacia hidrográfica. Os recuos marginais a serem respeitados são específicos para trechos canalizados e em leito natural, conforme apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Largura das faixas *non aedificandi* ao longo de cursos de água canalizados ou em leito natural no município de São Paulo

Condição física do curso de água	Canalizado	Largura da galeria ou canalização existente	Largura da faixa <i>non aedificandi</i>
		$L \leq 1\text{m}$	L = 2m a contar de suas faces externas
	$L \geq 1\text{m}$	L = 1,5 vezes a largura da benfeitoria, observado o mínimo de 3m a contar de suas faces externas	
Leito natural	Área da bacia hidrográfica (ha)	Largura da faixa <i>non aedificandi</i> (recuo do eixo - m)	
	Até 10	3,00	
	11 a 20	4,00	
	21 a 50	5,00	
	51 a 100	7,50	
	
Acima de 5.000	Caso a caso		

Ao levar em conta os critérios apresentados, o Código em questão adota uma postura flexível no tocante à determinação dos recuos marginais. Esses, na realidade, tratam-se de faixas *non aedificandi* com o objetivo principal de proteção contra inundações e de garantia de acesso aos equipamentos destinados aos serviços de manutenção e limpeza do curso de água.

Respeitadas as larguras mínimas em consonância com o estipulado na lei, as alternativas de intervenção na calha poderão ser as mais diversas possíveis, desde a manutenção do leito natural de canais não revestidos como a sua canalização, estando esta sujeita a outorga.

Contudo, o atendimento ao Código de Obras está longe de ser uma solução aos problemas relacionados a intervenções em cursos de água na cidade de São Paulo, tendo em vista a falta de consenso entre as Secretarias de Obras e de Meio Ambiente quanto ao assunto. O indeferimento de processos pela última, que em muitos casos exige que sejam consideradas as larguras de faixas de preservação definidas pelo Código Florestal, é motivo de grandes conflitos dentro da administração pública municipal.

Plano Diretor do Município de Belo Horizonte – 1996 e 2000

No tocante à questão ambiental, o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte – Lei 7165 de 27 de agosto de 1996 (BELO HORIZONTE, 1996a) – define diretrizes de proteção de nascentes e margens d’água com o objetivo de manutenção e recuperação de matas ciliares, assim como prevê a criação de parques lineares nas regiões de fundos de vale. Quanto à drenagem, considera a adoção de soluções alternativas à canalização de cursos de água, assim como a inibição ao incremento da impermeabilização do solo.

Na revisão da lei datada do ano de 2000 – Lei 8137 de 21 de dezembro de 2000 (BELO HORIZONTE, 2000) –, acrescenta-se à redação do texto a necessidade de se promover a coordenação e a integração de políticas, planos, programas e ações governamentais de saneamento, meio ambiente, habitação e uso e ocupação do solo, seguindo as tendências já discutidas anteriormente.

Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo no Município de Belo Horizonte – 1996, 2000 e 2010

De forma mais detalhada, a Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo no Município de Belo Horizonte – Lei 7166 de 27 de agosto de 1996 (BELO HORIZONTE, 1996b) – determina que nos parcelamentos ao longo de cursos de água deverão ser obrigatórias, de cada lado e a partir das margens, faixas *non aedificandi* com larguras entre 15 e 30 metros, estabelecidas com base em parecer técnico. Para os casos de águas canalizadas, as larguras serão determinadas pelo Executivo, até o máximo de 15m.

Para o primeiro caso, a nova redação da lei – Lei 8137/2000 (BELO HORIZONTE, 2000) – passa a considerar a largura mínima das faixas igual a 30m. Essas áreas, não edificáveis – conforme explícito na revisão do texto de 2010 – Lei 9.959 de 20 de julho de 2010 (BELO HORIZONTE, 2010a) – passam a ser entendidas como de interesse ambiental, “*de acordo com a Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 – Código Florestal*”.

Um ponto interessante em relação à última revisão da lei refere-se às “*Áreas de Diretrizes Específicas de Interesse Ambiental*”, consideradas de interesse para preservação por parte do poder público – áreas onde há presença de nascentes, cursos de água, lagoas, represas, etc. Nesses casos, a preservação deverá ser estimulada mediante aplicação do instrumento conhecido como *Transferência do Direito de Construir*, previsto no Plano Diretor Municipal (BELO HORIZONTE, 1996a) e em legislação correlata.

A proposta deste instrumento é garantir aos proprietários de imóveis inseridos nas áreas mencionadas uma compensação, mediante o “*direito de alienar ou exercer em outro local o potencial construtivo previsto na Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo que não possa ser exercido no imóvel de origem*”.

Em vista disso, acredita-se que a sua aplicação para proteção do meio ambiente possa ter efeitos positivos, uma vez que a possibilidade de indenização proposta pode estimular os proprietários a assumir as atividades de manutenção e fiscalização dos seus imóveis – o que não acontecia anteriormente, já que os terrenos desvalorizados pela impossibilidade de ocupação não mais representavam interesse aos seus donos e, de forma geral, eram abandonados “à sua própria sorte”.

4.3 Legislação estrangeira

Este item aborda algumas leis, programas e diretrizes internacionais considerados relevantes para o debate da questão da água nas cidades. Em função da sua projeção no panorama estrangeiro e da facilidade de seu acesso, optou-se pela seleção constante da Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Legislação e programas internacionais concernentes à questão da água

País	Legislação/Programa/Diretriz
Membros da Comunidade Européia	Quadro Diretiva da Água 2000/60/CE
França	SDAGE/SAGE
Austrália	Water Act 2007 e AUSRIVAS
Canadá	Canada Water Act, Federal Water Policy e International River Improvements Act
Estados Unidos	Federal Water Pollution Control Act e CWCB Watershed Restoration Program

Inevitavelmente, a consideração de inúmeras outras leis e iniciativas fica pendente, dada a abrangência da questão e a vastidão de assuntos correlatos. Todavia, ao contrário de uma ampla revisão da legislação, o objetivo deste item é levantar alguns pontos de interesse, como o uso de indicadores e de cenários de referência para a avaliação da qualidade de cursos de água, a integração de políticas urbanas e ambientais na gestão de recursos hídricos e a restauração de rios e córregos, dentre outros assuntos.

4.3.1 Europa

No panorama europeu foi selecionada a lei que rege a proteção e gestão das águas dos países membros da Comunidade Européia e dois planos de gestão de recursos hídricos franceses, dada a sua importância no contexto de gestão das águas.

Quadro Diretiva da Água 2000/60/CE

A Diretiva Europeia da Água – Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000 (COMUNIDADE EUROPÉIA, 2000) – trata-se de um quadro de ação comunitária estabelecido entre os países da Comunidade Europeia com vistas à proteção e gestão das suas águas comuns (superficiais, subterrâneas, de transição e costeiras), devendo seu “bom estado” ecológico e químico ser alcançado até o ano de 2015.

No caso dos rios, a Diretiva estabelece cenários de referência para avaliar suas condições hidromorfológicas, biológicas e físico-químicas, com base em indicadores de qualidade voltados para a classificação do seu estado ecológico (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – Indicadores para avaliação do estado ecológico de rios segundo a Diretiva Europeia da Água 2000/60/CE

			Critérios de avaliação		
Indicadores	Biológicos	Composição e abundância da flora aquática			
		Composição e abundância dos invertebrados bentônicos			
		Composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola			
	Hidromorfológicos de suporte aos biológicos	Regime hidrológico		Vazões e condições de escoamento	
				Ligação a massas de água subterrâneas	
		Continuidade do rio			
		Condições morfológicas		Variação da profundidade e largura do rio	
				Estrutura e substrato do leito	
	Estrutura da zona ribeirinha				
	Físico-químicos de suporte aos biológicos	Elementos gerais	Condições térmicas		
			Condições de oxigenação		
			Salinidade		
Estado de acidificação					
Condições relativas aos nutrientes					
Poluentes específicos		Poluição resultante de todas as substâncias prioritárias identificadas como sendo descarregadas na massa de água			
		Poluição resultante de outras substâncias identificadas como sendo descarregadas em quantidades significativas na massa de água			

(Fonte: adaptado de COMUNIDADE EUROPÉIA, 2000)

A classificação do estado ecológico divide-se em cinco níveis – *excelente, boa, razoável, medíocre e ruim* –, conforme o grau de alteração da massa de água em relação à sua suposta condição não perturbada. Para a consecução desse enquadramento são definidas condições de referência para cada critério considerado, o que proporciona uma base de comparação comum para nortear o procedimento de análise, diminuindo, dessa maneira, o seu grau de subjetividade.

SDAGE/SAGE

O SDAGE – *Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux* – e o SAGE – *Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux* (CERTU, 1998) – consistem em planos de gestão de recursos hídricos concebidos na França a partir da promulgação da Lei das Águas, no ano de 1992 (FRANÇA, 1992), e se voltam para o estabelecimento de diretrizes de ordem geral para o gerenciamento de bacias hidrográficas em nível nacional e local, respectivamente.

O escopo de gestão desses planos é bastante abrangente, considerando, por exemplo, que o ordenamento do território deve ser planejado juntamente com a gestão dos recursos hídricos, em consonância com as metas e objetivos do SDAGE. Ainda, os planos de gestão das águas devem ser integrados às demais políticas setoriais, como subjacente à proposta da Diretiva Quadro da Água 2000/60/CE (COMUNIDADE EUROPÉIA, 2000).

4.3.2 Austrália

O *Water Act 2007* (AUSTRALIA, 2007) é um plano de ação voltado para a gestão das águas no continente australiano e tem como objetivo garantir que seus recursos hídricos sejam geridos de forma integrada e sustentável. Sua elaboração parte da necessidade de equacionamento de problemas relacionados à super exploração de água e às mudanças climáticas, dentre outras questões.

Além desse tratado, o governo australiano dispõe de uma diversidade de planos e programas que concernem à gestão da água em áreas urbanas e rurais, notadamente no que se refere ao seu suprimento e uso racional.

Quanto aos cursos de água, destaca-se o programa *National River Health Program*, criado em 1994 com o objetivo principal de permitir o acesso a informações sobre a qualidade das águas interiores do país, com vistas à reversão do seu quadro de degradação.

Para tanto, foi construído um banco de dados com base em um protocolo de avaliação conhecido como AUSRIVAS – *Australian River Assessment System* –, que permite que a qualidade ecológica de rios e córregos seja avaliada a partir das suas condições físicas

(PARSONS *et al*, 2002), químicas e biológicas. Seu resultado final é representado em mapas e elevações digitais, por meio da associação de cores a índices específicos de distúrbio.

A análise dos critérios em questão é realizada pela comparação das condições diagnosticadas com cenários de referência, representativos de *sites* minimamente alterados, o que determina a qualidade dos cursos de água.

4.3.3 Canadá

International River Improvements Act – 1955

O *International River Improvements Act*, promulgado no ano de 1955 (CANADA, 1955), trata-se de uma lei que determina que intervenções que possam afetar o escoamento ou o nível da água dos rios que atravessam os territórios canadense e norte-americano – como a construção de barragens, canais e outros tipos de estruturas – se sujeitem ao processo de licenciamento ambiental.

Canada Water Act – 1985

No Canadá, a gestão dos recursos hídricos é contemplada pelo *Canada Water Act R.S.C. 1985* (CANADA, 1985), uma lei que estabelece acordos de cooperação para a gestão das águas entre os diversos níveis de governo do país.

A tendência de adoção de medidas de gerenciamento integradas tem sido observada entre os entes da federação, no intuito de dar suporte à mudança do planejamento tradicional – com base na solução de questões locais – para o planejamento integrado de bacias – que conta com a participação de municipalidades, do setor industrial, de companhias de energia e de outros atores.

Federal Water Policy – 1987

A *Federal Water Policy*, de 1987 (CANADA, 1987), é uma lei canadense cujo objetivo é incentivar o uso eficiente e equilibrado dos recursos hídricos por meio do estabelecimento de metas e ações, programas de cooperação, desenvolvimento e transferência de informação,

expertise e tecnologia e envolvimento da população. Dentre suas metas destacam-se a proteção e a melhoria da qualidade dos recursos hídricos e a promoção do seu uso eficiente.

4.3.4 Estados Unidos

Nos Estados Unidos, a lei federal de controle à poluição da água – *Federal Water Pollution Control Act*, de 1948 (ESTADOS UNIDOS, 1948) – desponta como uma das mais importantes no cenário nacional. Seu objetivo principal é a restauração e manutenção da integridade química, física e biológica das águas do país, sendo a proibição à descarga de poluentes tóxicos em quantidades não aceitáveis, o financiamento federal à construção de sistemas públicos de tratamento de esgotos e a necessidade de desenvolvimento de programas e pesquisas voltados para o controle da poluição difusa, apenas alguns aspectos contemplados pela lei.

Ainda, estabelece a necessidade de cooperação entre os Estados e determina as leis, diretrizes, permissões e licenças a serem obedecidas e respeitadas pelos entes da federação.

A legislação federal americana ainda contempla uma diversidade de outras leis voltadas para a proteção do meio ambiente, mas é em nível estadual e municipal que programas específicos são desenvolvidos em maior nível de detalhe, a exemplo do “*Watershed Restoration Program*” (COLORADO, 2010), promovido pelo *Colorado Water Conservation Board*. A agência executiva em questão – do Estado do Colorado – é responsável pela conservação, proteção e gerenciamento de seus recursos hídricos, tendo por objetivo promover o desenvolvimento de estudos e projetos relacionados à restauração de bacias hidrográficas e de cursos de água e à proteção de áreas e propriedades contra eventos de inundação.

Com vistas a incentivar propostas e ações voltadas para o atendimento desses objetivos, a agência fornece fundos para investimento em projetos e estudos relacionados a assuntos como:

- Restauração de cursos de água, áreas ribeirinhas e *habitats* aquáticos e terrestres;
- Redução da erosão e de riscos de inundação;
- Monitoramento da qualidade e quantidade da água e
- Implementação de *Best Management Practices* – *BMPs*.

A iniciativa do governo estadual de subsidiar financeiramente parte dos recursos necessários à realização de projetos e obras representa um significativo incentivo à recuperação e preservação ambiental.

4.4 Considerações finais

O principal objetivo deste capítulo foi promover uma visão panorâmica sobre a gestão das águas nos cenários nacional e estrangeiro, notadamente quanto à sua abordagem e integração urbano-ambiental.

Dada a amplitude da questão, foram necessários recortes específicos em termos de quantidade e escopo dos assuntos tratados, certamente ficando pendentes aspectos de interesse para discussão. No entanto, o levantamento detalhado do arcabouço legal existente, por si só, demandaria estudos com essa finalidade específica.

Apesar da limitação mencionada, a legislação contemplada permite a identificação de avanços, lacunas e dificuldades envolvidos com a gestão das águas nas cidades, frente o complexo conjunto de demandas urbanas que exigem uma articulação integrada de múltiplas disciplinas e atores.

Ainda nesse quadro, há que se considerar os conflitos observados entre diferentes leis, dentro e fora das esferas consideradas – federal, estadual e municipal –, que em certos casos se contradizem e geram desentendimentos quanto ao que deve ser seguido. Notadamente no caso das faixas de preservação marginal ao longo de cursos de água essa questão se torna evidente, não ficando claro se as mesmas se tratam de Áreas de Preservação Permanente ou de faixas *non aedificandi*, assim como se os limites e restrições a serem obedecidos são aqueles definidos pelo Código Florestal ou por leis municipais.

No caso de áreas urbanas a questão é ainda mais complexa, muitas vezes não havendo entendimento entre os próprios técnicos das administrações públicas quanto à lei a ser seguida, o que leva à morosidade no andamento de diversos processos.

Finalmente, a partir do panorama levantado, é possível identificar alguns pontos que carecem de maior pesquisa científica e suporte metodológico, a exemplo das intervenções em cursos de água em áreas urbanas.

5 MEIO FÍSICO

5.1 Introdução

Intervenções em cursos de água inserem-se em um âmbito de análise no qual a consideração integrada de um conjunto de fatores é essencial – como os ambientais, técnicos, econômicos, políticos e sociais –, sendo o grau de importância conferido a cada um deles função dos objetivos da intervenção e de particularidades locais.

No cenário atual, as premissas de preservação ambiental amplamente difundidas fazem com que as intervenções em cursos de água se deparem com novas exigências. Notadamente em áreas urbanas, onde, de forma geral, a elaboração de projetos se pauta em estudos hidrológicos/hidráulicos e financeiros, novos quesitos devem ser incorporados à análise.

Frente a esse panorama, observa-se a necessidade de consideração de outras disciplinas na concepção de alternativas de intervenção, visando-se o atendimento a escopos mais amplos. Nesse quadro, a geomorfologia fluvial tem assumido papel de destaque, principalmente diante da perspectiva de restauração.

Dessa forma, o presente capítulo procura discutir questões relacionadas aos processos naturais de conformação e funcionamento de canais, assim como metodologias de diagnóstico e classificação de rios e córregos que visam subsidiar os processos de restauração, intervenção e gestão desses meios.

5.2 Conceitos de geomorfologia fluvial

A geomorfologia fluvial pode ser definida como o estudo das interações entre a forma e o comportamento de canais, dentro de uma determinada escala espaço-temporal, sendo a energia necessária para a realização das mudanças morfológicas proveniente da força das correntes. Segundo Christofolletti (1981), “*A dinâmica do escoamento, no que se refere à perspectiva geomorfológica, ganha significância na atuação exercida pela água sobre os sedimentos do leito fluvial, no transporte de sedimentos, nos mecanismos deposicionais e na esculturação da topografia do leito*”. Nesse sentido, “*As formas de relevo originadas em*

ambientes fluviais estão relacionadas aos processos de sedimentação e aos erosivos” (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Em um contexto global, o arranjo morfológico e o funcionamento de cursos de água se dão em função do seu posicionamento na bacia e de alterações observadas na mesma, notadamente em relação às suas condições de ocupação e uso do solo. Nesse cenário, mudanças no ciclo hidrológico e no aporte de sedimentos implicarão em diferentes tipos de resposta do sistema fluvial, dentro de um processo dinâmico de busca por uma nova condição de equilíbrio geomorfológico.

Contudo, além dos fatores mencionados, a morfologia e os processos fluviais também dependem da combinação de outros diversos fatores, como clima, geologia, cobertura vegetal, pedologia, hidrologia, topografia, etc. A sua conjugação com as características do escoamento e com os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos resulta, portanto, na dinâmica de conformação das calhas fluviais.

Diante do exposto, o estudo da geomorfologia faz-se imprescindível para subsidiar o processo de elaboração e análise de alternativas de intervenção, notadamente no que tange as etapas de diagnóstico do curso de água e análise de desempenho/impacto das soluções propostas. Nesse quadro, Brookes (1990) também destaca a importância da análise geomorfológica no que tange a compreensão dos fatores que contribuem para a estabilidade de cursos de água naturais e a possibilidade de antecipar as consequências de uma determinada ação.

Sendo assim, algumas considerações elementares sobre a configuração de sistemas fluviais, morfologia e transporte de sedimentos são brevemente tecidas a seguir.

5.2.1 Configuração dos sistemas fluviais: escalas espaciais e dinâmica

A configuração dos sistemas fluviais está intimamente relacionada à escala espacial da sua análise, podendo assumir as dimensões local, de trecho ou de bacia (Figura 5.1).

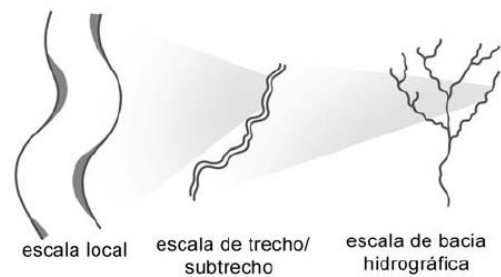


Figura 5.1 – Formas fluviais e escalas de análise (Fonte: adaptado de TAYLOR, 2002 *apud* BAPTISTA e LARA, 2010)

A escala de estudo mais apropriada, contudo, fica condicionada ao nível de investigação que se pretende realizar, em consonância com as especificidades e demandas de cada caso.

Além das escalas previamente mencionadas, há que se considerar aquela diretamente relacionada à calha dos cursos de água, ou seja, suas dimensões longitudinal, transversal e vertical. De acordo com Ollero (2007), a garantia da interação entre as dimensões ora citadas está associada ao conceito de continuidade, a qual confere ao corredor fluvial importantes valores ecológicos e paisagísticos (Figura 5.2).

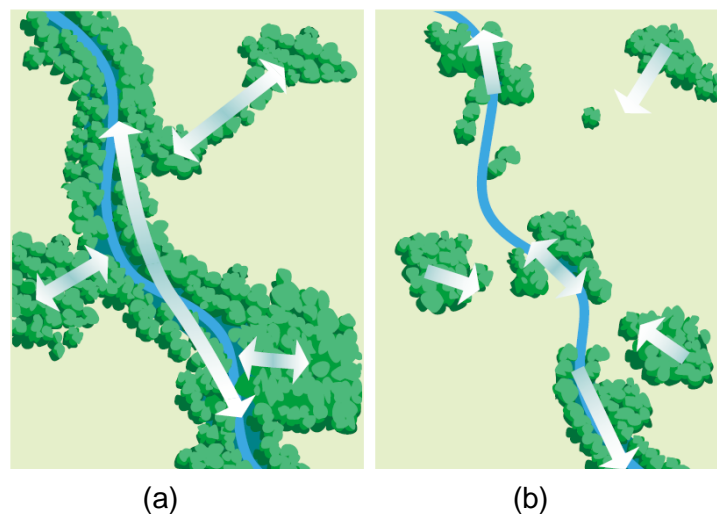


Figura 5.2 – Curso de água com continuidade elevada (a) e baixa (b) (Fonte: FISRWG, 2001)

No que tange a continuidade longitudinal, a mesma se refere à ausência de barreiras transversais que possam interromper os fluxos naturais do curso de água, desde a sua cabeceira até a desembocadura (ESPANHA, 2007).

Segundo a mesma fonte, a continuidade transversal – ou conectividade – é aquela relacionada à conexão entre o canal principal e as planícies de inundação, notadamente em períodos de cheias. A presença dessas áreas marginais à calha permite o transbordamento das águas, a dissipação de energia e o intercâmbio de matéria, assim como a regeneração da vegetação ripária e a criação de novos *habitats* para o refúgio e a reprodução de espécies.

Já a continuidade vertical está associada aos fluxos subsuperficiais e subterrâneos de água, nutrientes e organismos (ESPANHA, 2007).

Quanto ao processo de configuração das calhas fluviais, o mesmo está intimamente associado à contínua erosão e assoreamento do leito e margens – tanto em termos de perfil longitudinal como transversal –, havendo um importante balanço entre o poder erosivo das águas e a resistência oferecida pelo revestimento da seção.

Por sua vez, o transporte e a deposição de sedimentos – desencadeadores dos processos de agradiação e degradação – estão associados à distribuição de velocidades no canal, que aumentam da margem para o centro e do fundo para a superfície (Figura 5.3).

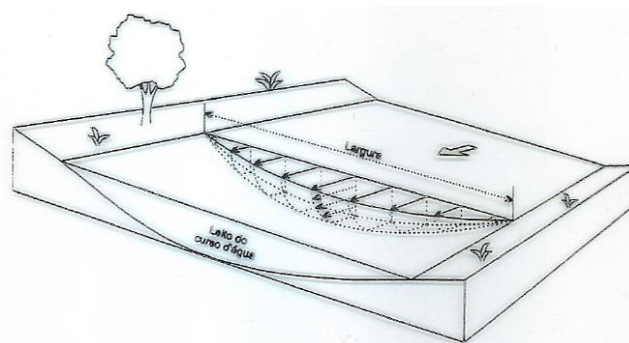


Figura 5.3 – Esquema de distribuição de velocidades em um curso de água (Fonte: BAPTISTA e LARA, 2010)

Notadamente em relação aos trechos em curva, as velocidades são maiores nas faces externas do que nas internas, provocando zonas distintas e alternadas de erosão e deposição de sedimentos (Figura 5.4).

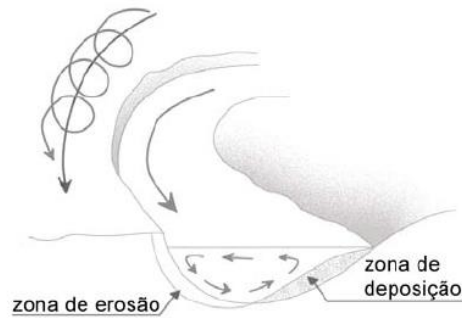


Figura 5.4 – Escoamento em curva (Fonte: adaptado de LEOPOLD, 1997 *apud* BAPTISTA e LARA, 2010)

Ainda, quando dos eventos de cheia e inundação da planície fluvial, são observadas velocidades distintas entre essa e o canal propriamente dito, decorrentes da diferença de rugosidade dos seus materiais de revestimento. Sendo assim, também essa situação implica em mudanças na configuração dos cursos de água.

Notadamente em cenários de grandes eventos de inundação (quando o poder erosivo das correntes é intensificado em função da maior vazão em trânsito), a forma do canal pode se sujeitar a significativas alterações. No entanto, conforme já mencionado, a sua magnitude será condicionada pela resistência ao escoamento oferecida pelo revestimento do leito e pela presença de vegetação.

5.2.2 Transporte de sedimentos

Sedimentos são partículas resultantes da desagregação de rochas ou matéria orgânica, sendo o seu transporte pela água conhecido como descarga sólida. Esta, por sua vez, pode se dar de três maneiras distintas:

- Descarga de fundo ou de arraste: partículas mais pesadas que se deslocam junto ao fundo – constitui-se a modalidade mais importante em termos de conformação de canais;
- Descarga em suspensão: partículas mais leves transportadas ao longo de todo o fluido;
- Transporte em solução: material sólido dissolvido no meio líquido.

Os principais agentes externos relacionados à formação dos sedimentos são o vento, a água e a ação antrópica, que podem atuar combinados ou isoladamente. Quanto à sua origem, os

mesmos podem ser procedentes da bacia hidrográfica ou do próprio leito do curso de água. De acordo com ANEEL (2000), a produção de sedimentos em bacias hidrográficas é afetada por um conjunto de fatores, tais como os listados a seguir:

- Precipitação: quantidade, intensidade e frequência;
- Tipo de solo e formação geológica;
- Cobertura do solo: vegetação, rochas aparentes, etc;
- Uso do solo: cultivos, pastagens, exploração de florestas, atividades de construção, etc;
- Escoamento superficial;
- Topografia/geomorfologia;
- Outros.

Quanto aos sedimentos originários do leito do curso de água, estes são resultantes das ações erosivas do escoamento líquido sobre as margens e o fundo do canal. Em trechos de maior velocidade, o rio escava suas margens num processo de transferência de energia, transportando os sedimentos escavados e os depositando em trechos de menor velocidade.

Uma analogia aos processos mencionados pode ser explicada pela *Balança de Lane*, que representa uma relação qualitativa entre os fatores responsáveis pelas condições de equilíbrio de um sistema fluvial: o aporte de sedimentos, o tamanho das partículas, a vazão e a declividade do leito (Figura 5.5).

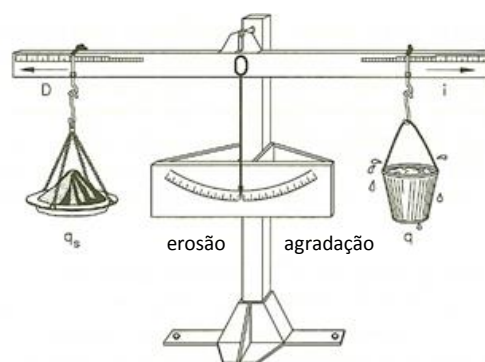


Figura 5.5 – Balança Lane (Fonte: adaptado de VIDE, 2002)

A equação que representa a relação de equilíbrio entre os quatro elementos considerados é dada por:

$$q_s \times D \propto q \times I \quad (4.1)$$

Onde:

q_s = descarga do material sólido, em volume por unidade de tempo

D = diâmetro médio das partículas do leito

q = vazão do rio, em volume por unidade de tempo

I = declividade do leito

A equação em questão representa o balanço entre o aporte de sedimentos (lado esquerdo da balança) e a vazão (lado direito), conforme ilustrado na figura anterior. O equilíbrio entre esses dois pratos da balança, portanto, será função do tamanho das partículas do leito e da declividade.

Supostamente, alterações em qualquer uma das quatro variáveis implicam em uma mudança proporcional nas demais (aumento ou diminuição), na busca por uma condição de equilíbrio.

A aplicação do conceito proposto por Lane é, portanto, bastante útil para se prever, qualitativamente, os impactos no curso de água decorrentes de mudanças nas condições de escoamento e aporte de sedimentos da bacia.

5.2.3 Equilíbrio de canais: análise espacial e temporal

Cursos de água são sistemas naturais em condições de equilíbrio dinâmico (CHORLEY e KENNEDY, 1971 *apud* OLLERO, 2007), ajustando-se permanentemente no tempo e no espaço às flutuações de descargas líquidas e sólidas. De acordo com FISRWG (2001), sua estabilidade está relacionada à combinação dos conceitos de resistência, resiliência e recuperação (*recovery*), a saber:

- Resistência: habilidade do curso de água em manter sua forma e funcionamento originais;

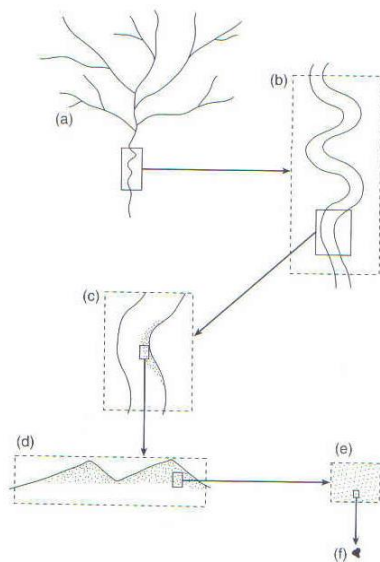
- Resiliência: capacidade de retorno do sistema perturbado a uma condição de estabilidade, após o distúrbio;
- Recuperação: nível de retorno do sistema perturbado à sua condição original, depois de ocorrido o distúrbio.

De acordo com Espanha (2007), um rio está em equilíbrio quando não altera seu traçado nem muda de forma significativa as suas seções transversais ao longo do tempo, mesmo que se mova lateralmente pela migração de seus meandros. Nessa mesma linha, alguns autores (BLENCH, 1969 e HEY e THORNE, 1986 *apud* BROOKES e SHIELDS, 1996a) ressaltam que existe equilíbrio quando há balanço entre a morfologia do rio e as suas condições de vazão dominante e aporte de sedimentos, de maneira que, supostamente, largura, profundidade e declividade não variam ao longo de períodos compreendidos entre 20 e 40 anos.

Diante da quantidade de variáveis envolvidas no processo de conformação dos sistemas fluviais e da interrelação que se estabelece entre elas, a resposta de um curso de água a mudanças é geralmente complexa. Segundo Ollero (2007), as combinações possíveis podem ser numerosíssimas e, portanto, de difícil análise, quantificação e generalização.

A forma de avaliação das mudanças ocorridas, por sua vez, pode ser empreendida por meio da realização de dois tipos de análise: uma espacial e outra temporal.

No primeiro caso, a avaliação será função do tipo de investigação a ser realizada e do nível de detalhamento necessário, conforme ilustrações apresentadas nas Figuras 5.1 e 5.6.



Legenda:

- a – Rede de drenagem
- b – Trecho de um curso de água
- c – Curva de um meandro
- d – Configuração do leito
- e – Estrutura dos sedimentos
- f – Grão do sedimento

Figura 5.6 – Componentes de um sistema fluvial (Fonte: SCHUMM, 1998 *apud* CHARLTON, 2008)

No caso da escala temporal, observam-se duas situações distintas. A primeira refere-se ao fato de que diferentes componentes da morfologia fluvial (declividade do leito, forma da seção, etc) não se alteram na mesma taxa, uma vez que o seu grau de resiliência, ou de ajustamento a mudanças, não é exatamente o mesmo. A segunda está relacionada às condições de equilíbrio do canal, que irão variar de acordo com a escala de tempo considerada na análise e com distúrbios externos ao sistema.

Em relação ao primeiro ponto, pode-se dizer que as observações diretas de determinadas condições dos cursos de água – a exemplo de monitoramentos de fluxos de escoamento e transporte de sedimentos – promovem apenas uma “fotografia” de um sistema que evolui ao longo do tempo. Dessa forma, em função da escala temporal considerada, o levantamento de uma gama de condições pode não ser representativa à luz de uma escala de tempo maior.

A Figura 5.7 procura ilustrar as considerações mencionadas, apresentando um exemplo das condições de equilíbrio de um dado curso de água (em relação à rugosidade do seu leito), em diferentes momentos de uma escala temporal.

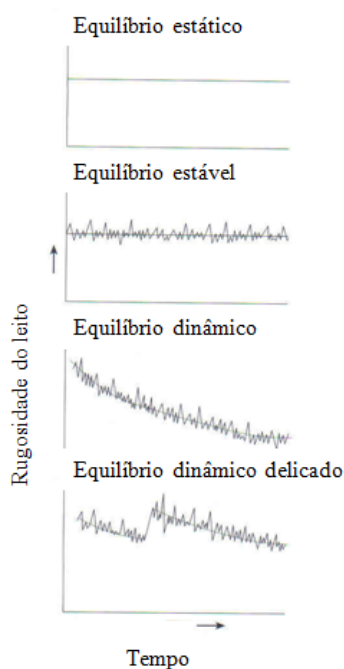


Figura 5.7 – Condições de equilíbrio observadas ao longo de diferentes escalas de tempo (Fonte: adaptado de SCHUMM, 1977 *apud* CHARLTON, 2008)

De acordo com o desenho apresentado, observa-se que as condições de equilíbrio do leito do canal variam substancialmente em função do recorte temporal da análise. Ou seja, diante do período mais curto de observação, o critério em questão não apresenta mudanças representativas (equilíbrio estático). No entanto, ao se ampliar o tempo da investigação, vão se notando alterações cada vez mais significativas e precisas nas suas condições de equilíbrio.

No que tange os distúrbios externos ao sistema, os mesmos podem ser classificados como “distúrbio pulso” ou “distúrbio em rampa”:

- “Distúrbio pulso”: trata-se de um distúrbio localizado e que, de forma geral, permite o retorno do canal à sua condição anterior – como no caso de uma precipitação normal em uma bacia.

Contudo, em certos casos, esse retorno não é possível e as mudanças ocorridas tornam-se irreversíveis, criando no canal uma nova condição de equilíbrio. Conforme Ollero (2007), as transformações de maior intensidade se produzem em decorrência de uma grande cheia, quando um evento de apenas algumas horas ou dias pode alterar muito mais a paisagem fluvial e todas as suas interações e interrelações do que

dezenas de anos de funcionamento normal do sistema. O evento de inundação ocorrido na região serrana do Rio de Janeiro, no início de 2011, ilustra bem esse tipo de situação. Nesse caso, o volume de precipitação aliado às condições geológicas, à saturação do solo e à ocupação irregular de áreas de risco levaram ao deslizamento de encostas e o seu arraste pelo corredor fluvial, provocando um elevado nível de devastação e transformação da calha do curso de água.

- “Distúrbio em rampa”: representa uma mudança de longo-prazo em uma ou mais das variáveis de controle, a exemplo da vazão. Como ilustração desse caso pode ser citado o aumento na frequência de grandes inundações decorrente do crescimento de áreas urbanas.

Similarmente, Shumm (1988, *apud* OLLERO, 2007) considera que podem ser traçados três tipos de cenários de mudança, de acordo com a sua origem e velocidade:

- Mudanças abruptas: decorrentes de eventos catastróficos, como uma grande erosão consequência de uma tormenta;
- Mudanças progressivas que levam a mudanças abruptas: como a erosão de um meandro que leva ao corte do mesmo;
- Mudanças progressivas e lentas: a exemplo da erosão contínua e natural das margens.

Diante do exposto, são notáveis as inúmeras dificuldades relacionadas à análise da evolução de sistemas fluviais ao longo do tempo e do espaço – independentemente da técnica empregada na sua avaliação (observações diretas, análise de dados históricos, sensoriamento remoto, etc) –, principalmente quando esses meios se encontram em áreas mais sujeitas a intervenções antrópicas, como no caso de bacias urbanas.

Nesse contexto, cabe ressaltar que a complexidade inerente ao comportamento de rios e córregos e os diferentes níveis de dificuldade associados a intervenções nesses meios – como aqueles relacionados à estabilização de margens e à restauração – demanda, continuamente, estudos mais aprofundados sobre o tema.

5.2.4 Morfologia e “zonificação” dos sistemas fluviais

Conforme discutido anteriormente, a morfologia dos cursos de água passa por um processo contínuo e permanente de ajustamento, sendo condicionada pelas flutuações de vazão e carga de sedimentos, em consonância com a declividade, o substrato do leito e o grau de confinamento do vale. Uma seção fluvial típica, em escala local, é apresentada na Figura 5.8.

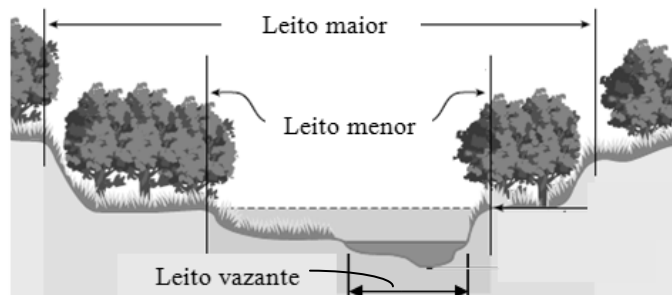


Figura 5.8 – Seção fluvial típica (Fonte: adaptado de FISRWG, 2001)

De acordo com a figura anterior, Baptista e von Sperling (2007) definem:

- Leito de vazante: incluído no leito menor, corresponde às vazões de estiagem;
- Leito menor: encaixado entre margens bem definidas. Em relação ao escoamento, é o canal principal, associado à vazão dominante (Período de Retorno próximo a dois anos);
- Leito maior: ocupado, periodicamente, pelas cheias.

A zonificação do espaço fluvial previamente apresentada seria considerada por Prat i Fornells *et al* (2008) como *zonificação ambiental*. Todavia, além dessa classificação, os autores ainda consideram a existência de duas outras, aplicáveis ao caso de áreas urbanas, chamadas de *zonificação administrativa* e *zonificação urbanística*.

A Figura 5.9 apresenta as três zonificações mencionadas, sendo as duas últimas definidas de acordo com leis específicas da região da Catalunha, na Espanha.

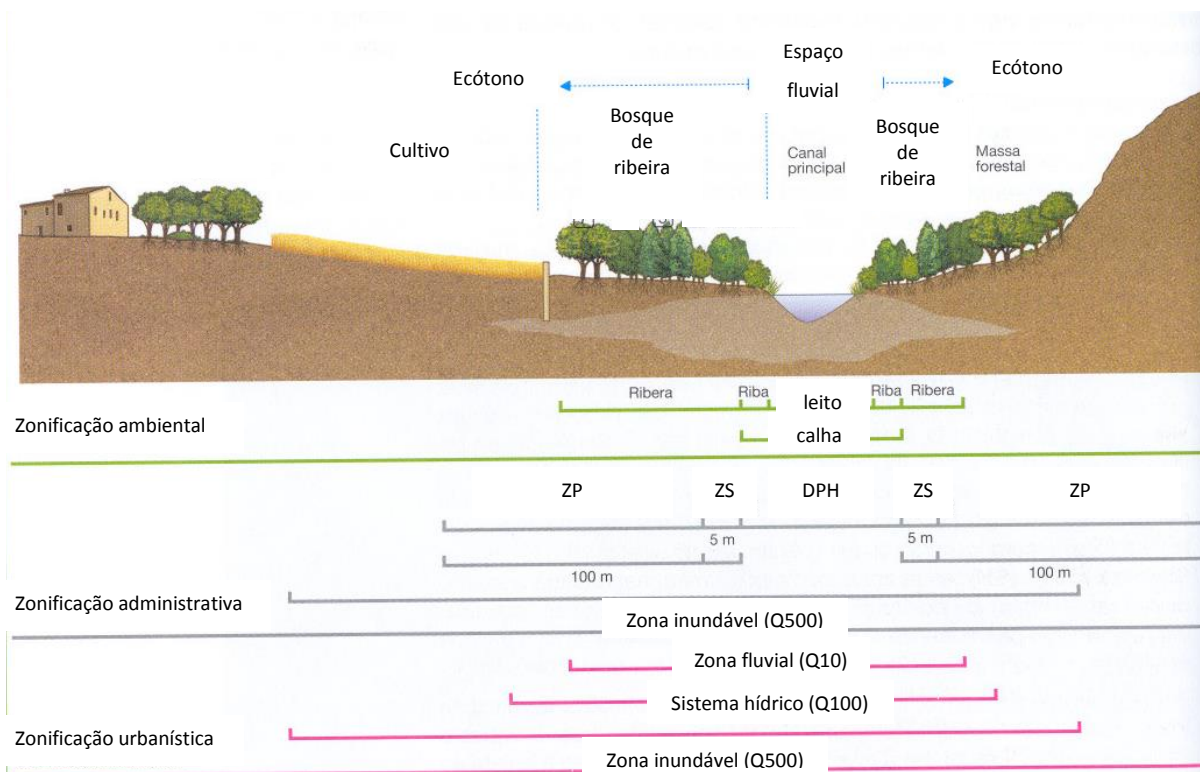


Figura 5.9 –Desenho esquemático dos elementos que compõem o espaço fluvial e sua divisão segundo os critérios ambiental, administrativo e urbanístico (Fonte: adaptado de PRAT I FORNELLS *et al*, 2008)

A zonificação ambiental ilustrada no desenho anterior assemelha-se àquela da Figura 5.8. Já as demais zonas são assim consideradas:

- Zonificação administrativa:

- Domínio Público Hidráulico (DPH): área ocupada pelas águas quando das cheias freqüentes;
- Zona de servidão (ZS): faixa de terreno público, de 5m de largura, ao longo de cada margem, a partir do DPH;
- Zona de “polícia” (ZP): faixa de 100m de largura, marginais ao DPH, cujo uso fica condicionado à autorização específica da “administração hidráulica”;
- Zona de inundação: zona ocupada por inundações de caráter muito esporádico e catastrófico, sendo determinada pela linha da cota de inundação referente a um Período de Retorno equivalente a 500 anos.

- Zonificação urbanística:

- Zona fluvial: zona do espaço fluvial necessária para preservar o rio, dentro da perspectiva ambiental. Está delimitada de acordo com a cota de inundação para um Período de Retorno de 10 anos;
- Sistema hídrico: zona necessária para preservar o regime de correntes em caso de cheias, delimitada em consonância com um Período de Retorno de 100 anos;
- Zona inundável: zona correspondente a um Período de Retorno de 500 anos.

Como pode ser observado, as zonificações administrativa e urbanística têm como objetivo principal a proteção de áreas urbanas contra eventos de inundação, sendo propostas faixas de ocupação marginal com larguras específicas, de acordo com os riscos associados a diferentes Períodos de Retorno.

Todavia, o mais importante nessas áreas seria a tentativa de compatibilização entre as questões urbanísticas e ambientais, com a delimitação de faixas que cumpram, a um só tempo, a proteção da integridade física/funcional do sistema fluvial e das áreas de ocupação urbana. Ademais, a zonificação de uma mesma área de três maneiras distintas acaba por gerar conflitos quanto ao entendimento do que pode ou não ser ocupado (e de que modo: usos, autorizações, etc).

Ainda, é importante ressaltar que, em áreas urbanas, a zonificação ambiental dificilmente conseguirá ser realizada seguindo o esquema representado nas Figuras 5.8 e 5.9, tendo em vista as alterações comumente produzidas na calha dos cursos de água, decorrentes da ocupação de áreas ribeirinhas e de intervenções diretas no seu leito e margens.

Nesses casos, há que se considerar o nível de “antropização” do trecho em estudo e definir critérios objetivos para se proceder à zonificação, de modo que possam ser delimitadas faixas de preservação e ocupação compatíveis com as transformações já ocorridas, inclusive na área da bacia.

Especificamente em relação ao estudo da morfologia fluvial, outro aspecto a ser considerado se refere à forma das seções, as quais podem assumir diferentes configurações. A Figura 5.10 apresenta algumas seções típicas de cursos de água naturais.

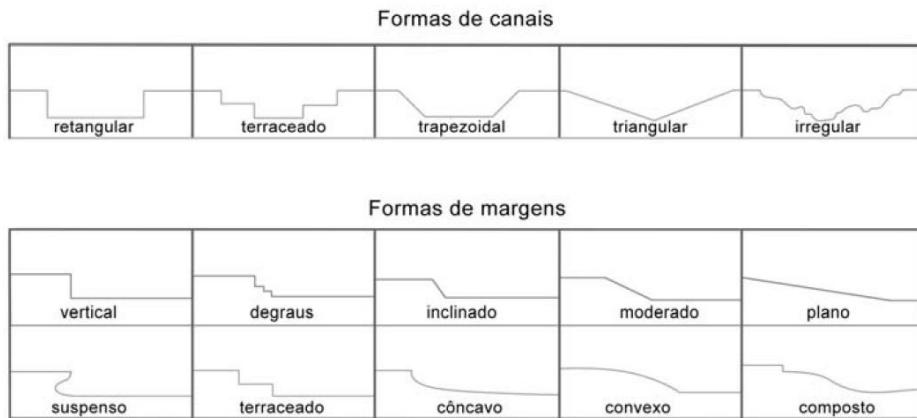


Figura 5.10 – Formas de canais e margens de cursos de água (Fonte: adaptado de TAYLOR, 2002 *apud* BAPTISTA e VON SPERLING, 2007)

Também o leito dos canais pode apresentar diversas formas topográficas, como leito plano, ondulado, etc.

No que tange a “evolução” dos sistemas fluviais, em escala de trecho ou de sub-bacia, a mesma ocorre de montante para jusante. Sendo assim, o aumento da vazão acompanha o aumento da área de drenagem, ao passo que a declividade reduz-se em relação à extensão percorrida pelo canal (Figura 5.11).

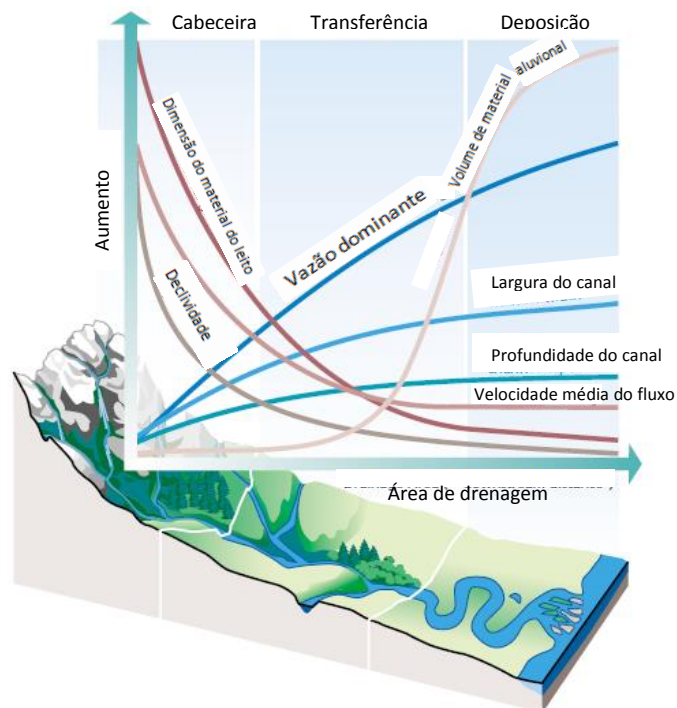


Figura 5.11 – Vazão, dimensões do canal e características do sedimento ao longo do perfil longitudinal (Fonte: adaptado de FISRWG, 2001)

Ainda, deve-se mencionar que, de modo geral, os sistemas fluviais podem ser classificados em duas categorias principais:

- Rios com canais únicos: retilíneos, sinuosos, meandantes e tortuosos;
- Rios com canais múltiplos: ramificados, anastomosados, reticulados, deltaicos e em canais labirínticos.

Em função do caráter dinâmico de evolução morfológica dos cursos de água, os mesmos podem mudar de um tipo para outro (Figura 5.12).

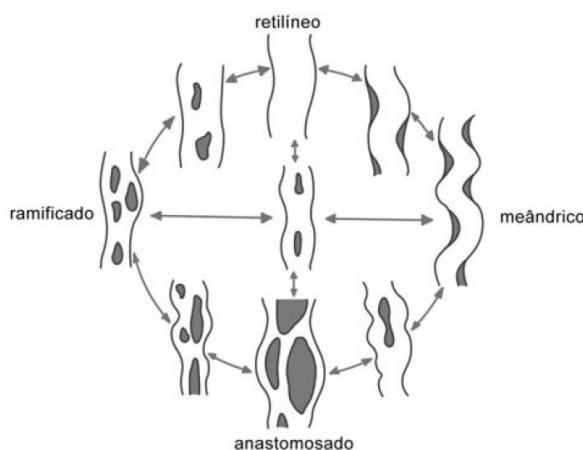


Figura 5.12 – Dinâmica morfológica dos sistemas fluviais (Fonte: adaptado de TAYLOR, 2002 *apud* BAPTISTA e VON SPERLING, 2007)

Em áreas urbanas, todavia, dificilmente se encontram cursos de água ainda em condições naturais, tanto em termos de forma quanto de comportamento. De maneira geral, mesmos os trechos ainda não canalizados não resguardam suas características originais, função de alterações na bacia e nas condições dos trechos de montante.

Um último ponto a ser considerado se refere à importância representada pelas áreas ribeirinhas no tocante às funções físicas, hidrológicas, ecológicas e paisagísticas dos cursos de água, como apontado por Prat i Fornells *et al* (2008):

- Funções físicas e hidrológicas: microclima, vazão, estabilidade das margens, retenção de sedimentos, amortecimento das cheias, melhoria na recarga de aquíferos;
- Funções ecológicas: criação de *habitats* e zonas de refúgio, fonte de alimentos, filtro/retenção de nutrientes e de contaminantes difusos;

- Funções paisagísticas: continuidade espacial, corredores biológicos, conectividade de materiais e organismos, manutenção da diversidade, qualidade visual.

Diante do exposto, torna-se clara a interdependência existente entre os diversos elementos que compõem os sistemas fluviais, sendo a alteração de quaisquer de suas variáveis responsável por mudanças nas outras, na busca por uma condição de equilíbrio. Esta, conforme já mencionado, encontra-se associada à magnitude da perturbação ocorrida, assim como à resistência e resiliência oferecida pelo curso de água ao distúrbio desencadeador das mudanças.

5.2.5 Impactos antrópicos nos sistemas fluviais

Os impactos antrópicos aos quais estão sujeitos os sistemas fluviais podem estar associados a intervenções diretas na sua calha ou a mudanças nas condições de uso e ocupação do solo da bacia, como apresentado na Tabela 5.1.

A retirada de cobertura vegetal, a impermeabilização dos solos e a canalização/retificação de rios e córregos são as principais alterações consideradas, com seus respectivos impactos na redução da infiltração, na recarga de aquíferos, no tempo de concentração das bacias, etc.

Tabela 5.1 – Condições da bacia indicadoras do seu estado ecológico, sintomas de degradação e escalas/magnitude dos efeitos previsíveis nas calhas

Características de bom estado ecológico	Sintomas de degradação	Escala geográfica e magnitude dos efeitos
Encostas com cobertura vegetal próxima à natural, capaz de absorver a energia das precipitações	Encostas com elevada porcentagem de solo descoberto, com sintomas de erosão superficial	Escala de bacia; magnitude dos efeitos em função da porcentagem de solo descoberto ou sem proteção, com repercussão no regime de vazões e na qualidade das águas
Manutenção da capacidade de infiltração dos solos e boas condições de armazenamento de água em seu interior	Elevada porcentagem de superfície de solo impermeabilizado ou compactado, relacionado com a urbanização, infraestruturas de transporte, etc	Escala de bacia ou âmbito geográfico local. Efeitos pontuais que podem ser de elevada intensidade na geração de cheias, afetando as vazões e a frequência de inundações
Escoamento subsuperficial e drenagem em profundidade mantidos em condições naturais	Extrações de materiais permeáveis, excavações e ocupações do subsolo com túneis, infraestruturas de transporte, estacionamentos subterrâneos, etc	Atuações de âmbito local, com efeitos de elevada intensidade e aumento do risco hidrológico

Tabela 5.1 – continuação

Características de bom estado ecológico	Sintomas de degradação	Escala geográfica e magnitude dos efeitos
Recarga de aquíferos e manutenção dos níveis freáticos em condições naturais	Impermeabilização ou diminuição das condições de infiltração em zonas de recarga de aquíferos. Sobre-exploração de aquíferos e rebaixamento generalizado dos níveis freáticos	Escala de bacia ou âmbito geográfico local. Efeitos que podem ser de elevada intensidade ao acumularem-se com o passar do tempo, afetando o regime de vazões, com diminuição ou extinção das vazões circulantes, especialmente as de estiagem
Ocupações urbanas compactas. Medidas de fomento à infiltração e acumulação de água no solo dentro dos núcleos urbanos, com mínima impermeabilização dos solos. Trechos de rios e córregos urbanos em condições naturais	Urbanização difusa, fragmentando grande extensão dos espaços naturais. Impermeabilização de toda superfície urbanizada. Trechos de rios e córregos urbanos com espaço fluvial reduzido ou em seção fechada, com ocupação do espaço fluvial primitivo por edificações, estacionamentos, vias, etc	Escala de bacia, com efeitos proporcionais ao percentual de superfície urbanizada. Efeitos cumulativos ao longo do tempo, repercutindo no regime de vazões (quantidade do escoamento e vazões de pico) e na qualidade das águas. Forte incremento no risco hidrológico
Rede fluvial com morfologia correspondente ao tipo de vale (traçado e forma da seção transversal). Tempos de concentração elevados, relacionados com elevada capacidade de armazenamento de água e tempo de trânsito prolongado nos canais	Rede fluvial retificada, com diminuição da sua longitude natural e seções transversais modificadas e revestidas. Tempos de concentração curtos, relacionados com uma baixa capacidade de infiltração e armazenamento de água e com o aumento da velocidade de trânsito das águas pelos canais	Escala de bacia, com efeitos que podem ser muito intensos em decorrência do aumento da frequência de cheias e inundações, com incremento nas vazões de pico
Planícies de inundação amplas e sem restrições ao transbordamento. Relevo pouco alterado e vegetação abundante, conferindo elevada rugosidade ao terreno, o que favorece a dissipação de energia das cheias	Planícies de inundação com largura reduzida e restrições ao transbordamento (canalizações, regulação de vazões). Espaços ripários com relevo plano, compactados ou asfaltados, sem vegetação. Escassa capacidade de infiltração e recarga de aquíferos, sem regeneração da vegetação natural	Escala de bacia ou âmbito geográfico local. Efeitos pontuais, proporcionais à redução do espaço fluvial, à diminuição da conectividade transversal e à frequência de inundações

(Fonte: adaptado de ESPANHA, 2007)

O processo de ocupação das cidades, além de resultar em significativas alterações nas condições naturais da bacia – o que exerce influência direta na estrutura e funcionamento dos sistemas fluviais –, é responsável por drásticas intervenções na calha dos cursos de água.

As práticas tradicionais de intervenção – baseadas na canalização e retificação – são responsáveis pela eliminação ou redução substancial do dinamismo dos meios em questão, indo contra seu “mecanismo” natural de movimento e deslocamento lateral em busca de estabilidade e ajustes geomorfológicos (ESPANHA, 2007).

Desse modo, esse tipo de infraestrutura hidráulica acaba por converter “rios estáveis” em “rios estáticos”, impedindo sua mobilidade natural, seu transbordamento e seus associados processos de erosão e sedimentação. Conseqüentemente, observam-se perdas biológicas e de *habitats*, diminuição no armazenamento e na infiltração das águas, na recarga de aquíferos, na dissipação de energia e na retenção de sedimentos, restos vegetais e nutrientes (ESPANHA, 2007).

As Figura 5.13 e 5.14 procuram ilustrar as principais alterações decorrentes da canalização e retificação de cursos de água, com destaque para os impactos na morfologia e na diversidade de *habitats* dos canais.

Outros importantes impactos⁶ – diretos e indiretos – decorrentes de diversos tipos de ações⁷ sobre o uso do solo e os sistemas fluviais são considerados em FISRWG (2001, Capítulo 3).

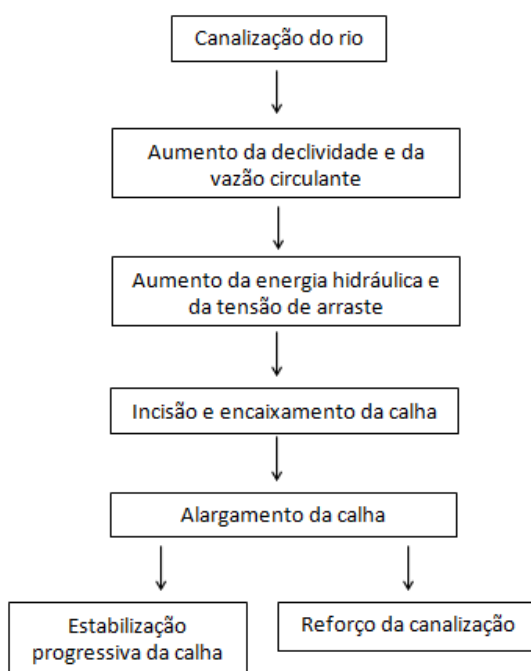


Figura 5.13 – Resposta de um curso de água à canalização (Fonte: adaptado ESPANHA, 2007)

⁶ Incremento do volume/velocidade do escoamento superficial e dos picos de cheia, alargamento e aprofundamento da seção, diminuição da capacidade de retenção e infiltração de água, redução dos meandros, da estabilidade, da conectividade e continuidade dos canais, aumento da erosão e da turbidez, perda de *habitats*, etc.

⁷ Remoção de vegetação, canalização, construção de barragem, extração mineral, captação de água, etc.

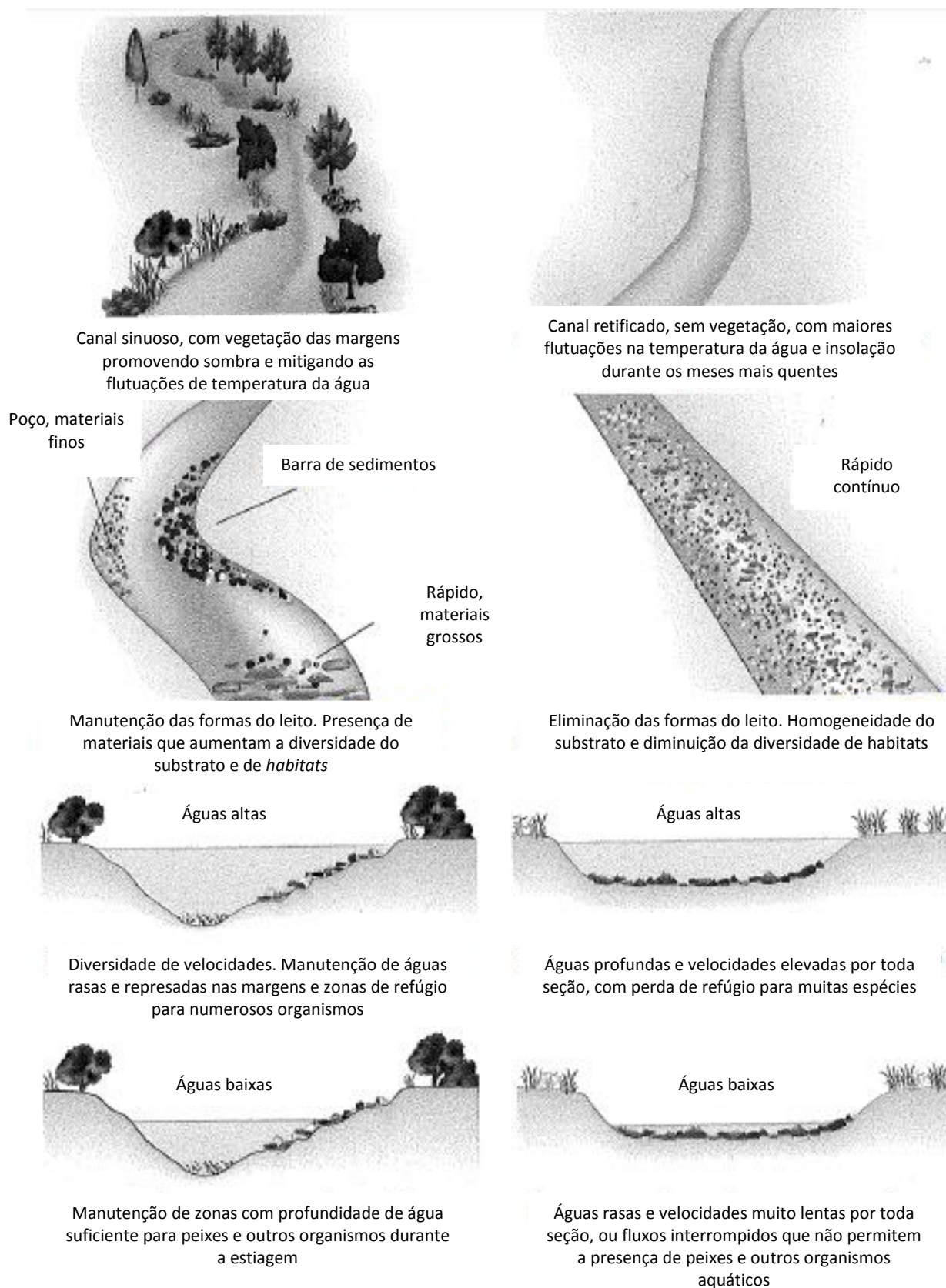


Figura 5.14 – Morfologia da calha e qualidade do *habitat* de um rio natural e de um rio canalizado (Fonte: adaptado de ESPANHA, 2007)

5.3 Diagnóstico de cursos de água

Os primeiros passos de qualquer processo de intervenção em cursos de água devem se voltar para o levantamento de dados a respeito das suas condições físicas, funcionais e ambientais, assim como de informações urbanísticas, econômicas e sociais acerca da sua área de inserção.

A organização e sistematização das informações levantadas, todavia, podem ser realizadas de inúmeras maneiras, de acordo com o tipo de processo de tomada de decisão que devem subsidiar: restauração de rios, gestão de bacias, intervenções diretas com fins diversos, etc.

No que tange a restauração, é crescente o desenvolvimento e a aplicação de metodologias voltadas para a classificação dos sistemas fluviais, notadamente dentro da abordagem geomorfológica. Nesses casos, apesar da sua maior aplicabilidade ao contexto rural, os conceitos que norteiam muitas dessas propostas podem ser utilizados no cenário das cidades.

Dessa forma, além dos principais aspectos de interesse a serem levados em conta na etapa de diagnóstico, algumas interessantes metodologias de classificação são apresentadas neste item.

5.3.1 Levantamento de dados

A coleta e a análise de dados a respeito das características e condições de funcionamento dos cursos de água assumem papel de significativa importância nos processos de restauração (FISRWG, 2001), assim como nos de intervenção de modo geral, auxiliando a identificação de problemas e a proposição de soluções adequadas.

Segundo Ollero (2007), o atual quadro de problemas relacionados à esfera ambiental dos cursos de água pode ser dividido em dois grandes grupos: qualidade da água e funcionamento hidromorfológico/ecológico do sistema fluvial. Para o autor, a problemática afeta ao primeiro grupo é mais fácil de detectar, avaliar (parâmetros mensuráveis) e solucionar, ao contrário do segundo, cujas variáveis são de difícil avaliação e mensuração.

Nesse cenário, os métodos de análise a serem empregados podem ir desde avaliações qualitativas, embasadas na experiência prática e vivência do profissional, até modelos computacionais elaborados (FISRWG, 2001). A escolha por um ou outro tipo de procedimento irá depender do estágio em que se encontram os estudos (básicos, executivos,

etc), do nível de detalhamento esperado e dos recursos técnicos e financeiros disponíveis, dentre outras questões.

Inicialmente, os seguintes aspectos relacionados ao corredor fluvial devem ser considerados na descrição dos cursos de água, no momento da investigação (FISRWG, 2001):

- Hidrologia;
- Erosão e aporte de sedimentos;
- Vegetação da calha e ribeirinha;
- Funcionamento do canal;
- Conectividade;
- Qualidade da água;
- Espécies aquáticas/ripárias e *habitats*;
- Dimensões do corredor fluvial.

Além dos elementos previamente citados, é importante o levantamento de informações acerca de dados históricos e de condições de referência sobre a estrutura e dinâmica de funcionamento do canal, assim como das condições sociais, culturais e econômicas do seu corredor e da bacia (FISRWG, 2001).

Dentro de uma perspectiva mais abrangente, Espanha (2007) incorpora outros itens de interesse a serem considerados na etapa de diagnóstico, além daqueles ora mencionados (Tabelas 5.2 e 5.3).

Tabela 5.2–Características do curso de água a serem consideradas na etapa de diagnóstico

Características do curso de água	<i>Condições hidrológicas</i>	Regime de vazões
		Infraestruturas de regulação de vazões
		Continuidade fluvial
		Níveis freáticos
		Qualidade da água
	<i>Condições geomorfológicas</i>	Morfologia atual da calha: traçado em planta, perfil longitudinal e seções transversais
		Mobilidade e dinâmica fluvial
		Estrutura do substrato
		Diversidade de <i>habitats</i>
		Infraestruturas existentes de canalização ou alterações morfológicas
		Sintomas de instabilidade do canal
		Documentação acerca de inundações históricas e cartografia de zonas inundáveis para diferentes Períodos de Retorno
	<i>Estado das margens e das planícies de inundação</i>	Continuidade do corredor vegetal e área que ocupa
		Composição e estrutura da vegetação ripária existente
		Conectividade lateral e frequência de inundações
		Permeabilidade dos solos ripários e grau de alteração do substrato e do relevo
		Usos e ocupações das áreas marginais
	Presença de dutos, redes, etc no espaço fluvial	

(Fonte: adaptado de ESPANHA, 2007)

Tabela 5.3 – Características da bacia a serem consideradas na etapa de diagnóstico

Características da bacia	<i>Usos do solo e atividades econômicas</i>	Principais usos do solo na área de influência do trecho alvo de intervenção e conectividade hidrológica com o canal
		Densidade populacional e evolução nas últimas décadas
		Usos da água e demandas previstas
		Planos de ordenamento urbano ou que possam afetar o trecho em estudo
		Infraestruturas existentes ou em projetos que incidam sobre o curso de água
	<i>Outros dados de interesse</i>	Situação do trecho em estudo no tocante a áreas protegidas ou de interesse especial
		Suas características em relação a valores científicos, sociais, etc
		Patrimônio cultural, histórico ou de interesse para a conservação da paisagem fluvial
		Localização próxima a grandes cidades, vias de infraestrutura, instalações industriais, etc
		Usos e costumes tradicionais no rio e seu entorno
		Outros dados complementares

(Fonte: adaptado de ESPANHA, 2007)

Como pode ser observado, além da análise dos componentes fluviais, faz-se de suma importância um levantamento de questões relacionadas aos usos do solo e à gestão de recursos hídricos nas áreas da bacia mais próximas ao trecho em estudo, assim como dos aspectos socioeconômicos que exerçam algum tipo de influência sobre o estado ecológico do curso de água ou integrem a sua “esfera cultural” (ESPANHA, 2007).

Deve-se ressaltar, todavia, que a quantidade de variáveis a ser levantada e o seu nível de detalhe serão função das demandas específicas de cada caso, conforme já mencionado.

5.3.2 Metodologias de classificação

A concepção de alternativas para intervenção em cursos de água requer uma avaliação consistente das suas características e condições de degradação e, para tanto, o uso de ferramentas que auxiliem a consecução desse procedimento faz-se imprescindível.

De modo geral, existe uma diversidade de metodologias desenvolvidas com esse fim, notadamente no panorama internacional. Nos últimos anos, Ollero (2007) observa que nos países desenvolvidos ocorre um salto no interesse pelos sistemas de classificação, dado do meio científico para o técnico. Isso se justifica, segundo o autor, pelo surgimento de planos de ordenação, programas de conservação e normativas diversas relacionadas a interferências em cursos de água. Nesse sentido, uma vez que os sistemas fluviais apresentam uma enorme diversidade entre si, tornou-se necessária a simplificação dessa realidade por meio do estabelecimento de tipologias para, em seguida, serem aplicados os modelos de gestão ou atuação mais pertinentes.

De acordo com Palmer *et al* (2005), os sistemas de classificação também têm sido utilizados como base para a construção de imagens (ou cenários) de referência para orientar processos de restauração na América do Norte e Europa. Conforme seu relato (*apud* KONDOLF *et al*, 2003), mais de quarenta esquemas de classificação de cunho geomorfológico tem sido amplamente aplicados em várias partes do mundo, baseados em fatores como forma do canal, declividade, tamanho do material do leito e aporte de sedimentos.

Para Kondolf *et al* (2003), a classificação de cursos de água tem sido um método largamente utilizado na elaboração de propostas de intervenção e manejo de bacias hidrográficas, muito embora observadas limitações diversas e insucessos de inúmeros projetos decorrentes da sua aplicação. No entanto, conforme os autores, esse é um interessante meio de orientar a elaboração de alternativas, devendo ser suficientemente flexível no tocante à incorporação de novos critérios de avaliação.

Segundo Ollero (2007) e Rosgen (1994), ainda que a classificação seja um trabalho que implique em simplificações e perda de informações, pode ser muito útil no desenvolvimento de tarefas como:

- Previsão do comportamento futuro do sistema fluvial a partir de análises da sua morfologia;
- Extrapolação de dados específicos para cursos de água com características similares;
- Valoração de impactos potenciais, por meio da análise da sensibilidade do curso de água ao distúrbio e de seu respectivo potencial de recuperação.

Ainda, conforme FISRWG (2001):

- Os sistemas de classificação permitem a comunicação entre profissionais de diferentes áreas de formação;
- A classificação de trechos de referência pode ser utilizada como “modelo” de forma/estabilidade a ser perseguido pela restauração.

Dentre as limitações encontradas, citam-se (FISRWG, 2001):

- As condições dinâmicas dos cursos de água não são indicadas na maioria dos sistemas de classificação;
- A sua resposta a uma perturbação ou ação de restauração normalmente não é determinada unicamente pelo sistema de classificação;
- De maneira geral, a “saúde” biológica do curso de água não pode ser diretamente determinada por um sistema de classificação.

Na literatura estrangeira observa-se uma ampla gama de abordagens com vistas à referida classificação, com destaque para as desenvolvidas por Rosgen (1994), Brierley *et al* (2002), Chin e Gregory (2005), CWP (2005a) e para o *Systèmes D'Évaluation de La Qualité* (Oudin, 2001). Apesar das divergências em termos de objetivos e escopo, essas propostas se voltam, de forma geral, para uma avaliação global e integrada de cursos de água no contexto da bacia, conforme se discute a seguir.

A proposta de Rosgen

O sistema de classificação proposto por Rosgen se baseia em um arranjo de características morfológicas de cursos de água – grau de confinamento, declividade, relação largura/profundidade e sinuosidade – que permite o seu agrupamento em sete grandes grupos, sendo a cada um deles associados outros seis, relacionados ao substrato dominante do leito (Figura 5.15).

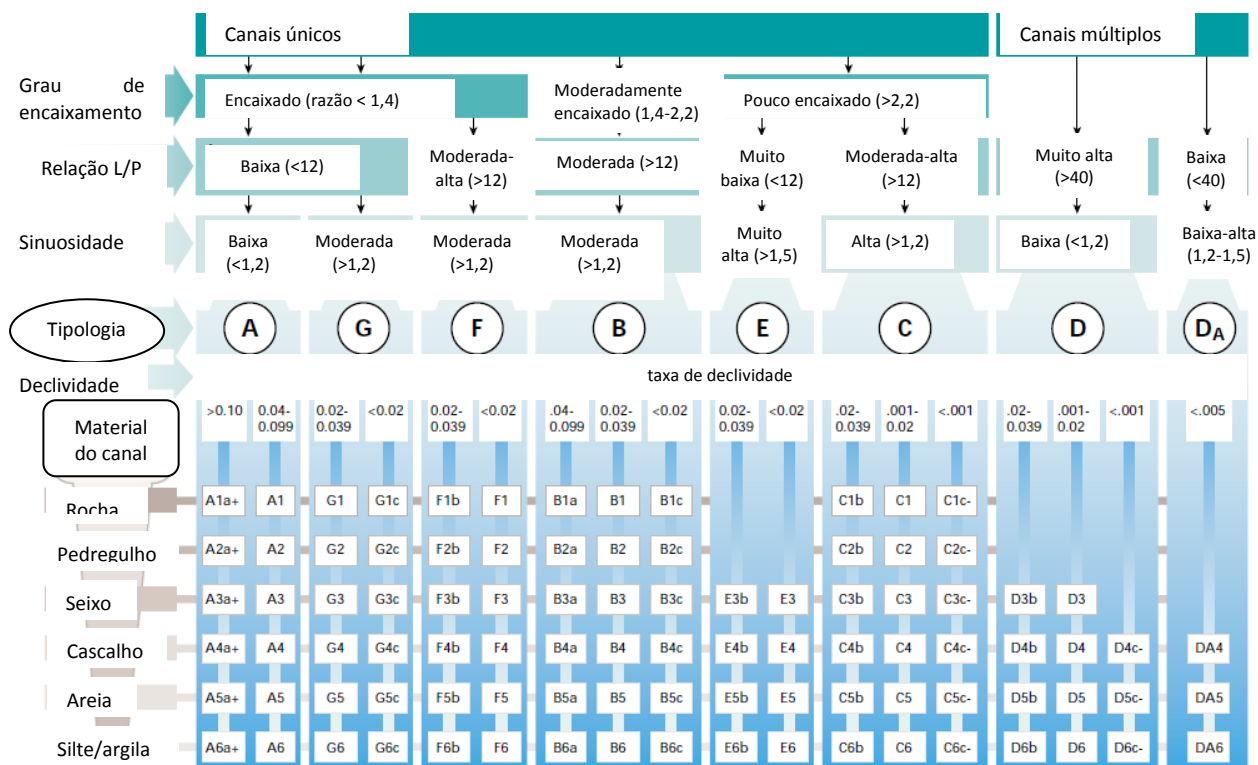


Figura 5.15 – Sistema de classificação de cursos de água proposto por Rosgen (Fonte: adaptado de FISRWG, 2001)

Conforme apresentado no quadro anterior, para cada arranjo morfológico identificado (representado pelas letras) é associado um número, de acordo com o material de cobertura predominante no leito (pedra, seixo, areia, argila, etc). A combinação desses dois critérios de classificação acaba por gerar uma gama diversificada de tipologias, resumidamente ilustradas na Figura 5.16.

Ressalta-se que os valores atribuídos à cada critério de análise foram baseados em dados referentes a diversos cursos de água norte-americanos, canadenses e neozelandeses (Rosgen, 1994).

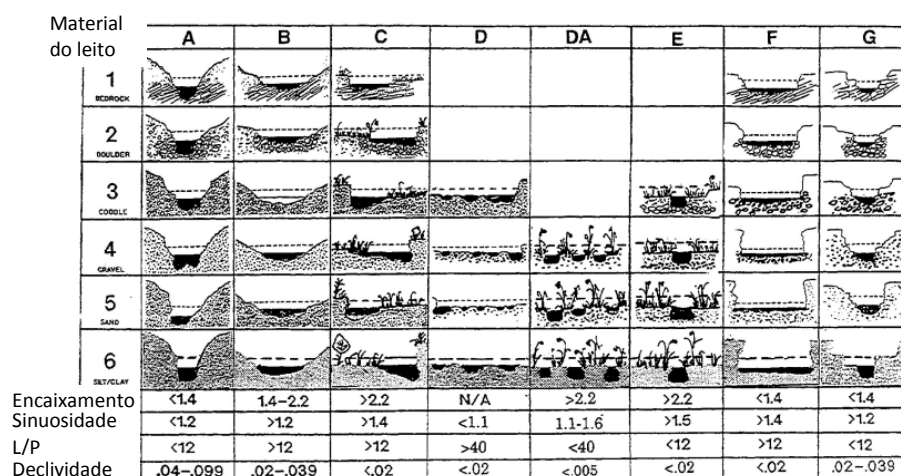


Figura 5.16 – Configuração de seções e características típicas de cursos de água de acordo com critérios morfológicos (grupos representados pelas letras) e com o substrato dominante do leito (grupos representados pelos números) (Fonte: adaptado de ROSGEN, 1994)

Apesar da possibilidade de cruzamento de uma notável gama de variáveis para a classificação de cursos de água, a metodologia proposta por Rosgen apresenta-se consideravelmente rígida, enquadrando sistemas dinâmicos em categorias construídas com base apenas em aspectos morfológicos, desprezando questões relacionadas aos seus diferentes processos e interrelacionamento.

De acordo com Brierley e Fryirs (2000), a abordagem em questão – que pretende avaliar o comportamento de cursos de água pela sua aparência – considera apenas as relações hidráulicas e de sedimentos para a identificação de tipologias, não levando em conta o seu funcionamento nem o contexto espaço-temporal em que se inserem os sistemas fluviais.

Mais incisivamente, Miller e Ritter (1996) afirmam que o sistema de classificação proposto por Rosgen – voltado para a previsão de respostas geomorfológicas a perturbações no sistema fluvial – vai contra grande parte da literatura publicada nas últimas décadas, no campo da geomorfologia. Segundo a visão dos autores, não é possível prever o tipo ou a magnitude da resposta geomorfológica de um rio ou córrego a uma dada perturbação, senão a previsão de uma variedade de respostas possíveis.

De fato, a proposta de Rosgen, predominantemente baseada em análises quantitativas, desconsidera não somente a dinâmica natural dos sistemas fluviais, mas, sobretudo, uma escala de análise abrangente, na qual diversos outros fatores contribuem (e são essenciais) para a resposta de cursos de água à ocorrência de um distúrbio. Sendo assim, mediante às deficiências levantadas e a maior aplicabilidade da metodologia a áreas rurais, a sua extrapolação para uso em meio urbano não se justifica.

A proposta australiana: *River Styles framework*

O *River Styles framework* (BRIERLEY *et al*, 2002) é uma metodologia que visa auxiliar o processo decisório de intervenção em cursos de água, tendo por base a análise do seu estágio de degradação e provável caminho de evolução, ao longo do tempo e do espaço.

Sua proposta se foca, essencialmente, no estudo de processos geomorfológicos, podendo ser dividida nas seguintes etapas:

1. Classificação do curso de água, de acordo com tipologias definidas segundo as condições do vale e da bacia;
2. Avaliação das suas condições geomorfológicas e estado de degradação;
3. Identificação de cada trecho em estudo na rede de drenagem da bacia (Figura 5.17);
4. Avaliação da capacidade de ajuste do curso de água em relação ao vale onde se insere e determinação do seu provável caminho de evolução;
5. Avaliação do seu potencial de restauração;
6. Proposição de alternativas de intervenção.

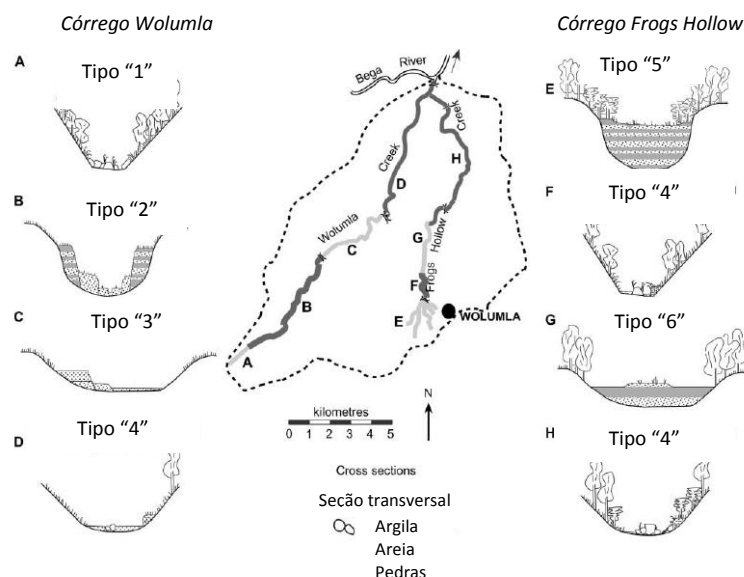


Figura 5.17 – Mapeamento das tipologias identificadas para os trechos de dois cursos de água da rede de drenagem da bacia de Wolumla, New South Wales, Austrália (Fonte: adaptado de BRIERLEY *et al*, 2002)

A partir da avaliação da capacidade de ajuste do curso de água em relação às suas condições de contorno (associadas ao tipo de vale) – ou seja, das suas possibilidades de se conformar ao entorno frente à ocorrência de um distúrbio –, torna-se possível prever a sua “distância” da condição natural (ou de pré-distúrbio). Com base nesse tipo de análise faz-se possível, então, a realização de um prognóstico das suas futuras condições de evolução, conforme ilustrado na Figura 5.18.

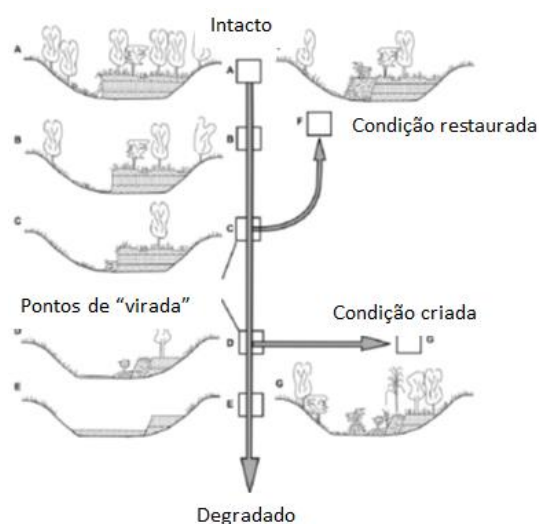


Figura 5.18 – Exemplo de aplicação do *River Styles Framework* para avaliação do potencial de restauração de uma determinada tipologia de curso de água. As letras “A” a “G” indicam os estágios/condições de degradação do canal (Fonte: adaptado de BRIERLEY *et al*, 2002)

De acordo com a ilustração precedente observa-se que, uma vez iniciado o processo de degradação, existem duas possibilidades de interrompê-lo, em momentos chamados de “pontos de virada”. O primeiro deles (letra “C”) considera a possibilidade de restauração do curso de água em direção à condição de pré-distúrbio (letra “F”). O segundo (letra “D”), todavia, representa a criação de uma nova condição de equilíbrio do canal em termos de forma e comportamento (letra “G”).

Caso o processo de restauração não se inicie em um dos momentos mencionados, o curso de água seguirá se ajustando às perturbações, em constante processo de deterioração da sua estrutura e função em relação à condição intacta. Esse tipo de análise evidencia que apenas a avaliação da atual condição de degradação do curso de água não é suficiente para a construção de alternativas de intervenção, sendo de fundamental importância o conhecimento do seu processo evolutivo e de possíveis fatores limitantes à sua restauração (BRIERLEY *et al*, 2002).

Com base nessa avaliação integrada, portanto, é possível a construção de um mapa de *potencial de restauração* (Figura 5.19), que pode subsidiar programas de manejo e auxiliar a priorização de áreas de intervenção.

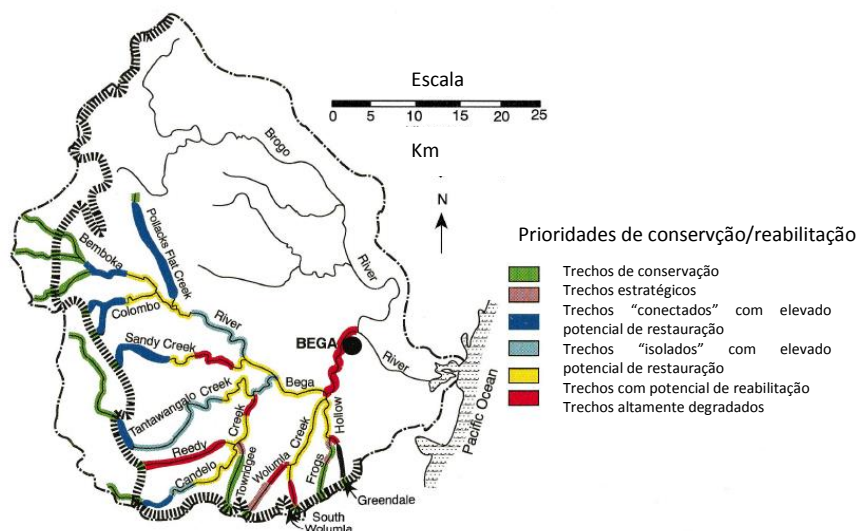


Figura 5.19 – Priorização de áreas de intervenção na bacia de Bega, Austrália (Fonte: adaptado de BRIERLEY e FRYIRS, 2000)

Segundo a metodologia proposta, cursos de água com maior potencial de restauração devem ser alvo prioritário de intervenção, uma vez considerado que o sucesso de planos de manejo é

maximizado ao se considerar esse tipo de abordagem. No entanto, segundo os próprios autores (BRIERLEY e FRYIRS, 2000), esse tipo de priorização leva em conta apenas os aspectos biofísicos dos cursos de água, não considerando aqueles de cunho político ou social.

À parte essas questões, a metodologia apresentada é, seguramente, uma ferramenta muito consistente para avaliação das condições de degradação de rios e córregos, permitindo a construção de alternativas de intervenção ancoradas em estudos aprofundados acerca da interação entre os processos físicos e funcionais dos canais à luz de distúrbios associados às condições da bacia.

No entanto, deve-se salientar a sua maior aplicabilidade a bacias rurais, fazendo-se necessárias adaptações com vistas ao seu emprego em áreas urbanas – como no caso da determinação do potencial de restauração –, uma vez observados níveis de complexidade diferenciados entre os cenários ora mencionados.

A proposta francesa: *Systèmes D'Évaluation de La Qualité(SEQ)*

O *Sistema de Avaliação da Qualidade* consiste em uma ferramenta de avaliação global da qualidade de rios e córregos desenvolvida com o objetivo principal de permitir a verificação do estado de degradação dos seus componentes físicos (*SEQphy*), biológicos (*SEQbio*) e de qualidade da água (*SEQeau*) em relação a padrões de referência, notadamente os definidos pela Diretiva Européia da Água. Por conseguinte, revela-se um interessante instrumento de auxílio à decisão no âmbito de programas de restauração e gestão de cursos de água.

Resumidamente, a proposta em questão baseia-se em um conjunto de indicadores que, devidamente ponderados por especialistas, permite o enquadramento de cursos de água em cinco classes de degradação, para cada uma das três esferas anteriormente mencionadas.

A título de exemplo, a Tabela 5.4 ilustra a forma de classificação empregada pela metodologia. Ressalta-se que a mesma refere-se às condições de degradação do meio físico, mas que a avaliação da qualidade da água e do meio biótico é também realizada segundo a mesma lógica.

Tabela 5.4 – Classes de degradação de cursos de água em relação ao meio físico

Índice do meio físico (%)	Classe de qualidade	Significado - interpretação
81 a 100	Excelente	Trecho em condições próximas às naturais (relativas à sua tipologia)
61 a 80	Muito boa	Trecho sujeito a pressão antrópica moderada. Apresenta bom funcionamento dos componentes físicos necessários ao desenvolvimento de flora e fauna diversificados
41 a 60	Mediana	Trecho sujeito a alterações importantes (como no comportamento hidráulico, por ex.). Seu funcionamento está perturbado. A diversidade de <i>habitats</i> é pobre
21 a 40	Ruim	Meio muito perturbado. Em geral, leito menor, maior e margens são atingidos. Baixa diversidade de <i>habitats</i> e funcionamento muito reduzido
0 a 20	Muito ruim	Meio completamente artificializado, com perda total do seu funcionamento/aspecto natural (curso de água canalizado)

(Fonte: adaptado de REBILLARD, 2001)

Assim como considerado pelo *River Styles framework*, a avaliação do nível de degradação de cursos de água proposta pelo *SEQ* é realizada mediante a comparação do seu estado atual em relação a uma condição de referência natural, sendo esta específica para tipologias distintas de canais. No caso da qualidade da água, os índices de referência são parâmetros definidos por legislação.

Conforme já mencionado, a consecução dos procedimentos de análise se dá por meio da avaliação de um conjunto de indicadores que, comparados aos cenários de referência, indicam o estágio de degradação do trecho em estudo (Figura 5.20).

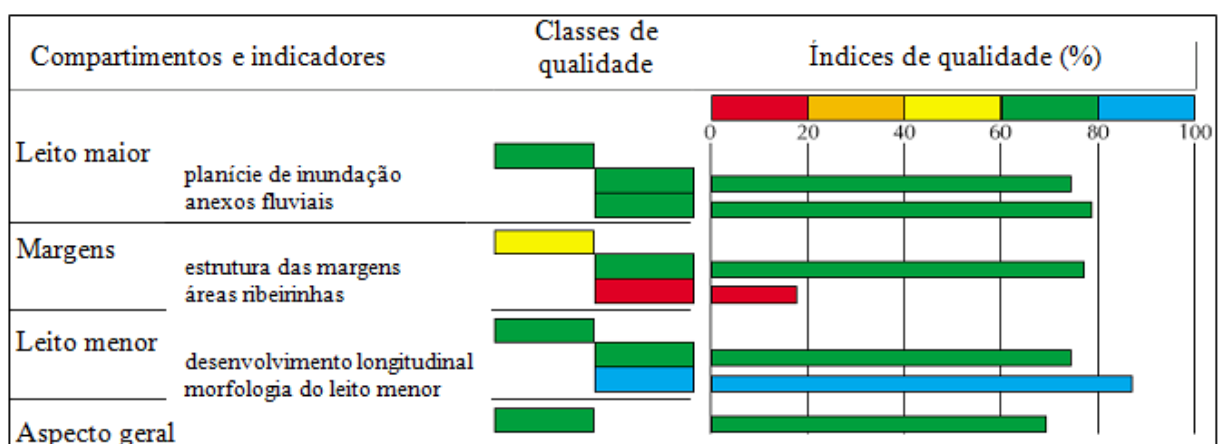


Figura 5.20 – Exemplo de avaliação de indicadores do meio físico para determinada tipologia de curso de água (Fonte: adaptado de REBILLARD, 2001)

Pelo quadro anterior é possível observar que o enquadramento de cursos de água em classes de qualidade se dá por meio da integração de indicadores. Conseqüentemente, o produto dessa análise permite identificar as medidas de intervenção mais adequadas, assim como a determinação dos usos compatíveis com as condições de qualidade diagnosticadas (tanto para a vida aquática quanto para proveito humano).

Todavia, é importante destacar a complexidade do processo de avaliação dos indicadores, que além de perfazerem um total elevado (somente para o meio físico, inicialmente, foram considerados mais de quarenta), apresentam-se, na sua maioria, de difícil levantamento e quantificação. Ademais, a cada um deles é conferido um peso específico, de acordo com a sua importância relativa em função da tipologia do curso de água. Contudo, o seu procedimento de cálculo é facilitado pelo uso de um *software* específico.

Outro ponto importante refere-se ao fato de que a metodologia em questão não considera uma proposta para integração das três esferas de análise consideradas, ou seja, não se chega a um índice global que reflita o estado de degradação do curso de água em relação à sua qualidade física, biológica e da água conjuntamente. Essa possibilidade seria extremamente interessante para nortear processos de decisão, principalmente quanto à priorização de áreas de intervenção.

Finalmente, resta considerar que apesar da abrangência das variáveis e parâmetros contemplados pelo *SEQ* – que permitem uma avaliação consistente da “qualidade” dos cursos de água – as dificuldades relacionadas aos procedimentos de coleta de dados acabam por limitar a sua aplicação. Notadamente em relação a áreas urbanas, acredita-se que a proposta deva ser alvo de reformulações, de forma a tornar as análises mais expeditas e a mensuração dos indicadores menos complexa, especialmente em relação ao meio físico.

A proposta de Chin e Gregory

A avaliação de cursos de água em bacias urbanas com vistas a auxiliar o processo de concepção de alternativas de intervenção pressupõe a integração do diagnóstico das suas condições de degradação física/funcional ao cenário construído das cidades. Ainda, considerando-se o processo dinâmico de transformação do território, faz-se fundamental a projeção de cenários futuros de uso e ocupação do solo, uma vez que a alteração dessas

variáveis implica, direta e indiretamente, em mudanças na morfologia e comportamento fluviais.

Diante desse quadro, a classificação de cursos de água urbanos e o prognóstico de suas tendências de evolução assumem um caráter significativamente mais complexo do que no caso de bacias essencialmente rurais. A criação de tipologias de canais segundo a configuração do vale e o substrato do leito (conforme condição anterior à ocupação), por exemplo, não é mais procedente – uma vez que, de modo geral, as mudanças impostas pelo tecido das cidades alteram, substancialmente, a conformação dos canais e os processos de interação entre as suas variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ecológicas, criando uma nova condição que tende a ser relativamente distinta do cenário pré-distúrbio. Este, por sua vez, também não deve ser considerado a condição de referência para determinação do potencial de restauração, cujo alcance é praticamente inviável em áreas urbanas, notadamente nas consolidadas.

Com efeito, Gregory e Chin (2002) ressaltam que nessas áreas é grande o desafio imposto às propostas de restauração. O conceito de solução pontual de problemas, associado ao emprego de técnicas de engenharia tradicionais, cede lugar a uma visão holística da bacia, que leva em conta a complexa dinâmica de interação entre sistema fluvial e meio urbano. Frente a essa perspectiva, as alternativas de intervenção devem ser concebidas de forma específica e individual para cada trecho do curso de água.

Apesar da notável quantidade de metodologias voltadas para a avaliação e classificação de rios e córregos em bacias rurais, o mesmo não se observa para as áreas urbanas. Em uma ampla revisão de literatura sobre o tema, Gregory e Chin (2002) avaliaram a viabilidade de emprego de diversas abordagens ao contexto das cidades. A partir desses estudos, que deixaram evidente a complexidade de coleta de dados e aplicação expedita, os autores propuseram uma forma de classificação alternativa. Esta se dá por meio da identificação da presença de um conjunto de características que estão relacionadas, fundamentalmente, a aspectos geomorfológicos e ecológicos dos cursos de água, levando à criação de seis tipologias distintas para o enquadramento de canais, conforme apresentado na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Proposta para classificação de cursos de água em áreas urbanas

Tipologia	Características
1 – Próximo ao natural	Alterações não significativas no canal ou aspecto similar à condição natural. Trechos intactos remanescentes. Leito e margens estáveis; acumulação natural de sedimentos; sequência de poços e corredeiras; interação natural entre leito menor e planície de inundação
2 – Em fase de ajuste <i>com</i> possibilidade de recuperação natural	Canal em processo de alargamento/aprofundamento; vegetação alterada ou removida; margens erodidas; assoreamento
3 – Em fase de ajuste <i>sem</i> possibilidade de recuperação natural	Canal em processo de alargamento; margens instáveis; solapamento da base de taludes; ausência de vegetação; raízes expostas
4 – Canalizado por escavação do próprio canal	Focos de erosão; presença de sedimentos e resíduos urbanos; exposição de estruturas submersas (base de pilares de pontes, por ex.); exposição de redes de esgotamento sanitário. Possíveis causas: retificação do canal; remoção de vegetação
5 – Canalizado por técnicas de engenharia tradicionais	Revestimento de uma ou ambas as margens; impermeabilização do leito; focos de erosão/assoreamento localizados
6 – Canal fechado	Possibilidade de ocorrência de focos de erosão/deposição de sedimentos no início ou final da seção

(Fonte: adaptado de GREGORY, 2002 e CHIN e GREGORY, 2005)

A proposta dos autores também considera a construção de um mapa de degradação da bacia, assim como de tabelas complementares que identificam, para cada uma das tipologias definidas, os seus principais problemas (inundação, erosão, assoreamento, etc), com vistas à facilitar a análise que irá nortear a proposição de alternativas de intervenção.

A abordagem apresentada é bastante condizente com a realidade das áreas urbanas, propondo uma metodologia de avaliação das condições de degradação de cursos de água com base em dados pertinentes e de fácil coleta, apesar do grau de subjetividade envolvido. Ao mesmo tempo, é flexível quanto à incorporação de novos critérios de avaliação, podendo ser amplamente aplicada aos mais diversos cenários.

Contudo, esta proposta apenas tangencia certas questões relativas ao meio urbano, com foco primordial nas obras e estruturas de engenharia, principalmente as hidráulicas. A análise de outras variáveis de importância crucial, como o uso e a ocupação do solo da bacia, por exemplo, não é aqui considerada. Ademais, não fica evidente a maneira de se avaliar as tendências de evolução dos cursos de água e o seu respectivo potencial de restauração. Essas lacunas não são de preenchimento simples ou trivial, tendo em vista a complexidade inerente à integração de variáveis dinâmicas, isto é, em constante processo de transformação ao longo do tempo e do espaço.

Ainda, resta mencionar que com base na tipologia do curso de água e nos principais problemas identificados são indicadas algumas opções de manejo – manutenção das condições encontradas (naturais ou não), restauração, adoção de medidas de remediação, etc – mas não delineadas alternativas ou técnicas específicas de intervenção.

A proposta americana do CWP – Center for Watershed Protection

No âmbito dos trabalhos desenvolvidos pelo *Center for Watershed Protection* – organismo americano voltado para a proteção, restauração e melhoria de seus rios, córregos, lagos, áreas úmidas e baías – destaca-se uma série de manuais elaborados com o objetivo de orientar a restauração de sub-bacias urbanas nos Estados Unidos.

O Manual 1 – *An integrated framework to restore small urban watersheds* (CWP, 2005a) – introduz conceitos básicos e técnicas para a restauração de bacias urbanas e apresenta a metodologia considerada pelo Centro para se proceder à avaliação do seu potencial de restauração. Em suma, a intenção do Manual é auxiliar gestores locais na decisão acerca das prioridades de restauração, maximizando o desempenho das ações a serem implementadas e o adequado investimento dos recursos financeiros.

Dentre as práticas de intervenção consideradas destaca-se aquela voltada especificamente para a restauração da aparência, estrutura e condições de funcionamento de cursos de água. Neste caso, o estabelecimento de propostas realistas tem por base o grau de impermeabilização da sub-bacia, tendo em vista a sua estreita relação com as condições de degradação de rios e córregos.

Nesse sentido, foi criado o sistema de classificação ICM – *Impervious Cover Model* –, que permite o enquadramento de cursos de água em três classes distintas (associadas a potenciais de restauração específicos), conforme o índice de impermeabilização mencionado (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 – Classificação de cursos de água de acordo com o ICM

		ICM – índice de impermeabilização da sub-bacia	Características	Potencial de restauração
Classificação do curso de água	Pouco impactado	10 a 25%	Condição de degradação moderada; “corredores” intactos e presença de áreas na sub-bacia para implementação de práticas de restauração ⁸	Alto
	Medianamente impactado	25 a 60%	Curso de água sem capacidade de atender os usos a ele designados ⁹ em função de alterações nas suas condições hidrológicas, biológicas, de estabilidade, <i>habitats</i> e qualidade da água	Médio: ICM entre 25 e 40% Baixo: ICM entre 40 e 60%
	Altamente impactado	> 60%	Curso de água funcionando basicamente como um conduto de drenagem. Baixa qualidade da água, de <i>habitats</i> e de espécies (quando existentes)	Muito limitado

(Fonte: adaptado de CWP, 2005a)

As informações apresentadas na tabela anterior são traduzidas no gráfico da Figura 5.21.

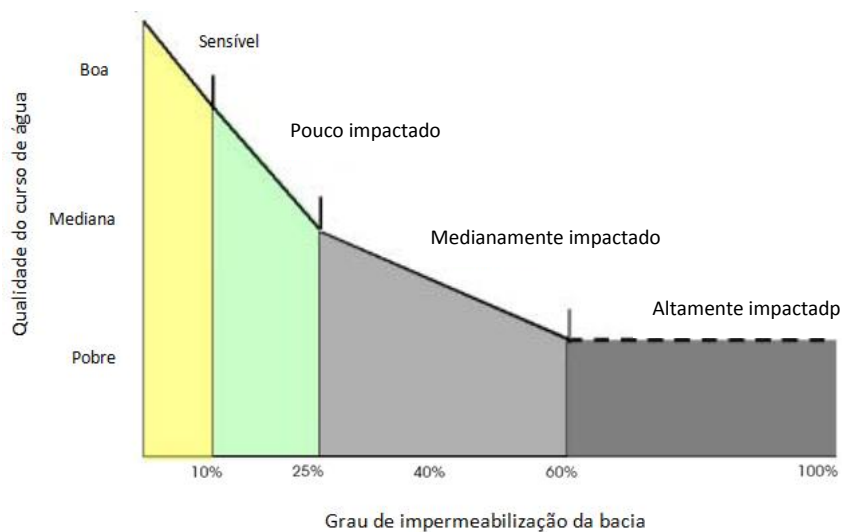


Figura 5.21 – Representação do modelo ICM (Fonte: adaptado de CWP, 2005a)

⁸ Práticas voltadas para a restauração de sub-bacias urbanas, integrantes de sete grupos: tratamento do escoamento superficial; restauração de cursos de água; manejo de áreas ribeirinhas; prevenção de descargas; controle de poluição na fonte; manejo de áreas permeáveis e gestão municipal.

⁹ O termo “usos designados” apresenta relação legal com o *Clean Water Act* quanto à capacidade do curso de água em promover condições adequadas para o atendimento de usos humanos em consonância com padrões de qualidade da água e critérios biológicos.

A proposta de criação de índices de impermeabilização visa orientar a classificação de cursos de água e a determinação do seu potencial de restauração, auxiliando gestores e tomadores de decisão no processo de seleção das práticas de intervenção mais compatíveis com a realidade de cada sub-bacia.

Aliada à classificação apresentada são feitas associações quantitativas entre os índices ICM e o comportamento dos indicadores que avaliam alterações nas condições físicas, hidrológicas, biológicas, de *habitats* e de qualidade da água de rios e córregos. As Tabelas 5.7 e 5.8 ilustram dois exemplos a esse respeito.

Tabela 5.7 – Previsão de comportamento hidrológico de cursos de água de acordo com o ICM

Indicador hidrológico	Classificação do curso de água de acordo com o ICM		
	<i>Pouco impactado</i>	<i>Medianamente impactado</i>	<i>Altamente impactado</i>
Parcela da precipitação anual transformada em escoamento superficial	10 a 30%	25 a 60%	60 a 90%
Taxa da descarga de pico para TR=100	1,1 a 1,5	1,5 a 2	2 a 3
Frequência de eventos de inundação na planície fluvial	1,5 a 3 vezes ao ano	3 a 7 vezes ao ano	7 a 10 vezes ao ano

(Fonte: adaptado de CWP, 2005a)

Tabela 5.8 – Previsão de comportamento físico de cursos de água de acordo com o ICM

Indicador de alteração no corredor fluvial	Classificação do curso de água de acordo com o ICM		
	<i>Pouco impactado</i>	<i>Medianamente impactado</i>	<i>Altamente impactado</i>
Fração da condição natural remanescente	60 a 90%	25 a 60%	10 a 30%
Fração da vegetação ciliar remanescente	50 a 70%	30 a 60%	< 30%
Cruzamentos viários ou outros	1 a 2 a cada 1.600m	2 a 10 a cada 1.600m	Não há cruzamentos pois o curso de água encontra-se em seção fechada

(Fonte: adaptado de CWP, 2005a)

A partir da construção de uma relação direta entre o grau de impermeabilização da bacia e a quantificação dos impactos associados aos diversos indicadores torna-se possível a determinação das práticas de restauração mais compatíveis com os cenários diagnosticados. As soluções de intervenção assim concebidas compõem o quadro geral de medidas a serem adotadas com vistas ao manejo de bacias hidrográficas.

5.4 Considerações finais

A revisão bibliográfica realizada evidencia que, em áreas urbanas, as intervenções em cursos de água não devem embasar-se somente nos tradicionais estudos hidrológicos/hidráulicos e financeiros para subsidiar os processos de análise e decisão quanto à alternativa a ser adotada.

Ao contrário, por se tratarem de sistemas dinâmicos e aos quais estão associadas inúmeras funções (hidrológicas, ecológicas, ambientais, etc), os meios em questão exigem análises pautadas na geomorfologia fluvial, base para o entendimento das suas condições de funcionamento.

A inclusão dessa disciplina ao processo mencionado, portanto, constitui-se importante ferramenta nas etapas de diagnóstico e avaliação de impactos, ambas fundamentais na condução dos estudos de intervenção.

Para auxiliar a consecução desse tipo de análise, existem inúmeras metodologias de classificação e avaliação de rios e córregos, notadamente para aqueles localizados em áreas rurais. Contudo, em função da maior diversidade e complexidade de fatores envolvidos com a questão no território das cidades, as abordagens com vistas a subsidiar os processos de restauração, intervenção, manejo e gestão de recursos hídricos nessas áreas são relativamente mais escassas, demandando maiores pesquisas e reflexões nessa direção.

6 MEIO URBANO

6.1 Introdução

As formas de organização espacial das cidades são resultado de um complexo processo de interação entre diversos fatores, notadamente os históricos, geográficos, políticos, econômicos e sociais. Em inúmeras situações, esses aspectos não podem ser avaliados de maneira isolada, extraídos de um contexto mais amplo, tendo em vista as relações de interdependência e influência mútua que existem entre eles.

Nesse quadro intricado de processos que se conjugam para a produção do espaço urbano encontram-se os cursos de água, desempenhando papéis alternados ao longo da história – ora como elementos vitais ao cotidiano das cidades e embelezadores da paisagem, ora como meios altamente degradados e degradantes, indesejáveis perante o convívio urbano.

Este capítulo procura discutir a relação sempre existente – mesmo que por vezes controversa – entre os rios e as cidades. A partir de uma perspectiva histórica, aponta algumas tendências e desafios que se impõem ao tratamento integrado desses meios, tanto no que tange o espaço físico das cidades quanto a esfera das ações públicas.

Considerando as dificuldades inerentes à proposição de planos e intervenções urbanas, quaisquer que sejam elas (devido à diversidade de variáveis a serem contempladas simultaneamente), são também apresentadas algumas metodologias desenvolvidas com fins de subsidiar as tomadas de decisão, embasadas na análise de aspectos urbanísticos, sociais, ambientais e tecnológicos.

6.2 Cursos de água e cidades

6.2.1 Perspectiva histórica

“A cidade nasce da água. A história urbana pode ser traçada tendo como eixos as formas de apropriação das dinâmicas hídricas. A trajetória das relações entre cidades e corpos d’água reflete, assim, os ciclos históricos da relação entre homem e natureza” (MELLO, 2008).

Como bem expressado na assertiva anterior, a história do homem, dos rios e das cidades segue uma trajetória construída com base nas suas diferentes formas de interação ao longo do tempo e do espaço, fundada na relação entre a dinâmica e a sazonalidade naturais dos corpos de água e as necessidades humanas, no decorrer de distintos períodos e épocas.

Segundo Mello (2008), as atividades inicialmente baseadas na pesca e na agricultura rudimentar condicionaram o assentamento das primeiras aglomerações humanas às margens dos cursos de água. A facilidade de suprimento de água para consumo, higiene e evacuação de dejetos, aliada aos benefícios às atividades artesanais e aos setores de comunicação e transporte, foram também determinantes para o estabelecimento de aglomerações às margens de rios e córregos (CASTRO *et al*, 2004).

Nas Idades Antiga e Média as águas ainda desempenhavam importante papel militar, favorecendo a defesa do meio urbano (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2001). Dessa forma, as cidades implantavam-se em ilhas ou em elevações junto a meandros ou penínsulas, como nos casos de Paris e Lyon, respectivamente (CASTRO, 2002).

A essa época, a estratificação social já implicava em condições distintas de apropriação do espaço urbano, sendo as áreas baixas das cidades, sujeitas aos efeitos das frequentes inundações, ocupadas pelas classes menos favorecidas. Todavia, apesar dos riscos associados a esse tipo de ocupação, a sua aceitação incorporava-se ao cotidiano das populações, que consideravam, de modo geral, que os benefícios decorrentes do acesso mais direto à água eram superiores aos danos e transtornos das cheias periódicas (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2002).

Fechando esse quadro na Idade Média, os antigos sistemas de evacuação implantados pelos romanos caíram em desuso, consequência da sua falta de manutenção. A implantação de novas estruturas também não foi realizada, implicando em condições de vida bastante insalubres nas cidades, com a constante presença de lama e esgoto junto ao sistema viário (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2001).

A deterioração da qualidade das águas se acentua nos finais do século XVIII, com o advento da revolução industrial, sendo os grandes rios convertidos em fontes privilegiadas de

abastecimento para as indústrias e, ao mesmo tempo, receptores de águas residuais altamente contaminadas (REYNOSO *et al*, 2010).

No século XIX, o aumento das aglomerações urbanas juntamente com as epidemias de cólera e tifo que assolam a Europa explicita os problemas decorrentes da precariedade da infraestrutura das cidades quanto ao controle da presença das águas. Paralelamente, os avanços no campo da ciência – notadamente em relação à microbiologia e à epidemiologia – contribuem para uma mudança radical na relação existente entre a água e o meio urbano.

Observa-se, nesse sentido, o surgimento dos chamados preceitos higienistas, que dão início a um período de concepção de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pautados na execução de redes de tubulação subterrâneas e na canalização de rios e córregos, na busca do controle de enchentes e de doenças de veiculação hídrica por meio da rápida evacuação das águas pluviais e servidas (BAPTISTA *et al*, 2005).

Essas soluções, originárias da Europa, foram amplamente difundidas, tendo sido adotadas no Brasil desde fins do século XIX. Nessas circunstâncias, a água perde, progressivamente, o seu papel na paisagem das cidades.

Contudo, na segunda metade do século XX observa-se uma “terciarização” da vida urbana, com redução das atividades industriais e aumento das atividades econômicas ligadas aos serviços. Paralelamente, é notável o crescimento da consciência sobre os riscos que a contaminação ambiental representa para a própria sobrevivência humana. Nesse contexto, ocorre uma mudança de paradigma em relação ao século XVIII, no qual há um triunfo da tecnologia sobre a natureza e o ambiente natural é encarado como uma barreira a ser superada para o alcance da comodidade urbana. A partir de então, a natureza não é mais vista como obstáculo, senão como um serviço para a melhoria da qualidade de vida nas cidades (REYNOSO *et al*, 2010).

Todavia, a intensificação da concentração populacional nas cidades a partir de meados do século XX amplia, significativamente, os impactos da urbanização sobre as águas. De acordo com IAURIF (1997), os 25% da população mundial que viviam em áreas urbanas em 1950 devem superar os 60% em 2025. No Brasil, esse cenário é ainda mais crítico, uma vez que, segundo dados censitários do IBGE (2010), a população urbana já supera os 80%. Ainda,

conforme destaca Grostein (2001), de 1950 a 1990, formaram-se 13 cidades com mais de um milhão de habitantes no país.

Sendo assim, no limiar do século XXI, as questões urbana e ambiental se confundem. Com o avanço da urbanização sobre o meio natural observa-se a progressiva deterioração das áreas de mananciais (BRAGA e CARVALHO, 2003), com reflexos diretos sobre a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos.

Notadamente em relação à última, destacam-se as alterações no ciclo hidrológico, com a redução da infiltração e o aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial. Essas condições acarretam impactos diretos nos hidrogramas de cheias, que têm seus picos antecipados e acentuados. A combinação desses processos com a canalização dos cursos de água agrava o quadro apresentado, levando as redes de drenagem a crises de insuficiência e ao consequente aumento na frequência de inundações.

Quanto à qualidade, o aumento da carga orgânica e de poluentes reduz, substancialmente, a biodiversidade e a potencialidade de usos múltiplos da água. A Figura 6.1 procura ilustrar os principais impactos mencionados.

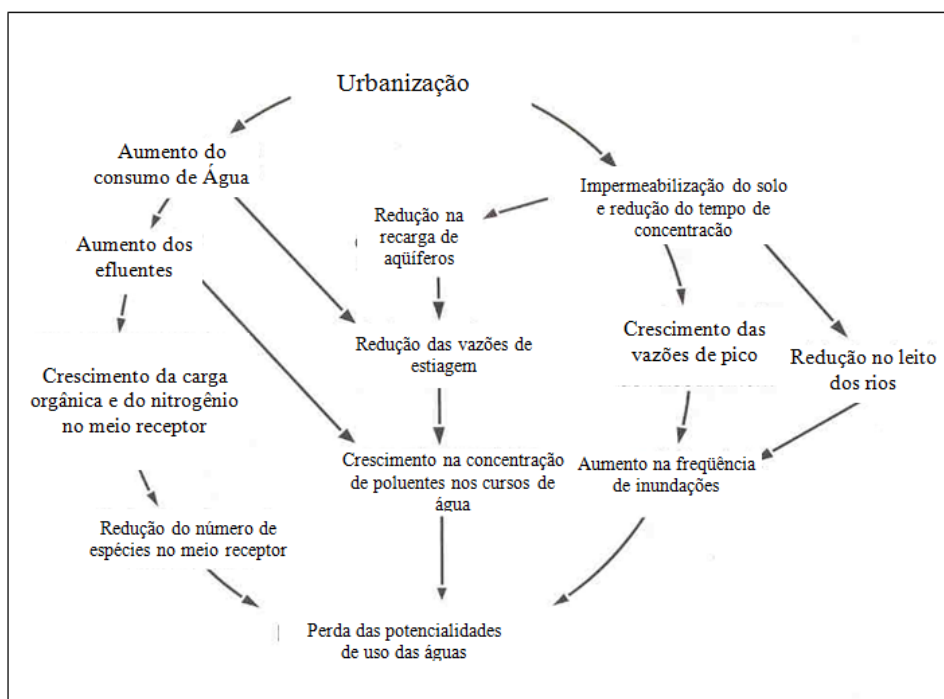


Figura 6.1 – Impactos da urbanização sobre as águas (Fonte: adaptado de CHOCAT, 1997 *apud* CASTRO, 2007)

Em áreas densamente ocupadas, as condições de degradação são ainda mais visíveis. Além do considerável aporte de esgotos, resíduos e carga de poluição difusa, observa-se significativa alteração da morfologia fluvial, seja em decorrência da canalização e retificação dos canais, seja pela ocupação desordenada de leitos ainda não revestidos.

O primeiro caso (canalização e retificação), na maioria das vezes, reflete as condições da “cidade formal”, coberta por infraestrutura urbana e com ruas e avenidas implantadas ao longo das canalizações (ou sobre elas). O segundo, ao contrário, representa um cenário mais grave, uma vez que, de forma geral, está associado à ocupação de assentamentos precários, reconhecidos como a “cidade informal”. Segundo Grostein (2001), as condições de degradação dessas áreas, que crescem e se consolidam na ilegalidade urbana, exacerbam os seus problemas ambientais e sociais.

Esse cenário, recorrente no panorama brasileiro, foi-se agravando à medida que as cidades foram crescendo; não exatamente por conta do avanço da urbanização, sua escala e velocidade, mas pelo modo como ocorreu (GROSTEIN, 2001). De acordo com a autora, a difusão do padrão de expansão periférico perpetuou, em inúmeras cidades, o loteamento ilegal e a casa autoconstruída, muitas vezes localizados à beira de córregos e em encostas íngremes.

De acordo com Mello (2008), o crescimento urbano e a pressão sobre os espaços intersticiais desocupados das cidades foram fatores que induziram a ocupação das áreas marginais aos corpos de água, especialmente nas áreas centrais saturadas.

Não raramente, as áreas de proteção ambiental são priorizadas para ocupação pela população de baixa renda que, em vista dos custos inviáveis da sua remoção, se consolidam na ocupação ilegal, por absoluta falta de alternativas (MARICATO, 1995). No caso das áreas de mananciais da cidade de São Paulo, França (2009) argumenta que, de fato, a remoção de população deve ser recurso de última instância, dados os vultosos custos econômicos e sociais que representa.

Agravando o quadro apresentado, destacam-se os frequentes eventos de inundação (tanto nas áreas “formais” quanto “informais” das cidades), com implicações econômicas, políticas e sociais geralmente severas. De acordo com Tucci *et al* (2003), estima-se que os gastos brasileiros anuais para remediação de situações provocadas por enchentes sejam superiores a

US\$ 1 bilhão. Baptista e Nascimento (1996), por sua vez, acreditam que esses valores superem US\$ 2 bilhões. Apesar das incertezas, a magnitude dos valores propostos é considerável, inclusive no cenário internacional.

Dentro de uma perspectiva global, Mello (2008) considera que, à exceção de alguns ciclos intermediários e especificidades de contexto, a história dos assentamentos humanos se molda na progressiva desvalorização dos espaços às margens dos corpos de água, apresentando sinais de reversão apenas nas últimas décadas. Conforme a autora, a virada do milênio é marcada por um intenso movimento de qualificação dos frontais aquáticos, expressando a vertente de valorização dos corpos de água nas cidades.

O conceito de reintegração da água ao cenário urbano, contudo, insere-se em um contexto bastante complexo, onde múltiplas demandas urbanísticas, ambientais e sociais exigem uma nova postura de governos, planejadores e cidadãos para o seu adequado equacionamento. A abordagem da questão, no que tange suas principais tendências e desafios, é discutida nos itens a seguir.

6.2.2 Tendências

Desde finais do século XIX a maneira de se perceber os cursos de água nas cidades vem sendo modificada. Dentre outras questões, torna-se claro que a sua canalização (ou enclausuramento) não resolve, integralmente, as ameaças de inundação, assim como não freia a sua contaminação. Ao contrário, associa-se a esse tipo de prática a degradação de suas funções ecossistêmicas, além da sua perda como elemento paisagístico.

Hoje em dia, por outro lado, observa-se uma tendência de resgate dos sistemas fluviais como agentes de “unificação” socioespacial, eixos de desenvolvimento urbanístico e de investimento imobiliário (REYNOSO *et al*, 2010). De fato, o novo olhar sobre os rios e córregos urbanos se volta para sua apreciação integrada como espaços de oportunidade ambiental, social, recreativa, cultural e econômica. Tais objetivos, aparentemente excludentes, passam a requerer, agora, uma consideração equilibrada nos projetos de intervenção (REYNOSO *et al*, 2010).

Conforme os autores, a noção de que os rios podem proporcionar, simultaneamente, inúmeros benefícios tem ganhado notoriedade entre governos, urbanistas, paisagistas e cidadãos. Nessa perspectiva, Mello (2008) destaca a atual valorização dos corpos de água em termos simbólicos (valores culturais), estéticos (beleza cênica), topoceptivos (orientabilidade e identificabilidade), bioclimáticos, afetivos (emoções) e sociológicos (atração de pessoas e convívio social).

Todavia, a integração de aspectos biofísicos e socioculturais nas iniciativas contemporâneas de intervenção urbana é ainda um tanto tímida (MELLO, 2008). Segundo a autora, existem duas correntes de intervenção antagônicas – que precisam ser compatibilizadas – baseadas nas seguintes visões:

- *Visão estritamente ambientalista*: considera somente os aspectos ambientais na gestão dos corpos de água, alheios às particularidades do meio urbano;
- *Visão estritamente urbanística*: representa a imposição antrópica sobre os condicionantes da natureza.

Para a autora, a gestão urbano-ambiental deve encontrar o “caminho do meio” entre as visões anteriores – de preservação generalizada e de “artificialização” indiscriminada –, uma vez que os corpos de água nas cidades são, ao mesmo tempo, elementos componentes dos sistemas natural e urbano.

Com efeito, o tratamento da questão da água nas cidades não pode ser abordado dentro dessa perspectiva dicotômica, senão sob um enfoque que vise o seu equilíbrio; contudo, essa aproximação se reveste de enorme complexidade. Segundo Travassos (2010), a introdução da dimensão ambiental na disciplina do planejamento urbano traz à tona novos desafios: “*Como intervir de forma complexa em uma realidade construída e gerida de forma fragmentada? Como considerar, nas intervenções, a incerteza inerente aos processos sociais e naturais, que têm na cidade sua relação mais expressiva? Como elaborar projetos e programas para adequar os espaços urbanos considerando a complexidade e a incerteza?*”.

Na realidade, as questões levantadas ressaltam dificuldades e desafios inerentes a diversos tipos de intervenções urbanas, acentuados pelas incertezas e complexidades que permeiam tais processos. Para Travassos (2010), faz-se *mister* a sua abordagem de maneira partilhada e

menos determinista, com processos de decisão compartilhados entre os saberes formais e o conjunto da sociedade. Nessa linha, Reynoso *et al* (2010) destacam que uma vez que os processos sociais são elemento *sine qua non* para um aproveitamento sustentável de qualquer ecossistema, os planos de intervenção devem levar em conta a variável sociocultural na formulação de soluções.

Soma-se aos problemas mencionados o caráter dinâmico inerente aos sistemas fluviais e urbanos, o que torna a tarefa de interação dessas vertentes ainda mais complexa, tendo em vista que o seu constante processo de transformação dificulta a projeção de cenários de intervenção, assim como o prognóstico de impactos associados. Conforme Travassos (2010), a discussão sobre o futuro e o planejamento das cidades requer a consideração da existência de diversos modelos operando concomitantemente e em constante transformação, o que exige respostas complexas para o traçado de propostas efetivas em termos de planos e projetos, em consonância com os múltiplos processos e contextos urbanos.

No cenário internacional, algumas interessantes abordagens voltadas para a integração de demandas ambientais e urbanas no escopo de planos e projetos de intervenção em rios e córregos podem ser citadas, como o *Los Angeles River Restoration Masterplan - LARRMP* (LOS ANGELES, 2007), o *Urban River Corridors and Sustainable Living Agendas – URSULA* (www.ursula.ac.uk) e o *Urban River Basin Enhancement Methods – URBEM* (www.urbem.net). Em todos os casos, as propostas de intervenção (sejam elas planos conceituais/metodológicos ou de execução) visam a valorização ambiental, paisagística e recreacional dos cursos de água como meio de alcançar a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

Os exemplos apresentados evidenciam avanços consideráveis na perspectiva de tratamento integrado dos cursos de água em áreas urbanas, com resultados bastante positivos na superação das dificuldades anteriormente mencionadas. No entanto, são observadas lacunas que merecem maior atenção do ponto de vista científico, notadamente quanto ao quadro de estruturação metodológica das diversas etapas do processo de concepção, avaliação e seleção de alternativas, todas elas baseadas na análise e integração de múltiplos critérios.

Outro aspecto relevante refere-se à abordagem tecnológica das intervenções, notadamente no campo da drenagem urbana e do controle de enchentes. Nesse quadro, merecem destaque as

chamadas *técnicas alternativas ou compensatórias de drenagem urbana*, que visam à adoção de uma postura de convívio mais amigável entre a água e as cidades, dentro da perspectiva de integração do ciclo hidrológico ao desenho urbano e de edificações. Um dos seus princípios fundamentais é o controle da produção excedente de água na fonte (por meio da sua retenção temporária e/ou infiltração), evitando a sua rápida transferência para jusante, a exemplo das soluções apresentadas na Figura 6.2.

Ressalta-se, ainda, que a possibilidade de modulação dessas técnicas de acordo com o crescimento das cidades garante o tratamento combinado das questões urbanísticas e de drenagem pluvial.



Figura 6.2 – Técnicas compensatórias de drenagem urbana em Bordeaux/França: (a) vala de retenção e infiltração e (b) trincheira de infiltração. (Foto: Márcio Baptista, 1999)

Também as medidas não estruturais de planejamento urbano relativas ao uso e à ocupação do solo assumem papel significativo no tratamento amplo e integrado da drenagem, configurando-se instrumento de fundamental importância na prevenção da ocupação de várzeas de inundação, destinando-as a usos compatíveis com os riscos a elas associados.

Finalmente, fechando o quadro geral apresentado, a Figura 6.3 procura representar a evolução histórica da relação entre a água e as cidades ao longo do tempo.

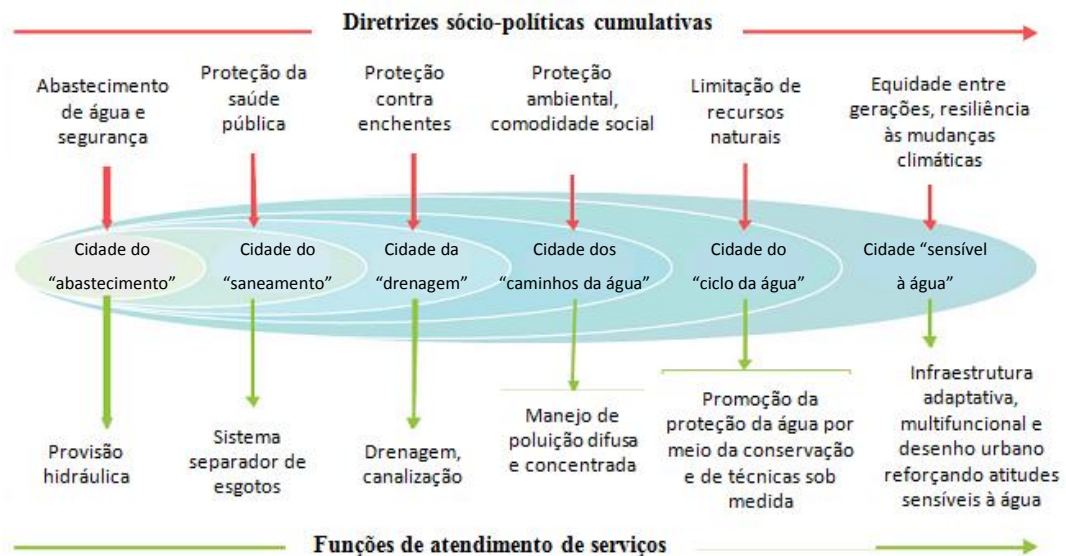


Figura 6.3 – Evolução da relação entre a água e as cidades (Fonte: adaptado de BROWN *et al*, 2009 *apud* URRUTIAGUER *et al*, 2010)

O esquema anterior resume bem as questões previamente discutidas, explicitando as diversas mudanças na abordagem da gestão da água nas cidades. Com o passar do tempo, as águas urbanas deixam de desempenhar funções unicamente utilitaristas, dando lugar a uma perspectiva mais abrangente de usos múltiplos e integrados. Segundo Urrutiaguer *et al* (2010), as cidades que conseguirem alcançar um equilíbrio entre os diversos, e por vezes competitivos, usos desse recurso poderão ser nomeadas “*cidades sensíveis à água*”.

6.2.3 Desafios

Apesar das atuais tendências voltadas para a adoção de novas abordagens no tratamento da questão da água no meio urbano, os desafios que se apresentam vão além da solução de problemas técnicos e/ou ambientais. A complexidade inerente à gestão urbana, no seu sentido amplo, expõe conflitos e limites dentro dos quais se enquadram os mais diversos tipos de intervenções no território das cidades.

Nesse contexto, destacam-se dificuldades explícitas concernentes ao planejamento urbano-ambiental e à esfera institucional das administrações públicas, só para citar alguns exemplos. No primeiro caso, Mello (2008) considera que um dos grandes desafios na pauta da gestão urbano-ambiental contemporânea está no planejamento das áreas às margens dos corpos de

água, tendo em vista a dificuldade de enfrentamento da relação dicotômica entre a preservação e a ocupação desses espaços.

No segundo caso, Carvalho e Braga (2001) destacam que a maioria dos municípios brasileiros não demonstra estar preparada, nem técnica nem institucionalmente, para o desafio relacionado ao processo de uso e ocupação do solo urbano, questão prioritária em políticas de gestão ambiental. Também neste quadro, Baptista e Nascimento (2002) ressaltam as fragilidades técnicas, jurídicas, financeiras e institucionais concernentes ao quadro da drenagem urbana.

No tocante à questão urbanística, Maricato (1997) resalta que os paradigmas estão mudando: a descentralização e a afirmação do poder local representam a nova forma de se pensar as cidades, contraditória às premissas da matriz teórica do *Welfare State*. Nesse sentido, com o colapso da estrutura do Estado-Providência (centralizador), a partir da década de 1970, e com o avanço das ideias neoliberais, ocorre uma migração do planejamento “forte” – Fordista – para o planejamento “fraco” – baseado na gestão (SOUZA, 2003). Em nível nacional, o Estado enfraquecido concede autonomia aos municípios e, nesse cenário, insere-se a nova concepção do planejamento urbano.

Nessa dialética, surgem os paradoxos: política rígida/flexível, centrada/descentralizada, tecnocrata/participativa, autoritária/democrática, Estado-Providência/Estado Mínimo, grandes planejamentos regionais/planejamentos locais (MARICATO, 1997), com reflexos diretos nas formas de condução das políticas públicas em geral.

No cenário atual, grande foco tem sido dado à gestão participativa, sendo observadas inúmeras iniciativas voltadas para a inclusão da população em processos de tomada de decisão. A título de exemplo, pode-se citar a proposta de política urbana construída pelo Ministério das Cidades, embasada nos artigos 182 e 183 da Constituição Federal (BRASIL, 1988), na qual os municípios devem assegurar, a todos os cidadãos, o direito à cidade e o cumprimento da função social da propriedade. Surge, então, o Plano Diretor Participativo, instrumento básico que visa orientar a política de desenvolvimento e ordenamento da expansão urbana *com* a participação da sociedade.

Segundo considerações do CIREF (2010), o desenvolvimento de qualquer atividade que potencialmente possa afetar o meio natural deveria levar em conta a participação pública. Em especial no que tange a restauração fluvial, esta constatação adquire ainda mais relevância, uma vez que os sistemas em questão configuram-se eixos de comunicação entre núcleos habitados, fonte de recursos e motivo de conflitos por seu uso e ocupação. Dessa forma, a restauração de rios e córregos faz imprescindível a participação daqueles que habitam ou desfrutam do seu território. Todavia, fica a questão: “*que participação e como?*” (CIREF, 2010).

Longe da pretensão de entrar no mérito da discussão de planos e planejamento urbano e da participação popular nesse tipo de processo, o que se pretende com as considerações apresentadas é apontar a complexidade relativa ao tema, uma vez que a atividade de planejar cidades envolve a necessidade de articulação integrada de um conjunto de disciplinas e atores (condição que, na maioria dos casos, não acontece). Ressalta-se, ainda, a distância que separa o planejamento do efetivo processo de construção e transformação do território urbano, visto que as questões envolvidas nessa dinâmica ultrapassam os ideais contidos nos planos.

Nesse cenário, por exemplo, observa-se a recorrente ocupação de áreas de risco e proteção ambiental, que apesar de alheia ao planejado, se faz em plena sintonia com a dinâmica econômica e social da cidade real. Com efeito, no panorama brasileiro, a degradação do meio ambiente continua a se perpetuar nas áreas urbanas – sejam elas concebidas ou não de acordo com planos – como consequência inerente do seu processo de produção.

De fato, Villaça (1999) ressalta que não é por falta de planos que a ilegalidade urbana e ambiental se consolida no cenário nacional. Nesse caso, os detalhados padrões modernistas de ocupação do solo, comuns nas leis de zoneamento e parcelamento, dentre outras, convivem lado a lado com a cidade ilegal, onde a contravenção é regra (MARICATO, 1995).

Vale destacar que são nas áreas particulares rejeitadas pelo mercado imobiliário e nas áreas públicas situadas em regiões desvalorizadas, de proteção ambiental ou impróprias à ocupação que, de maneira geral, se consolidam as ocupações irregulares, materializando um quadro de segregação socioespacial.

Essas áreas, caracterizadas pela ausência de infraestrutura urbana e pela presença generalizada de casas autoconstruídas, apresentam condições de extrema degradação ambiental e precariedade habitacional, sujeitando seus moradores aos mais diversos tipos de riscos (inundações, escorregamentos, doenças, etc). Todavia, o que se sucede, mais frequentemente, é a consolidação da ocupação ilegal, tendo em vista os impactos econômicos e sociais envolvidos com os processos de remoção e reassentamento de famílias. Esse quadro evidencia, portanto, a questão ambiental como um problema urbano de acesso à moradia em áreas adequadas e dotadas de infraestrutura.

Configurado o quadro de consolidação dessas áreas, a solução/minimização dos seus problemas ambientais passa pela necessidade de realização de obras de urbanização, com a implantação de infraestrutura de saneamento básico (abastecimento de água, drenagem, coleta de esgotos, etc), implantação de sistema viário, criação de áreas verdes, dentre outras medidas. Em relação aos cursos de água, observa-se, de forma geral, a sua canalização segundo as técnicas tradicionais de engenharia. Neste ponto, o debate torna-se polêmico, uma vez observados conflitos internos entre diferentes setores das administrações públicas quanto à necessidade de preservação das áreas marginais aos cursos de água segundo as exigências do Código Florestal brasileiro ou em consonância com outras leis, conforme discutido no âmbito do Capítulo 4.

As questões levantadas, no entanto, apenas tangenciam a problemática urbana e ambiental na qual se inserem as cidades nos dias de hoje, exigindo, dos seus planejadores, novas posturas para o seu enfrentamento. Desse modo, deve-se enfatizar a importância de se pensar o planejamento e a gestão urbanos de modo trans e interdisciplinar, não apenas no campo do conhecimento, mas também na esfera das ações públicas.

Entretanto, conforme Costa e Braga (2002), os debates em torno das políticas sociais, ambientais e urbanas apontam para a virtualidade de convergência de tais questões, como implícito no conceito de desenvolvimento sustentável. Este, por sua vez, gera conflitos teóricos de difícil solução entre as análises urbana e ambiental (que partem de áreas do conhecimento que, por vezes, têm objetivos divergentes) e entre formulações teóricas e propostas de intervenção, uma vez observado o distanciamento entre a análise social/urbana crítica e o planejamento urbano (COSTA, 2000). Contudo, conforme constata a autora, grande

parte das questões urbanas são, simultaneamente, sociais e ambientais, mesmo que não formuladas como tal.

Nesse sentido, Queiroz Jr. (2009) ressalta que as leis, planos e programas não podem ser setoriais, desarticulados da totalidade do contexto urbano. Ao contrário, devem integrar um processo de compreensão sistêmica da cidade. Também Espanha (2007) destaca o caráter transversal que devem ter as políticas públicas e as estratégias dirigidas à melhoria ambiental e à restauração de rios urbanos, em contraposição à gestão administrativa setORIZADA, que configura o tradicional quadro espanhol em relação aos recursos hídricos.

Para Reynoso *et al* (2010), a implementação de programas e linhas de ação necessita de esquemas claros de corresponsabilidade intersetorial e intergovernamental. Ainda, os mecanismos de instrumentação jurídica, financeira, normativa, etc, requerem a convergência de diferentes instâncias de um mesmo governo (ou até mesmo de vários) na busca de objetivos comuns.

O processo de integração de planos e políticas, portanto, deve consistir na tradução de uma diversidade de pontos de vista, interesses e conhecimentos em uma linguagem comum de planejamento, com a identificação de problemas e a proposição de soluções (REYNOSO *et al*, 2010). Ainda, a heterogeneidade das questões levantadas não pode torná-las dispersas e sem um sentido comum, levando à proposição de ações e programas unidimensionais; ao contrário, devem ser construídas com base na multidimensionalidade de enfoques técnicos e perspectivas sociais (REYNOSO *et al*, 2010).

Todavia, no quadro institucional das administrações públicas das cidades brasileiras é notável a “fragmentação política e administrativa da questão urbano-ambiental” (COSTA e BRAGA, 2002). Para as autoras, dada a complexidade da questão, a mesma raramente é tratada de forma unificada, sendo contemplada por diferentes setores do poder público. De modo geral, as questões hídricas, urbanas e de saneamento são tratadas por órgãos independentes, pautados em lógicas distintas e avaliação pontual de problemas.

Notadamente em relação à drenagem urbana, ressalta-se que a sua fragmentação excessiva em relação aos diferentes atores da gestão municipal leva à consecução de ações não coordenadas, “resultando em conflitos de poder, inconsistências e incoerências de medidas

adotadas, superposição de intervenções, entre outros problemas” (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2002). Ainda, conforme os autores, uma vez que as decisões relativas à drenagem tomadas pela esfera responsável pela sua gestão repercutem nos demais serviços urbanos (saneamento, sistema viário, uso e ocupação do solo, etc), faz-se *mister* a sua integração às decisões e ações dos demais setores da administração pública, condição que não vem sendo observada.

Dessa forma, a implementação de políticas públicas se dá, sobremaneira, de forma setORIZADA e com pouco ou nenhum diálogo entre os diferentes órgãos, materializando um cenário de fragmentação e contradições. Essa condição acaba por gerar um quadro de desgaste generalizado e a morosidade na aprovação de diversos processos. Em função disso, a urgência de certos casos acaba por levar à execução de determinadas medidas/obras mesmo sem o consenso geral, respaldo legal ou consentimento dos demais atores envolvidos com a questão.

Também entre os poderes executivo, legislativo e judiciário é notável a contradição na elaboração, aprovação e consecução de políticas. Nesse sentido, não é raro observar a proposição de políticas ambientais pelo executivo que não são aprovadas pelo legislativo. Da mesma forma, esta esfera aprova normas que estabelecem certos padrões ambientais que o executivo não consegue fazer cumprir. Em outros casos, o judiciário determina que o executivo implemente leis sem que o mesmo tenha estrutura técnica ou financeira para concretizá-lo (COSTA e BRAGA, 2002).

Ainda no quadro jurídico, destaca-se a inadequação do seu suporte para a regulamentação e o controle de diferentes ações que implicam repercussões diretas na drenagem urbana. A título de exemplo, citam-se as atividades ligadas à construção predial e à urbanização, com seus impactos profundos no funcionamento dos sistemas de drenagem. No entanto, além das regulamentações municipais serem omissas à questão, ressalta-se que a existência de ferramentas jurídicas pressupõe meios efetivos de controle da sua aplicação, assim como de suporte técnico à comunidade no sentido de orientar o uso de tecnologias adequadas (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2002).

O quadro de problemas levantado, todavia, não se atém aos diferentes órgãos da administração pública ou aos seus distintos poderes, sendo comum observá-lo também entre os técnicos de uma mesma Agência ou Secretaria.

A problemática ainda se estende à ausência de continuidade administrativa e aos conflitos entre municípios vizinhos. Neste caso, visto que as fronteiras ambientais não correspondem aos seus limites administrativos, os conflitos envolvidos com a gestão dos recursos hídricos são evidentes.

Neste ponto, destaca-se a inadequação do quadro institucional da drenagem urbana no panorama nacional, uma vez que sua abordagem geralmente se restringe à esfera municipal. Segundo Baptista e Nascimento (2002), o tratamento intermunicipal da questão poderia assegurar, dentre outros aspectos, a coerência técnica e gerencial das ações. A Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2007), comentada no Capítulo 4, procura contornar o problema levantado. Atualmente, iniciativas com caráter metropolitano estão sendo ensaiadas (e.g. PDMAT São Paulo e Agência Metropolitana da RMBH).

Um último aspecto, ressaltado por Travassos (2010), refere-se à necessidade de incorporação de incertezas (ou aspectos que não podem ser controlados) e externalidades aos processos de intervenção urbanística, o que implica na adoção de abordagens mais complexas. Segundo a autora, *“Tanto as ciências exatas quanto as sociais ou as ciências da terra vêm alterando de alguma forma seus paradigmas para se adequar às incertezas inerentes à relação entre a sociedade e o ambiente natural. A internalização das incertezas é um dos principais desafios colocados para as políticas públicas contemporâneas, e deve ser especialmente considerada naquelas afetas à drenagem urbana”*.

6.3 Diagnóstico de bacias urbanas

Intervenções em áreas urbanas, quaisquer que sejam elas, geralmente estão inseridas em complexos processos de decisão. A escolha de alternativas para intervenção em cursos de água não é diferente, especialmente quando se trata da necessidade de atendimento a escopos amplos e múltiplos objetivos. Segundo São Paulo (2008), todo processo de decisão é complexo, envolvendo uma diversidade de critérios e agentes na seleção das propostas e a realização de estudos com dados incompletos e imprecisos.

De forma a orientar os processos em questão é fundamental a realização de diagnósticos que possibilitem a construção de uma imagem clara da área de intervenção, permitindo a correlação dos dados levantados e a projeção de cenários futuros de transformação. Contudo,

de modo geral, os diagnósticos de áreas urbanas resultam em uma diversidade de mapas temáticos que, trabalhados individualmente (por contemplarem temas específicos de análise), dificultam a construção de uma visão global do objeto de estudo.

O tratamento da questão, portanto, não é tarefa simples, exigindo abordagens diferenciadas de investigação e análise de dados em função de demandas específicas. O Sistema de Informações para a Habitação Social – Habisp (SÃO PAULO, 2008) e o Índice de Salubridade Ambiental – ISA (BELO HORIZONTE, 2010b) são exemplos de interessantes ferramentas nacionais nesse sentido.

No panorama internacional, a proposta do Ministério da Habitação da Espanha (ESPAÑA, 2006) para avaliação da qualidade de habitações também se mostra relevante, uma vez que a sua concepção pode ser estendida e adaptada à análise do meio urbano. São essas abordagens que se discutem a seguir.

6.3.1 Sistema de Informações para a Habitação Social – Habisp

O Habisp foi desenvolvido no âmbito da Superintendência de Habitação Popular (Habi) – órgão da Secretaria Municipal de Habitação da cidade de São Paulo (Sehab) – com o objetivo de subsidiar a construção do seu Plano Municipal de Habitação, ampliando o conhecimento sobre a demanda de atendimento habitacional do município.

A ferramenta, concebida para reunir uma diversidade de dados acerca de áreas ocupadas irregularmente ou de forma precária, visa facilitar a identificação das condições geográficas, físicas, sociais, econômicas e legais de cada um desses locais, compondo um quadro abrangente dos assentamentos da cidade. Por combinar o uso de ferramentas geográficas com os dados levantados, o Habisp permite a representação das informações em base cartográfica, gerando mapas.

Constitui-se, portanto, peça fundamental e imprescindível na definição de projetos e programas, permitindo o cruzamento das informações cadastrais georreferenciadas de todos os assentamentos precários da cidade com os programas habitacionais em andamento; os programas de saneamento da SABESP (Companhia de Água e Esgotos do Estado de São

Paulo); os projetos de implantação de parques e áreas verdes da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA) e com o cadastro de áreas de risco.

Sendo assim, orienta o planejamento das ações das Superintendências de Habitação Popular e Regularização Fundiária, permitindo que o gestor público tenha condições de avaliar as prioridades de atendimento, associando-as a outras políticas setoriais.

Ainda, em vista das condições dinâmicas de transformação do território, o banco de dados do sistema é permanentemente atualizado, de forma que seja possível uma constante revisão das ações previstas pelos programas que compõem a política habitacional do município. Ademais, o livre acesso do Habisp na internet (www.habisp.inf.br) permite a democratização da informação e o acompanhamento das ações da prefeitura pelo público em geral.

Em termos práticos, o sistema permite a sobreposição de várias camadas de informações e mapas temáticos sobre uma única base geográfica – que consiste em imagens de satélite do *Google* – possibilitando diferentes análises espaciais em função dos dados selecionados. Na realidade, são centenas de *layers* que podem ser ativados simultaneamente, caracterizando de diversas maneiras as áreas de investigação e permitindo a elaboração de diagnósticos mais precisos.

Dentre os diversos dados disponíveis para seleção, podem ser citados: o zoneamento urbano (notadamente os perímetros das ZEIS – Zonas Especiais de Interesse Social); as áreas protegidas por legislação ambiental; as características dos domicílios e de seus moradores; o tipo de assentamento precário que caracteriza a área de estudo (favela, loteamento irregular, núcleo ou cortiço); as áreas de risco de solapamento e escorregamento; programas e projetos de outros órgãos públicos; etc. A Figura 6.4 apresenta dois exemplos de mapas gerados com o uso da ferramenta.

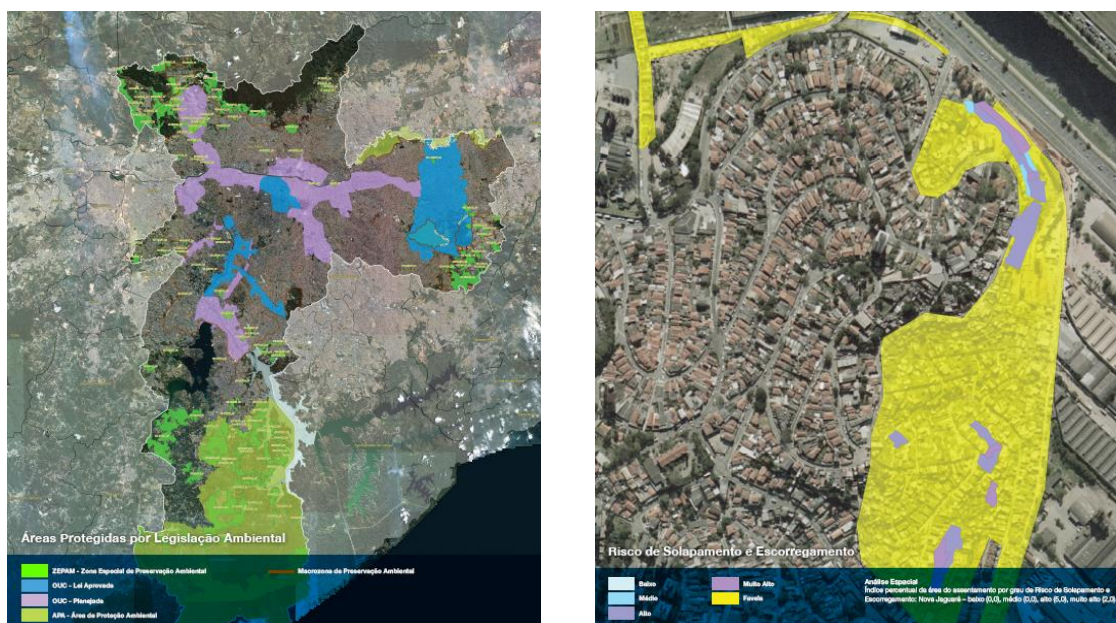


Figura 6.4 – Mapas gerados pelo Habisp: (esquerda) áreas protegidas por legislação ambiental; (direita) risco de solapamento e escorregamento em um dado assentamento precário (Fonte: SÃO PAULO, 2008)

Os mapas anteriores conseguem expressar, de maneira muito clara, os temas de análise solicitados. Além disso, a possibilidade de ampliação das imagens de satélite permite a realização de levantamentos mais detalhados sobre a área de estudo.

Resta ainda considerar a proposta metodológica concebida para auxiliar a seleção das áreas de intervenção prioritária. Resumidamente, a mesma divide-se em quatro etapas: caracterização (diagnóstico), classificação, elegibilidade e priorização.

Em linhas gerais, o sistema de priorização atribui uma pontuação específica para cada assentamento da cidade, estabelecendo, desse modo, a sua posição no *ranking* de precariedade. Os critérios utilizados para a priorização baseiam-se em um conjunto de indicadores que compõem os índices de infraestrutura; risco de solapamento e escorregamento; vulnerabilidade social e saúde. A cada indicador e índice são conferidos pesos específicos, de acordo com a sua importância relativa.

Com base nesses resultados, cada sub-bacia hidrográfica da cidade recebe uma determinada pontuação, que reflete a relação entre o número de assentamentos precários no seu território sobre a sua área total e as condições de precariedade de cada um deles.

Desse modo, a partir do cruzamento dos resultados assim obtidos com outros programas públicos de intervenção, delimitam-se os perímetros de ação integrada dentro de cada unidade de planejamento (sub-bacia), posteriormente priorizados no tempo.

Apesar da complexidade inerente à sistemática de auxílio à decisão apresentada, que demanda constante atualização de dados e equipe técnica permanente, o que se julga importante é destacar a ideia por detrás do modelo construído.

Nesse sentido, ressalta-se, em primeiro lugar, a importância de se eleger dados pertinentes para caracterização da área de estudo. Isto significa não ir além nem aquém das informações necessárias, que devem ser definidas em consonância com os objetivos e o escopo da intervenção. Da mesma forma, deve-se avaliar o nível de profundidade da investigação de cada dado coletado, o que também dependerá da fase de elaboração na qual os estudos estão sendo realizados. Ainda, fica evidente a clareza de representações sobre imagens de satélite, que permitem que os temas levantados sejam trabalhados sobre a realidade do espaço construído, garantindo uma ampla visão de conjunto.

Em se tratando de intervenções em cursos de água urbanos, o mesmo raciocínio procede. Sendo assim, a definição dos critérios de análise e da abrangência espacial da investigação faz-se primordial, assim como a escolha pelo método de se trabalhar os dados levantados. Ressalta-se, ainda, que a sua forma de organização e representação assumem papel de destaque, servindo de importante subsídio à construção e análise de diferentes alternativas.

Desse modo, juntamente com a avaliação das condições de degradação fluvial, o diagnóstico do meio urbano permite a composição de um quadro geral abrangente da área a ser estudada, dando consistência ao processo de auxílio à decisão.

6.3.2 Índice de Salubridade Ambiental – ISA

O Índice de Salubridade Ambiental é um indicador que foi desenvolvido para retratar o quadro do saneamento ambiental no município de Belo Horizonte e orientar a proposição de ações voltadas para o seu equacionamento gradual e global, auxiliando a priorização de áreas para investimento em infraestrutura e serviços (BELO HORIZONTE, 2010b).

A sua composição parte do levantamento de um conjunto de dados relacionados a cinco aspectos componentes do saneamento ambiental – abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos, drenagem urbana e controle de vetores – aos quais são associados pesos específicos, relativos à importância de cada um deles em relação aos demais. Integra a construção de cada índice um conjunto de seis indicadores.

Juntamente com a nota do ISA obtida para cada unidade territorial, a densidade populacional, o percentual de população moradora de vilas e favelas e a taxa de internação de crianças de 0 a 5 anos por diarreia compõem o somatório dos aspectos que permitem a hierarquização das bacias e sub-bacias de intervenção prioritária. A cada componente dessa equação também são atribuídos pesos específicos.

A metodologia em questão, baseada no levantamento de uma diversidade de variáveis relacionadas ao saneamento urbano, permite que linhas de ação sejam traçadas em bases realistas, compatíveis com o quadro de carências e demandas diagnosticado no território da cidade. É, portanto, uma ferramenta consistente na orientação de políticas públicas.

6.3.3 A proposta do Ministério da Habitação da Espanha

O documento *Habitar el presente – Vivienda em Espanha: sociedad, ciudad, tecnología y recursos* (ESPAÑA, 2006) trata da avaliação da qualidade de habitações na Espanha, por meio da análise e comparação de um conjunto de obras realizadas no país.

A consecução das avaliações em questão é efetivada pelo uso de indicadores que permitem que os projetos arquitetônicos sejam avaliados à luz de aspectos sociais, urbanísticos, tecnológicos e ambientais.

Cada um dos indicadores propostos é avaliado qualitativamente, a partir de uma escala que permite a comparação dos itens de análise em relação a condições de referência pré-determinadas, definidas em função de projetos considerados exemplos de boa arquitetura – ou seja, que apresentem plantas flexíveis e adequadas às mais diversas necessidades de uso; cujos métodos e tecnologias construtivas sejam compatíveis com os recursos financeiros e com as características do local; nos quais os materiais empregados sejam reciclados ou recicláveis; e onde os impactos sobre o meio ambiente sejam os menores possíveis.

A ideia por detrás da elaboração desse estudo é tornar evidente a diversidade de possibilidades existentes no tocante à criação de soluções que atendam as mais variadas demandas. Ao contrário de apresentar respostas definitivas, a intenção é suscitar a crítica e estimular o desenvolvimento de propostas que considerem aspectos como história e memória coletiva, sustentabilidade arquitetônica e meio ambiente, dentre outras.

Notadamente em relação aos indicadores urbanos, a sua avaliação se procede de acordo com diversos critérios, a exemplo dos representados na Figura 6.5.



Figura 6.5 – Indicadores urbanos para avaliação de projetos de habitação: (a) inserção urbana da edificação e (b) equipamentos presentes no seu entorno (Fonte: adaptado de ESPANHA, 2006)

Conforme o esquema apresentado, observa-se que a avaliação da qualidade da habitação no tocante ao meio urbano considera a inserção da edificação em relação ao tecido da cidade e ao seu entorno (neste caso, dentro de um raio de 500 metros). Já a avaliação global da habitação – considerando-se os indicadores sociais, urbanos, tecnológicos e ambientais – é realizada conforme o exemplo da Figura 6.6.

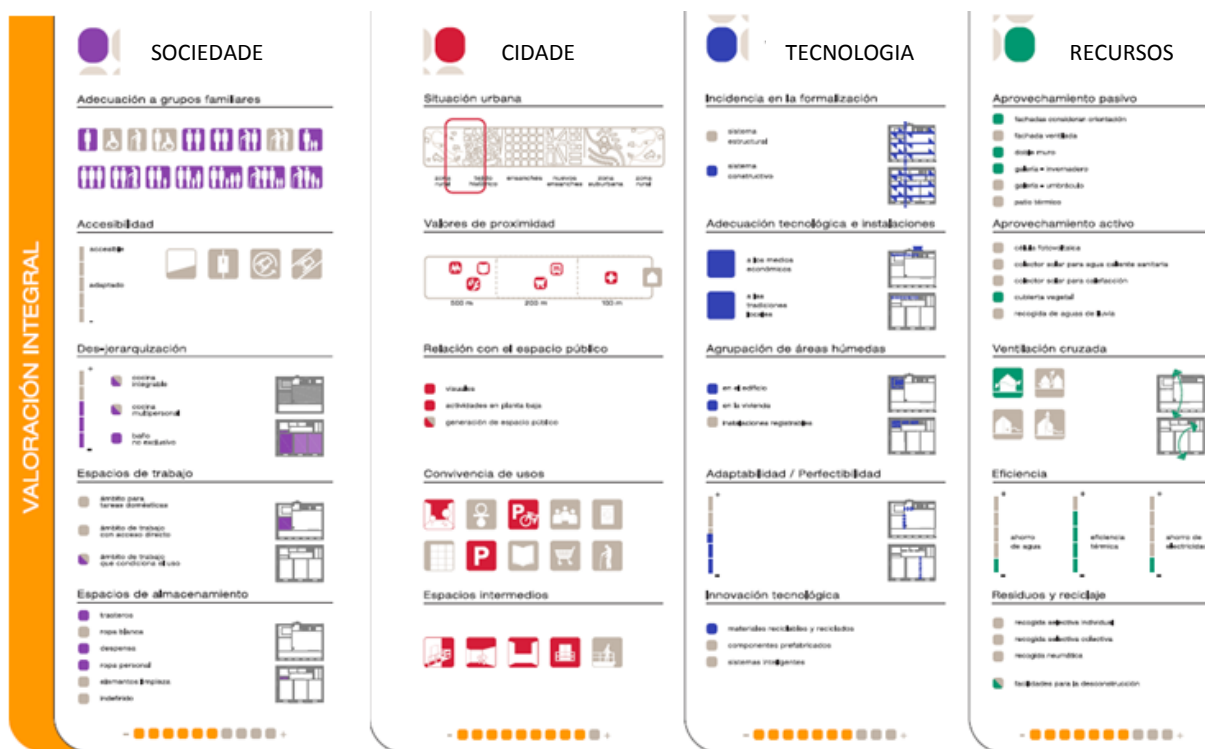


Figura 6.6 – Avaliação global da qualidade de uma dada habitação (Fonte: adaptado de ESPANHA, 2006)

O atendimento aos critérios analisados se faz por meio do preenchimento de escalas e figuras com cores específicas. O resultado final da avaliação de cada categoria é representado na parte inferior de cada coluna, segundo o preenchimento de uma escala qualitativa que varia de 1 a 10. Quanto mais próxima da pontuação máxima, melhor a qualidade da habitação no quesito avaliado.

Diante do exposto, acredita-se que o conceito que embasa a metodologia apresentada para avaliação da qualidade de habitações na Espanha possa ser extrapolado para a análise de outros elementos, como os rios e córregos urbanos. Em primeiro lugar, porque a proposição dos indicadores considera uma análise integrada de diversas questões também afetas aos cursos de água, a saber: as variáveis urbanas, ambientais, tecnológicas e sociais. Também o tipo de avaliação considerado, ou seja, qualitativo, se mostra bastante pertinente para a consecução da análise pretendida. Ainda, a determinação de cenários de referência para a comparação de diferentes alternativas torna mais objetiva a sua realização.

Finalmente, deve-se destacar a importância de incorporação das condições urbanísticas e sociais nas análises, uma vez que qualquer intervenção no tecido das cidades não acontece de

forma isolada, tendo reflexos em diversas outras esferas que, por vezes, constituem-se fatores determinantes na viabilidade de implementação de inúmeras soluções.

6.4 Considerações finais

O presente capítulo procura contextualizar a relação da água com as cidades a partir de um levantamento histórico das suas diversas formas de interação e das principais tendências e desafios encontrados nesse caminho. Apesar das atuais inclinações para a adoção de abordagens mais integradas e abrangentes para o tratamento da questão – pautadas na busca de soluções que equilibrem as vertentes ambiental e urbana –, a complexidade inerente a esse tipo de processo impõe inúmeros limites e dificuldades à sua consecução, o que demanda a incorporação de incertezas na sua condução.

Ainda, são discutidas algumas metodologias de diagnóstico desenvolvidas no cenário nacional e estrangeiro que visam subsidiar processos de tomada de decisão em áreas urbanas. Todavia, ainda que bastante consistentes, essas propostas não se voltam para uma análise específica da questão hídrica nas cidades – mas servem como exemplos que podem ser, de certo modo, adaptados –, o que aponta um importante nicho de pesquisa no sentido de melhor orientar os procedimentos de intervenção com essa finalidade.

7 INTERVENÇÕES EM CURSOS DE ÁGUA EM ÁREAS URBANAS: ASPECTOS CONCEITUAIS, METODOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS

7.1 Introdução

A partir do levantamento realizado nos capítulos anteriores, que discorrem sobre questões de ordem legal, física e urbanística relacionadas aos cursos de água – além de abordagens metodológicas voltadas para o seu diagnóstico e classificação – o presente capítulo procura aprofundar a discussão por meio da inserção de novas variáveis. Nesse sentido, o debate assume como pano de fundo os cursos de água inseridos em áreas urbanas, assim como os objetivos e a abrangência das propostas de intervenção nessas áreas, as técnicas de engenharia disponíveis e as metodologias ou ferramentas que têm por objetivo orientar os processos de planejamento e de tomada de decisão relativos a intervenções nesses meios.

Face às crescentes premissas de preservação ambiental e de recuperação de sistemas degradados, o tema da restauração de rios e córregos foi considerado com cuidado especial, levantando aspectos de suma importância para o debate científico. As considerações tecidas a esse respeito têm por base reflexões conceituais acerca da complexidade desse tipo de intervenção no meio urbano, o que demanda a consideração de outras variáveis – além das puramente ambientais – para o seu adequado equacionamento no contexto das cidades.

7.2 Restauração de cursos de água

A palavra *restauração* alude à reparação de algo deteriorado. A *restauração de cursos de água*, nesse sentido, reporta à recuperação de um sistema degradado, buscando a melhoria das suas condições físicas e de funcionamento com base no “estado” que apresentavam em tempos passados, associado a uma condição mais natural (ESPANHA, 2007).

Em áreas urbanas, a restauração de cursos de água é tema que suscita inúmeros debates e discussão, notadamente quanto aos seus objetivos e reais possibilidades de alcance, tendo em vista (i) as alterações físicas, funcionais e ecológicas sofridas por esses meios, (ii) as transformações ocorridas na bacia, (iii) as suas condições de saneamento, (iv) as limitações impostas pelo tecido das cidades e (v) as demandas e implicações políticas, sociais e

econômicas envolvidas com o processo.

De fato, conforme apontado por Travassos (2010), os estudos de restauração de rios urbanos são aqueles que se apresentam menos consolidados, principalmente no que tange a tentativa de relacioná-los ao contexto das cidades e seus condicionantes.

Aliada às dificuldades previamente mencionadas, observa-se uma significativa falta de consenso acerca do uso de terminologias para tratar a questão – como *reabilitação* e *renaturalização*, por exemplo –, o que amplia as divergências quanto à aplicabilidade do seu uso e efetivo significado.

Dessa forma, a discussão sobre a *restauração* de cursos de água começa pela própria conceituação do termo e delimitação da abrangência do seu escopo. Para Reynoso *et al* (2010), uma das primeiras questões a serem levantadas quando da elaboração desse tipo de intervenção se refere justamente à determinação do termo e conceito a serem empregados, englobando a série de ações e resultados esperados com a sua implementação.

Sendo assim, o debate que segue parte de uma revisão sobre as principais terminologias e conceitos empregados para tratar da “restauração” e, a partir disso, discutem-se outros pontos de interesse para o aprofundamento da questão.

7.2.1 Conceitos e terminologias

Conforme mencionado, intervenções em cursos de água com vistas à restauração assumem diferentes terminologias, geralmente implicando em divergências conceituais quanto ao seu efetivo significado e pertinência de aplicação. De fato, termos como *restauração*, *reabilitação* e *renaturalização* são amplamente empregados, embora não claramente definidos ou consolidados. Apesar da iniciativa de inúmeros autores em conceituar os diversos termos (Tabela 7.1), não se observa, ainda, uma convergência definitiva entre os mesmos.

Segundo Espanha (2007), a importância de diferenciar o significado técnico da terminologia utilizada está na necessidade de tornar explícito o que se pretende alcançar com os distintos tipos de intervenção.

Tabela 7.1 – Termos e conceitos relativos à “restauração”, de acordo com diversos autores

Termo	Conceito	Fonte
Restauração	Processo de alteração de cursos de água urbanos de forma que seu comportamento seja o mais próximo possível dos sistemas naturais, considerando a adoção de medidas de proteção contra inundações	Keller e Hoffman, 1977 <i>apud</i> Gregory e Chin, 2002
	Retorno do ecossistema a uma condição que se assemelhe à de ambientes não perturbados	Gore, 1985 <i>apud</i> Brookes e Shields, 1996a
	Completo retorno estrutural e funcional de um curso de água à sua condição de pré-distúrbio	Cairns, 1991 <i>apud</i> Brookes e Shields, 1996a
	Retorno de um ecossistema à uma condição que se assemelhe, o mais próximo possível, ao seu estado de pré-distúrbio. O alcance desse propósito implica na restauração da estrutura e funcionamento do ecossistema tanto em nível local quanto em um contexto mais amplo, como em escala de bacia	NRC, 1992
	Realização de ações adequadas para que o ecossistema retorne o mais rápido possível às suas condições naturais, à situação original do rio antes da intervenção humana sobre ele e seu entorno	Society for Ecological Restoration, 1994 <i>apud</i> Reynoso <i>et al</i> , 2010
	Processo de retorno das condições de funcionamento de um ecossistema, tão próximos quanto possível, ao seu estado de pré-distúrbio	Petts <i>et al</i> , 2000
	Ampla gama de ações e medidas projetadas para permitir a recuperação do equilíbrio dinâmico e do funcionamento de cursos de água até um limite de autossustentabilidade. É um processo holístico que não pode ser alcançado pela manipulação isolada de elementos	FISRWG, 2001
	Auxílio ao restabelecimento de melhores condições para a ocorrência de processos hidrológicos, geomorfológicos e ecológicos em um ambiente degradado, assim como a reposição de componentes danificados do sistema natural	Whol <i>et al</i> , 2005
	Processo de auxílio à recuperação de um ecossistema degradado, danificado ou destruído. Atividade intencional que inicia ou acelera a recuperação do funcionamento, integridade (composição de espécies/estrutura da comunidade) e sustentabilidade (resistência ao distúrbio e resiliência) de ecossistemas	Society for Ecological Restoration, 2005
	Programa coordenado de atuações a curto, médio e longo prazo com o objetivo de restabelecer a estrutura e o funcionamento de ecossistemas degradados, tomando como referência as condições dinâmicas mais próximas àquelas que as seriam caso não houvessem sido afetadas por perturbações de origem antrópica	Ollero, 2007
	Conjunto de atividades voltadas a devolver ao rio sua estrutura e funcionamento como ecossistema, de acordo com os processos e dinâmicas equivalentes às condições naturais, consideradas como referência de bom estado ecológico	Espanha, 2007
	Restabelecimento do sistema natural a partir da eliminação dos impactos responsáveis pela sua degradação, dentro de uma escala temporal que se estende até o ponto onde o curso de água atinge um funcionamento natural e autossustentável. Nesse caso, a restauração é passiva, ou seja, realizada pelo próprio sistema natural, uma vez eliminados os impactos	CIREF, 2010

Tabela 7.1 – Continuação

Termo	Conceito	Fonte
<i>Reabilitação</i>	Retorno parcial da estrutura e funcionamento do curso de água a uma condição de pré-distúrbio	Cairns 1990; NRC 1992(ambos <i>apud</i> Gregory e Chin, 2002);Brookes e Shields, 1996a
	Melhoria do estado atual do ecossistema sem referência à sua condição inicial	Petts <i>et al</i> , 2000
	Restabelecimento de processos e substituição de elementos de um sistema degradado com base nas causas da sua degradação, ao contrário de tratamento dos sintomas para alcance de uma determinada condição	Whol <i>et al</i> , 2005
	Busca da melhoria de aspectos particulares do curso de água – morfologia, qualidade da água, ecologia, estética, controle de enchentes, etc – ou da sua combinação	URBEM, 2005a
	Recuperação de certos elementos biofísicos de grande importância para o ecossistema; incorporação harmônica do rio à paisagem da cidade	Findlay e Taylor, 2006 <i>apud</i> Reynoso et el, 2010
	Projetos de restauração que não pretendem recuperar as funções alteradas do sistema, senão um ou vários elementos singulares de sua estrutura. Dessa forma, a recuperação das funções e processos dos ecossistemas é muito parcial	Ollero, 2007
<i>Naturalização</i>	Restabelecimento dos processos naturais do curso de água, mesmo que esses não sejam os originais	Vide, 2002
	Busca de melhoria das condições morfológicas, hidráulicas e de diversidade ecológica de cursos de água levando em conta o viés social (a intervenção deve ser aceita pela comunidade)	Rhoads <i>et al</i> , 1999 <i>apud</i> Gregory e Chin, 2002
<i>Renaturalização</i>	Retorno do curso de água à sua condição inicial, anterior à perturbação responsável por sua degradação	Vide, 2002
<i>(Re)Criação</i>	Desenvolvimento de um sistema que não existia anteriormente	Brookes e Shields, 1996a
	Criação de novos ecossistemas ou <i>habitats</i> que não existiam antes da perturbação de origem antrópica	Ollero, 2007
<i>Mitigação</i>	Ação tomada no sentido de evitar, reduzir ou compensar os efeitos de danos ambientais	Holmes, 1998 <i>apud</i> Gregory e Chin, 2002
<i>Melhoria</i>	Qualquer melhoria nos atributos estruturais ou funcionais de um curso de água	NRC, 1992 <i>apud</i> Gregory e Chin, 2002
	Qualquer melhoria na qualidade ambiental	Brookes e Shields, 1996a

Fonte: traduzido e adaptado das fontes apresentadas

A análise da tabela anterior permite tecer algumas conclusões interessantes. A primeira delas refere-se à tentativa de conceituação do termo *restauração*, um dos mais amplamente empregados no meio técnico e científico internacional. O que se observa nesse sentido é que até o ano de 2000, aproximadamente, a sua definição encontrava-se muito atrelada à busca do retorno dos cursos de água às suas condições naturais (ou mais próximas a elas), isto é, anteriores aos distúrbios responsáveis por alterações na sua estrutura e funcionamento.

Em momento posterior, contudo, nota-se uma mudança na abordagem das definições propostas, que a partir de então passam a incorporar aos processos de restauração o conceito de sustentabilidade e a necessidade de análises holísticas, abrangentes e integradas. Desse modo, as condições dos cursos de água anteriores aos distúrbios responsáveis pela sua degradação passam a ser consideradas *cenários de referência* para nortear as medidas de intervenção (e não mais o seu objetivo), sendo a automanutenção da estrutura e dinâmica do sistema, restabelecidas após concluídos os trabalhos de restauração, um dos principais objetivos da mesma.

De acordo com FISRWG (2001), uma vez que os cursos de água são ambientes naturalmente dinâmicos, é impossível a sua recriação “original”; portanto, o processo de restauração deve visar o restabelecimento da estrutura e funcionamento fluviais em termos gerais, dentro da perspectiva de sua autossustentabilidade.

Seguindo a mesma linha, Ollero (2007) corrobora o posicionamento anterior, considerando não ser possível a execução de réplicas da condição original de ecossistemas dinâmicos. Segundo o autor, os ambientes restaurados devem manter, de forma autossuficiente, suas funções hidrogeomorfológicas e bioquímicas. Ainda, apoia que, na busca de sustentabilidade, as ações de restauração devem atuar nas causas da degradação, e não somente nas suas consequências ou sintomas.

Nesse sentido, as abordagens de restauração podem ser passivas ou ativas, envolvendo a remoção ou atenuação de atividades que promovam distúrbios crônicos no sistema fluvial (primeiro caso) ou a adoção de medidas com vistas a reparar os danos observados na estrutura dos canais (segundo caso) (FISRWG, 2001).

O que se observa, portanto, é um avanço considerável no conceito de restauração, uma vez que novas variáveis passam a ser incorporadas ao processo em questão, tornando-o mais realista frente às transformações ocorridas na bacia e no sistema fluvial.

No tocante à *reabilitação* – segundo termo mais difundido –, o curso de água deixa de ser considerado sistema e passa a ser encarado por seus elementos ou partes, o que permite apenas o restabelecimento parcial da sua estrutura e/ou comportamento. Nesse caso, a

condição de pré-distúrbio nem sempre é considerada como referência e, portanto, o sistema fluvial pode assumir novas feições e dinâmicas em relação a esse cenário (Figura 7.1).

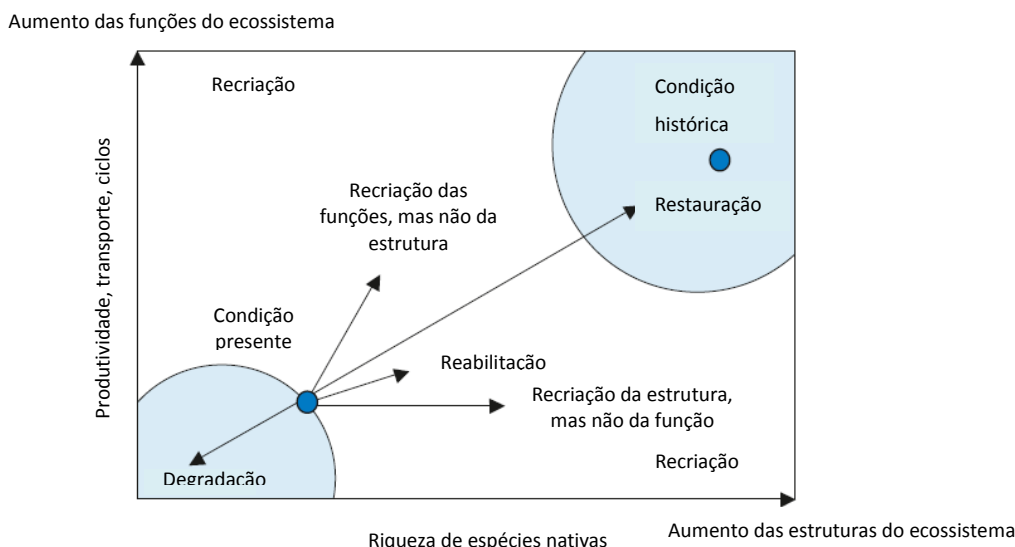


Figura 7.1 – Representação dos cenários de restauração e reabilitação de um curso de água hipotético frente às suas condições atual e de referência (Fonte: adaptado de WOOLSEY *et al*, 2005)

Uma breve análise da figura anterior permite a identificação de algumas das considerações previamente tecidas, notadamente quanto aos diferentes alcances da restauração e da reabilitação frente a um cenário de pré-distúrbio (condição histórica), considerando o atual estado de degradação do curso de água. Como pode ser observado, a restauração se aproxima muito mais da condição “original” do sistema fluvial do que a reabilitação.

No tocante aos demais termos apresentados na Tabela 7.1, os mesmos têm seu uso mais restrito ou limitado, estando seus conceitos muito menos definidos quando comparados aos anteriormente mencionados. A importância da sua exposição está em mostrar a diversidade de terminologias existentes para o tratamento de uma mesma questão, o que acaba por ampliar a complexidade inerente ao estabelecimento de conceitos e definições e ao enquadramento de medidas de intervenção em grupos distintos.

Em função dessas dificuldades de classificação, muitas vezes não ficam claros os limites que separam um tipo de intervenção das demais. Isto significa que os aspectos e parâmetros a serem considerados para classificar as diferentes possibilidades de intervenção não estão explícitos, sendo o processo em questão embutido de elevado grau de subjetividade. Sendo

assim, frente a um curso de água degradado, não se fazem evidentes os fatores, limites, restrições e potencialidades que devem ser levados em conta para o seu enquadramento nas categorias listadas – restauração, reabilitação, melhoria, etc.

Diante desse quadro, julgou-se pertinente a tentativa de abordar a questão de maneira distinta. Nesse caso, ao invés de se buscar as melhores definições e procedimentos para enquadrar os termos usualmente empregados, propõe-se a relativização do conceito de um termo único, sendo a ele associado uma “escala” indicativa do potencial de se alcançar os seus objetivos.

Nesse sentido, o termo *restauração* foi considerado o mais pertinente dentre os demais, tendo em vista seu amplo emprego no meio técnico-científico e a abrangência da sua abordagem. A flexibilidade do seu uso, por sua vez, repousa no conceito de *potencial de restauração*, indicativo do nível de viabilidade de se alcançar os seguintes objetivos, de acordo com as especificidades da área de intervenção:

- *Ambiental*: restabelecimento das condições de equilíbrio geomorfológico, hidrológico e ecológico de um ambiente degradado, em face das atuais condições do sistema fluvial e das transformações ocorridas no entorno e na bacia;
- *Social*: promoção da interação entre o curso de água e a população, estreitando o contato entre as duas dimensões de acordo com demandas e anseios locais.

Os objetivos previamente considerados têm por base uma “adaptação” das definições constantes da Tabela 7.1 ao cenário das cidades, uma vez que os conceitos nela apresentados são significativamente mais aplicáveis ao contexto rural. O quadro urbano, por outro lado, exige a inclusão de outras variáveis no escopo da restauração, além daquelas puramente ambientais. Nessas áreas, as questões sociais, políticas e econômicas assumem importância singular, podendo constituir-se fatores limitantes ou indutores da restauração.

O quesito social, em especial, merece destaque nesses processos, uma vez que demandas como áreas públicas de lazer, saneamento e espaços paisagisticamente atrativos devem ser compatibilizadas com os objetivos ambientais da restauração.

Nesse cenário, são diversas as variáveis a serem incorporadas à análise e, mesmo com a minimização das divergências conceituais e terminológicas proporcionadas pela adoção do

conceito de *potencial de restauração*, a sua aplicação a cursos de água urbanos abre campo para outras discussões. O item a seguir procura aprofundar esse debate.

7.2.2 Determinação do potencial de restauração de cursos de água em áreas urbanas

Como mencionado, este trabalho considera o termo restauração o mais pertinente dentre os demais, tendo em vista seu amplo emprego nos meios técnico e acadêmico e o fato de que apresenta os objetivos mais “ambiciosos” a serem alcançados, permitindo a construção de uma escala de potencial de restauração bastante abrangente. Sendo assim, a adoção do conceito de potencial permite o uso de um termo único, uma vez que o mesmo passa a ser utilizado de maneira flexível.

Assim como considerada na metodologia de avaliação e classificação de cursos de água *River Styles Framework* (Capítulo 5, item 5.3.2), a ideia de se trabalhar com uma escala de degradação associada a distintos potenciais de restauração apresenta-se mais coerente na condução de processos de restauração do que o enquadramento das possibilidades de intervenção de acordo com conceitos associados a uma gama diversificada de terminologias.

Para Brookes e Sear (1996b), a questão: “*Para qual condição ambiental gostaríamos que o curso de água retornasse?*” exige pensar em níveis de degradação ambiental e em níveis em relação aos quais o próprio curso de água teria capacidade de se autorrestaurar. Nessa perspectiva, os autores expõem a necessidade de reconhecimento da existência de diferentes níveis de restauração, os quais se encontram fortemente relacionados às restrições impostas ao projeto – sejam elas decorrentes de alterações na bacia, no corredor fluvial ou da verba disponível para a sua execução.

Contudo, no caso das cidades, a aplicação do conceito de potencial de restauração se depara com grandes dificuldades. Nesses casos, a visão integrada e de conjunto do sistema fluvial perde vez para um enfoque mais restrito, que não permite a “localização” precisa do curso de água em escalas de degradação ou de potencial de restauração – uma vez que, geralmente, apenas alguns elementos são considerados nas análises. A consecução desse tipo de procedimento, portanto, somente seria viável para uma análise individualizada dos elementos componentes do sistema, a exemplo da qualidade da água ou da diversidade de *habitats*, dentre outros.

Ademais, uma análise integrada de diferentes elementos para a composição de um cenário geral de degradação é extremamente complexa, uma vez que o nível de importância entre eles é relativo, o que demandaria escolher quais seriam os elementos prioritários para a "classificação" do curso de água em diferentes estágios de degradação e, conseqüentemente, determinação do seu potencial de restauração. Ainda, a melhoria de uma condição pode implicar em piora de outras, o que dificultaria, ainda mais, a determinação do potencial em questão.

Diante do exposto, torna-se claro que a restauração de cursos de água, especialmente em áreas urbanas, fica limitada a diversos condicionantes, os quais irão impor níveis de dificuldades distintos ao referido processo, de acordo com o contexto da sua área de inserção. A Figura 7.2, adaptada de NRC (1992), ilustra bem esse caso.

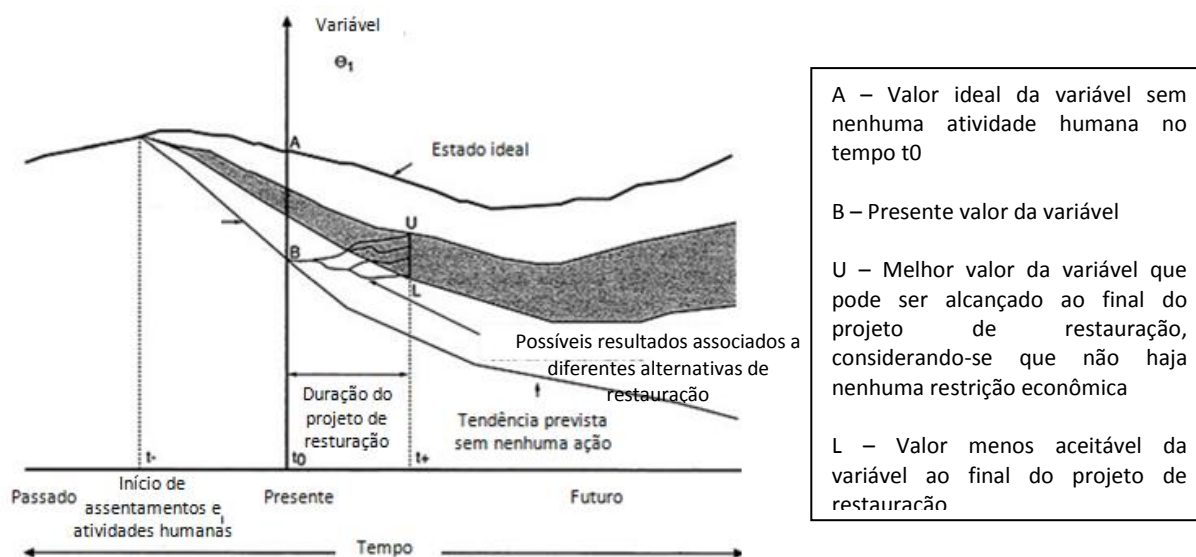


Figura 7.2 – Representação esquemática do cenário de restauração de uma determinada variável de um sistema fluvial (Fonte: adaptado de NRC, 1992)

De acordo com o desenho anterior, os pontos “A” e “B” representam, respectivamente, as condições ideal e atual de uma dada variável que se pretende restaurar. A linha superior se refere à evolução natural do curso de água, em um cenário de pré-distúrbio, ao passo que a linha inferior faz alusão à tendência de evolução (ou degradação) do sistema fluvial, caso nenhuma medida visando a sua restauração seja tomada.

A área sombreada, por sua vez, representa a mancha dentro da qual morfologia e funcionamento do ecossistema são considerados aceitáveis e atingíveis face às limitações sociais, políticas, econômicas e tecnológicas impostas pelo meio. Ou seja, é dentro dessa área que a variável em estudo, após a restauração, deve se encontrar.

Esse tipo de análise, portanto, apresenta-se bem mais realista, permitindo, inclusive, que mais de um cenário de restauração seja vislumbrado dentro da área sombreada do gráfico, para uma mesma variável.

7.2.3 Principais desafios da restauração de cursos de água em áreas urbanas

No ramo da ciência, a restauração de cursos de água pode ser considerada uma disciplina nova e imprecisa, inserida no âmbito de pesquisas e trabalhos experimentais. As evidências observadas e comprovadas ao seu respeito são ainda escassas, assim como pouco significativos os casos práticos que possam apontar os procedimentos de intervenção mais adequados para cada situação particular. Da mesma forma, é grande a dificuldade de se prever, a médio e longo prazo, os efeitos e resultados dos trabalhos realizados (ESPANHA, 2007).

Resumidamente, pode-se dizer que os principais desafios da restauração estejam relacionados à conciliação entre ciência e prática, com destaque para (adaptado de WOHL *et al*, 2005):

- A complexidade e incertezas inerentes ao processo;
- A determinação de escalas espaciais e temporais de análise adequadas;
- A dificuldade de generalização de cenários;
- A necessidade de monitoramento para que seja possível comparar projeto e resultado;
- O desenvolvimento de técnicas de restauração compatíveis com as limitações encontradas.

De fato, a ciência da restauração reveste-se de incertezas fundamentais, principalmente no que tange a capacidade de previsão do comportamento e evolução dos sistemas fluviais (WOHL *et al*, 2005), naturalmente dinâmicos e inseridos em cenários de constante transformação. Segundo Brookes e Shields (1996c), é fundamental aceitar que as incertezas são inerentes ao

processo e, portanto, devem ser postas em evidência, de forma que as potenciais limitações dos projetos sejam conhecidas pelos técnicos, tomadores de decisão e público em geral.

Em um artigo em que fazem um balanço sobre a restauração fluvial nos Estados Unidos, Shields *et al* (2003 *apud* OLLERO, 2007) apontam outros importantes problemas relacionados à questão:

- Indefinição ou ambiguidade do conceito de restauração;
- Complexidade dos sistemas fluviais, governados por variáveis cambiantes e heterogêneas no tempo e no espaço;
- Incerteza de que, extrapolando a outros sistemas fluviais as mesmas ações adotadas em um dado curso de água, se alcancem resultados parecidos;
- Existência de muitos fatores sociais que dificultam a posta em prática da restauração (notadamente da ecológica), sendo necessário considerar a dificuldade de “comprovação” dos benefícios socioeconômicos decorrentes da mesma.

Reynoso *et al* (2010) também destacam como grande dificuldade a inclusão e a interação de múltiplos agentes, uma vez que a elaboração de um plano de restauração de rios e córregos urbanos pressupõe o diálogo entre:

- A diversidade de interesses e opiniões dos grupos e atores envolvidos no processo;
- Uma ampla gama de disciplinas técnicas e científicas;
- Distintas autoridades burocráticas e políticas envolvidas com as decisões.

Para os autores, é de suma importância a construção de soluções com bases fundamentalmente socioculturais, que substituam ou acompanhem as puramente tecnológicas ou de engenharia (REYNOSO *et al*, 2010). Nesse sentido, o planejamento da restauração deve ser baseado no *input* de uma ampla gama de áreas, incluindo a geomorfologia, hidrologia, hidráulica, ecologia e biologia, além da consideração do quadro regulatório e político e da participação social (KONDOLF e DOWNS, 1996).

Boon (1998) também enfatiza a necessidade de desenvolvimento de projetos calcados em abordagens multidisciplinares, onde disciplinas como geomorfologia, botânica, hidrologia,

economia, paisagismo e sociologia, dentre outras, sejam conjuntamente consideradas na busca por um objetivo comum.

Todavia, é grande o desafio científico de integração das diversas disciplinas em um conhecimento interdisciplinar. Esse problema é decorrente dos desencontros de linguagem, quadros conceituais, escalas de operação e métodos de pesquisa das disciplinas envolvidas no estudo das ciências fluviais (WOHL *et al.*, 2005).

Conforme Reynoso *et al.* (2010), o diálogo interdisciplinar apresenta-se um verdadeiro desafio, sobretudo na medida em que é construído no âmbito das políticas públicas. Para os autores, as pontes de entendimento entre as diversas disciplinas e esferas de atuação ainda estão por ser construídas.

Além das limitações mencionadas, Sear (1996) acrescenta que a disponibilidade de recursos financeiros e as restrições impostas pelo uso do solo são outros entraves à restauração. Nessa perspectiva, questões de ordem física, econômica, política e social, dentre outras, têm importância crucial na delimitação do alcance das propostas de intervenção, inibindo-as ou estimulando-as. O quadro da Figura 7.3 ilustra um pouco esse cenário, onde distintos objetivos de restauração devem ser compatibilizados.

Objetivos da intervenção		
<i>Sociais</i>	<i>Ambientais e ecológicos</i>	<i>Econômicos</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Proteção contra inundações - Fornecimento de água potável - Provisão de elevado valor de recreação 	<ul style="list-style-type: none"> - Regime de vazões próximo ao natural - Diversidade morfológica e hidráulica - Regime subterrâneo próximo ao natural - Continuidade longitudinal - Conectividade lateral e vertical - Qualidade da água próxima ao natural - Diversidade e abundância de vegetação marginal próximas ao natural - Diversidade e abundância de fauna próximas ao natural 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução dos danos de inundações - Custos do investimento - Geração de empregos - Valorização fundiária

Figura 7.3 – Possíveis objetivos de um projeto de restauração de rios e córregos (Fonte: adaptado de WOOLSEY, 2005)

Uma das grandes dificuldades das propostas de restauração (e de intervenção em cursos de água de modo geral) está justamente em compatibilizar as três esferas de análise consideradas. O atendimento a múltiplos objetivos envolve elevado grau de complexidade, demandando a

sua priorização e a consecução de prognósticos dos diversos impactos decorrentes da adoção de cada alternativa proposta, tanto no contexto ambiental, quanto no social e econômico.

Nessa linha de integração de diferentes objetivos e demandas ao escopo da restauração, Brookes e Shields (1996a) demonstram que, ao longo da segunda metade do século XX, a adoção de abordagens integradas não fazia parte das propostas de intervenção – em países como Estados Unidos, Inglaterra e Dinamarca –, sendo a melhoria da qualidade da água um dos seus objetivos prioritários (Figura 7.4).

Abordagem	Ano										
	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Restauração da qualidade da água											
Mitigação ou melhoria de canais impactados por obras de engenharia											
Restauração/reabilitação de rios e córregos com viés ecológico (espécies)											
Pequenos projetos de restauração/reabilitação iniciados por geomorfologistas											
Projetos para demonstração científica											
Grandes projetos de restauração (incluindo as planícies de inundação)											
Abordagens integradas incluindo a bacia											

Figura 7.4 – Algumas abordagens relacionadas à restauração de cursos de água (Fonte: adaptado de Brookes e Shields, 1996a)

De acordo com Wohl *et al* (2005), até meados da primeira década do século XXI grande parte dos projetos de restauração foi conduzida em bases fragmentadas, com pouca integração a outros projetos, além de escasso ou nenhum monitoramento da sua *performance*. Ademais, os autores ressaltam que as abordagens de restauração abrangentes – que levem em conta a escala de bacia – são de difícil implementação, em decorrência de limitações sociopolíticas e ambientais.

Todavia, a determinação de escalas adequadas para nortear os processos de restauração é fundamental. Visto que a origem e a causa dos problemas que afetam trechos específicos estão inseridas em um contexto de abrangência maior, a visão integrada do conjunto não pode ser desconsiderada da análise (ESPANHA, 2007).

Dessa forma, como bem apontado por Wohl *et al* (2005), o sucesso da restauração está intimamente ligado à adequada determinação dessas escalas, tanto em termos espaciais quanto temporais, sendo a delimitação da sua abrangência específica a cada cenário de intervenção.

Também a questão sanitária e de educação ambiental são cruciais na condução de processos de restauração, sendo o seu equacionamento fundamental para o sucesso da intervenção.

Os desafios da restauração nas cidades, portanto, apresentam-se significativamente complexos, fazendo-se necessário um maior aprofundamento dos estudos e abordagens de intervenção nesses meios. Segundo Reynoso *et al* (2010), os problemas encontrados ainda se inserem no âmbito metodológico, uma vez que as intervenções em rios e córregos desafiam os limites dos instrumentos de planejamento urbano-ambiental.

Neste ponto, merece destaque o princípio da inclusão e participação social nos processos de restauração, uma vez que esse tipo de intervenção deve ser sensível às necessidades e demandas da sociedade para favorecer esquemas de corresponsabilidade cidadã. Atualmente, acredita-se que a restauração de rios é praticamente impossível sem o apoio de atores sociais locais (REYNOSO *et al*, 2010).

7.3 Soluções e técnicas de intervenção em cursos de água

Este item discute as intervenções em cursos de água dentro de duas perspectivas de análise. A primeira delas trata do viés urbanístico das soluções, notadamente no que tange as diferentes possibilidades de sua inserção/integração à paisagem das cidades.

A segunda, por sua vez, se volta para as técnicas de intervenção comumente empregadas nas calhas fluviais, sejam elas de engenharia tradicional ou as ditas ambientalmente mais integradas.

7.3.1 Soluções de intervenção urbanística

As intervenções em cursos de água urbanos podem estar associadas a uma ampla gama de fatores, decorrentes da necessidade de interferências diretas na calha fluvial – como no caso de ampliação da capacidade hidráulica e estabilização de margens – ou de objetivos alheios, a exemplo da implantação de sistema viário, redes e demais obras de infraestrutura.

Em inúmeros casos, todavia, as intervenções não se restringem ao alcance de um único objetivo, mas a escopos embasados em um conjunto de demandas. Nas cidades, Travassos (2010) vincula o êxito das intervenções em fundos de vale ao atendimento de propostas com múltiplos objetivos. Nesse sentido, cita que, no caso do controle de enchentes, apenas a consideração de um plano de drenagem não é suficiente para dar suporte à intervenção, uma vez que, em geral, outras demandas são também requeridas nessas áreas, como a criação de espaços públicos e de áreas de lazer.

Contudo, quaisquer que sejam os objetivos em questão, é importante que os mesmos sejam claros e realistas, consoantes com as condições diagnosticadas no local – físicas, urbanas, ambientais, sociais, econômicas, etc – e seus possíveis cenários de mudança.

Nesse quadro, a abrangência “urbanística” das soluções está relacionada à compatibilização dos objetivos da intervenção com diversos outros fatores, a exemplo dos anteriormente mencionados. A disponibilidade de área para implementação das propostas é de suma importância nesse caso, podendo conferir níveis de dificuldade distintos à sua consecução e, conseqüentemente, às possibilidades de integração do curso de água com o seu entorno urbano.

Sendo assim, em função das particularidades de cada caso, as intervenções em rios e córregos urbanos podem assumir um caráter pontual – soluções voltadas somente para o equacionamento de questões técnicas (hidráulicas, geotécnicas, etc), desconsiderando a incorporação de outros valores na sua concepção – ou abrangente, agregando às intervenções outros benefícios além do atendimento a uma única demanda, estendendo o seu alcance a outras esferas (ambiental, social, etc).

No cenário atual, onde as questões ambientais e sociais têm adquirido maior visibilidade, observam-se inúmeras iniciativas voltadas para a integração e compatibilização de diversos objetivos nas propostas de intervenção em cursos de água, notadamente no panorama internacional.

Alguns exemplos significativos em relação a esse tipo de abordagem tratam das intervenções nos rios Los Angeles (Los Angeles/Estados Unidos), Cheonggyecheon (Seoul/Coréia) e Besòs (Barcelona/Espanha), conforme ilustrado nas Figuras 7.5 a 7.7.



Figura 7.5 – Um dos trechos do Rio Los Angeles antes (foto da esquerda) e depois (imagem da direita) da intervenção (Fonte: LOS ANGELES, 2007)

No caso do Rio Los Angeles, incluíam-se no escopo da intervenção: o controle de enchentes, a melhoria da qualidade da água e do meio ambiente, a criação de áreas verdes e de espaços abertos para recreação e lazer da população e o acesso do público ao rio, dentre outros requisitos.

Também a proposta para o Rio Cheonggyecheon (Figura 7.6) se pautou no atendimento a um escopo de múltiplas demandas. O porte dessa obra de intervenção, que resgatou à paisagem de Seul seu principal rio – anteriormente canalizado em seção fechada sob um enorme viaduto – demonstra que a valorização urbano-paisagística dos sistemas fluviais é capaz de gerar inúmeros benefícios à sociedade, como oportunidades de lazer, melhorias paisagísticas, indução ao crescimento/desenvolvimento econômico das áreas adjacentes, etc. Apesar de não se tratar de uma proposta de restauração – conforme os conceitos discutidos anteriormente –, a intervenção urbanística realizada, amplamente ancorada em soluções tradicionais de engenharia, cumpre seu papel ao trazer um rio enclausurado à paisagem da cidade, conforme fotos de antes e depois das obras apresentadas na Figura 7.6.



Figura 7.6 – Intervenção no Rio Cheonggyecheon antes (foto da esquerda) e depois (foto da direita) da intervenção (Fonte: <http://xa.yimg.com/kq/groups/21899871/406294695/name/Cheonggyecheon+Media+Advisor+y+FINAL.pdf>)

Já a proposta para intervenção em uma dada extensão do Rio Besòs, em Barcelona, foi guiada por dois objetivos distintos – um ecológico e outro social – o que levou à concepção de diferentes alternativas para os dois trechos de análise considerados (Figura 7.7).



Figura 7.7 – Intervenção em uma dada extensão do Rio Besòs: trecho de montante (foto da esquerda) e de jusante (foto da direita)

Como se nota nas fotos anteriores, as intervenções concebidas para cada trecho do rio apresentam-se bastante distintas – tanto em termos físicos quanto de uso do espaço fluvial – o que acaba por fragmentar um sistema único em “imagens” e “estruturas” desarticuladas. Todavia, apesar da falta de compatibilização entre as diferentes demandas, é importante ressaltar que os principais objetivos em questão estão relacionados ao atendimento de requisitos locais de cunho ambiental e social (e não simplesmente à solução de problemas, como o controle de cheias, unicamente por meio de análises técnicas e financeiras).

Apesar da diversidade dos contextos apresentados, os mesmos se orientam pela busca de objetivos em comum, notadamente quanto à integração dos cursos de água à paisagem das cidades, seja por meio de sua valorização ecológica, estética ou pelo incremento das possibilidades de uso recreacional. Esses exemplos, assim como outros, pressupõem que o tratamento de rios e córregos como parques lineares consegue integrar, na mesma solução, ganhos ambientais, econômicos e sociais, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

7.3.2 Técnicas de intervenção de engenharia

Caracterização das técnicas

A seleção de técnicas de engenharia para intervenção em cursos de água será função da análise integrada de um conjunto de fatores, como: possibilidade de atendimento aos objetivos propostos (hidráulicos, paisagísticos, ecológicos, etc), adequabilidade das técnicas às condições locais, disponibilidade de materiais, mão-de-obra e equipamentos, custos associados, condições de manutenção, etc.

Em áreas urbanas, a adoção das técnicas de engenharia tradicionais, geralmente associadas ao uso do concreto, é observada em larga escala, tendo o conceito de rápida evacuação das águas pluviais sido responsável pela retificação e canalização de um significativo número de rios e córregos, tanto no panorama nacional quanto estrangeiro.

Todavia, as atuais tendências ambientais e exigências legais de preservação têm condicionado a adoção de novos padrões de intervenção. Conforme já mencionado, a restauração de cursos de água e a sua integração à paisagem das cidades passam a fazer parte desse novo cenário, exigindo que novas abordagens – em termos de soluções e técnicas de intervenção – sejam incluídas ao escopo dos trabalhos.

Nesse contexto, a Tabela 7.2 apresenta uma contraposição entre as técnicas tradicionais de engenharia e aquelas com enfoque mais ambiental, voltado para a restauração ecológica de rios e córregos.

Como será observado, as maiores diferenças entre as abordagens de intervenção consideradas residem na inclusão ou não da dinâmica natural do sistema fluvial nas fases concepção, implantação e acompanhamento do projeto de intervenção. Ao contrário da engenharia tradicional, a restauração ecológica é permeada por inúmeras incertezas, além de ter de ser concebida individualmente para cada caso, de acordo com as particularidades locais. Resumidamente, trata-se de um processo muito mais complexo que os usualmente observados em áreas urbanas.

Tabela 7.2 – Características das técnicas de engenharia tradicional e de restauração ecológica para intervenção em cursos de água

	Engenharia tradicional	Engenharia para a restauração ecológica
<i>Bases e condicionantes do projeto</i>	Estabelecidas por equipe técnica	Estabelecidas pela condição atual e pelos processos naturais de cada rio ou trecho fluvial
<i>Condições iniciais da área de intervenção</i>	Descrição desnecessária, uma vez que serão modificadas com o projeto	Descrição e conhecimento essenciais como ponto de partida do processo de restauração
<i>Condição de referência</i>	Não existe	Definida em função da tipologia do rio, de acordo com suas condições biogeográficas, hidrológicas e geomorfológicas
<i>Imagem objetivo</i>	Criada pela equipe técnica para cada caso	Estabelecida a partir da condição de referência ou “natural” de cada trecho, assim como pelas possibilidades de atuação em cada caso
<i>Limitações ao projeto</i>	Não existem em teoria, salvo as decorrentes de condicionantes técnicos ou de orçamento/recursos financeiros	Estabelecidas pela natureza, em função das leis que regem o funcionamento natural dos ecossistemas fluviais, em consonância com a região biogeográfica em que se localizam
<i>Prazo de execução</i>	Período de tempo ao fim do qual se considera a obra terminada	Período no qual as intervenções projetadas têm lugar, a partir das quais se inicia ou se acelera um processo de evolução contínuo, que não termina
<i>Prazo de garantia</i>	Fixado de acordo com as características dos materiais utilizados. É um período de tempo que se especifica, em geral de curta duração	Não existe garantia completa do comportamento dos materiais e da resposta do rio ante às intervenções propostas; por isso, cada projeto deve definir os prazos em que se consideram finalizados os diferentes trabalhos realizados
<i>Resultados do projeto e necessidade de manutenção e monitoramento</i>	São as obras projetadas pela equipe técnica, em relação às quais existe certeza acerca da sua forma e evolução; em certas ocasiões é necessária manutenção	É o sistema fluvial dinâmico, em relação ao qual existe um grau de incerteza no que tange a resposta do rio e a sua evolução, sendo necessário o seu constante monitoramento

Fonte: adaptado de ESPANHA (2007)

Tipologias

As técnicas de engenharia para intervenção em cursos de água são inúmeras, estejam elas “enquadradas” no âmbito tradicional ou ecológico, conforme exposição anterior. O concreto,

o gabião, o enrocamento e os revestimentos em cobertura vegetal são apenas alguns exemplos das possibilidades existentes.

Dentre as diversas características associadas a cada técnica, as condições de estabilização das margens e de permeabilidade destacam-se na sua seleção, podendo conferir às intervenções diferentes conformações de seção, fluxo de água entre lençol e superfície, diversidade de *habitats*, etc. Sendo assim, além da capacidade hidráulica e das condições de manutenção, os aspectos mencionados são importantes itens nas etapas de concepção e seleção das técnicas disponíveis, podendo orientar o processo de decisão. A Tabela 7.3, adaptada de Evangelista (2011), apresenta o agrupamento de algumas técnicas segundo os critérios citados.

Tabela 7.3 – Grupos de técnicas para intervenção em cursos de água segundo suas condições de estabilização das margens e permeabilidade







		Condição de estabilização/permeabilidade das margens	Tipo de técnica/revestimento
Grupo de técnicas	1	Estabilização rígida e não permeável das margens	<p>Concreto, pedra argamassada, gabião com revestimento impermeabilizante, etc</p> 
	2	Estabilização rígida e permeável das margens	<p>Gabião tipo caixa, <i>cribwall</i>, etc</p> 
	3	Estabilização flexível das margens	<p>Solo reforçado por geotêxtil e proteção com geocompostos, biomantas e espécies vegetais; revestimento em grama ou outras espécies vegetais</p> 
	4	Estabilização rígida e permeável das margens, com maior adaptação à forma natural da seção transversal do curso de água	<p>Enrocamento, gabião saco e manta, etc</p> 

Tabela 7.3 – Continuação

5	Estabilização flexível das margens com manutenção da sua permeabilidade e irregularidade, mas com necessidade de escavação e possibilidade de carreamento de solo, envolvendo:	<i>Grandes intervenções:</i> grandes troncos de árvores e/ou pedras, etc 
		<i>Pequenas intervenções:</i> pequenos troncos ou galhos de árvores, estacas vegetais, faxinas, feixes de galhos, tranças “vivas”, etc 

Fonte: adaptado de Evangelista (2011)

Como anteriormente mencionado, a escolha da técnica de intervenção está associada à avaliação de um conjunto de fatores. Notadamente em relação aos condicionantes técnicos, Cardoso (2008) elaborou uma tabela voltada para a comparação de diversas características relacionadas ao emprego de gabião, enrocamento e vegetação/técnicas associadas à calha de cursos de água, conforme apresentado a seguir (Tabela 7.4).

Tabela 7.4 – Técnicas de proteção das margens de cursos de água e suas características

Características	Vegetação/técnicas associadas	Gabião	Enrocamento
Custo de implantação	+	+++	++
Valor estético	+++	+	++
Possibilidade de desenvolvimento da flora e fauna aquáticas	+++	+	++
Possibilidade de uma rápida recuperação da vegetação ripária	+++	+	+
Possibilidade de aplicação em taludes com elevadas declividades	+	++	+
Estabilização de margens	+	+++	++
Flexibilidade e permeabilidade da técnica	+	+	+
Aspecto do curso de água próximo ao natural	+++	+	++
Contribuição para a melhoria da qualidade da água (<i>wetland</i>)	++	-	+
Facilidade de aplicação	++	+	++
Capacidade de suporte de altas velocidades de escoamento	+	+++	++
Possibilidade de retenção de sólidos	+	+++	++
Possibilidade de crescimento desordenado da vegetação	++	+	+
Necessidade de cuidados especiais no tocante a manutenção	++	+	+

Legenda: Potencialidade do critério analisado: + pequena ++ média +++ grande - não se aplica

Fonte: Cardoso (2008)

A simbologia utilizada representa uma avaliação qualitativa da potencialidade associada a cada aspecto de análise (ou de comparação) das diferentes técnicas. A avaliação global dos mesmos à luz dos objetivos da intervenção permitirá, portanto, a escolha da técnica mais adequada, ou seja, da que satisfaça o maior número de variáveis consideradas na análise.

Dentre as técnicas apresentadas nas tabelas anteriores, devem ser destacadas as de bioengenharia, uma vez que permitem uma aceleração do processo de restauração dos sistemas fluviais e da fauna e flora associadas, além de melhorar o aspecto estético/paisagístico dos cursos de água (MAS, 2008). As técnicas em questão consistem do uso de plantas juntamente com outros materiais naturais (madeira, pedras, etc) ou sintéticos (geotêxteis, mantas, etc) para a recomposição de cobertura vegetal, estabilização de margens e controle de erosão, incorporando e aproveitando elementos locais (solo, topografia, clima, etc) para o alcance de objetivos estruturais (MAS, 2008). A Tabela 7.5 apresenta as principais funções desse tipo de técnica, de acordo com Palmeri *et al* (2002).

Tabela 7.5 – Funções e características das técnicas de bioengenharia

Funções	Características
<i>Técnicas</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Proteção das margens contra a erosão provocada pela força das correntes - Proteção das margens contra a erosão superficial devida a precipitações, ventos, etc - Aumento da estabilidade mediante a coesão do solo pelas raízes
<i>Ecológicas</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria do balanço hídrico do terreno em relação à infiltração e armazenamento - Criação de <i>habitats</i> para fauna e flora - Sombreamento das margens pelo plantio de vegetação arbórea - Depuração das águas pela fixação de substâncias nocivas nas raízes
<i>Econômicas</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição dos custos de execução e manutenção
<i>Estéticas</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Integração do curso de água à paisagem - Possibilidade de criação de áreas para uso recreativo

Fonte: adaptado de Palmeri *et al* (2002)

O êxito no emprego das técnicas de bioengenharia exige um grande conhecimento do meio físico, assim como o seu adequado dimensionamento e execução. Nesse sentido, é necessário saber onde, quando e como aplicá-las, de forma a auxiliar o restabelecimento da dinâmica natural do sistema fluvial. Ademais, projetos de intervenção que lancem mão desse tipo de técnica requerem a realização de um bom diagnóstico, do qual dependerá o seu nível de “sucesso” (MAS, 2008). Outra questão crucial refere-se à manutenção, fundamental na garantia dos resultados pretendidos com a intervenção.

Diante do exposto, cabe enfatizar que a seleção de técnicas de intervenção pode estar inserida em contextos que envolvam a análise de múltiplos critérios e, em vista disso, é fundamental o

adequado levantamento das características do objeto de estudo e das técnicas de engenharia disponíveis, de forma que a sua seleção seja realizada em consonância com os objetivos que se pretendem alcançar e com as limitações e potencialidades locais.

7.4 Processo de concepção e planejamento de intervenções em cursos de água

Os processos de intervenção em cursos de água devem ser estruturados em etapas que orientem o planejamento, a implantação e o monitoramento das alternativas propostas, de forma que os seus objetivos e os resultados alcançados possam ser devidamente conduzidos e avaliados.

Das três fases anteriormente mencionadas, este trabalho tem interesse particular pela primeira – *planejamento* – notadamente no que tange a concepção de alternativas, sua comparação e seleção do arranjo final.

De forma a ampliar o conhecimento sobre o que vem sendo estudado/praticado nessa área, foram levantadas algumas abordagens voltadas para a estruturação dos processos em questão. Uma breve análise dessas propostas, discutida a seguir, permite que algumas conclusões sejam tecidas quanto ao seu alcance, limites e lacunas a serem preenchidas, tanto no panorama internacional quanto brasileiro.

7.4.1 Panorama internacional

No cenário internacional é notável o número de abordagens voltadas para a estruturação das etapas dos processos que envolvem a restauração de cursos de água, sendo aquelas consideradas mais relevantes, dentre as várias estudadas, discutidas a seguir.

A primeira delas, proposta por Eades *et al* (2003 *apud* MAS, 2008), estabelece as etapas de um processo de restauração fluvial de acordo com a sequencia apresentada no fluxograma da Figura 7.8.

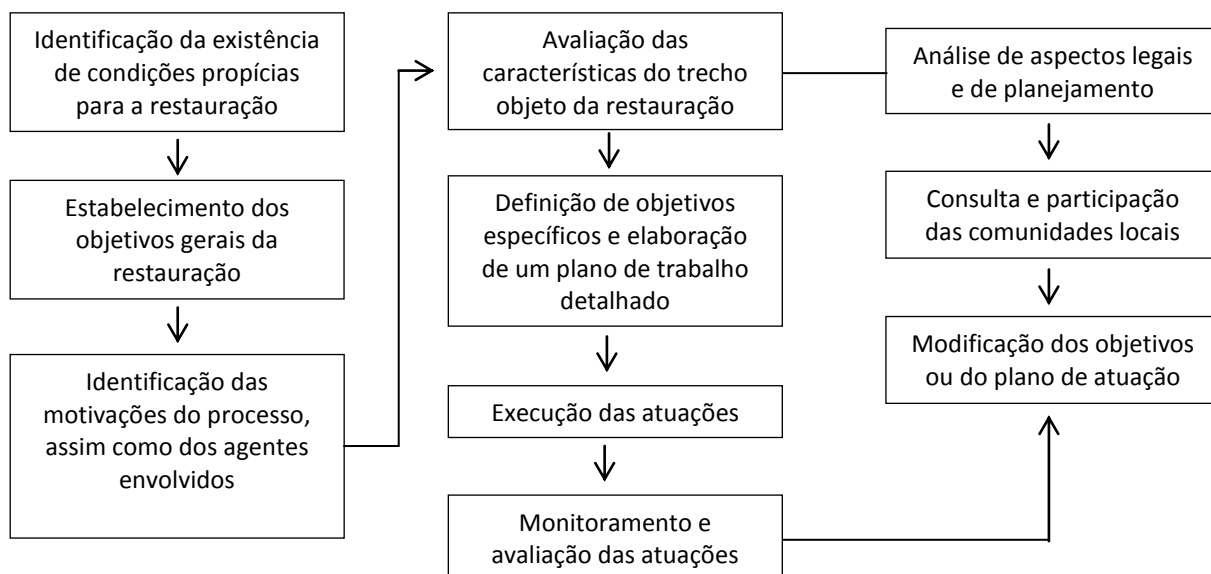


Figura 7.8 – Etapas do processo de restauração fluvial (Fonte: MAS, 2008 adaptado de EADES *et al*, 2003)

Como pode ser observado, a abordagem em questão basicamente orienta *o que* deve ser realizado, mas não *de que maneira*. Dessa forma, não são considerados (ou sugeridos) procedimentos ou métodos de análise para a consecução das etapas propostas, o que lhe confere elevado grau de subjetividade.

Também no caso do esquema proposto por Espanha (2007), ilustrado na Figura 7.9, não fica explícito como algumas etapas devem ser empreendidas, notadamente quanto à determinação da condição de referência e da imagem objetivo do projeto.

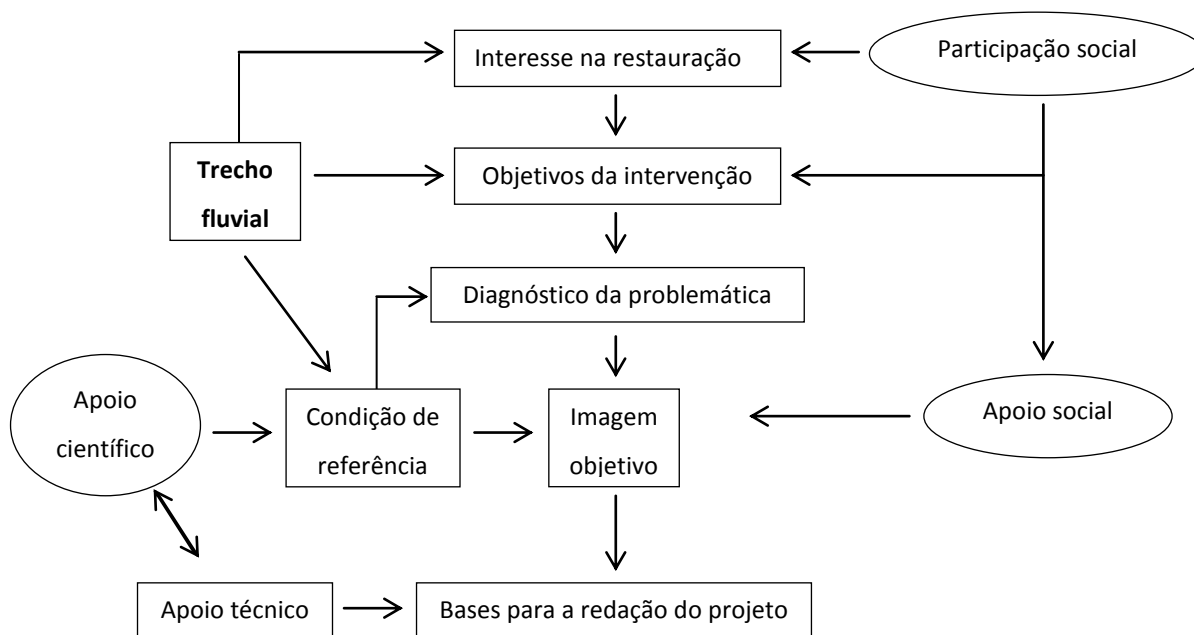


Figura 7.9 – Esquema da sequência de fases propostas para o estabelecimento das bases de um projeto de restauração de um dado trecho fluvial, contando com a participação pública e o suporte técnico-científico (Fonte: adaptado de ESPANHA, 2007)

A proposta de Woolsey (2007), por sua vez, apresenta uma maior estruturação do procedimento de análise, assim como a inserção de novas variáveis ao processo, a exemplo de limitações políticas (Figura 7.10).

Ainda, assim como a abordagem anterior, trabalha com o conceito de imagem (ou condição) de referência para nortear a composição de alternativas. Contudo, não ficam definidos os meios para se proceder a comparação de alternativas (*Fase de Estudos Preliminares*) nem as maneiras para avaliação do projeto (*Fase de Planejamento do Projeto*).

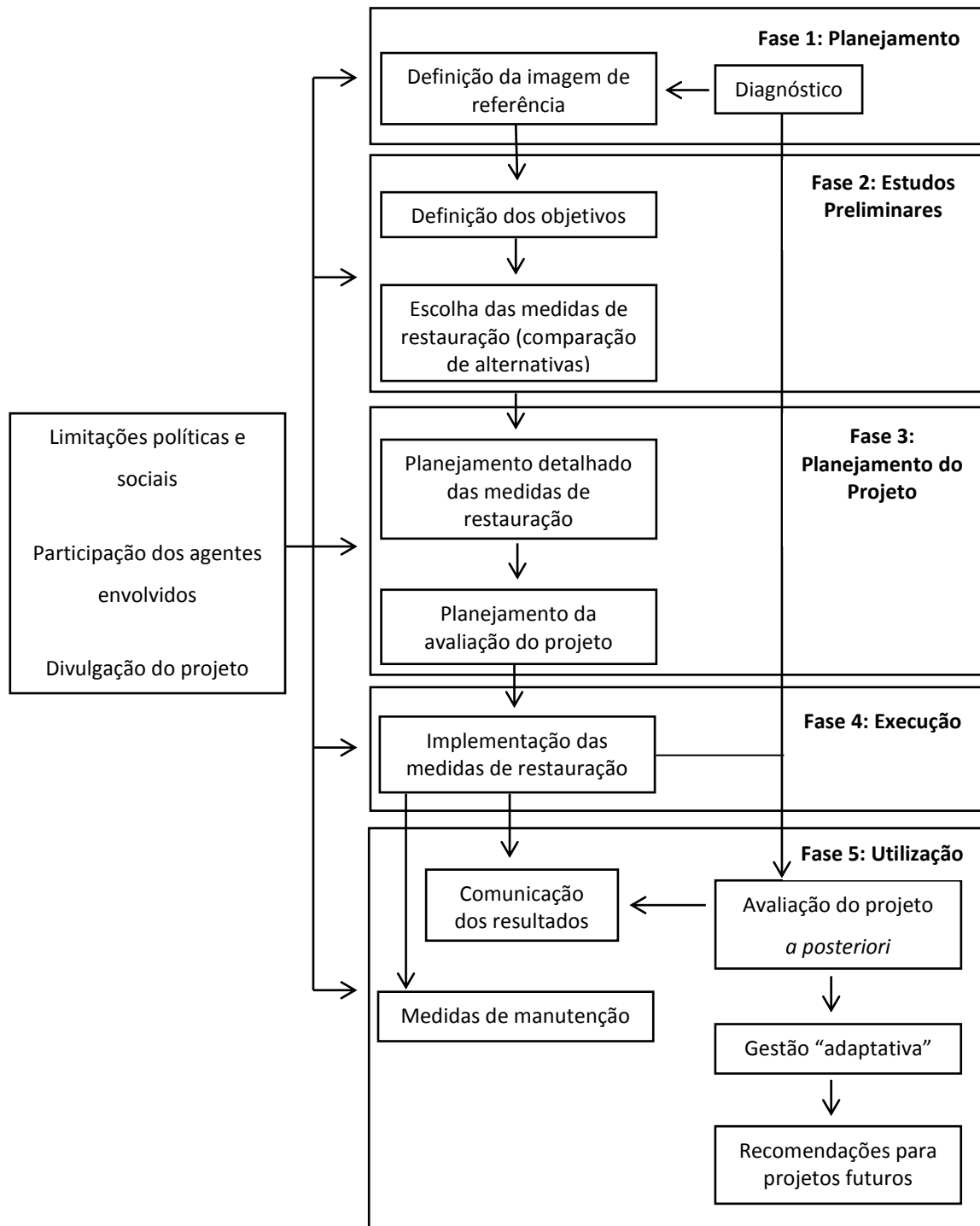
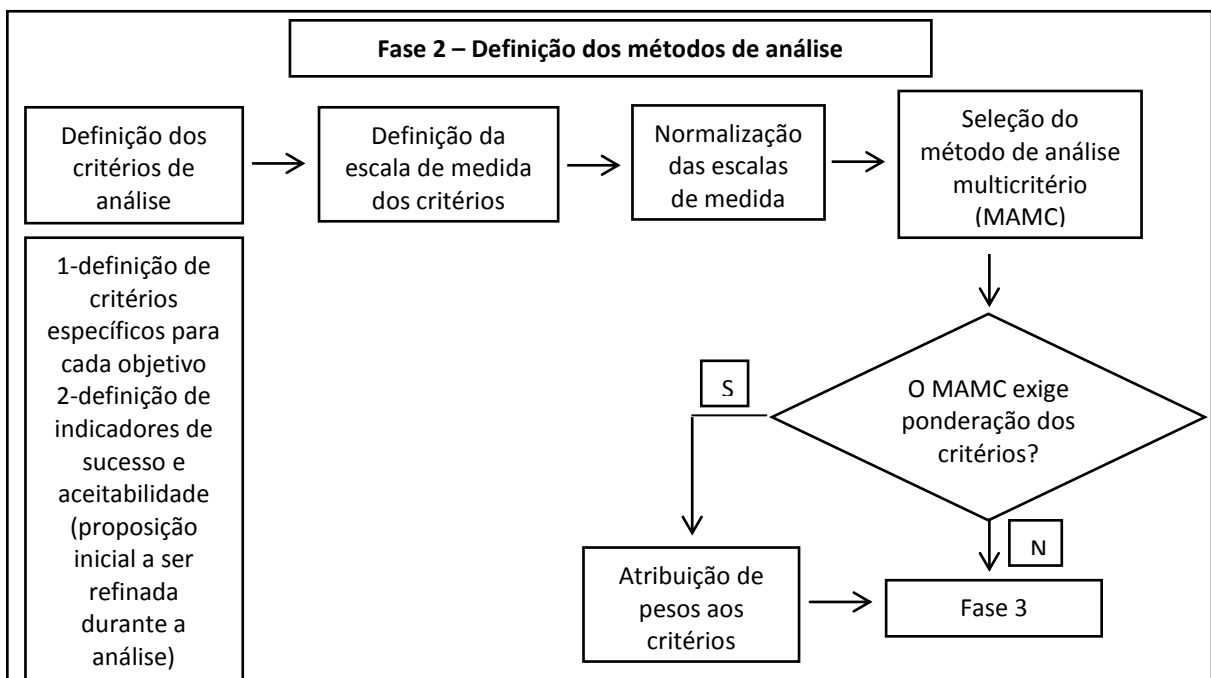
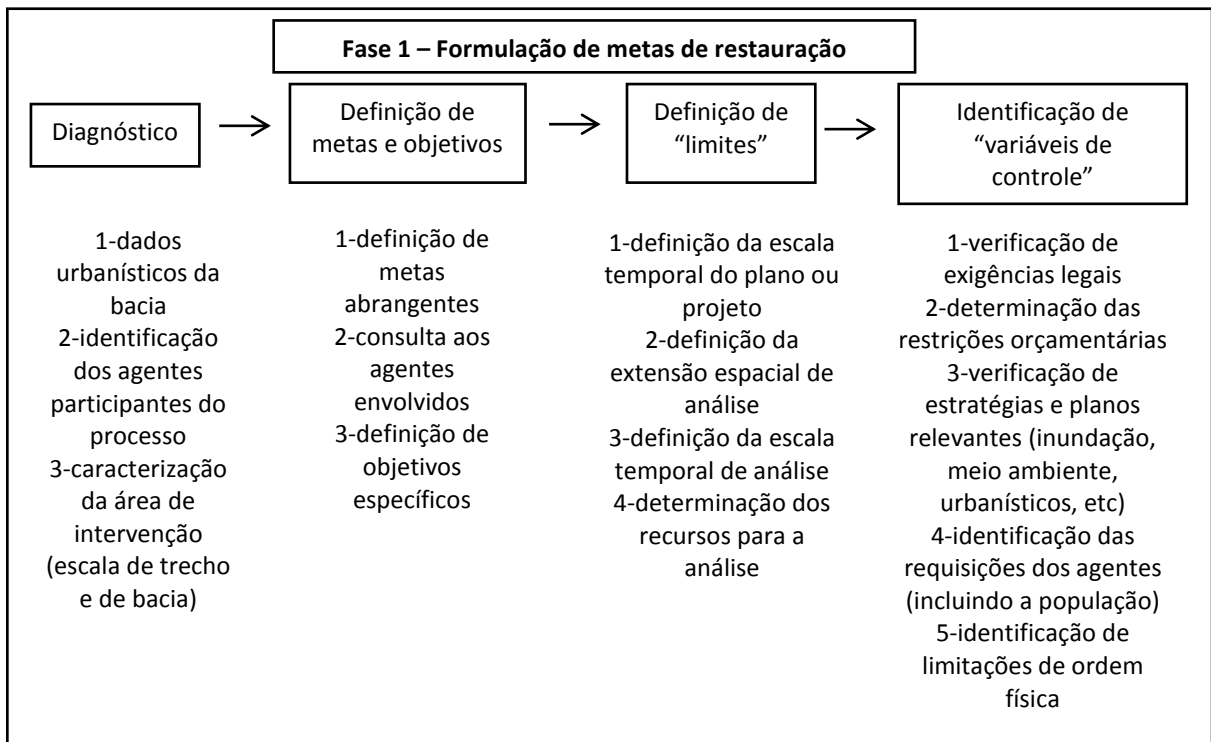


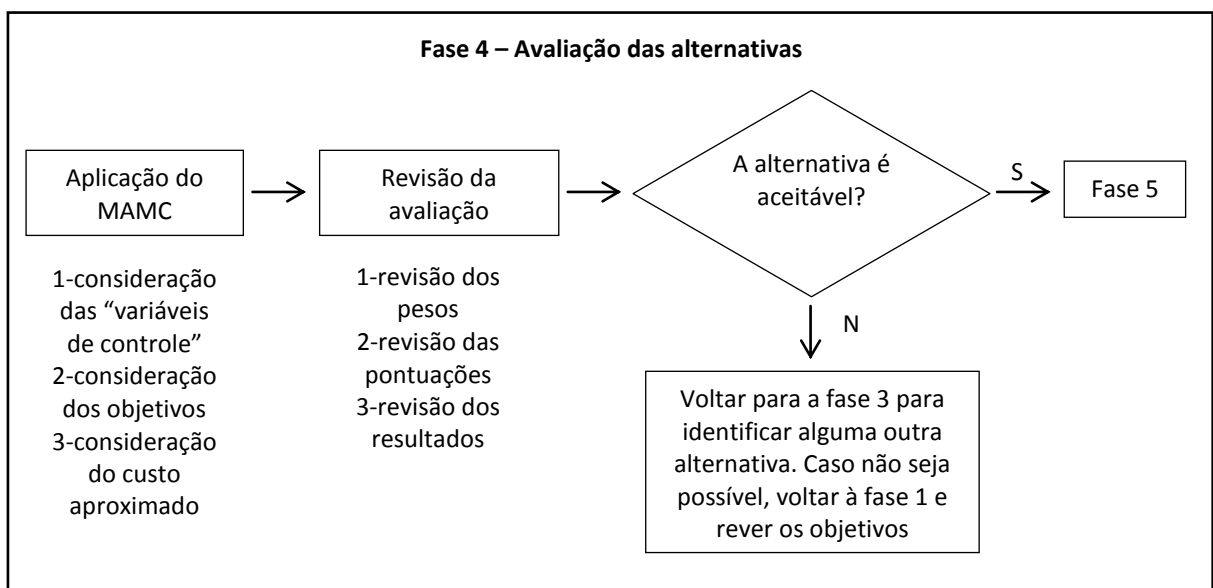
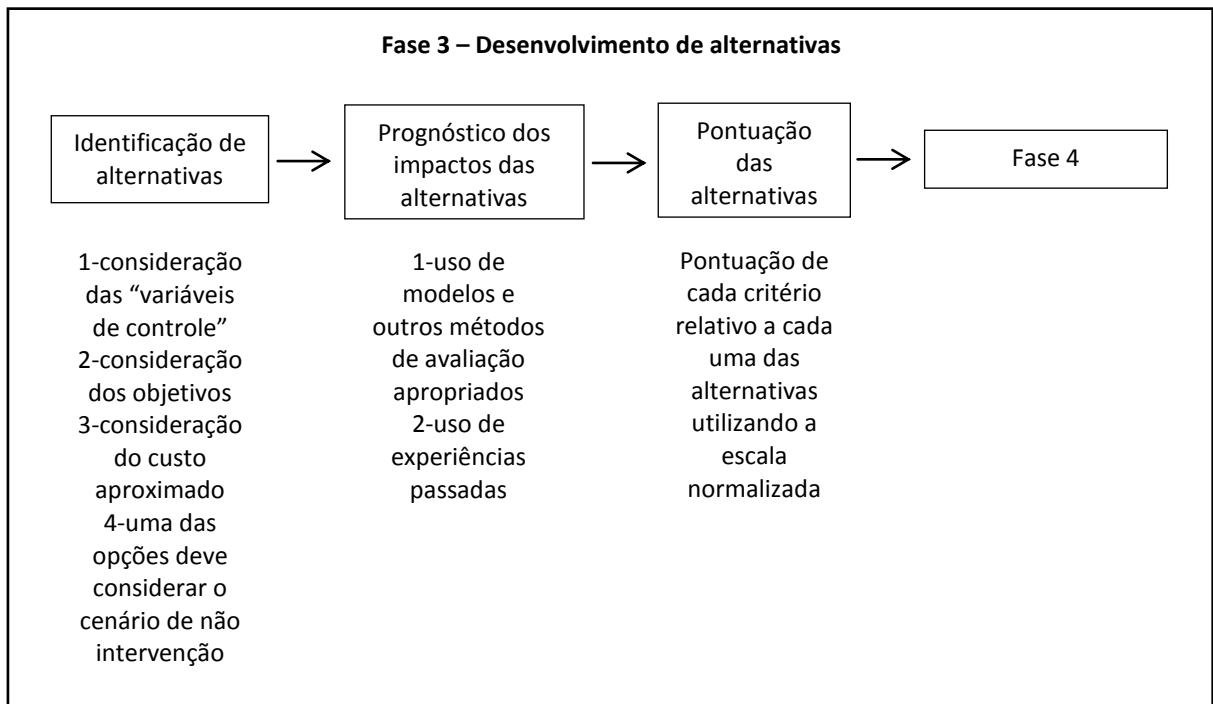
Figura 7.10 – Etapas e aspectos a serem considerados em processos de restauração de cursos de água (Fonte: adaptado de WOOLSEY, 2007)

As três abordagens anteriormente apresentadas, apesar do seu foco na restauração de cursos de água, podem ter sua aplicação estendida a intervenções com outros objetivos, o que permite que as críticas levantadas lhes sejam também atribuídas. Nesse sentido, as maiores

lacunas encontradas – e que devem ser suprimidas por qualquer abordagem voltada para a estruturação desse tipo de processo – estão na falta de orientação/objetividade quanto à consecução das etapas propostas.

Desse modo, faz-se fundamental a determinação dos procedimentos a serem adotados para a realização de diagnósticos, concepção e análise de alternativas de projeto, avaliação de resultados, etc. Uma abordagem mais abrangente nessa direção foi proposta por URBEM (2005a), representada nos quadros da Figura 7.11 a seguir.





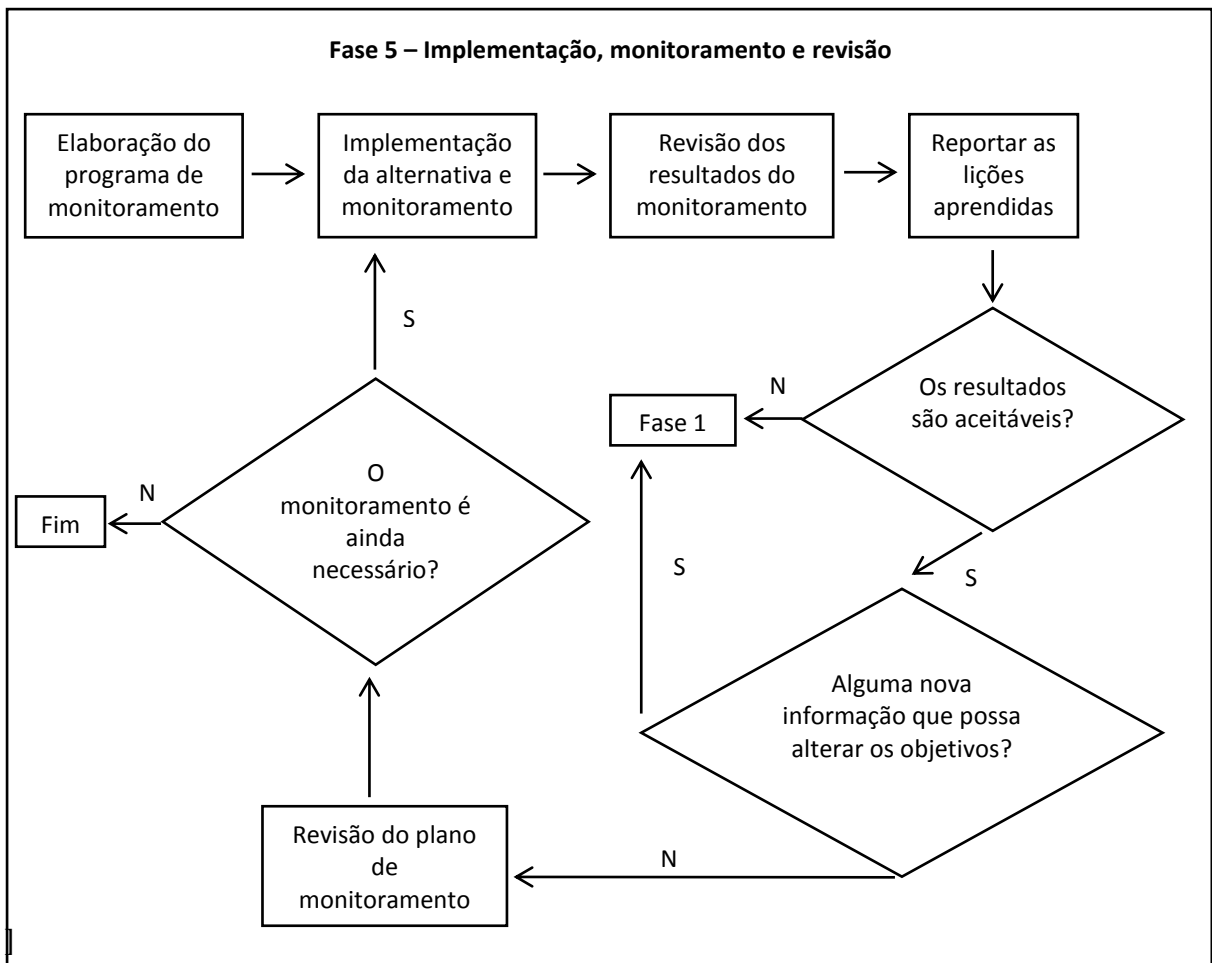


Figura 7.11 – Etapas do processo de restauração de cursos de água como ferramenta de auxílio à formulação, avaliação e monitoramento de alternativas (Fonte: adaptado URBEM, 2005a)

A estruturação do processo metodológico de restauração de cursos de água proposta pelo URBEM (2005a) apresenta-se bastante elaborada, com clara definição dos procedimentos a serem realizados em cada fase e sua explicação detalhada em documentos específicos, elaborados no âmbito do projeto (ver www.urbem.net para acesso a toda documentação).

É interessante notar que a abordagem em questão considera o processo de intervenção desde o diagnóstico inicial da área de estudo até o monitoramento da alternativa adotada, passando pela priorização de objetivos e pelas fases de identificação, avaliação e comparação das soluções propostas, sempre pautadas em análises multicritério.

No tocante à priorização dos objetivos, fica a cargo dos participantes do processo atribuir notas a cada um deles, totalizando 1 ponto, de acordo com seu grau de importância relativo. Após essa atribuição de notas e a ponderação da sua média, as mesmas devem ser discutidas e, se necessário, reconsideradas.

A pontuação de cada objetivo deve, então, ser multiplicada por aquela relativa aos indicadores que os compõem, de forma que as soluções propostas possam ser comparadas quanto ao atendimento dos objetivos considerados. Um exemplo desse procedimento é apresentado na Tabela 7.6, que ilustra um caso de intervenção pautada em três objetivos: melhoria da aparência do curso de água, das suas condições de acesso/uso público e da qualidade da água. As escalas de pontuação e os respectivos critérios para avaliação dos indicadores propostos são apresentados na Tabela 7.7.

Tabela 7.6 – Pontuação dos objetivos e de seus respectivos indicadores para quatro alternativas de intervenção em um dado curso de água

Objetivo	Nota	Indicador	Alternativas			
			#1	#2	#3	#4
			Pontuação dos indicadores			
Melhoria da aparência	0,40	Sinuosidade	4	4	4	4
		Revestimento da calha	1	4	4	4
Melhoria das condições de acesso/uso público	0,45	Zonas de contato	6	6	8	6
		Uso público ao longo das margens	3	3	10	1
Melhoria da qualidade da água	0,15	Qualidade da água	1	1	1	9
Total (Σ nota indicador x nota objetivo)			6,2	7,4	11,45	7,7

Fonte: adaptado de URBEM (2005a)

Tabela 7.7 – Critérios de análise e escala de pontuação de indicadores para avaliação de alternativas quanto ao seu atendimento aos objetivos da intervenção

Objetivo	Indicador	Critério de avaliação	Escala de pontuação
<i>Melhoria da aparência</i>	Sinuosidade	Sinuosidade=1	1
		Sinuosidade=1,02	2
		Sinuosidade=...	...
		Sinuosidade=1,18	10
	Revestimento da calha	Leito e margens verticais em concreto	1
		Leito natural e margens verticais em concreto	4
		Leito em concreto e margens semi-naturais	6
		Leito e margens naturais	10
<i>Melhoria das condições de acesso/uso público</i>	Zonas de contato	Existentes	1
		1 ponto de contato	2
		2 pontos de contato	4
		3 pontos de contato	6
		4 pontos de contato	8
		5 pontos de contato	10
	Uso público ao longo das margens	Sem alterações	1
		Trilha para caminhada ao longo de uma margem	3
		Trilha para caminhada ao longo de ambas as margens	4
		Trilhas associadas a áreas de parque Trilhas associadas a áreas de parque, com locais para sentar e presença de cafeterias	6 10
<i>Melhoria da qualidade da água</i>	Qualidade da água	Ruim	1
		Pobre	2
		Moderada	8
		Boa	9
		Elevada	10

Fonte: adaptado de URBEM (2005a)

Conforme apresentado, as diferentes alternativas de intervenção podem ser comparadas pela sua pontuação total ou por uma apreciação individual de cada objetivo ou indicador.

Esse tipo de análise inicial – a ser posteriormente contraposta aos custos de intervenção – apresenta-se extremamente interessante, notadamente no que tange a possibilidade de estreitamento do diálogo entre os atores envolvidos no processo. De fato, o resultado dessa análise preliminar permite uma avaliação *a priori* da magnitude dos benefícios a serem alcançados por cada solução proposta, facilitando a sua avaliação e comparação.

Todavia, no que tange a pontuação dos indicadores, fica subjacente que todas as alternativas sempre atendem, em maior ou menor grau, os objetivos de intervenção propostos. Desse modo, todas as soluções são positivamente pontuadas, sendo o pior cenário caracterizado pela manutenção do quadro diagnosticado. Todavia, é possível que o atendimento a um dado

objetivo somente seja viável com a piora de determinados indicadores, como, por exemplo, no caso da necessidade de canalização em concreto da seção de um curso de água natural para cumprimento dos requisitos de proteção contra inundações.

Ainda, em certas situações, será possível que importantes impactos decorrentes da adoção das alternativas propostas não sejam considerados nas análises, por não serem afetos aos objetivos da intervenção. No caso do exemplo anterior, se fosse mantido apenas o objetivo de melhoria da aparência do curso de água, as implicações sobre outros critérios – como capacidade hidráulica, acessibilidade, etc – não seriam analisadas.

7.4.2 Panorama nacional

Ao contrário do observado no cenário internacional, no panorama brasileiro não foram encontradas metodologias formalizadas para a estruturação do processo de intervenção em cursos de água, o que evidencia um descompasso entre o Brasil e alguns países estrangeiros no tocante a estudos e avanços nessa área.

No caso nacional, observa-se que os setores das administrações públicas municipais responsáveis pela execução de obras de drenagem e de urbanização, assim como consultores e projetistas, não têm consolidado um procedimento formal que oriente a concepção, análise e seleção de alternativas de intervenção em rios e córregos. Conforme avaliação da autora em relação ao que transcorre nas cidades de São Paulo e Belo Horizonte, o referido processo se dá de maneira pulverizada, levando em conta apenas algumas das etapas do processo de decisão representado no fluxograma da Figura 7.12.

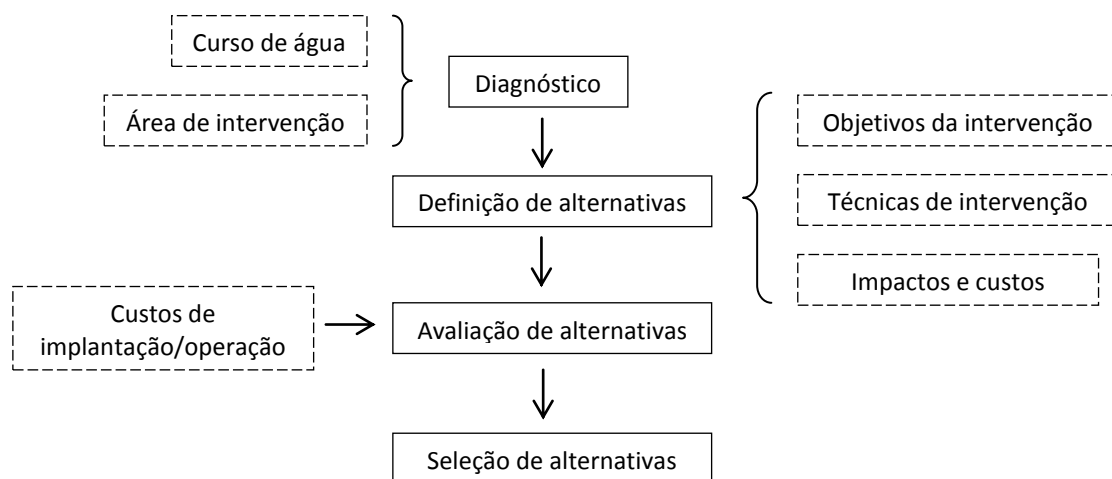


Figura 7.12 – Etapas relacionadas ao processo de concepção, análise e seleção de alternativas de intervenção em cursos de água urbanos no panorama das cidades de São Paulo e Belo Horizonte

A organização e realização das etapas apresentadas, contudo, dificilmente acontecem na íntegra e de forma linear. O que se observa, mais nitidamente, é a estruturação dos processos de intervenção segundo demandas de licenciamento ambiental e de outorga, que estabelecem os requisitos para a obtenção de licenças junto aos órgãos competentes.

No caso de Belo Horizonte, por exemplo, os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) exigem do empreendedor – seja ele um ente público ou privado – um levantamento das condições físicas, bióticas e antrópicas do local da intervenção e da sua área de influência, além do prognóstico dos impactos associados à adoção das alternativas propostas e a definição de medidas mitigadoras e/ou compensatórias. No entanto, os Termos de Referência emitidos pela Secretaria de Meio Ambiente com as orientações para a realização dos referidos estudos não fazem qualquer menção a procedimentos voltados para a concepção, análise e seleção das alternativas, cabendo ao responsável técnico pelo trabalho a definição de como encaminhar a questão.

Em muitos casos, o que se sucede é a elaboração de estudos de impacto para alternativas de intervenção previamente já concebidas/selecionadas, servindo o EIA apenas para atestar a viabilidade de sua implantação. Em muitos casos, os diagnósticos realizados são pouco explorados na concepção das soluções propostas, assim como a sua avaliação geralmente recai em análises de custo-benefício. Por vezes, a impressão que se tem é de que os trabalhos

em questão são meramente burocráticos, não estudando, de maneira aprofundada, diferentes possibilidades de intervenção.

Ainda, em função dos objetivos e interesses norteadores do processo, o diagnóstico de uma dada área poderá assumir posição de maior ou menor relevância, sendo determinante no delineamento das propostas ou relegado a um plano secundário, não necessariamente se constituindo em entrave para a implementação de alternativas pouco condizentes com a realidade e anseios locais.

Apesar das críticas anteriores, o exemplo que se discute a seguir trata-se de um interessante estudo realizado para uma área de ocupação irregular do município de Belo Horizonte, a qual demandava a solução integrada de problemas de drenagem, esgotamento sanitário e circulação viária, além do controle da ocupação de áreas de risco.

Num primeiro momento, foram propostas três alternativas de intervenção, seguindo as diretrizes do projeto e o diagnóstico das condições locais, assim como os resultados dos estudos hidrológicos/hidráulicos realizados para a área. Após essa concepção inicial – efetuada para diferentes trechos do curso de água –, a viabilidade de implementação das soluções propostas foi realizada sob uma perspectiva abrangente, considerando uma análise preliminar dos aspectos positivos e negativos associados a cada uma delas.

A compatibilização dos custos relativos a cada intervenção – estimando micro e macrodrenagem, contenção e sistema viário, áreas de uso social, esgotamento sanitário e desapropriações – com a análise preliminar de impactos determinou a escolha pela alternativa adotada. Contudo, as avaliações e comparações realizadas, mesmo que embasadas em justificativas coerentes, não se pautaram em um método estruturado para tal finalidade.

Também um estudo comparativo de diferentes técnicas para intervenção na calha não foi apresentado, não sendo possível avaliar as implicações, positivas e negativas, associadas a cada uma delas.

A Figura 7.13 ilustra as alternativas estudadas, cujas maiores diferenças se encontram na estruturação/porte do sistema viário marginal ao córrego, na implantação de uma bacia de retenção de cheias e no número de desapropriações necessárias.

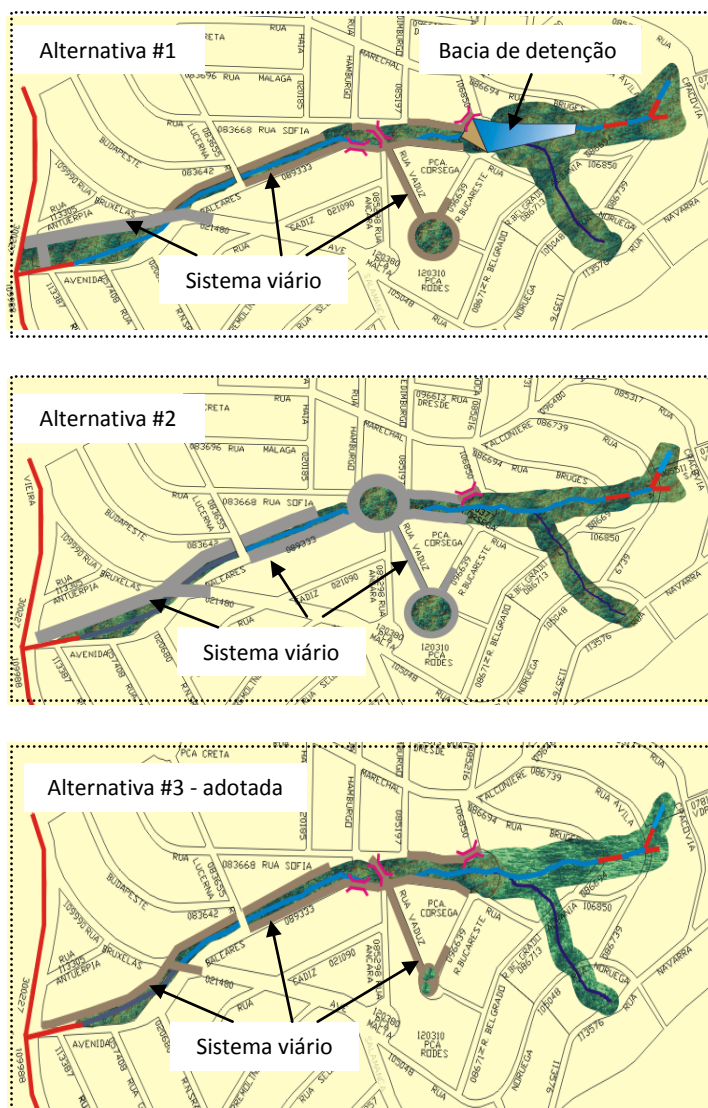


Figura 7.13 – Diferentes alternativas de intervenção propostas para o Córrego Baleares (Fonte: SEEBLA, 2004)

No âmbito dos órgãos públicos municipais que têm relação direta com esse tipo de intervenção urbana – como as Secretarias de Planejamento, Habitação, Obras e Meio Ambiente – também são visíveis os impasses decorrentes da falta de entendimento quanto às diretrizes e leis que devem nortear as intervenções. No caso da Prefeitura Municipal de São Paulo, tais conflitos são evidentes nas intervenções em áreas ocupadas por assentamentos informais, onde as complexas demandas de intervenção previstas pela Secretaria de Habitação (SEHAB) se chocam com exigências da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA) pela recuperação de APPs ao longo dos cursos de água (conforme previsto no Código Florestal Brasileiro – Lei 4.771/1965). Ao mesmo tempo, o Código de Obras do município prevê

critérios específicos para o cálculo dessas faixas marginais, consideradas apenas como não edificáveis.

Esse quadro de desarticulação interna dentro dos próprios órgãos gestores aponta uma fragilidade de muitas administrações públicas brasileiras no tocante à condução dos processos de intervenção em rios e córregos urbanos. Associado à falta de uma sistemática formalizada que oriente tal processo e ao fato de que dele participam, de forma pouco entrosada, inúmeros atores – técnicos das prefeituras, projetistas das mais diversas áreas, consultores, etc – o cenário apresentado se mostra fragmentado.

Como consequência, os estudos e análises das referidas intervenções são também conduzidos em bases fragmentadas e pouco estruturadas. Conforme já mencionado, o esquema da Figura 7.12 é raramente concluído na sua totalidade ou realizado com o uso de ferramentas que auxiliem a análise integrada e de importância das múltiplas variáveis consideradas, ilustradas em maior nível de detalhe na Figura 7.14.

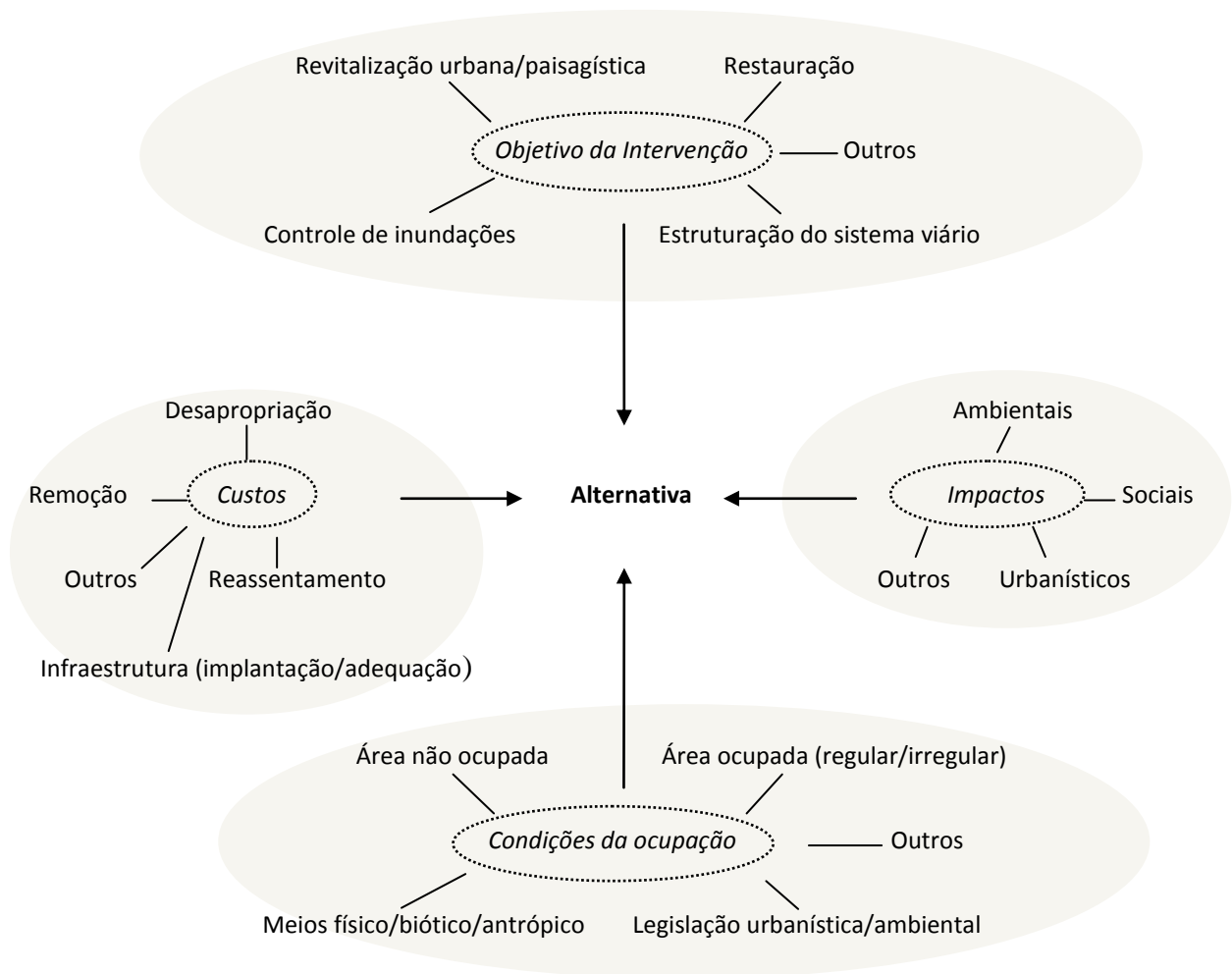


Figura 7.14 – Aspectos geralmente considerados na proposição e seleção de alternativas de intervenção em cursos de água nas cidades brasileiras

De acordo com a representação da figura anterior, os diversos critérios que devem nortear a concepção, análise e seleção de alternativas não se encontram divididos em etapas ou estruturados em uma sequência linear, variando caso a caso o seu procedimento de análise, assim como o nível de importância de cada um dos quesitos considerados.

Quanto à definição das soluções tecnológicas para intervenção no leito e margens, observa-se, na prática, a sua escolha geralmente pautada na facilidade de execução e custos das obras. A sua manutenção ao longo da vida útil, apesar da significativa importância que representa no tocante aos aspectos de desempenho e custos, recebe pouca atenção, sendo usualmente desconsiderada da análise.

Geralmente, a capacidade hidráulica, os aspectos geológicos/geotécnicos, o espaço disponível para execução da obra e questões afetas à mão de obra e equipamentos são critérios

contemplados na escolha da solução tecnológica. Contudo, a sua apreciação geralmente não se pauta em abordagens de avaliação multicriterial, não permitindo, portanto, uma comparação mais consistente das alternativas.

Ao mesmo tempo, não é raro observar a escolha pela solução técnica precedendo a proposição da alternativa de intervenção no fundo de vale, o que aponta para uma notável inversão de toda a lógica do processo de decisão. No panorama brasileiro, esse tipo de situação é recorrente, com a fase de execução de obras assumindo dimensão relativamente maior do que a etapa de elaboração de projetos, que vai se adequando às necessidades e ao cronograma da obra.

7.5 *Análise multicriterial de intervenções em cursos de água*

Em vista da multiplicidade de aspectos que se conjugam para subsidiar a concepção de alternativas para intervenção em cursos de água, a sua seleção não pode se pautar em análises de critério único. Ao contrário, a escolha por determinada solução deve envolver a consideração de inúmeros aspectos, o que torna complexa a etapa de decisão.

Em muitos casos, os aspectos envolvidos podem se apresentar contraditórios – com a melhoria de um deles implicando na piora de outro – gerando uma situação de conflito no processo decisório. Esse quadro explicita a necessidade do emprego de métodos multicriteriais de auxílio à decisão – ou de análises multicritério –, que permitem que diversos critérios, mesmo que não mensuráveis na mesma escala, sejam avaliados.

Desse modo, em face de um problema multicriterial, a escolha de uma solução se baseia na agregação de um conjunto de indicadores, podendo se fundar em matemática explícita – tendo como resultado um critério de síntese, ou um índice – ou na comparação dos indicadores por pares. Na análise de intervenções em rios e córregos urbanos, o primeiro procedimento apresenta-se bastante interessante, permitindo, por exemplo, a composição de um *Índice de Desempenho*, viabilizando, assim, uma análise de desempenho-custo das alternativas propostas.

Para a consecução das referidas análises multicritério existe uma diversidade de métodos, que devem ser escolhidos em função da sua simplicidade e facilidade de aplicação, em consonância com o problema a ser resolvido e com a fase de estudos na qual estão inseridos.

Neste trabalho, a composição de índices – Índice de Impacto e Índice de Atendimento aos Objetivos da Intervenção – se baseia no Método da Ponderação, que permite a agregação de diferentes atributos dentro de uma única função, formando um único valor. A análise dos valores obtidos para cada índice, juntamente com os custos associados a cada solução, apresenta-se, portanto, subsídio essencial na seleção da alternativa a ser adotada, conforme se discute no próximo capítulo.

7.6 Considerações finais

Intervenções em cursos de água urbanos implicam na necessidade de estruturação de procedimentos metodológicos que orientem as etapas de concepção, análise, comparação e seleção de alternativas.

Para tanto, é fundamental que as bases conceituais relativas à questão, notadamente no que tange o cenário das cidades, sejam discutidas e consolidadas, de forma que as análises a serem realizadas possam reduzir a complexidade de aproximação entre conceito e aplicação prática.

Notadamente no que tange a restauração, observa-se a significativa dificuldade de aplicação do seu conceito, segundo as abordagens geomorfológicas e ecológicas tradicionais, ao contexto de áreas urbanizadas. Nesses casos, diversas outras variáveis devem ser consideradas na elaboração das propostas, o que torna os procedimentos de análise ainda mais complexos.

Ao contrário do panorama brasileiro, no cenário internacional existem interessantes propostas voltadas para a estruturação de processos de restauração e intervenção em cursos de água. No caso dos exemplos apresentados, um considerável ponto positivo se volta para a inclusão da população em processos participativos, notadamente nas fases de definição de metas e objetivos de intervenção. Todavia, à parte a proposta do URBEM, as demais não indicam procedimentos ou métodos para a consecução das suas etapas, a exemplo da determinação de cenários de referência, avaliação e comparação de alternativas.

Nesse quadro, apesar dos importantes avanços observados, existem diversas lacunas a serem ainda preenchidas com vistas à construção de uma ferramenta consistente para estruturar e auxiliar a consecução das etapas de um processo decisório, principalmente considerando-se a multiplicidade de critérios envolvidos. O Capítulo 8, a seguir, propõe uma abordagem metodológica com essa finalidade, amplamente ancorada nas propostas discutidas neste capítulo e nos precedentes, incorporando aspectos como a priorização dos objetivos da intervenção, proposição de indicadores, emprego de método de análise multicritério e inclusão da população em partes do processo de tomada de decisão.

8 METODOLOGIA PROPOSTA PARA ORIENTAÇÃO DE PROCESSOS DECISÓRIOS RELATIVOS A INTERVENÇÕES EM CURSOS DE ÁGUA URBANOS

8.1 *Introdução*

A partir das lacunas encontradas nos procedimentos de auxílio à concepção, análise e seleção de alternativas de intervenção em rios e córregos urbanos, é proposta uma metodologia com vistas a estruturar as etapas envolvidas em processos decisórios multicriteriais, notadamente daqueles relacionados às operações urbanísticas que apresentem interferências ou impliquem em intervenções diretas nos cursos de água, orientando a sua análise na fase de estudos preliminares.

O seu desenvolvimento se amparou na avaliação de situações recorrentes em áreas urbanas, considerando os objetivos que geralmente norteiam as intervenções (ligados direta ou indiretamente aos cursos de água), o estado de degradação ou antropização dos sistemas fluviais (canalizados ou leito natural) e os condicionantes do meio urbano.

Grande parte dessas observações foi realizada tendo por base cursos de água de pequeno porte (córregos e ribeirões), inseridos em bacias hidrográficas com pequena área de drenagem. Esse cenário de análise reduz a complexidade das avaliações em relação a áreas maiores, tanto no que diz respeito às condições dos sistemas fluviais quanto às do meio urbano. Portanto, a utilização da metodologia proposta é mais aplicável em casos de intervenções em ambientes que apresentem as características ora mencionadas, notadamente dentro da escala de corredor fluvial.

A seguir, a metodologia em questão é discutida em dois momentos – um mais breve, voltado para a sua apresentação geral, e outro mais detalhado, onde se discute, em maior profundidade, cada uma das etapas propostas.

8.2 *Considerações preliminares sobre a metodologia proposta*

A metodologia proposta neste trabalho com vistas a subsidiar o processo de concepção, análise, comparação e seleção de alternativas de intervenção em cursos de água urbanos difere

daquelas comentadas no Capítulo 7 em termos de escopo e conteúdo, considerando a incorporação de novas etapas e a proposição de formas diferenciadas de avaliação. O seu fluxograma sintético é apresentado na Figura 8.1.

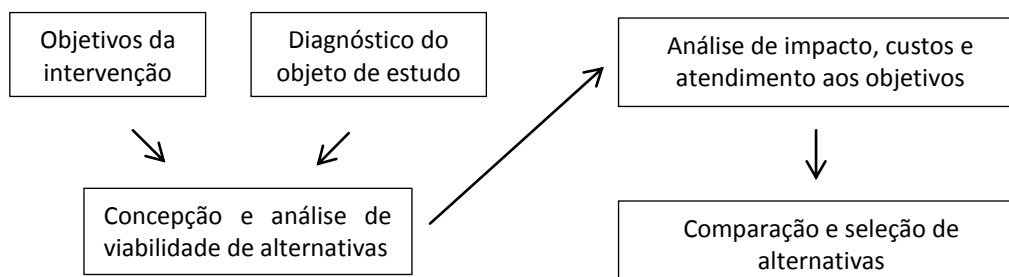


Figura 8.1 – Fluxograma sintético da metodologia proposta

A seguir, cada etapa da metodologia é comentada de maneira sucinta.

Etapa Determinação dos objetivos de intervenção

Neste momento devem ser claramente definidos os objetivos norteadores da intervenção, assim como estabelecida a relação de importância entre os mesmos.

Etapa Diagnóstico

Esta etapa consiste no levantamento de aspectos fluviais e ambientais do curso de água e de características urbanas da sua área de inserção, notadamente quanto ao uso e ocupação do solo.

Etapa Concepção e Análise de viabilidade de alternativas

A concepção de alternativas para intervenção na área de estudo será realizada com base na compatibilização entre os objetivos da operação urbana e o cenário diagnosticado. Em seguida, as soluções concebidas devem ser analisadas quanto à sua viabilidade urbanística e tecnológica de implantação, considerando-se aspectos econômicos, legais, sociais e políticos, assim como as tecnologias disponíveis para intervenção na calha do curso de água.

Etapa Análise de impacto, custos e atendimento aos objetivos

Cada uma das alternativas estabelecidas e aprovadas na etapa anterior deverá ser analisada segundo indicadores de impacto, custos gerais e grau de atendimento aos objetivos propostos.

Etapa Comparação de alternativas

A comparação das alternativas deverá se proceder por meio do auxílio de gráficos que consigam representar, de forma clara, os resultados obtidos na etapa anterior, para as três dimensões de análise consideradas.

Etapa Seleção de alternativas

A seleção da alternativa a ser adotada caberá ao decisor, com bases nos resultados obtidos nas etapas precedentes em sintonia com questões de outras naturezas, alheias aos aspectos anteriormente contemplados, tais como orçamento disponível, cronograma de implantação, avaliação política, etc.

O fluxograma detalhado da metodologia proposta – a ser empregada em escala de corredor fluvial – é apresentado na Figura 8.2, sendo cada uma das suas etapas discutida na sequência.

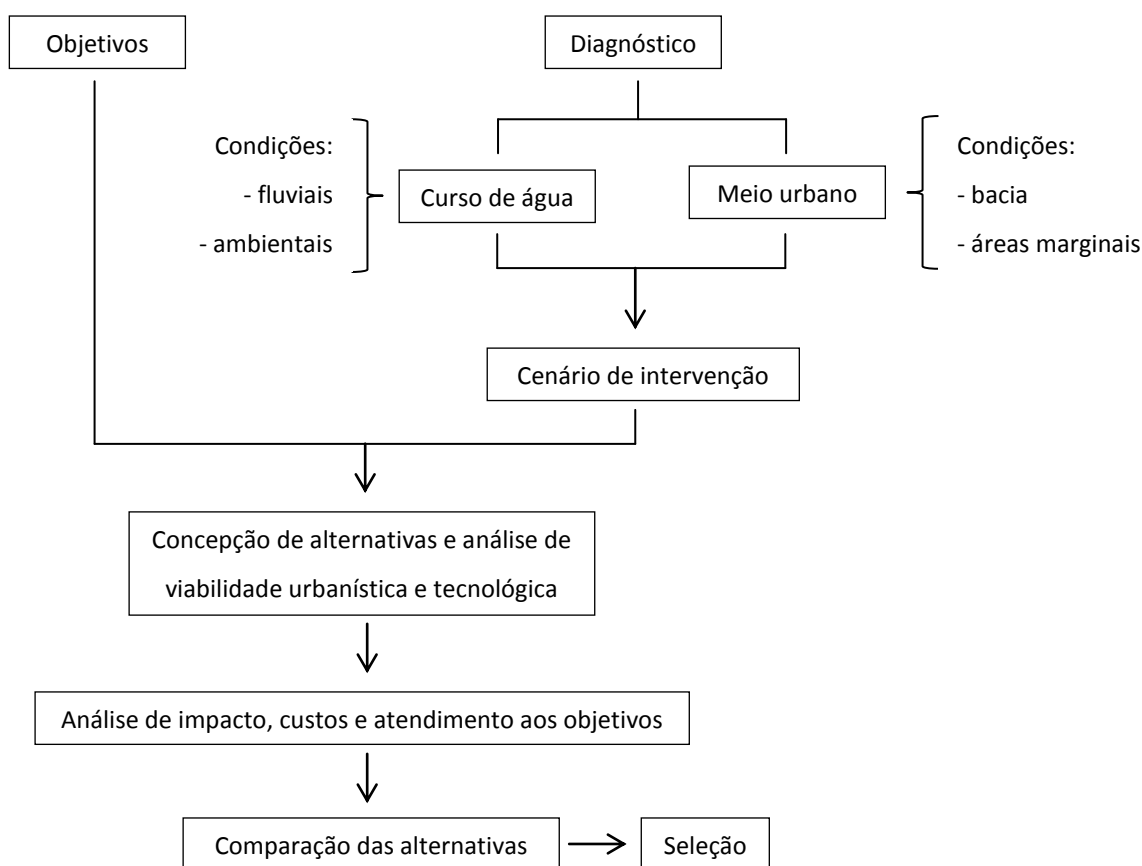
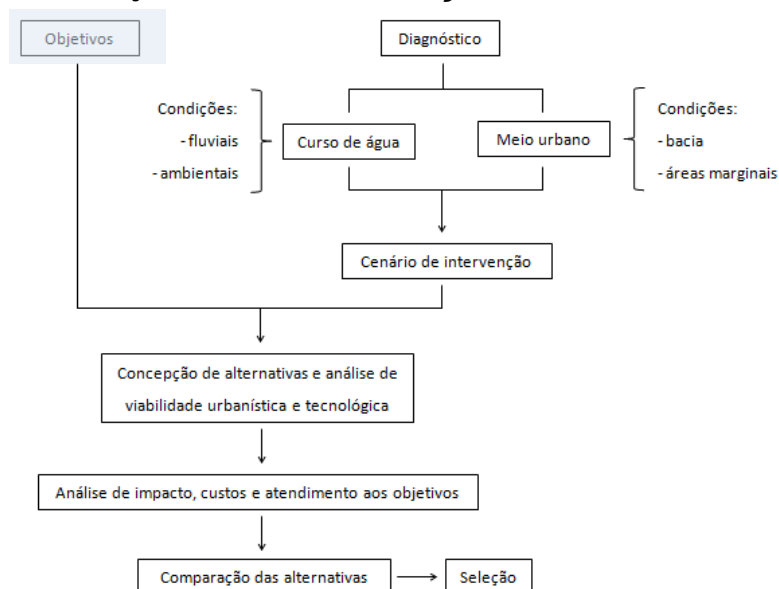


Figura 8.2 – Fluxograma detalhado da metodologia proposta

8.3 Etapa Determinação dos objetivos de intervenção



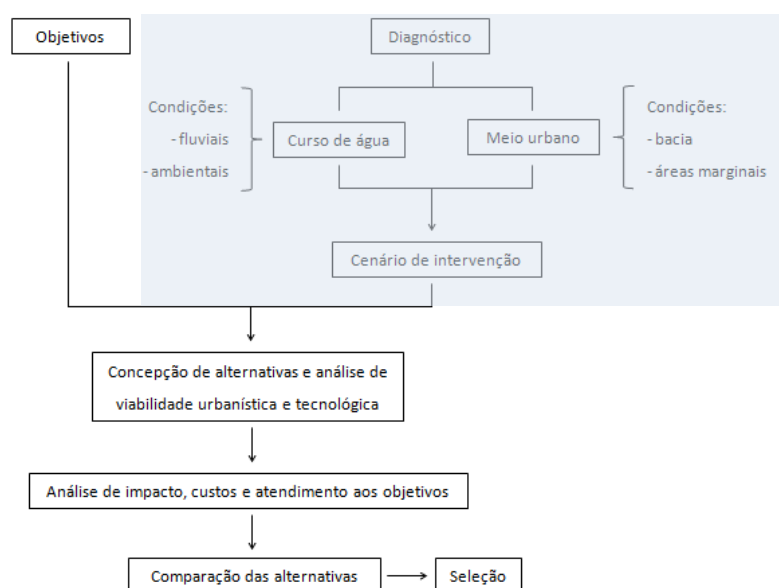
Em áreas urbanas, as intervenções em cursos de água podem ser fruto dos mais variados objetivos, ligados direta ou indiretamente ao curso de água e associados ou não à premissa de restauração. O controle de enchentes, a necessidade de implantação de infraestrutura (sistema viário, redes de esgotamento sanitário, etc) e a criação de áreas de lazer são exemplos de demandas recorrentes. Em quaisquer dos casos, o tipo e a magnitude dos impactos aos quais estará sujeito o curso de água poderão estar intimamente associados ao grau de atendimento dos objetivos propostos, o que conduzirá à concepção de diferentes alternativas.

Desse modo, é fundamental que os mesmos estejam claramente definidos, assim como a importância relativa entre eles (havendo mais de um). Nesse caso, é imprescindível a participação interativa dos agentes ou representantes dos diversos segmentos envolvidos com a intervenção, de modo que os interesses de cada um sejam devidamente discutidos e considerados. Para tanto, a priorização, ordenamento e/ou ponderação dos objetivos é uma estratégia interessante a ser levada em conta nesta etapa (ver URBEM, 2005a), uma vez que, além de nortear a elaboração de alternativas, assumirá papel crucial na etapa relativa à comparação das soluções propostas, principalmente no que se refere à avaliação do seu grau de atendimento.

Diante desse quadro, fica explícita a necessidade de estabelecimento de objetivos claros de intervenção, assim como de eventuais premissas, de maneira que as soluções a serem

concebidas possam compatibilizar as demandas de projeto (hidráulicas, urbanísticas, sociais, ambientais, etc) com a realidade da área de estudo.

8.4 Etapa Diagnóstico



8.4.1 Diagnóstico do curso de água

O diagnóstico das condições fluviais e ambientais do curso de água deve ser realizado para trechos homogêneos, partindo de um contexto mais amplo, conforme a sequência de etapas ilustrada na Figura 8.3.

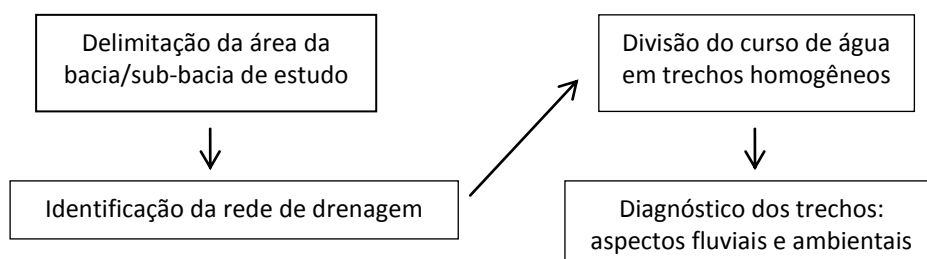


Figura 8.3 – Etapas metodológicas para avaliação das condições de degradação de cursos de água (adaptado de Gregory, 2002)

- Delimitação da área da bacia/sub-bacia e Identificação da rede de drenagem

A consideração de uma escala espacial mais abrangente no início do procedimento de análise permite ao analista uma visão global da área de inserção do curso de água, assim como a realização de correlações de causa-efeito entre alterações na bacia e possíveis impactos nos segmentos em estudo.

A delimitação da área da bacia/sub-bacia hidrográfica deve ser realizada conforme os procedimentos usuais, com a determinação dos divisores de água por meio de mapas topográficos, fotografias aéreas ou imagens de satélite.

A rede de drenagem deve ser consistida por meio de levantamento de campo e consulta a levantamentos planialtimétricos, quando disponíveis.

- Divisão do curso de água em trechos homogêneos

A divisão do curso de água em trechos homogêneos visa orientar a avaliação das suas condições de degradação – assim como subsidiar a etapa de concepção de alternativas de intervenção – podendo se proceder de inúmeras formas, cabendo ao analista a decisão pelo critério a ser adotado.

O nível de detalhe a ser investigado e a apresentação de características morfológicas homogêneas são os fatores considerados por Gregory (2002) e Kellerhals *et al* (1976, *apud* GREGORY e CHIN, 2002), respectivamente, para a determinação do processo de divisão.

Por sua vez, Cardoso (2008) propõe que, além da morfologia fluvial, questões como o tipo de revestimento do canal e as condições de uso e ocupação do solo adjacente também sejam avaliadas.

De forma mais simples e pragmática, Chin e Gregory (2005) consideram que uma vez que a rede de drenagem urbana já é naturalmente fragmentada pelo tecido das cidades, a identificação de cruzamentos viários sobre os cursos de água ou de elementos do próprio sistema de drenagem (como barragens) pode ser uma maneira conveniente de divisão e análise dos trechos assim segmentados. Nesses pontos, as condições de vazão apresentam características relativamente distintas, o que também justifica o procedimento de divisão proposto.

Com efeito, de acordo com o Manual número 10 da série *Urban Subwatershed Restoration Manual Series* (CWP, 2005b), os cruzamentos viários e as condições de uso do solo são fatores determinantes no processo de divisão, assim como outros aspectos, a exemplo dos apresentados na Figura 8.4.

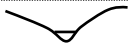


















Figura 8.4 – Divisão de cursos de água em trechos homogêneos em função de: (a) confluência de tributários; (b) trechos de dimensões aproximadas; (c) existência de cruzamento viário de porte; (d) mudanças significativas no uso do solo (Fonte: CWP, 2005b)

- Diagnóstico dos trechos: aspectos fluviais e ambientais

A fase do diagnóstico propriamente dito, por sua vez, divide-se em dois momentos distintos:

1. **Levantamento de dados** em campo e/ou em outras fontes de consulta, de acordo com a ficha apresentada na Figura 8.5 (elaborada com base em diversos protocolos e manuais voltados para a restauração de cursos de água – Parsons *et al* (2001), CWP (2005c), Cardoso (2008), URBEM (2003, 2004a), etc – e consolidada por meio de visitas a campo);
2. **Avaliação do nível de degradação fluvial e ambiental** de cada trecho do curso de água, a partir da comparação do seu estado atual (segundo o levantamento anterior) com uma condição de referência natural, por meio do uso de indicadores, conforme se discute a seguir.

INFORMAÇÕES SOBRE O CURSO DE ÁGUA				
Aspectos gerais				
Nome:	Trecho:	Data:	Responsável:	
Identificação do trecho na bacia:				
Aspectos físicos, funcionais e ambientais				
Condições hidrológicas				
Período em que o levantamento foi realizado <input type="checkbox"/> seco <input type="checkbox"/> chuvoso				
Chuva nas últimas 24 horas <input type="checkbox"/> nenhuma <input type="checkbox"/> fraca <input type="checkbox"/> forte <input type="checkbox"/> constante <input type="checkbox"/> intermitente				
Regime de escoamento quando do levantamento de campo <input type="checkbox"/> torrencial <input type="checkbox"/> fluvial				
Frequência de inundações com danos				
inexistente <input type="checkbox"/>	raras ou pouco frequentes <input type="checkbox"/>	ocasionais – entre 2 e 10 anos <input type="checkbox"/>	frequentes – 1 vez ao ano <input type="checkbox"/>	Muito frequentes – mais de 1 vez ao ano <input type="checkbox"/>
Dimensões				
Extensão:	Largura média:	Profundidade média:		
Declividade: <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta	Perfil longitudinal:		Desnível:	
Tipo de vale				
encaixado <input type="checkbox"/>		semi-encaixado <input type="checkbox"/>		vale aberto <input type="checkbox"/>
	planície simétrica <input type="checkbox"/>	planície assimétrica <input type="checkbox"/>	planície simétrica <input type="checkbox"/>	planície assimétrica <input type="checkbox"/>
				
Sinuosidade				
<input type="checkbox"/> natural <input type="checkbox"/> pouco alterada <input type="checkbox"/> medianamente alterada <input type="checkbox"/> muito alterada/retificada				
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Seção				
Revestimento				
seção não revestida		seção revestida		
natural <input type="checkbox"/>	alterada <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
		uma margem <input type="checkbox"/>	ambas margens <input type="checkbox"/>	
				leito e margens <input type="checkbox"/>
				
				seção fechada <input type="checkbox"/>



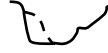

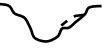

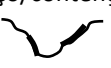
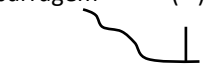
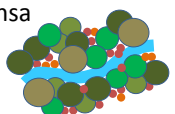
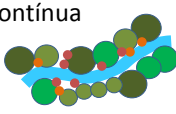


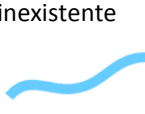
Substrato do leito e cobertura das margens					
<input type="checkbox"/> silto-argiloso <input type="checkbox"/> silto-arenoso <input type="checkbox"/> areia <input type="checkbox"/> seixo/pedregulho <input type="checkbox"/> rocha <input type="checkbox"/> grama <input type="checkbox"/> vegetação <input type="checkbox"/> geotêxtil <input type="checkbox"/> enrocamento de pedra lançada/arrumada <input type="checkbox"/> enrocamento de pedra argamassada <input type="checkbox"/> <i>cribwall</i> <input type="checkbox"/> gabião saco/manta <input type="checkbox"/> gabião caixa <input type="checkbox"/> concreto <input type="checkbox"/> outro					
Integridade morfológica <input type="checkbox"/> estável <input type="checkbox"/> instável					
alargamento/ aprofundamento	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> solapamento 	<input type="checkbox"/> deslizamento 	<input type="checkbox"/> assoreamento 	<input type="checkbox"/> erosão 
Alterações na calha					
nenhuma <input type="checkbox"/>	bermas <input type="checkbox"/> 	reforço/contenção <input type="checkbox"/> 	barragem <input type="checkbox"/> 	outra <input type="checkbox"/>	
Vegetação marginal (m.e.: margem esquerda m.d.: margem direita)					
densa 	contínua 	esparsa 	rasteira 	inexistente 	
<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	
Diversidade de habitats no canal					
<input type="checkbox"/> nenhuma <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta					
Aspectos de qualidade da água					
<input type="checkbox"/> sem alterações visíveis <input type="checkbox"/> presença de esgotos – lançamentos visíveis <input type="checkbox"/> presença de esgotos – lançamentos não visíveis <input type="checkbox"/> presença de resíduos sólidos <input type="checkbox"/> presença de material em suspensão					
Informações adicionais					
Croquis:					
Observações:					
Fotos:					

Figura 8.5 – Ficha de diagnóstico das condições do curso de água quanto aos seus aspectos fluviais e ambientais

Conforme mencionado, em seguida à realização do levantamento de dados propõe-se que a análise do nível de degradação de cada trecho do curso de água se dê por meio de um conjunto de indicadores, definidos com base em duas dimensões ou vertentes de análise: uma fluvial e outra ambiental (Figura 8.6).

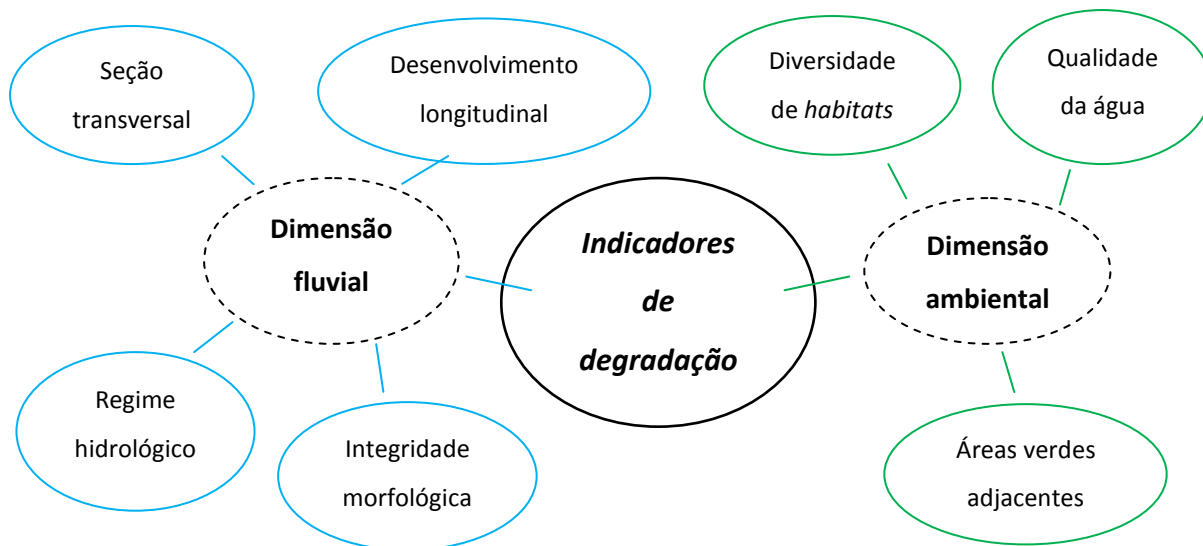


Figura 8.6 – Indicadores propostos para avaliação do nível de degradação de cursos de água de acordo com as dimensões fluvial e ambiental

Dentro do espectro de análise considerado estão contemplados aspectos como alterações hidrológicas, geomorfológicas, de *habitats*, áreas verdes e de qualidade da água, uma vez que essas condições foram identificadas como as mais relevantes para a análise do nível de degradação de rios e córregos (de acordo com os diversos documentos/protocolos estudados e profundas reflexões e discussões a esse respeito).

Apesar da evidente interrelação existente entre a maioria dos indicadores propostos, o seu enquadramento nas dimensões consideradas se justifica pela facilidade que proporciona à estruturação do raciocínio que deve nortear a análise.

Quanto à sua consecução, a mesma repousa em procedimento qualitativo, com a identificação da condição atual de cada indicador dentro de uma escala de degradação dividida em cinco níveis: ausente, baixa, média, alta e muito alta. A escala em questão considera o possível caminho de evolução/degradação dos aspectos fluviais e ambientais considerados, partindo de uma condição genérica de referência natural e chegando a um estado de significativa alteração do quesito analisado.

De forma a dar suporte à análise e minimizar o seu grau de subjetividade, para cada um dos cinco níveis de degradação propostos foram projetados cenários de alteração dos indicadores, conforme apresentado a seguir.

Dimensão fluvial

A dimensão fluvial trata de aspectos físicos e funcionais do curso de água, como o desenvolvimento longitudinal, a seção transversal, a integridade morfológica e o regime hidrológico.

Desenvolvimento longitudinal – planta, perfil e continuidade

O desenvolvimento longitudinal é um indicador que integra a análise de três aspectos principais relacionados ao curso de água:

1. Planta – largura e sinuosidade;
2. Perfil – declividade;
3. Continuidade.

Sua importância ultrapassa a dimensão de ordem física, estando intimamente relacionada às condições de funcionamento do canal, notadamente quanto ao equilíbrio geomorfológico.

O quadro da Figura 8.7 apresenta as condições gerais de referência para cada um dos cinco níveis de degradação da escala de análise considerada, com vistas a orientar a identificação do estado atual do curso de água quanto ao seu desenvolvimento longitudinal.

Degradação em relação à condição natural	Desenvolvimento longitudinal
<i>Ausente</i>	Traçado em planta, declividade e continuidade próximos à condição natural, de acordo com o tipo de vale e curso de água
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas, associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à busca natural do próprio curso de água por uma condição de equilíbrio
<i>Média</i>	Alterações moderadas, especialmente associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à ocupação das áreas marginais, resultando em restrição de largura e impactos associados
<i>Alta</i>	Alterações consideráveis na largura e sinuosidade, com reflexos nos demais itens de análise
<i>Muito alta</i>	Alterações significativas no desenvolvimento longitudinal, como estreitamento da largura da seção, retificação e interrupção da continuidade

Figura 8.7 – Condição do curso de água quanto ao desenvolvimento longitudinal

Seção transversal – forma, revestimento e conectividade

Assim como no caso anterior, o indicador em questão integra a análise de três quesitos para retratar as condições da seção transversal do curso de água:

1. A configuração do seu leito e margens – forma;
2. A conectividade entre a calha, a planície fluvial e o lençol freático;
3. O tipo de revestimento empregado.

Os cenários de degradação apresentados na Figura 8.8 procuram integrar os aspectos previamente listados, visando retratar situações comumente encontradas em áreas urbanas.




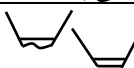

Degradação em relação à condição natural	Seção transversal	
<i>Ausente</i>	Seção próxima à condição natural	
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas na seção do curso de água, associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à sua busca natural por uma condição de equilíbrio, compatível com as mudanças ocorridas na bacia	
<i>Média</i>	Forma e conectividade moderadamente alteradas; calha com revestimento natural ou parcialmente revestida	
<i>Alta</i>	Forma e conectividade significativamente alteradas; calha parcial ou totalmente revestida	
<i>Muito alta</i>	Seção fechada	

Figura 8.8 – Condição do curso de água quanto à forma, conectividade e revestimento

Integridade morfológica

A integridade morfológica de cursos de água é um critério de análise inserido no âmbito da geomorfologia fluvial, estando associada a aspectos geológicos, pedológicos, hidrológicos, etc. No entanto, a integração desses diversos fatores para a composição de um quadro de degradação seria extremamente complexa, notadamente na fase de estudos iniciais. Dessa forma, o presente indicador se foca nas condições de estabilidade das margens do curso de água (Figura 8.9), uma vez considerada a sua importância no contexto dos processos geomorfológicos e o nível de risco que pode oferecer à ocupação marginal.

Degradação em relação à condição natural	Integridade morfológica
<i>Ausente</i>	Margens estáveis
<i>Baixa</i>	Margens estáveis com mínima evidência de focos de erosão e de pontos de solapamento e/ou deslizamentos
<i>Média</i>	Margens parcialmente instáveis, com focos isolados de erosão e áreas restritas de solapamento e/ou deslizamentos
<i>Alta</i>	Margens instáveis, com extensos focos de erosão e/ou áreas de solapamento e deslizamentos
<i>Muito alta</i>	Margens instáveis em toda a extensão do trecho em estudo

Figura 8.9 – Condição do curso de água quanto à integridade morfológica

Os demais processos relacionados à integridade morfológica – como incisão do leito e assoreamento, por exemplo – também poderão ser incorporados ao procedimento de análise, de acordo com as especificidades de cada caso.

Regime hidrológico

A alteração do regime hidrológico de rios e córregos urbanos associa-se a duas razões principais: a primeira relacionada à mudança de uso e ocupação do solo da bacia (com suas consequentes implicações sobre o ciclo hidrológico) e, a segunda, à alteração do revestimento da calha e/ou à adoção de estruturas ou dispositivos que alterem suas condições de escoamento, notadamente no sentido longitudinal.

As questões aventadas podem resultar em impactos sobre as vazões superficiais em trânsito, com reflexos nas condições de vulnerabilidade e susceptibilidade de inundações com danos no local da intervenção e/ou a jusante.

Todavia, a consideração de todos os aspectos mencionados tornaria bastante complexa a tarefa de estabelecimento de níveis de degradação para o presente indicador, especialmente em se tratando das alterações de regime decorrentes de transformações na bacia. Desse modo, com o objetivo de simplificação do procedimento de análise, propõe-se que seja avaliada a capacidade hidráulica do curso de água em atender o seu atual regime de vazões – à luz dos riscos de inundação no local da intervenção –, considerando-se o cenário presente de mudanças já ocorridas na bacia e na calha fluvial.

Em nível preliminar, o levantamento das informações necessárias deverá ser realizado com base em estudos existentes e em entrevistas com a população, o que permitirá uma análise

“qualitativa”, em um primeiro momento, dos riscos de inundação com danos na área de intervenção (Figura 8.10).

Degradação em relação à condição natural	Regime hidrológico/capacidade hidráulica
<i>Ausente</i>	Nível de risco de inundações com danos ausente
<i>Baixa</i>	Nível de risco de inundações com danos reduzido
<i>Média</i>	Nível de risco de inundações com danos moderado
<i>Alta</i>	Nível de risco de inundações com danos considerável
<i>Muito alta</i>	Nível de risco de inundações com danos significativo

Figura 8.10 – Condição do curso de água quanto ao regime hidrológico

No caso de consecução de análises mais detalhadas, sugere-se que o presente indicador seja calculado conforme proposto por Castro (2007) para avaliação das alterações de regime em corpos de água decorrentes da urbanização.

Dimensão ambiental

Em termos ambientais, três quesitos foram contemplados para a construção do quadro de degradação do curso de água: a diversidade de *habitats*, a presença de áreas verdes marginais e a qualidade da água.

Diversidade de habitats

A diversidade de *habitats* apresenta relação direta com a tipologia do curso de água, o que determina a formação de diferentes nichos para a criação/reprodução de espécies. Nesse sentido, aspectos como desenvolvimento longitudinal, forma da seção, tipo de revestimento, regime de escoamento, vegetação marginal, dentre outros, devem ser devidamente considerados.

Diante da elevada possibilidade de conjugação dos diversos critérios mencionados, o estabelecimento de cenários de degradação mostra-se particularmente difícil. Dessa forma, as descrições apresentadas no quadro da Figura 8.11 apresentam-se bastante genéricas, devendo ser avaliadas levando-se em conta uma análise integrada dos fatores considerados em consonância com a tipologia do curso de água em estudo.

Degradação em relação à condição natural	Diversidade de <i>habitats</i>
<i>Ausente</i>	Compatível com a tipologia do curso de água
<i>Baixa</i>	<i>Pequenas</i> alterações nas condições naturais do curso de água propícias à criação/reprodução de espécies (desenvolvimento longitudinal, forma e revestimento da seção, condições de fluxo de água, etc)
<i>Média</i>	<i>Moderadas</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas
<i>Alta</i>	<i>Consideráveis</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas
<i>Muito alta</i>	<i>Significativas</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas, com eventual ausência de <i>habitats</i>

Figura 8.11 – Condição do curso de água quanto à diversidade de *habitats*

Áreas verdes marginais

A vegetação marginal ao longo de cursos de água assume papel significativo no que tange a proteção de suas margens, o controle de processos de erosão, a melhoria da qualidade da água e o aumento da diversidade de *habitats*.

De maneira geral, pode-se considerar que a presença de cobertura vegetal ao longo de rios e córregos é um atributo natural de meios pouco impactados. No entanto, dependendo da tipologia do curso de água e das condições geográficas da sua área de inserção, o cenário natural poderá ser caracterizado pela ausência ou escassa presença de vegetação. Desse modo, em um primeiro momento, é necessário determinar o cenário de referência natural em relação ao qual o estado atual do curso de água deve ser comparado.

Outro aspecto a ser levado em conta – ainda que de modo superficial ou pouco preciso (em função da sua complexidade) – concerne o tipo de espécies encontradas: nativas, alteradas, exóticas, etc.

No quadro da Figura 8.12 encontram-se as condições de referência relacionadas à densidade de cobertura vegetal ao longo das margens, assim como a descrição de seus possíveis cenários de alteração.

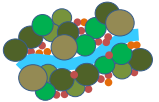
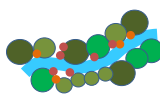
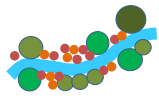


Condição de referência natural da vegetação marginal quanto à densidade				
Densa	Contínua	Esparsa	Rasteira	Ausente
				
Degradação em relação à condição natural		Áreas verdes adjacentes		
<i>Muito baixa</i>		Presença de vegetação e espécies próxima à condição natural		
<i>Baixa</i>		Alterações pouco significativas quanto à presença de vegetação e/ou espécies		
<i>Média</i>		Alterações moderadas quanto à presença de vegetação e/ou espécies		
<i>Alta</i>		Alterações consideráveis quanto à presença de vegetação e/ou espécies		
<i>Muito alta</i>		Alterações significativas quanto à presença de vegetação e/ou espécies		

Figura 8.12 – Condição do curso de água quanto às das áreas verdes marginais

Qualidade da água

A análise da qualidade da água pode ser realizada de diversas maneiras, em consonância com o objetivo da intervenção e com o uso que se pretende fazer dela. Sendo assim, os parâmetros ou critérios a serem considerados podem variar significativamente, assim como o nível de profundidade da análise, de acordo com as demandas de cada caso.

A criação de cenários de alteração de qualidade, portanto, pode se tornar bastante artificial, tendo em vista a dificuldade de composição de quadros que levem em conta um extenso número de variáveis (físicas, químicas, biológicas, etc).

Sendo assim, neste momento de investigação, a análise do presente indicador assume caráter expedito, pautado na observação qualitativa do curso de água quanto à presença de esgotos e resíduos sólidos, por meio de visitas a campo (inspeção visual e olfativa) e análise de estudos e documentos disponíveis (Figura 8.13). No caso de existência de dados de qualidade mais específicos, a exemplo de parâmetros como DBO, coliformes fecais e outros, podem ser estabelecidas classes de degradação mais “objetivas”.

Degradação em relação à condição natural	Qualidade da água
<i>Ausente</i>	<i>Ausência</i> de esgotos e/ou resíduos sólidos
<i>Baixa</i>	<i>Pequena</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos
<i>Média</i>	<i>Moderada</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos
<i>Alta</i>	<i>Considerável</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos
<i>Muito alta</i>	<i>Significativa</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos

Figura 8.13 – Condição do curso de água quanto à qualidade da água

Para análises mais detalhadas, propõe-se o cálculo do indicador proposto por Castro (2007) para avaliação de alterações na qualidade das águas decorrentes da urbanização, contemplando questões relativas ao padrão de lançamento e disponibilidade de vazão de diluição para as águas de esgotamento sanitário e escoamento pluvial.

Ressalta-se que o diagnóstico da qualidade da água servirá como importante insumo para a análise de viabilidade de determinadas intervenções. Isso significa que, de acordo com o objetivo das mesmas, a viabilidade de seu alcance poderá ficar comprometida em função da qualidade da água encontrada, caso não estejam previstas medidas contemplando a sua melhoria, dentro do prazo de execução do plano de intervenção. A título de exemplo, pode-se citar o objetivo de integração urbanística em uma área onde a qualidade da água é significativamente baixa. Nesse quadro, o atendimento ao objetivo em questão somente se concretizaria caso o problema de qualidade da água fosse equacionado juntamente (ou paralelamente) com a intervenção.

No intuito de facilitar a visualização dos resultados obtidos, sugere-se o preenchimento de uma ficha que contemple todos os indicadores empregados na análise e/ou a sua representação gráfica, a exemplo do caso hipotético apresentado nas Figuras 8.14 e 8.15.

Dimensão	Indicador	Degradação em relação à condição natural				
		Ausente	Baixa	Média	Alta	Muito alta
<i>Fluvial</i>	Desenvolvimento longitudinal		x			
	Seção transversal		x			
	Integridade morfológica			x		
	Regime hidrológico				x	
<i>Ambiental</i>	Diversidade de <i>habitats</i>			x		
	Áreas verdes marginais				x	
	Qualidade da água					x

Figura 8.14 – Proposta de ficha para representação dos resultados da avaliação dos indicadores de degradação fluvial e ambiental de cursos de água – caso hipotético/ilustrativo de um determinado trecho

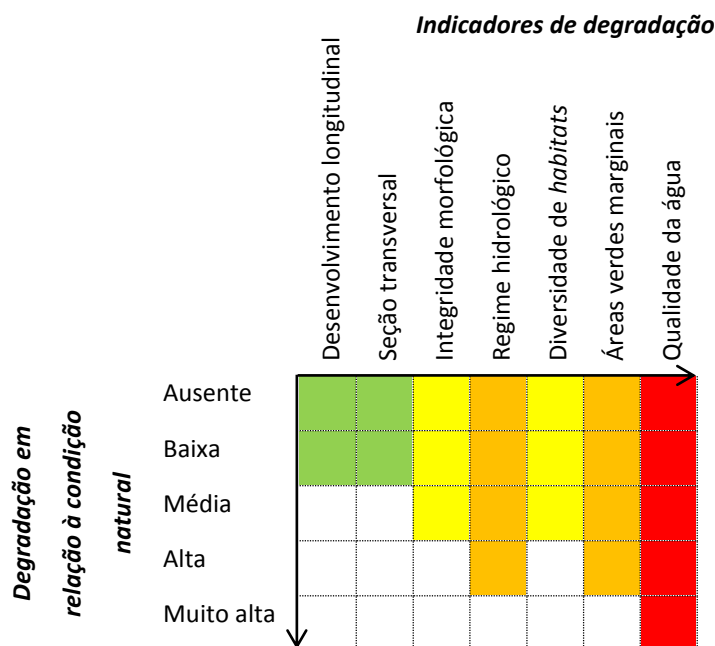


Figura 8.15 – Proposta de representação gráfica dos resultados da avaliação dos indicadores de degradação fluvial e ambiental de cursos de água – caso hipotético/ilustrativo de um determinado trecho

8.4.2 Diagnóstico do meio urbano

A seguir, os aspectos urbanísticos a serem contemplados na fase de diagnóstico são devidamente discutidos. Esses, juntamente com as análises precedentes, permitirão a construção do quadro geral das condições do curso de água e da sua área de inserção, embasando, assim, a concepção de alternativas de intervenção realistas, compatíveis com a situação existente e cenários projetados de possíveis mudanças.

O diagnóstico do meio urbano divide-se em duas vertentes de investigação. A primeira delas se volta para uma análise de aspectos gerais relacionados à ocupação e uso do solo da bacia – dentro de um perímetro considerado relevante para a análise – uma vez observada sua influência direta sobre as condições fluviais e ambientais dos cursos de água.

A segunda vertente se foca nas áreas marginais ao trecho em estudo, tendo em vista os variados níveis de dificuldade/restrrição que as suas condições poderão impor à consecução de diferentes alternativas.

Nesse sentido, os dados a serem levantados nesta fase devem contemplar o estado atual e/ou futuro dos aspectos considerados na Figura 8.16.

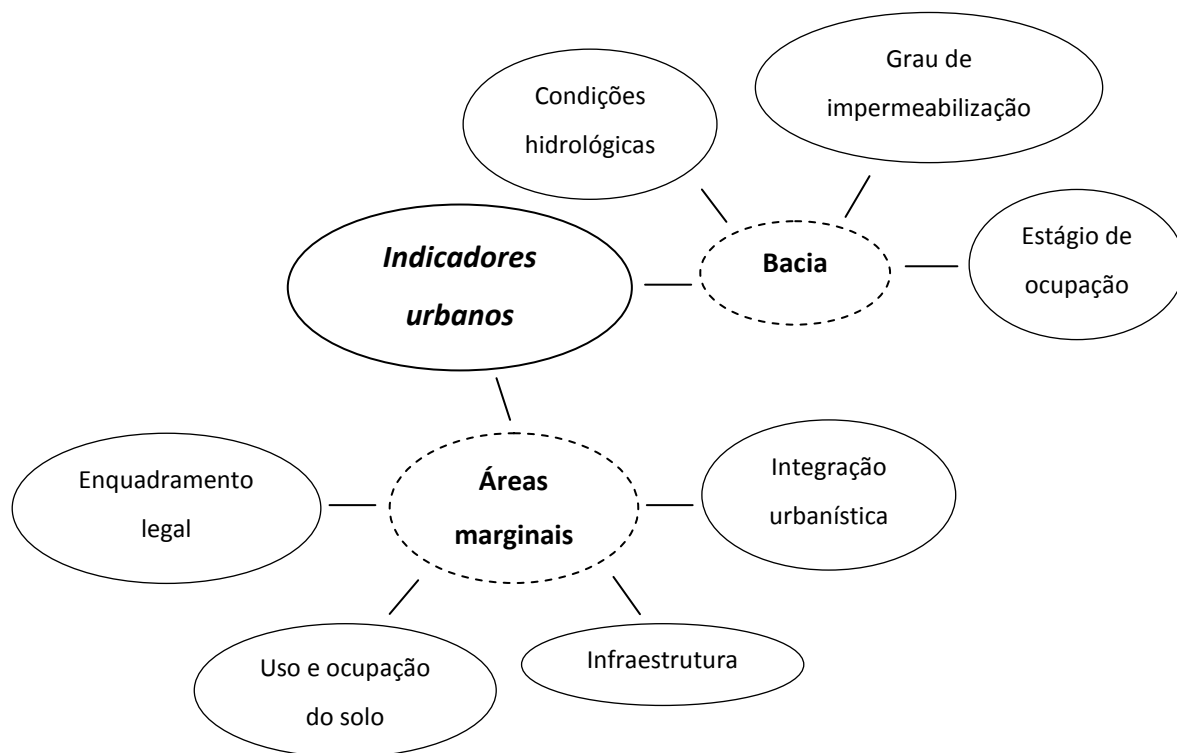





Figura 8.16 – Indicadores propostos para análise das condições da bacia e das áreas marginais ao curso de água

Assim como para o caso do diagnóstico das condições fluviais e ambientais do curso de água, a ficha apresentada na Figura 8.17 procura considerar os aspectos urbanísticos de maior relevância a serem levantados em campo e em outras fontes de consulta, conforme esquematizado no desenho da figura anterior.

INFORMAÇÕES SOBRE A BACIA E ÁREAS MARGINAIS AO CURSO DE ÁGUA			
Condições gerais da bacia			
Mapas/imagens/fotografias das condições de uso e ocupação do solo (existente/previsto em lei):			
Estágio de ocupação			
() área não ocupada () área de expansão urbana () área de adensamento () área consolidada			
Grau de impermeabilização			
() até 10% () entre 11 e 25% () entre 26 e 59% () acima de 60%			
Condições hidrológicas			
Tipo de solo:	Pluviosidade média:		
Condições das áreas marginais			
Enquadramento legal			
Legislação, planos e programas			
- nos âmbitos urbano e ambiental			
Situação fundiária			
m.e.:	m.d.:		
- área pública, particular			
Ocupação/uso do solo marginal			
Nível de ocupação/antropização			
inexistente ()	parcial ()	total ()	
			
Uso do solo			
m.e.:	m.d.:		
- residencial, comercial, misto, industrial, lazer, assentamento precário, outro			
Áreas de risco			
m.e.:	m.d.:		
- inundação, escorregamento, solapamento			
Infraestrutura urbana			
Sistemas de circulação/transporte			
m.e.:	m.d.:	() travessia:	() inexistente
- viário (via local, coletora, arterial, regional), ferroviário (metrô, trem), ciclovia, trilha, ponte, passarela, etc			

Redes		
m.e.:	m.d.:	() não observadas
- redes de água, esgoto, drenagem, energia, gás, telefonia, outra		
Integração urbanística		
Curso de água integrado à paisagem?		
() sim () não () parcialmente		
Informações adicionais		
Croquis:		
Observações:		
Fotos:		

Figura 8.17 – Ficha para diagnóstico das condições urbanísticas da bacia e áreas marginais ao curso de água

A seguir, são tecidas considerações acerca dos dados a serem levantados.

- Levantamento de dados gerais da bacia

O levantamento de dados gerais da bacia – estágio de ocupação, grau de impermeabilização e condições hidrológicas –, dentro de um perímetro considerado relevante para a investigação, visa possibilitar a construção do quadro atual da área de estudo e permitir a sua comparação frente a futuros cenários de mudança, de acordo com as suas tendências de ocupação e com o disposto na legislação.

Uma vez que alterações nas condições observadas poderão ter distintos níveis de impacto sobre as redes de drenagem, o levantamento dos aspectos mencionados assume caráter de significativa importância, notadamente para subsidiar a etapa de concepção de alternativas.

Quanto à obtenção dos dados, a mesma pode ser realizada por meio da análise de imagens de satélite, fotografias aéreas, legislação urbanística/ambiental e estudos hidrológicos, além de visitas a campo. O uso de ferramentas como os sistemas de informação georreferenciadas (GIS) pode auxiliar a consecução dessas análises.

- Levantamento de dados das áreas marginais ao curso de água

As condições de uso e ocupação do solo das áreas marginais aos cursos de água podem assumir papel decisivo sobre a viabilidade de consecução de inúmeras alternativas de intervenção, notadamente ao se considerar:

- A incorporação de áreas lindeiras que extrapolem os limites da calha do canal;
- As condições de acessibilidade de máquinas/equipamentos para a realização das obras;
- A existência de área para implantação do canteiro de obras.

De todos os aspectos listados, o primeiro se destaca como o mais importante, tendo em vista as implicações que pode exercer sobre a infraestrutura urbana e a ocupação existente, com eventual necessidade de remoção de população e/ou desapropriação de imóveis.

A Tabela 8.1 apresenta os principais temas considerados para levantamento e análise dentro da esfera urbanística, sendo os mesmos discutidos na seqüência.

Tabela 8.1 – Temas de análise e itens de interesse para avaliação das áreas marginais ao curso de água

Tema de análise	Itens de interesse
<i>Enquadramento legal</i>	Legislação, planos e programas
	Situação fundiária
<i>Uso e ocupação do solo</i>	Nível de ocupação/antropização do entorno
	Uso do solo
	Áreas de risco
<i>Infraestrutura urbana</i>	Sistemas de circulação e transporte
	Redes de saneamento, telefonia, gás, etc
<i>Integração urbanística</i>	Interação entre o curso de água e sua área de entorno
	Relação entre o curso de água e a população

Enquadramento legal

O enquadramento legal envolve a análise da situação fundiária e da legislação, planos e programas incidentes sobre a área de estudo.

Legislação, planos e programas

O levantamento da legislação, notadamente a urbanística e ambiental, será fonte de dados primordial para nortear a concepção de alternativas de intervenção, uma vez que apresentará as diretrizes, limites e restrições a serem considerados nas propostas.

Da mesma forma, o seu confronto com a realidade construída sobre o território permitirá que cenários futuros de uso e ocupação do solo possam ser vislumbrados, servindo de norte para a formulação de propostas compatíveis com as prováveis mudanças então identificadas.

De modo a facilitar a consecução dessa análise, recomenda-se que o quadro levantado para o perímetro da área de investigação seja sobreposto a imagens de satélite, a exemplo do representado na Figura 8.18. Esta apresenta os limites de uma área de estudo hipotética, o zoneamento urbano sobre ela incidente e a delimitação de faixas de preservação ambiental às margens do curso de água, conforme o comumente disposto na legislação urbanística e ambiental, respectivamente.



Figura 8.18 – Representação do zoneamento urbano incidente sobre uma dada área de intervenção (a) e de faixas de preservação marginal (b) (Imagem: Google Earth, 2011)

Assim como o levantamento da legislação, eventuais planos e programas previstos para a área também devem ser considerados, dentro do âmbito das esferas municipal, estadual e federal, a exemplo dos listados na Tabela 8.2.

Tabela 8.2 – Exemplos de leis, planos e exigências relacionados a áreas urbanas

Legislação	Leis e Planos	Exigências a serem observadas
Urbanística	Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo; Planos Diretores; etc	Faixas <i>non aedificandi</i> e de proteção; zoneamento urbano; taxas de ocupação; coeficientes de aproveitamento; usos permitidos; etc
Ambiental	Código Florestal; Plano Diretor de Drenagem Urbana; etc	Áreas de Preservação Permanente; outorga; licenciamento ambiental; etc

Situação fundiária

A situação fundiária refere-se à regularidade da ocupação e à propriedade dos imóveis.

No primeiro caso, a análise deve ser procedida mediante a comparação da condição encontrada com as legislações urbanística e ambiental, podendo ser observados dois tipos de cenários:

- Áreas regulares: ocupadas em atendimento às exigências legais;
- Áreas irregulares: ocupadas à margem da legislação.

De modo geral, muitas das áreas de ocupação irregular nas cidades são decorrentes do processo de invasão de terrenos públicos ou particulares por população de baixa renda, comumente daqueles que apresentam restrições à ocupação, seja pelos riscos a eles associados no caso de virem a ser ocupados, seja por objetivos de preservação ambiental, dentre outros.

Em muitos casos, as ocupações irregulares deverão ser imperativamente removidas; em outros, poderão se sujeitar a processos de regularização fundiária.

Dessa forma, quando da etapa de elaboração de alternativas, há que se verificar a situação do entorno do curso de água quanto à regularidade da ocupação e à propriedade dos imóveis (terrenos e construções), uma vez que essas áreas, caso incorporadas ao perímetro da intervenção, poderão apresentar graus de dificuldade distintos quanto aos processos de remoção e desapropriação, notadamente no que tange os aspectos sociais e econômicos.

Ainda, nos casos de necessidade de aproveitamento de áreas marginais para implantação de canteiro de obras e promoção do acesso de máquinas e equipamentos, a presença de terrenos públicos pode ser um agente facilitador para a viabilidade de implementação das alternativas, ao passo que a sua inexistência pode se configurar um aspecto complicador.

Uso e ocupação do solo

Este item do diagnóstico visa o levantamento das informações descritas a seguir.

Nível de ocupação/antropização do entorno

O levantamento das condições de ocupação/antropização das áreas lindeiras ao curso de água visa servir de diretriz para a concepção de alternativas, apontando diferentes níveis de restrição/viabilidade às propostas de intervenção a serem elaboradas. Para tanto, não somente as condições presentes devem ser consideradas, mas os possíveis cenários/tendências de mudança do quadro diagnosticado, o que permitirá que a proposição de alternativas se dê em bases mais realistas.

Geralmente, quanto menor a densidade de ocupação/antropização marginal, maior o grau de liberdade para a implantação de alternativas.

Uso do solo

A identificação do uso do solo nas áreas marginais ao curso de água – e até mesmo dentro de um raio mais abrangente – deve permitir a construção de uma imagem da realidade local em relação a:

- Seu perfil prioritário de uso: residencial, comercial, misto, industrial, lazer, etc;
- Presença de equipamentos comunitários e áreas públicas voltadas para o lazer e a recreação;
- Condição socioeconômica da população.

Em determinados casos, as informações previamente levantadas poderão assumir papel particularmente importante, especialmente naqueles que apresentem um maior viés social ou a necessidade de atendimento a múltiplas demandas (como o controle de enchentes e a criação de áreas de lazer).

Áreas de risco

O levantamento de áreas de risco às margens de cursos de água poderá apontar para uma inevitável necessidade de remoção ou para a previsão de meios de se impedir ou evitar a sua ocupação. A análise de riscos de deslizamento/solapamento e de inundação poderá ser realizada por meio da aplicação de inúmeras abordagens. No primeiro caso, cita-se como exemplo a metodologia desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (BRASIL,

2007), voltada para o mapeamento de risco em encostas e margens de rios. No segundo, sugere-se a consulta aos estudos hidrológicos e hidráulicos disponíveis (como mapas de zonas inundáveis) e à população.

Infraestrutura urbana

A infraestrutura urbana aqui contemplada refere-se aos sistemas de circulação e transporte e às redes de saneamento e outras – existentes ou a serem implementados – ao longo do curso de água.

Sistemas de circulação e transporte

De forma geral, observa-se uma estreita relação entre os cursos de água e os sistemas de circulação e transporte, notadamente em regiões de fundo de vale, uma vez que as condições favoráveis de topografia facilitam a sua implementação. Conseqüentemente, a concepção de alternativas de intervenção deve considerar as suas possíveis interferências na infraestrutura do entorno, especialmente no caso de necessidade de ampliação da área de intervenção inicialmente restrita à calha do curso de água.

Em se tratando de sistema viário, julga-se fundamental o levantamento de aspectos como a sua densidade e importância, uma vez considerado que quanto mais densa e importante a rede viária no contexto da malha urbana, maiores as dificuldades de alteração do quadro diagnosticado.

Ainda, devem ser avaliadas as condições de acessibilidade ao trecho em estudo, considerando-se a presença de calçadas, faixas e/ou trilhas para pedestres, ciclovias, travessias, etc.

Redes de saneamento e outras

As propostas de intervenção devem ser devidamente compatibilizadas com os equipamentos urbanos existentes ou a serem implementados no seu entorno, como as redes de esgotamento sanitário, abastecimento de água, energia elétrica, gás, telefonia, etc.

Assim como os sistemas de circulação e transporte, as redes ora mencionadas se constituem importantes condicionantes para a proposição de alternativas, podendo conferir graus de restrição ou liberdade diferenciados de acordo com o seu estágio de consolidação.

Integração urbanística

A integração urbanística se refere à análise da relação estabelecida entre o curso de água e o seu entorno, tanto em termos paisagísticos quanto sociais.

Interação entre o curso de água e sua área de entorno

Apesar da subjetividade inerente à avaliação do item em questão, a mesma pode ser realizada considerando-se o levantamento dos seguintes aspectos:

- Se o curso de água se encontra aberto ou fechado;
- Condições da seção do canal: forma, revestimento e conectividade entre a calha e suas áreas marginais;
- Aspectos paisagísticos;
- Possibilidades de acesso e contato da população com o corpo hídrico;
- Presença de áreas e equipamentos de lazer.

Relação entre o curso de água e a população

Este item reconhece a existência de uma relação simbólica, afetiva e cultural entre os cursos de água e a população. Nesse sentido, está intimamente associado à história do lugar, notadamente no que diz respeito à relação da comunidade com as áreas ribeirinhas ao longo do tempo.

Em vistas disso, conversas com a população e consulta a fatos históricos relacionados ao processo de ocupação, uso e apropriação do espaço ribeirinho são de fundamental importância para a consecução da análise pretendida.

Representação dos dados levantados

Após o levantamento dos aspectos urbanos previamente comentados, sugere-se a sua representação espacial por meio da sobreposição dos temas de interesse sobre mapas ou

imagens de satélite. No caso dessas, a sua facilidade de acesso nos dias atuais permite a construção de uma forma simples e clara de representação, tornando mais objetivas as análises da área de estudo.

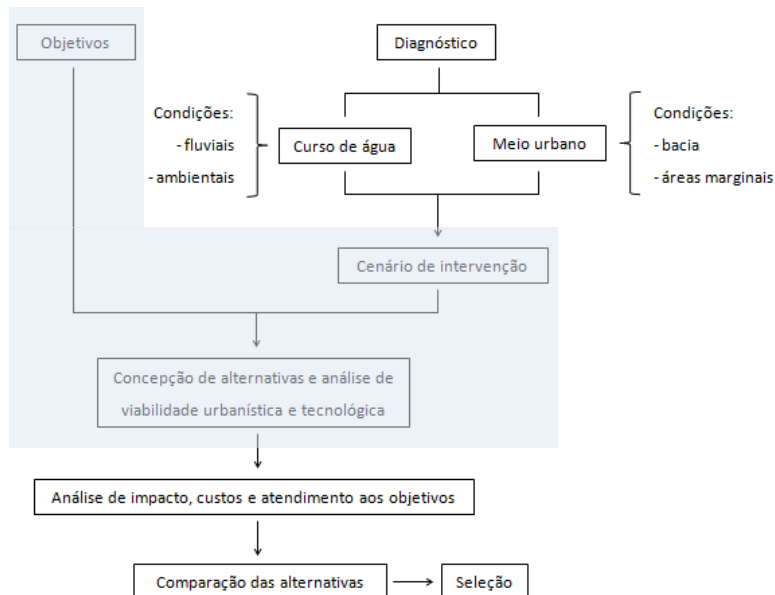
Essas imagens, consistidas em campo, apresentam grande riqueza de informações, constituindo-se interessante pano de fundo sobre o qual podem ser trabalhados os dados levantados e possibilitando a construção de um quadro geral das condições urbanas da área de intervenção em momento anterior ao desenvolvimento de estudos mais aprofundados.

8.4.3 Cenário de intervenção

A conjugação das informações levantadas sobre o curso de água e as condições do meio urbano permite a construção de uma imagem clara e realista da área para a qual deverão ser concebidas alternativas de intervenção.

Juntamente com os objetivos traçados, o quadro diagnosticado subsidiará a etapa relativa à proposição de alternativas e, em momento posterior, àquela voltada para a análise de impacto e custos das soluções propostas.

8.5 *Etapa Concepção e análise de viabilidade de alternativas*



8.5.1 Concepção de alternativas

Conforme já mencionado, a concepção de alternativas será fruto da compatibilização entre os objetivos (e eventuais premissas) norteadores da intervenção e as condições diagnosticadas no

local. Contudo, de acordo com a importância conferida a cada um dos aspectos envolvidos na elaboração das propostas – urbanísticos, ambientais, sociais, econômicos, etc – poderão ser concebidas soluções relativamente distintas para atendimento a um mesmo objetivo. Em função das particularidades de cada caso, as soluções poderão ficar restritas à calha fluvial ou interferir nas suas áreas adjacentes, incorporando-as ou restringindo-as.

Neste momento do processo de análise, o foco da concepção de alternativas está na definição de conceitos abrangentes de intervenção, considerando de maneira qualitativa a magnitude dos seus prováveis impactos e, ainda, questões de ordem econômica, ainda que em nível superficial.

Em relação ao critério econômico, o mesmo representa fundamental importância nesta fase de concepção inicial, uma vez que é elemento chave na imposição de limites à “ousadia” das propostas.

Deve-se ressaltar, ainda, a importância dos aspectos sociais no processo de concepção de alternativas, considerando o perfil socioeconômico, anseios e expectativas da população afetada frente à possibilidade de intervenção. A sua inclusão em processos participativos é uma forma bastante interessante de construção de “soluções” democráticas para as cidades.

Após a concepção de alternativas dentro dessa perspectiva mais ampla, as mesmas devem ser avaliadas quanto à sua *viabilidade urbanística*, ou seja, quanto ao seu atendimento a questões de ordem legal, política e social. A consolidação final das propostas será realizada na sequência, quando da análise de sua *viabilidade tecnológica*.

8.5.2 Análise de viabilidade urbanística

A análise das alternativas previamente concebidas no que tange a sua viabilidade urbanística de implementação deve ser realizada segundo a avaliação dos aspectos considerados no fluxograma da Figura 8.19.

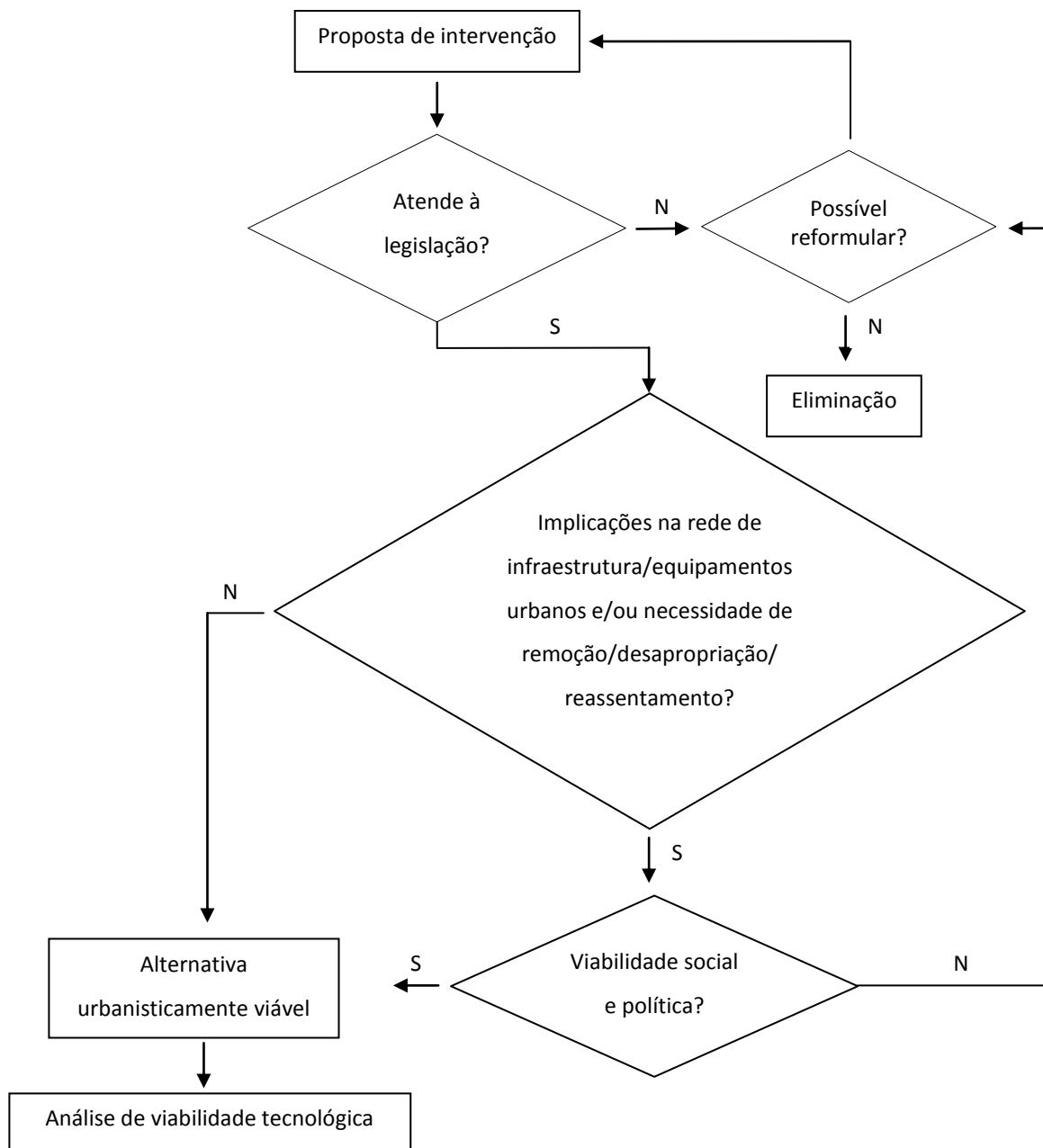


Figura 8.19 – Fluxograma para análise da viabilidade urbanística de alternativas de intervenção

O primeiro aspecto considerado se volta para a verificação da proposta de intervenção quanto ao seu atendimento à legislação vigente, notadamente a urbanística e ambiental. Neste trabalho, parte-se da premissa de que o enquadramento das alternativas dentro do âmbito legal é condição para o prosseguimento da análise, sendo a sua não conformidade tida como veto.

A segunda questão se refere às interferências causadas nas áreas adjacentes à calha do curso de água – como nas redes de infraestrutura/equipamentos urbanos e/ou ocupações (com eventual necessidade de remoção de população e/ou desapropriação de imóveis) –, o que faz

mister uma análise da magnitude das suas implicações políticas e sociais. Estas variáveis assumem papel crucial no estudo de viabilidade das alternativas, mesmo que as mesmas sejam viáveis econômica e tecnologicamente. Aqui se considera, portanto, que os impactos políticos e/ou sociais são fatores determinantes para a implementação das propostas.

Conforme já mencionado, a questão social deve ser considerada desde a fase inicial da proposição de alternativas, sendo, neste momento, avaliada a sua real viabilidade de implementação, frente à magnitude dos impactos que pode gerar, notadamente quanto aos conflitos da remoção e do reassentamento.

Sendo assim, após a sua aprovação legal, política e social – o que atesta a viabilidade urbanística de sua consecução – as alternativas deverão ser compatibilizadas com as tecnologias de intervenção disponíveis, dentro do âmbito de análise da viabilidade tecnológica.

8.5.3 Análise de viabilidade tecnológica

Como já comentado, a análise de viabilidade urbanística das alternativas – inicialmente concebidas em consonância com o diagnóstico e objetivos da intervenção – indica se, em termos gerais, as mesmas são passíveis de ser implementadas. O foco da análise, portanto, está na sua concepção global, considerando implicações de ordem legal, política e social.

A partir de então, as soluções pré-aprovadas devem ser compatibilizadas com as técnicas de engenharia disponíveis, considerando uma análise integrada dos seguintes aspectos:

- Hidráulicos: vazões de projeto, velocidade de escoamento, rugosidade, Períodos de Retorno, etc;
- Geomorfológicos/geotécnicos: tipo de solo, estabilidade das margens, seções da calha e revestimentos possíveis;
- Tecnológicos: disponibilidade de técnicas, materiais, etc;
- Operacionais: mão-de-obra, equipamentos, área disponível para bota-fora, manutenção, etc.

Desse modo, para cada alternativa em análise poderá ser viável a adoção de mais de uma solução tecnológica de intervenção – no tocante à calha do curso de água –, aumentando o

número de alternativas a serem analisadas na etapa subsequente, conforme procura ilustrar o fluxograma da Figura 8.20.

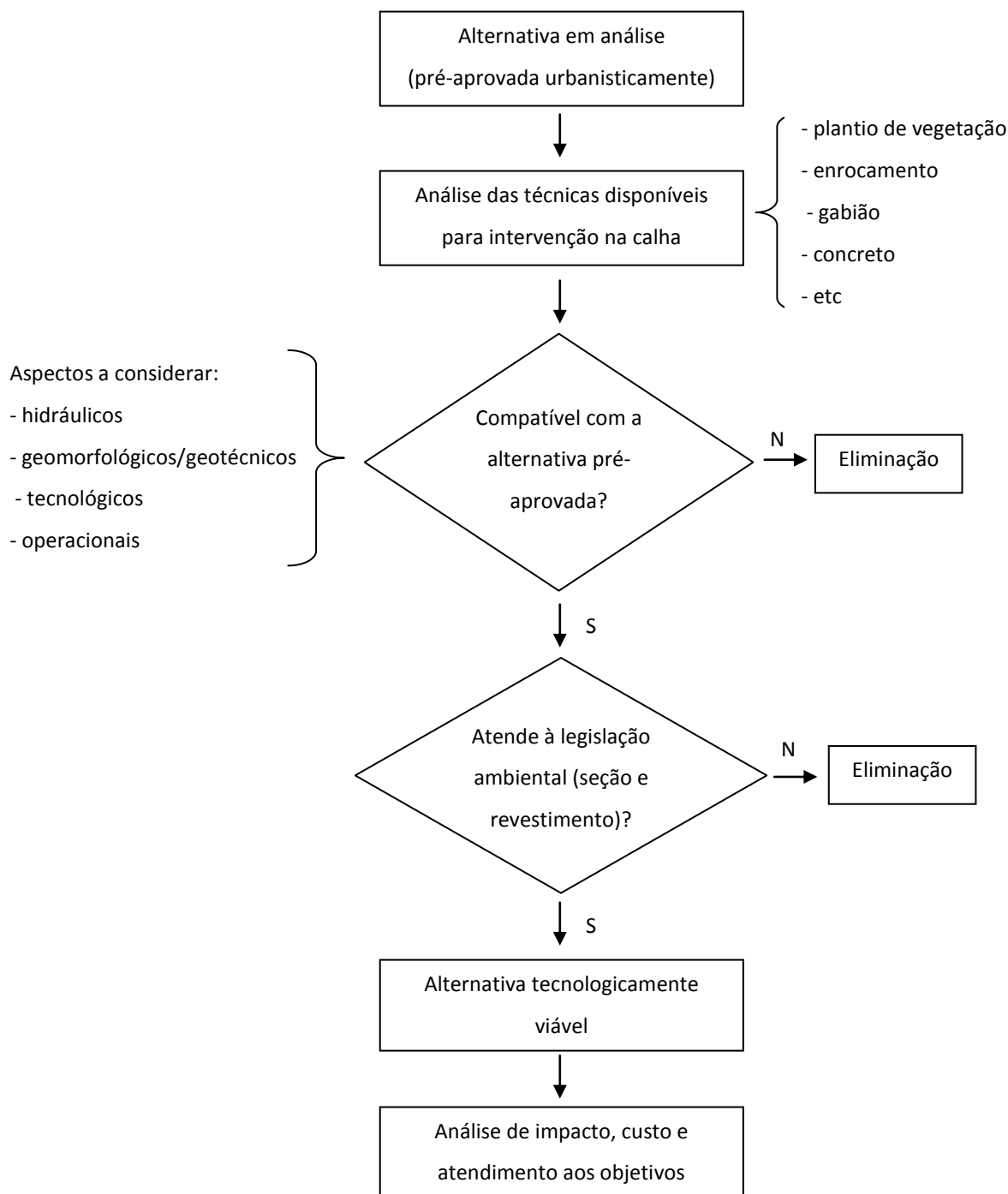
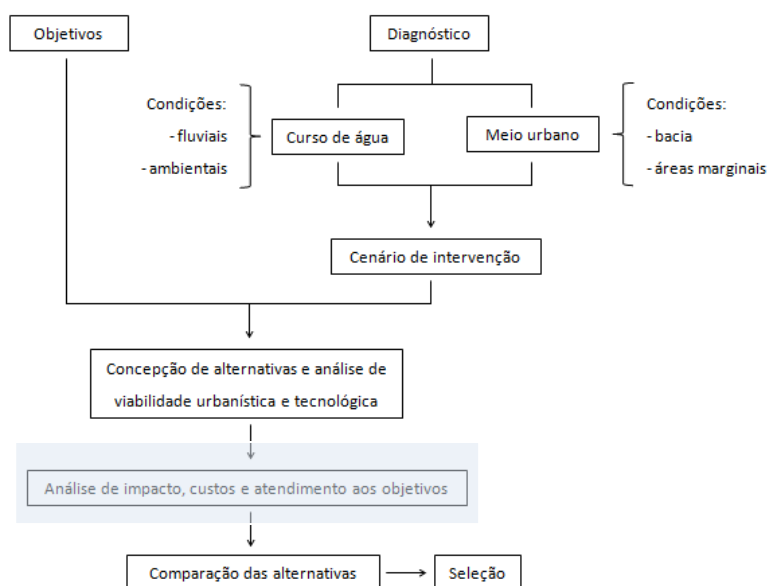


Figura 8.20 – Fluxograma para análise da viabilidade tecnológica de alternativas de intervenção

Vale mencionar que o critério legal é novamente incluído nesta fase, permitindo que aspectos não contemplados anteriormente possam ser devidamente verificados – notadamente no que tange questões mais específicas, como aquelas afetas ao revestimento da seção do curso de água.

Finalmente, após a composição de alternativas urbanística e tecnologicamente viáveis, passa-se à etapa de sua avaliação quanto aos critérios de impacto, custos e atendimento aos objetivos.

8.6 *Etapa Análise de impacto, custos e atendimento aos objetivos*



Após a definição das alternativas passíveis de ser implementadas, o passo seguinte visa orientar a sua comparação, promovendo subsídios para a seleção daquela considerada mais adequada, de acordo com as particularidades de cada caso.

Para tanto, a avaliação de três critérios é de fundamental importância nesta fase, a saber:

- O grau de atendimento aos objetivos da intervenção;
- O impacto das alternativas em relação a aspectos de ordem ambiental, social, de infraestrutura, etc;
- Os seus custos sociais e de implantação, manutenção e operação.

Em vista disso, propõe-se que as análises em questão sejam conduzidas por meio do uso de indicadores, de forma a permitir uma base única de comparação das alternativas.

8.6.1 Análise do grau de atendimento aos objetivos

Esta etapa procura avaliar o grau de atendimento das alternativas aos objetivos da intervenção. Tendo em vista a diversidade de objetivos possíveis, aqui são considerados apenas aqueles mais recorrentes em áreas urbanas, com impactos diretos ou indiretos sobre os cursos de água:

- Controle de riscos;
- Implantação/alteração de vias de circulação e transporte;
- Integração urbanística.

A melhoria da qualidade da água, apesar de sua significativa importância no contexto dos rios urbanos, não foi aqui considerada, sendo os argumentos para tal apresentados ao final do presente item.

Como já mencionado, de acordo com as particularidades de cada caso, a relação de importância entre os objetivos de intervenção poderá ser distinta, demandando que os mesmos sejam ponderados. Segundo URBEM (2005b), uma abordagem comum é a atribuição da nota 1 ao objetivo menos importante e, aos demais, notas que reflitam quantas vezes esses são mais importantes que aquele (3 ou 4 vezes no máximo, conforme GOICOECHEA *et al*, 1982 *apud* URBEM, 2005b; valores superiores aos mencionados implicam em um efeito numérico de redução da análise a um único objetivo).

Seguindo essa linha, propõe-se a atribuição de um peso relativo (PR) para cada objetivo, os quais devem ser divididos por sua soma total. Os valores encontrados – ou pesos normalizados (PN) – devem ser multiplicados pelas notas relativas ao grau de atendimento da alternativa em estudo ao objetivo em análise. A soma dos resultados encontrados indica o índice global de atendimento da solução proposta aos objetivos da intervenção, conforme exemplo apresentado na Tabela 8.3.

Tabela 8.3 – Exemplo de tabela a ser utilizada para avaliação de alternativas quanto ao seu atendimento aos objetivos da intervenção – caso hipotético

Objetivo	Peso relativo (PR)	Peso “normalizado” (PN)	Nota de atendimento ao objetivo (N)	Pontuação final (PN x N)
Controle de riscos	3	$3/6=0,50$	0,80	$0,50 \times 0,80=0,40$
Implantação/alteração de vias de circulação e transporte	2	$2/6=0,33$	0,53	$0,33 \times 0,53=0,17$
Integração urbanística	1	$1/6=0,17$	0,64	$0,17 \times 0,64=0,11$
Outro	-	-	-	-
		Total=1	Entre 0 e 1	Σ pontuações=0,68 (68%)

Para análise das alternativas quanto ao seu grau de atendimento aos objetivos anteriormente mencionados são propostas as abordagens discutidas a seguir. Por sua vez, os casos aqui não contemplados requerem que a avaliação do seu nível de satisfação seja formulada pelo analista ou equipe envolvida com o processo.

Cabe ressaltar que, com exceção de alguns procedimentos de avaliação pautados em análises quantitativas, os demais devem ser realizados qualitativamente, conforme será visto adiante. Nesse quadro, os critérios a serem considerados irão variar caso a caso, de acordo com as especificidades de cada área de intervenção, e deverão ser priorizados segundo o mesmo procedimento proposto para os objetivos.

Sendo assim, caberá ao analista a seleção dos critérios relevantes para a consecução das análises pretendidas – dentre os propostos e/ou de sua sugestão –, assim como a determinação do seu grau de importância relativo.

- Controle de riscos

Neste caso, o objeto de análise se foca nos riscos hidrológicos ou de inundação. Os riscos de instabilidade geotécnica/geológica não são aqui contemplados, uma vez que parte-se do pressuposto que, se o objetivo da intervenção é a estabilização das margens, o mesmo não poderá ser atendido parcialmente, o que configuraria a manutenção do quadro de instabilidade.

Sendo assim, a avaliação de alternativas quanto ao seu atendimento ao objetivo de controle do risco de inundação deve ser realizado por meio do cálculo da relação entre o Tempo de Retorno previsto em projeto e o Tempo de Retorno desejável. Nesse caso:

$$\text{Se } T_{RP} \geq T_{RD} \Rightarrow Icc = 1,0$$

$$\text{Se } T_{RP} < T_{RD} \Rightarrow Icc = \frac{TRP}{TRD} \quad (8.1)$$

Onde:

- Icc = Índice de controle de cheias;
- T_{RP} = Tempo de Retorno de projeto;
- T_{RD} = Tempo de Retorno desejável.

Uma vez que o objetivo da intervenção é o controle de cheias, ou seja, melhorar a condição diagnosticada no local, o valor do índice será sempre positivo, variando entre 0 e 1.

- Implantação/alteração de vias de circulação e transporte

A análise deste objetivo pressupõe uma comparação das alternativas propostas para o sistema de circulação e transporte com o escopo de projeto definido para o local da intervenção, considerando aspectos como:

- Classificação das vias (expressa, arterial, coletora, local);
- Características geométricas (vias, calçadas, declividades, raios de curvatura, etc);
- Canteiro central;
- Estacionamento, acostamento, paradas de ônibus/táxi;
- Ciclovias/ciclofaixas;
- Acessibilidade, segurança e sinalização.

A análise de cada indicador deve se pautar nas exigências e padrões normativos e legais, podendo ser mais ou menos aprofundada de acordo com as demandas de cada caso.

O procedimento de análise propriamente dito deverá ser empreendido de forma qualitativa, com base na realidade da área de intervenção e as suas prioridades (em relação ao objetivo em questão). Sendo assim, propõe-se que os itens a serem avaliados sejam priorizados e, em

seguida, pontuados com base em uma escala que varia de 0 a 1. A Tabela 8.4 procura ilustrar o procedimento a ser realizado para uma dada alternativa hipotética.

Tabela 8.4 – Proposta de avaliação para composição do índice de atendimento ao objetivo de implantação/alteração de vias de circulação e transporte – caso hipotético

Indicador de análise	Peso relativo do indicador (PR)	Peso normalizado do indicador (PN)	Grau de atendimento do indicador (G)	Pontuação final (PNxG)
Características geométricas	2	$2/10=0,20$	0,75	$0,20 \times 0,75 = 0,15$
Acessibilidade	4	$4/10=0,40$	0,50	$0,40 \times 0,50 = 0,20$
Estacionamento	1	$1/10=0,10$	0,65	$0,10 \times 0,65 = 0,06$
Ciclovias	3	$3/10=0,30$	0,40	$0,30 \times 0,40 = 0,12$
Outro	-	-	-	-
Total				0,53 (53%)

Deve-se ressaltar que o atendimento total ou parcial das alternativas ao escopo de projeto pode afetar o curso de água de diversas maneiras, levando a distintas magnitudes de impacto, os quais serão avaliados na etapa subsequente.

- Integração urbanística

A integração urbanística visa à melhoria da relação entre o curso de água e a sua área de entorno, devendo sua análise ser pautada em critérios como: acessibilidade, uso do solo adjacente à calha e revestimento do leito e margens.

Também neste caso, cada critério deve ser considerado individualmente, para posterior consecução de sua análise integrada.

Acessibilidade

Este critério se refere às possibilidades de aproximação e contato da população com o curso de água, por meio da implantação/melhoria de diferentes vias de acesso (Tabela 8.5):

- Vias de transporte público e individual;
- Vias de pedestres (calçadas, trilhas, etc);
- Ciclovias/ciclofaixas;
- Travessias.

Tabela 8.5 – Proposta para avaliação do critério referente à acessibilidade da alternativa de intervenção ao curso de água – caso hipotético

Indicador de análise	Peso relativo do indicador (PR)	Peso normalizado do indicador (PN)	Grau de atendimento do indicador (G)	Pontuação final (PNxG)
Vias de transporte	3	$3/12=0,25$	0,80	$0,25 \times 0,80=0,20$
Vias de pedestres	4	$4/12=0,33$	0,90	$0,33 \times 0,90=0,29$
Ciclovias/ciclofaixas	4	$4/12=0,33$	0,75	$0,33 \times 0,75=0,25$
Travessias	1	$1/12=0,08$	1,00	$0,08 \times 1,00=0,08$
Outro	-	-	-	-
Total				0,82 (82%)

Uso do solo adjacente à calha

As áreas marginais ou adjacentes aos cursos de água desempenham importante papel na ligação da sua calha com o entorno urbano, contribuindo para a integração do sistema fluvial à malha da cidade.

O tipo de tratamento conferido a esses espaços, portanto, pode influenciar de diversas maneiras a relação de proximidade entre os meios mencionados, sendo suas condições paisagísticas elemento chave nessa aproximação. Nesse caso, deve ser considerada a presença de áreas verdes marginais e de lazer/descanso, importantes elementos na integração do curso de água à paisagem das cidades.

A Tabela 8.6 apresenta exemplos de alguns indicadores a serem considerados na análise do critério em questão.

Tabela 8.6 – Proposta para avaliação de alternativas quanto ao critério de uso do solo adjacente à calha do curso de água – caso hipotético

Indicador de análise	Peso relativo do indicador (PR)	Peso normalizado do indicador (PN)	Grau de atendimento do indicador (G)	Pontuação final (PNxG)
Áreas verdes	1	$1/3=0,33$	0,40	$0,33 \times 0,40=0,13$
Áreas de lazer e descanso	2	$2/3=0,67$	0,70	$0,67 \times 0,70=0,47$
Outro	-	-	-	-
Total				0,60 (60%)

Revestimento do leito e margens

Neste caso, considera-se que quanto mais próximo das condições naturais estiver o revestimento da calha do curso de água – em termos de material de cobertura, permeabilidade e flexibilidade a mudanças morfológicas –, maior a sua integração com a paisagem.

Com vistas a orientar essa análise, a Tabela 8.7 apresenta notas para algumas técnicas e tipos de revestimentos, agrupados de acordo com os critérios previamente mencionados.

Tabela 8.7 – Proposta para pontuação de alternativas quanto ao critério de revestimento do leito e margens do curso de água

Pontuação	Tipo de revestimento
1	Vegetação, gramíneas, rochas e demais elementos naturais
0,75	Enrocamento de pedra lançada/arrumada, “faxinas”, etc
0,50	Gabião saco/colchão, solo reforçado, etc
0,25	Gabião caixa, <i>cribwall</i> , etc
0	Concreto, pedra argamassada, alvenaria, etc

Ressalta-se, ainda, que a maior pontuação conferida aos revestimentos mais rugosos leva em consideração a questão da *adaptabilidade hidráulica* da solução proposta, ou seja, em caso de necessidade de alteração da seção em termos de forma e material de cobertura, as calhas mais “naturais” apresentam maiores possibilidades de adequação a tais mudanças, ao contrário daquelas revestidas com materiais rígidos e impermeáveis.

Em seguida à avaliação individual de cada critério, os mesmos devem ser analisados conjuntamente, de forma a compor o índice de atendimento ao objetivo de integração urbanística (Tabela 8.8).

Tabela 8.8 – Composição do índice de atendimento ao objetivo de integração urbanística – caso hipotético

Critério de análise	Peso relativo do critério (PRI)	Peso normalizado critério (PNI)	Pontuação do critério (PNxG)	Pontuação final PNIx(PNxG)
Acessibilidade	3	$3/8=0,38$	0,82	$0,38 \times 0,82=0,31$
Uso do solo	4	$4/8=0,50$	0,60	$0,50 \times 0,60=0,30$
Revestimento	1	$1/8=0,12$	0,25	$0,12 \times 0,25=0,03$
Total				0,64 (64%)

O quadro da Figura 8.23 ilustra o resultado final das análises previamente realizadas, apresentando a pontuação global da alternativa hipotética analisada em relação ao seu grau de atendimento aos objetivos da intervenção.

Objetivo da intervenção	PR	PN	Critério de análise	PR	PN	Indicadores de análise	PR	PN	Grau de atendimento	Pontuação indicadores	Pontuação critérios	Pontuação final		
Controle de riscos	3	0,50	Controle de cheias	-	-	TR de projeto e TR desejável	-	-	0,80	0,80	0,80	0,50x0,80=0,40		
Implantação/ alteração de vias de circulação e transporte	2	0,33	Atendimento aos critérios de projeto	-	-	Características geométricas	2	0,20	0,75	0,15	0,53	0,33x0,53=0,17		
						Acessibilidade	4	0,40	0,50	0,20				
						Estacionamento	1	0,10	0,65	0,06				
						Ciclovia	3	0,30	0,40	0,12				
						Total			0,53					
Integração urbanística	1	0,17	Acessibilidade	3	0,38	Vias de transporte	3	0,25	0,80	0,20	0,38x0,82=0,31	0,17x0,64=0,11		
						Vias de pedestres	4	0,33	0,90	0,29				
						Ciclovias/ciclofaixas	4	0,33	0,75	0,25				
						Travessias	1	0,08	1,00	0,08				
									Total				0,82	
			Uso do solo adjacente à calha	4	0,50				Áreas verdes	1	0,33		0,40	0,13
						Áreas de lazer e descanso	2	0,67	0,70	0,47				
						Total			0,60					
Revestimento do leito e margens	1	0,12				Tipo de revestimento	-	-	0,25	0,25	0,12x0,25=0,03			
Grau de atendimento da alternativa aos objetivos da intervenção												0,68=68%		

Figura 8.21 – Quadro síntese da análise a ser realizada para avaliação do grau de atendimento de uma alternativa qualquer aos objetivos da intervenção – caso hipotético

Para todos os objetivos considerados, as implicações das alternativas sobre o curso de água – desenvolvimento longitudinal, seção transversal, regime hidrológico, áreas verdes adjacentes, remoção/desapropriação, etc – serão contempladas na análise de impacto.

- Melhoria da qualidade da água

O nível de qualidade da água desejável para um sistema fluvial está extremamente vinculado ao uso que se pretende fazer desse recurso. Em áreas urbanas, os usos mais frequentes referem-se ao abastecimento humano, à recreação e à “harmonia paisagística” (termos conforme Deliberação Normativa CONAMA 357/2005 – BRASIL, 2005b), cada qual associado a um enquadramento de qualidade específico.

De modo geral, a alteração da qualidade da água está associada a inúmeros fatores, diretamente relacionados com a área de intervenção e/ou externos a ela. O seu equacionamento, em muitos casos, não é de simples solução, envolvendo questões de ordem tecnológica, política, econômica e social.

Notadamente no que tange o lançamento de esgotos, o quadro apresentado pode tornar-se bastante complexo, tendo em vista a diversidade de fatores intervenientes: limites

administrativos, contribuições de montante, ligações clandestinas, situação topológica da rede, planos de intervenção das concessionárias ou órgãos responsáveis pelos serviços de saneamento, etc.

Além desses fatores, soma-se o lançamento de resíduos sólidos e o aporte de carga de poluição difusa, cujos controles podem ser de difícil alcance.

Nesse quadro de problemas de complexa solução, as intervenções visando à melhoria das condições diagnosticadas deverão estar inseridas em planos abrangentes e integrados, focando-se em medidas e projetos capazes de elevar a qualidade da água até os padrões de qualidade exigidos/desejáveis (em consonância com os usos pretendidos para o corpo de água). Em inúmeros casos, como em áreas precariamente atendidas pelos serviços de saneamento básico ou onde a topologia da rede de esgotamento sanitário não se apresenta fechada, o equacionamento da questão requer, por exemplo, a implantação de redes coletoras e interceptoras de esgoto, o aumento da área de coleta de resíduos, a fiscalização do lançamento clandestino de entulho, educação ambiental, etc.

Já nas áreas onde esse cenário se encontra resolvido, a melhoria da qualidade da água pode envolver a necessidade de concepção de projetos que considerem o uso de técnicas mais focadas no controle de poluição difusa.

Qualquer que seja o caso, dificilmente uma intervenção em um curso de água – por motivos não estritamente ligados à questão – irá alterar o padrão de qualidade do trecho em estudo. Isso significa que somente medidas objetivamente delineadas para o tratamento dessa questão poderão, de fato, alcançar a melhoria pretendida. Eventualmente, a concepção de determinadas alternativas poderá contribuir para tal (como no caso do emprego de plantas que absorvem substâncias tóxicas), mas a sua mensuração é também de difícil consecução.

Portanto, pode-se dizer que melhorias substanciais na qualidade da água estão intimamente atreladas ao controle das suas principais fontes de poluição/degradação, as quais, em uma grande diversidade de casos, extrapolam os limites da área de intervenção e o alcance pontual das alternativas a serem concebidas (tendo em vista que, em inúmeras situações, a solução dos problemas encontrados caberá a diferentes órgãos do poder público e/ou administrações municipais/estaduais).

Ainda, não se poderia deixar de mencionar a questão da manutenção e fiscalização, uma vez que, por si só, a execução de determinada intervenção – com vistas à melhoria da qualidade da água – não garante que a mesma seja alcançada dentro dos padrões desejáveis. Ou seja, a melhoria pretendida é resultado de um conjunto de ações que, isoladamente, podem não ser efetivas.

Diante dos aspectos levantados considerou-se que a questão de qualidade da água transcende o alcance desta proposta metodológica, sendo pouco viável sua inclusão como item de análise, principalmente por se tratar de um objetivo cujas soluções para o seu atendimento são, de forma geral, complexas e pouco passíveis de variação em termos de projeto – ao contrário dos casos de integração urbanística, controle de cheias e implantação/alteração de sistema viário, que permitem maior flexibilidade na concepção de diferentes alternativas de intervenção e cujos impactos, em decorrência disso, podem ser significativamente diferentes no curso de água.

8.6.2 Análise de impacto

A análise de impacto das alternativas visa “mensurar” as suas implicações sobre o curso de água por meio de indicadores relacionados aos principais aspectos e condições que poderão ser influenciados – ou sofrer algum tipo de alteração – em decorrência da adoção de diferentes abordagens de intervenção (Figura 8.24).

A sua construção fundou-se em estudos anteriores voltados para o diagnóstico das condições de degradação e análise de alternativas de intervenção em rios e córregos urbanos (CARDOSO, 2008 e CARDOSO e BAPTISTA, 2011), posteriormente reforçados por outros documentos (CWP, 2005a; URBEM, 2005c, 2004, 2003; PARSONS *et al*, 2001).



Figura 8.22 – Dimensões de análise e indicadores de impacto para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água urbanos

Em consonância com o levantamento realizado na etapa de diagnóstico, o conjunto de indicadores propostos enquadra-se em três dimensões, relativas aos meios fluvial, ambiental e sociocultural/infraestrutura dos cursos de água, podendo aos mesmos serem acrescidos outros não contemplados e/ou eliminados aqueles não pertinentes diante do cenário em estudo.

Seu procedimento de análise – considerando-se a fase de estudos preliminares e a própria natureza dos indicadores – repousa em bases qualitativas, guiado pelo prognóstico da magnitude dos impactos (positivos ou negativos) a serem observados com a implementação de cada solução proposta.

Nesse sentido, as notas dos indicadores serão função do impacto de cada alternativa sobre os mesmos, variando de -5 a +5 (Figura 8.25). A atual condição do curso de água, levantada no

diagnóstico, constitui-se a referência em relação à qual as alternativas devem ser comparadas, sendo a ela atribuída a nota zero.

Magnitude do impacto						
Negativo			Ausente	Positivo		
-5	-3	-1	0	+1	+3	+5
Significativo	Considerável	Pouco expressivo		Pouco expressivo	Considerável	Significativo

Figura 8.23 – Escala de pontuação dos impactos decorrentes da adoção de alternativas de intervenção sobre cursos de água

Uma vez que a relação de importância entre os indicadores pode ser bastante variável, notadamente em áreas urbanas, devem ser atribuídos pesos distintos aos mesmos, de forma a tornar a análise mais realista.

Sendo assim, de acordo com o estado de degradação do curso de água e as condições urbano-ambientais da sua área de inserção, os indicadores devem ser ordenados segundo a sua relevância frente ao cenário diagnosticado, dentro da escala de importância apresentada na Tabela 8.9 (adaptada de SAATY, 2005 e FIGUEIREDO JUNIOR, 2009).

Tabela 8.9 – Grau de importância a ser conferido aos indicadores de acordo com as especificidades de cada caso

Grau de importância	Significado da importância
9	Muito grande
7	Grande
5	Média
3	Pequena
1	Muito pequena
0	Nula

O peso conferido a cada indicador – associado ao seu grau de importância – deve, então, ser multiplicado pela nota referente à sua pontuação de impacto. A nota final de cada alternativa, portanto, será resultado da soma dos valores anteriores encontrados para cada indicador.

A seguir, apresenta-se um caso hipotético com fins de exemplificação do procedimento de cálculo proposto, considerando o cenário de um curso de água em leito natural, com as margens ocupadas irregularmente por população de baixa renda. Problemas de inundação com danos são recorrentes na área e a vegetação marginal é rasteira e encontra-se bastante alterada, sendo pequena a diversidade de *habitats*.

Para este cenário foram aventadas três alternativas de intervenção: (1) curso de água em leito natural em área compatível com a mancha de inundação definida em estudos hidrológicos/hidráulicos; (2) canal aberto revestido em concreto e grama; (3) canal aberto revestido em concreto (Figura 8.26) . Todas as alternativas contemplam faixas de tráfego em ambas as margens do córrego (com a mesma largura em todos os casos) e, conseqüentemente, números de remoção de população relativamente distintos, em função da largura da seção do canal.

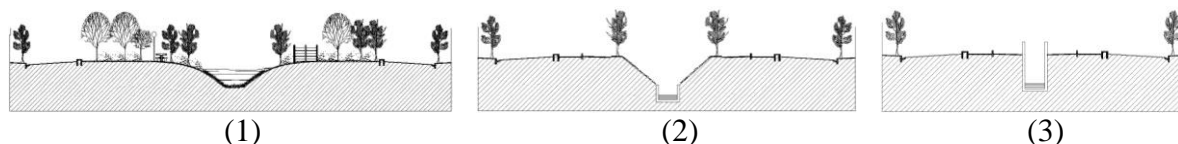


Figura 8.24 – Alternativas de intervenção propostas para um caso hipotético

As Tabelas 8.10 a 8.12 apresentam a análise realizada para o caso em questão.

Tabela 8.10 – Importância relativa dos indicadores de impacto para um caso hipotético

Grau de importância	Indicador
9	Regime hidrológico, remoção/desapropriação/reassentamento
7	Seção transversal, integração urbanística
5	Desenvolvimento longitudinal, integridade morfológica
3	Áreas verdes adjacentes
1	Diversidade de <i>habitats</i> , relação entre o curso de água e a população
0	-

Tabela 8.11 – Análise de impacto de três alternativas de intervenção propostas para um caso hipotético

Dimensão	Indicador	Alternativa		
		#1	#2	#3
<i>Fluvial</i>	Desenvolvimento longitudinal	0	-2	-2
	Seção transversal	+3	-3	-4
	Integridade morfológica	+5	+5	+5
	Regime hidrológico	+5	+5	+5
<i>Ambiental</i>	Diversidade de <i>habitats</i>	+3	-1	-2
	Áreas verdes adjacentes	+4	-2	-4
<i>Sociocultural</i>	Integração urbanística	+5	+2	+1
	Relação entre o curso de água e a população	+5	+2	+1
	Remoção, desapropriação e reassentamento	-5	-2	-1

Tabela 8.12 – Pontuação final de impacto de três alternativas de intervenção propostas para um caso hipotético

Grau de importância	Indicador	Alternativa		
		#1	#2	#3
9	Regime hidrológico	+5x9=+45	+5x9=+45	+5x9=+45
	Remoção, desapropriação e reassentamento	-5x9=-45	-2x9=-18	-1x9=-9
7	Seção transversal	+3x7=+21	-3x7=-21	-4x7=-28
	Integração urbanística	+5x7=+35	+2x7=+14	+1x7=+7
5	Desenvolvimento longitudinal	0x5=0	-2x5=-10	-2x5=-10
	Integridade morfológica	+5x5=+25	+5x5=+25	+5x5=+25
3	Áreas verdes adjacentes	+4x3=+12	-2x3=-6	-4x3=-12
1	Diversidade de <i>habitats</i>	+3x1=+3	-1x1=-1	-2x1=-2
	Relação entre o curso de água e a população	+5x1=+5	+2x1=+2	+1x1=+1
Total		+101	+30	+17

Para um mesmo cenário, os pesos dos indicadores serão sempre mantidos os mesmos, variando apenas as notas relativas aos impactos de cada alternativa. Em termos de comparação, quanto maior a pontuação da alternativa, melhor o seu desempenho em relação ao cenário diagnosticado.

Por se fundamentar em bases qualitativas, a análise em questão exige que o ordenamento dos indicadores (em função do seu grau de importância frente ao cenário em estudo) e as notas atribuídas aos mesmos (relativas à magnitude dos impactos das alternativas) sejam considerados de forma bastante criteriosa. Notadamente em relação ao último aspecto, a avaliação de impactos pode requerer a comparação de todas as alternativas entre si e em relação à condição atual – indicador a indicador –, aumentando a coerência da análise.

Finalmente, vale mencionar que o indicador de impacto relativo à qualidade da água deve ser apenas considerado para os casos em que as alternativas de intervenção no próprio curso de água (e/ou nas suas áreas marginais) possam trazer alguma alteração nas suas atuais condições. Dessa forma, os impactos decorrentes da implantação de redes coletoras/interceptoras de esgoto não são aqui considerados, conforme discutido anteriormente.

8.6.3 Análise de custos

Esta etapa considera o levantamento de *custos financeiros* – referentes à implantação, manutenção e operação das alternativas – e de *custos “sociais”* – relativos à remoção,

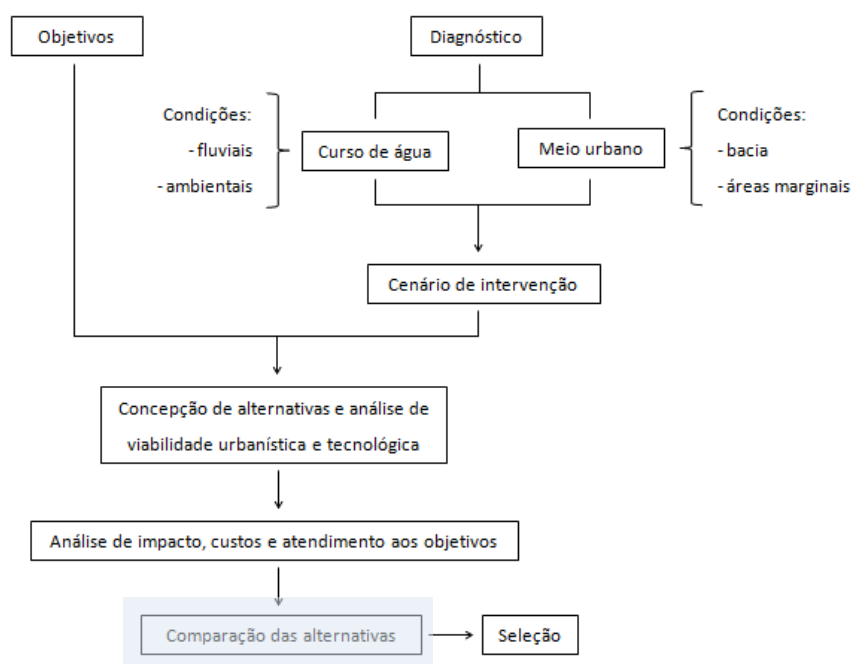
reassentamento de famílias, desapropriação de imóveis e danos à população e à infraestrutura urbana decorrentes de eventos de inundação.

Os custos relativos à implantação, manutenção e operação das estruturas de drenagem podem ser obtidos a partir de composições de custos específicas ou estimados em estudos descritos por Moura *et al* (2009) e Evangelista *et al* (2011). No último caso, ressalta-se o amplo levantamento de custos realizado para galerias e canais em seção aberta (revestidos em concreto, cobertura vegetal, enrocamento, gabião, etc), tomando como referência dados da literatura nacional e estrangeira.

Já os custos sociais relativos à remoção, desapropriação e reassentamento de população devem ser avaliados caso a caso, de acordo com as particularidades locais da área de intervenção, uma vez observada a impossibilidade de extrapolação desse tipo de dado de uma localidade para outra. O levantamento dos valores em questão pode ser obtido por meio de consulta a órgãos públicos e empresas particulares, envolvidas com a realização de obras que causem interferências nas condições previamente consideradas.

Ressalta-se, ainda, que os danos decorrentes de eventos de inundação sobre a infraestrutura urbana, residências e o setor de comércio e serviços podem ter seus valores de referência baseados em estudos realizados na cidade de Itajubá, Minas Gerais/Brasil – Milograna *et al* (2011) e Nascimento *et al* (2007) – de forma a auxiliar a composição de custos das alternativas para as condições brasileiras. Todavia, há que se considerar as dificuldades inerentes ao cálculo desse tipo de dano, notadamente dos intangíveis. Nesse caso, o nível de profundidade da análise será função das particularidades do estudo e da disponibilidade de dados para a sua consecução.

8.7 Etapa Comparação de alternativas



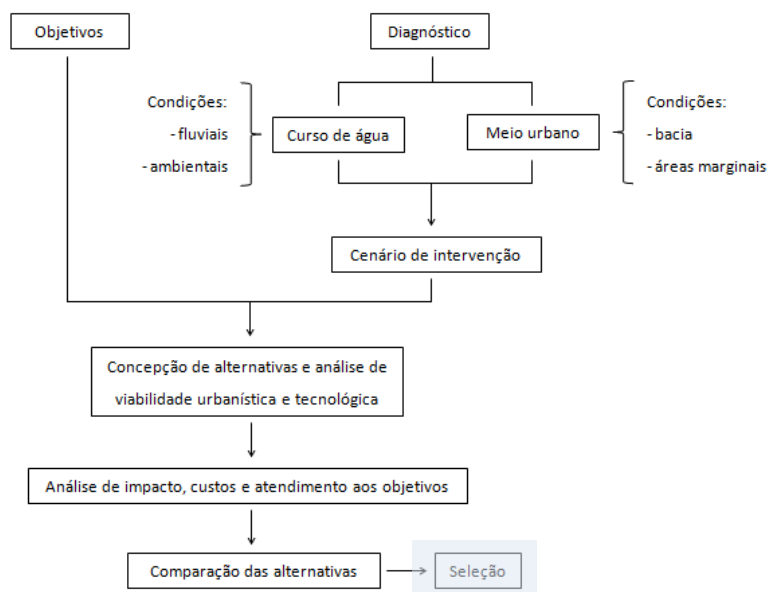
Nesta etapa propõe-se que a comparação de alternativas seja realizada por meio da adoção de um procedimento simples de análise, a exemplo do uso de gráficos que possibilitem uma visualização clara dos resultados obtidos na etapa precedente, conforme procura ilustrar a Figura 8.26.



Figura 8.25 – Representação gráfica para comparação de alternativas de intervenção em cursos de água quanto aos critérios de atendimento aos objetivos, impacto e custos

Uma vez que a metodologia desenvolvida neste trabalho se volta para a fase de estudos preliminares, a consecução desse tipo de análise apresenta-se bastante procedente. A adoção de métodos de análise multicritério mais sofisticados deve ser avaliada caso a caso.

8.8 Etapa Seleção de alternativas



A metodologia de análise proposta visa apenas orientar e subsidiar o processo de seleção da alternativa a ser adotada, cabendo ao decisor a sua efetiva definição, a qual deve se pautar nos resultados obtidos nas etapas precedentes em sintonia com questões de outras naturezas, alheias aos aspectos anteriormente contemplados, tais como orçamento disponível, cronograma de implantação, avaliação política, etc. A participação da população, por sua vez, permeia diversas das etapas anteriores, notadamente nas fases de concepção de alternativas e de análise de sua viabilidade urbanística.

8.9 Considerações finais

A metodologia apresentada neste capítulo, desenvolvida com o objetivo de orientar processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água urbanos, pautou-se em um desenvolvimento de caráter dialético, com aplicação de cada uma das etapas propostas a um estudo de caso piloto – o Córrego Bonsucesso –, assim como a sua verificação diante de outros cenários, o que permitiu avaliá-la e reformulá-la ao longo de todo o processo de sua construção.

Os resultados obtidos em campo, juntamente com outros estudos, tornaram evidente a necessidade de proposição de uma ferramenta flexível, aberta à incorporação de novos critérios de análise e/ou eliminação daqueles considerados pouco pertinentes.

Em resumo, a metodologia em questão, a ser empregada na fase de estudos preliminares, consiste na estruturação das etapas de um processo decisório multicriterial, considerando os objetivos da intervenção e o diagnóstico da área de estudo para a concepção de alternativas, as quais devem ser analisadas segundo critérios de viabilidade urbanística e tecnológica, assim como no tocante ao seu impacto, custos e grau de atendimento aos objetivos.

A sua comparação, por meio da construção de índices, permite que os principais pontos de convergência/divergência entre as alternativas sejam facilmente visualizados, subsidiando, dessa forma, a tomada de decisão.

Conforme apresentado no capítulo, a metodologia procura ser simples e de emprego fácil e expedito, apesar de demandar uma participação ativa e extremamente criteriosa por parte do analista, ao qual caberá a decisão final da alternativa a ser adotada.

9 ESTUDO DE CASO

9.1 Introdução

A metodologia de auxílio à decisão desenvolvida por este trabalho, apresentada no Capítulo 8, foi aplicada a um estudo de caso no município de Belo Horizonte, com o objetivo de avaliá-la e validá-la. O estudo em questão trata de um córrego que cruza a área do *campus* da UFMG – Córrego Engenho Nogueira –, em sua maior parte canalizado em seção fechada e apresentando problemas de insuficiência hidráulica.

De fato, os recorrentes eventos de inundação que atingiam a área de estudo – da ordem de seis extravasamentos da rede de macrodrenagem por ano, com profundidades de submersão inferiores a 50cm –, levaram a Prefeitura Municipal, juntamente com a Universidade, a decidirem pela implantação de uma bacia de retenção para solução do problema mencionado – em escala local – e para o amortecimento de cheias – em escala global (MOURA *et al*, 2012).

Segundo os autores, para o alcance dos objetivos propostos, o dimensionamento da bacia deveria amortecer precipitações com Períodos de Retorno de até 50 anos, o que, de fato, não se efetivou. Na realidade, o projeto executado diverge da proposta concebida, sendo o volume da bacia 75% inferior ao planejado. Como consequência, a bacia implantada não cumpre plenamente os objetivos esperados, protegendo a área do *campus* somente para o caso de chuvas com Período de Retorno inferior a 2 anos. Em vistas disso, foi implantado um sistema de alerta de inundações no *campus*, de forma a minimizar os impactos adversos decorrentes do extravasamento da rede de drenagem (MOURA *et al*, 2012).

Ainda, cabe mencionar que os problemas de inundação na área do *campus* são consideravelmente antigos, tendo sido elaborado, no início da década de 1990, estudos de intervenção que consideravam a construção de um canal extravasador de cheias (em seção aberta) para o equacionamento da questão (CAB, 1992). Todavia, o mesmo não foi executado.

Posteriormente, no ano de 1997, o Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG elaborou um estudo que propunha diversas alternativas para o controle de

inundações no campus (UFMG, 1997), do qual resultou a proposta de implantação da bacia de retenção anteriormente citada.

Diante do quadro apresentado e da intenção de promover no *campus* universitário uma melhoria das suas condições paisagísticas e o aumento da oferta de áreas de lazer para os seus usuários, o presente estudo avalia diferentes possibilidades para solução dos problemas de insuficiência hidráulica encontrados e para reintegração do Córrego Engenho Nogueira como elemento embelezador da paisagem e articulador de espaços de convívio social, conforme será visto nos itens que se seguem.

9.2 Descrição geral do Córrego Engenho Nogueira

O Córrego Engenho Nogueira é afluente da margem direita do Ribeirão Pampulha, tributário do Onça, o qual, por sua vez, deságua no Rio das Velhas.

Como anteriormente mencionado, o trecho em estudo situa-se dentro dos limites do *campus* da UFMG, conforme ilustrações constantes da Figura 9.1.

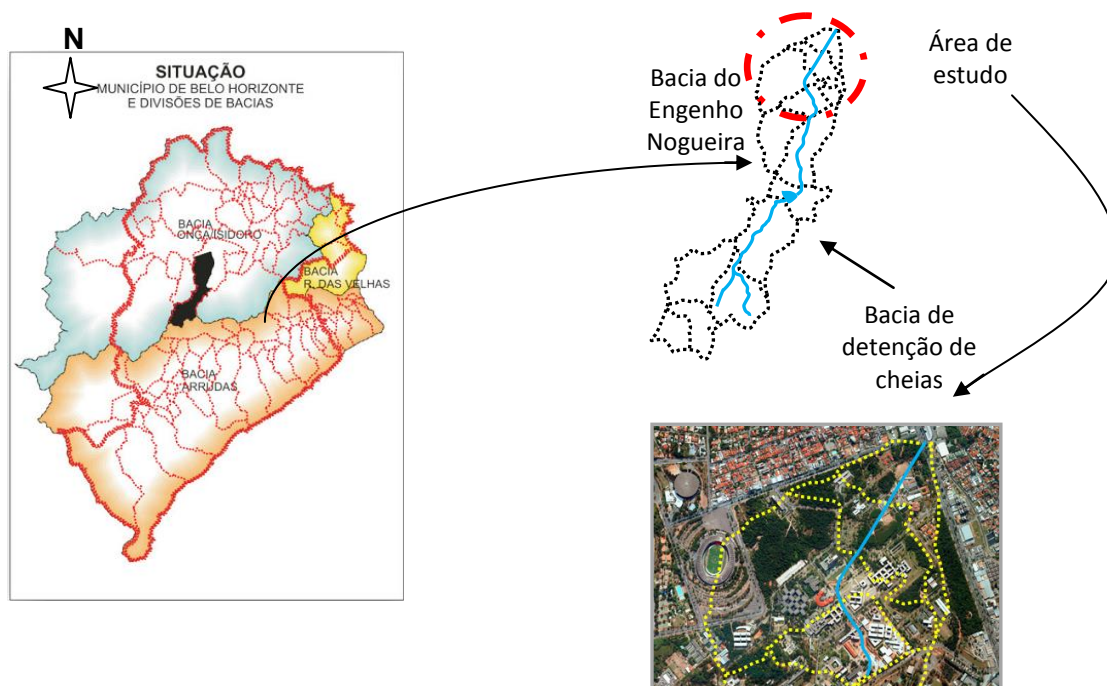


Figura 9.1 – Localização da bacia do Engenho Nogueira no mapa de bacias de Belo Horizonte (Fonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte) e delimitação das suas sub-bacias (Fontes: adaptado de MOURA *et al*, 2012 e imagem de satélite da área de estudo adaptada de Google Earth, 2011)

A Figura 9.2 apresenta a extensão do córrego a ser estudada, com indicação dos trechos em seção fechada e a céu aberto dentro do *campus* universitário.

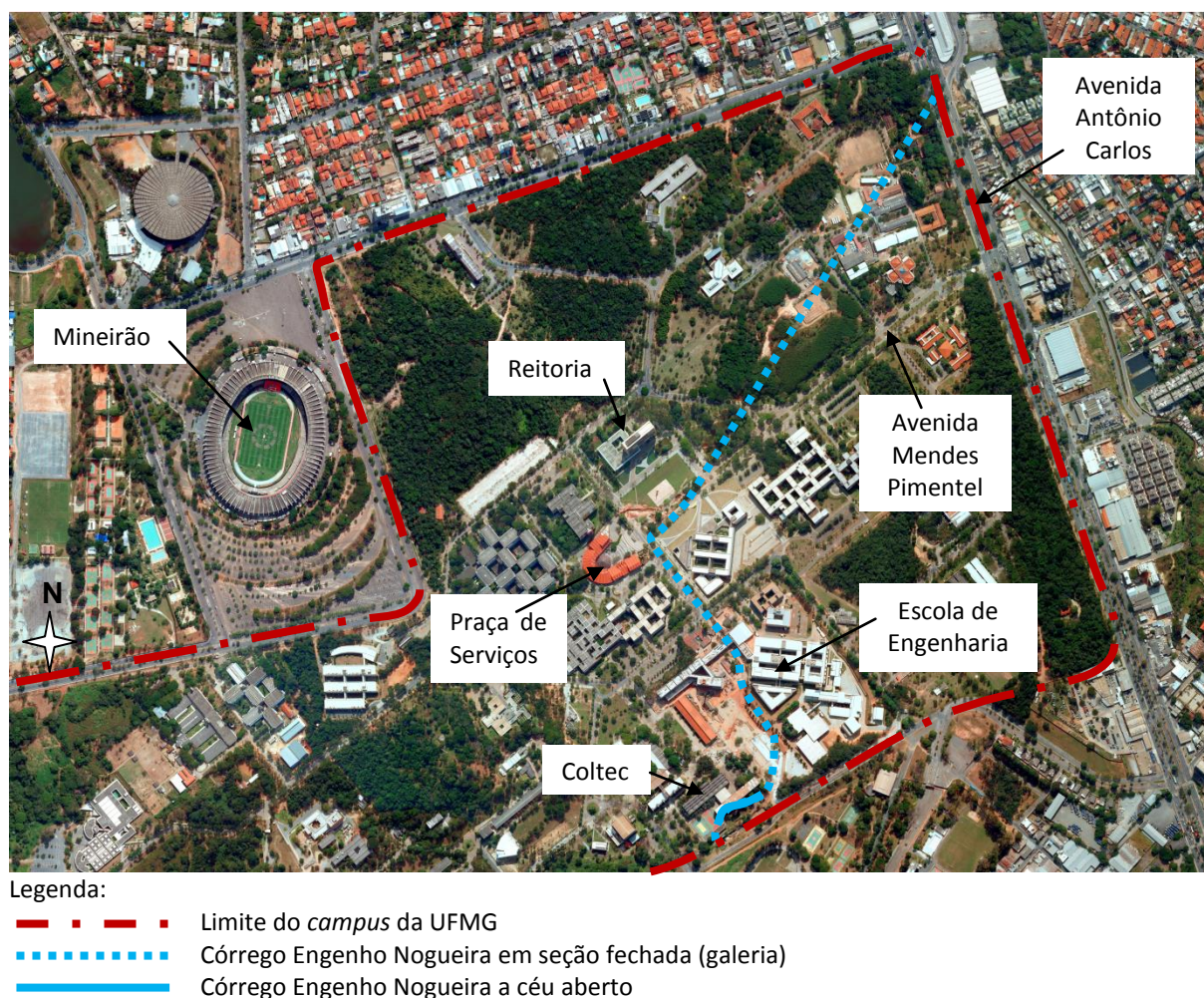


Figura 9.2 – Imagem de satélite de parte do *campus* da UFMG com indicação do trecho do Córrego Engenho Nogueira a ser estudado (Fonte: adaptado de Google Earth, 2011)

A escolha do córrego em questão dentro dos limites apresentados se deve a um conjunto de fatores, sendo aquele de maior relevância associado a uma real possibilidade de abertura de alguns de seus trechos, integrando-os à área do *campus*. Ademais, ressalta-se a necessidade de solução dos problemas de insuficiência hidráulica já mencionados.

Ainda, a área de estudo apresenta condições distintas de uso e ocupação do solo, além de um trecho do curso de água a céu aberto, o que permite a aplicação da metodologia proposta a uma ampla diversidade de cenários.

Finalmente, deve-se ressaltar a facilidade de visitas a campo e de acesso a projetos, estudos e dados relativos ao trecho de estudo – como levantamento topográfico, projeto da rede de macro e microdrenagem, estudos hidrológicos e hidráulicos, etc. –, o que possibilita a consecução de análises calcadas em bases bastante realistas.

A seguir, cada uma das etapas metodológicas discutidas no capítulo anterior é aplicada ao caso mencionado.

9.3 Etapa Determinação dos objetivos da intervenção

A intervenção no Córrego Engenho Nogueira dentro dos limites do *campus* da UFMG tem dois objetivos principais:

1. Sua integração urbanística com as áreas de entorno – promovendo oportunidades de recreação e lazer para a comunidade acadêmica junto ao trecho a céu aberto e àqueles passíveis de abertura da canalização;
2. Solução dos problemas de inundação que assolam o *campus* nos períodos de chuva.

No primeiro caso, ressalta-se a intenção de reversão do quadro de descuido e abandono das áreas marginais ao trecho do córrego a céu aberto, nas proximidades do Coltec, de forma a melhorar as condições paisagísticas locais e oferecer à comunidade universitária uma área agradável de lazer e descanso. Vale destacar que a presença do curso de água na área em questão representa significativo potencial para o alcance do objetivo proposto.

No tocante aos trechos fechados do córrego, a promoção de sua abertura em determinadas áreas também contribuiria sobremaneira para a melhoria das condições paisagísticas do *campus*, com a valorização da água como elemento embelezador da paisagem e à qual poderiam associar-se interessantes espaços para desfrute da população, notadamente junto às suas áreas marginais.

Em relação ao objetivo de controle de cheias, o seu alcance poderia se pautar em soluções exclusivamente voltadas para este fim ou em propostas mais abrangentes, considerando a incorporação das questões de integração urbanística anteriormente mencionadas.

9.4 Etapa Diagnóstico

A etapa *Diagnóstico* se volta para o levantamento de dados acerca das condições fluviais e ambientais do Córrego Engenho Nogueira e das características urbanas da sua área de inserção.

9.4.1 Diagnóstico do curso de água

Delimitação da área da bacia/sub-bacias de estudo

O córrego Engenho Nogueira, inserido em bacia de mesmo nome, apresenta área de 600 hectares em parte urbanizada da região da Pampulha, com extensão total de 5,5 km, estando 75% da sua rede canalizada e o restante em leito natural.

Dentro do *campus* da UFMG, em sua área mais a jusante, o córrego se desenvolve em aproximadamente 1.600m, conforme ilustrado nas Figuras 9.2 e 9.3.

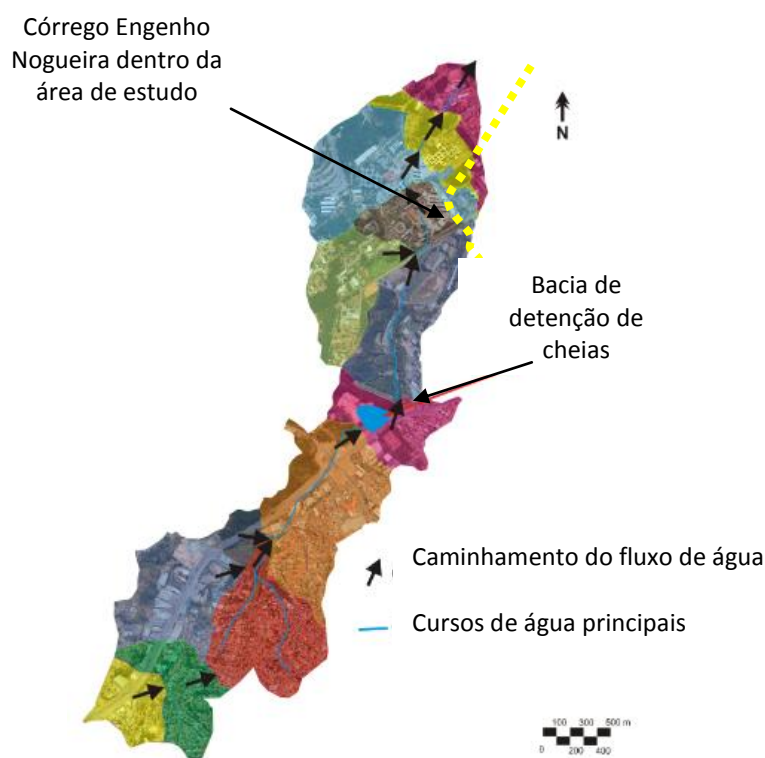


Figura 9.3 – Bacia/sub-bacias do Córrego Engenho Nogueira e representação do trecho em estudo dentro da área do *campus* da UFMG (Fonte: adaptado de MOURA *et al*, 2012)

Identificação da rede de drenagem

A rede de drenagem integrante da bacia do Engenho Nogueira está representada na Figura 9.3, sendo o trecho relativo à área de estudo ilustrado na Figura 9.4.



Figura 9.4 – Rede de macrodrenagem do Córrego Engenho Nogueira dentro da área do campus da UFMG (Fonte: adaptado de DFPF/UFMG – Plano Diretor de Infraestrutura/2012)

Divisão do curso de água em trechos homogêneos

A divisão do Córrego Engenho Nogueira dentro do perímetro de estudo foi realizada de acordo com os critérios que seguem, em consonância com os objetivos da intervenção:

- Características da seção: aberta ou fechada;
- Condições de uso e ocupação do solo no entorno das galerias (e sobre elas);
- Identificação dos trechos com problemas de insuficiência hidráulica (e que, portanto, necessitam de reformulação para atendimento das vazões de projeto).

No caso das seções fechadas, a divisão se pautou na viabilidade de abertura de determinados trechos do córrego – em função das condições de ocupação e uso do solo adjacente (edificações, sistema viário, etc) –, de forma que as interferências na infraestrutura existente fossem as mínimas possíveis. Já no tocante à insuficiência hidráulica, toda a extensão

diagnosticada como tal foi considerada um trecho único. A divisão mencionada resultou em cinco trechos homogêneos, conforme ilustram as Figuras 9.5 a 9.7.



Figura 9.5 – Imagem de satélite da área de estudo com a subdivisão do Córrego Engenho Nogueira em trechos homogêneos (Fonte: adaptado de Google Earth, 2011)

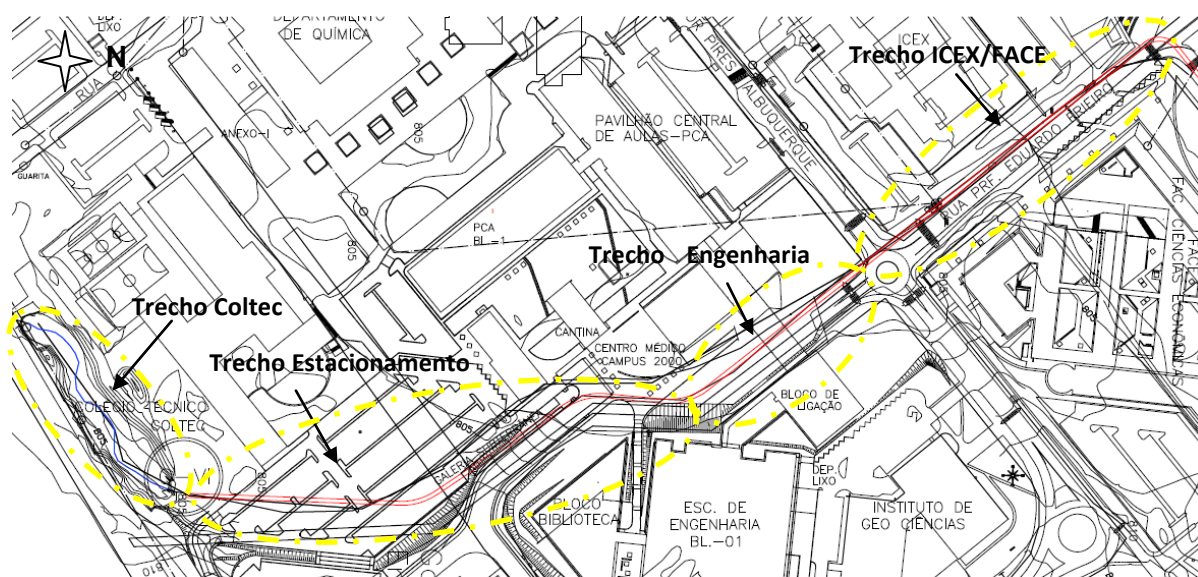


Figura 9.6 – Trechos Coltec, Estacionamento, Engenharia e ICEX/FACE do Córrego Engenho Nogueira

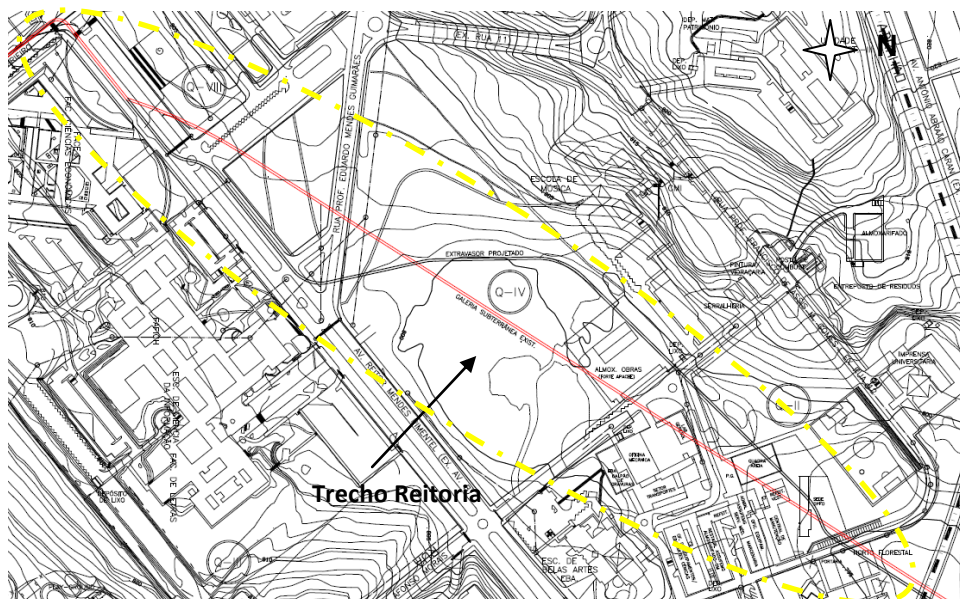


Figura 9.7 – Trecho Reitoria do Córrego Engenho Nogueira

A Figura 9.8 apresenta uma vista aérea da área de estudo, com destaque para as condições relativas ao Trecho Reitoria (seções da galeria e uso/ocupação do solo).



Figura 9.8 – Galeria do Córrego Engenho Nogueira e Trecho Reitoria

Diagnóstico dos trechos: aspectos fluviais e ambientais

O diagnóstico das condições fluviais e ambientais dos trechos ora considerados foi realizado por meio do preenchimento das fichas de diagnóstico relativas ao meio físico, constantes do Apêndice 03, sendo sua análise resumida apresentada no quadro da Figura 9.9.

Trecho Coltec						
Dimensão	Indicador	Degradação em relação à condição natural				
		Ausente	Baixa	Média	Alta	Muito alta
<i>Fluvial</i>	Desenvolvim. longitudinal		x			
	Seção transversal			x		
	Integridade morfológica	x				
	Regime hidrológico		x			
<i>Ambiental</i>	Diversidade de <i>habitats</i>			x		
	Áreas verdes marginais		x			
	Qualidade da água					x
Trecho Estacionamento						
Dimensão	Indicador	Degradação em relação à condição natural				
		Ausente	Baixa	Média	Alta	Muito alta
<i>Fluvial</i>	Desenvolvim. longitudinal					x
	Seção transversal					x
	Integridade morfológica	x				
	Regime hidrológico				x	
<i>Ambiental</i>	Diversidade de <i>habitats</i>					x
	Áreas verdes marginais					x
	Qualidade da água					x
Trecho Engenharia						
Dimensão	Indicador	Degradação em relação à condição natural				
		Ausente	Baixa	Média	Alta	Muito alta
<i>Fluvial</i>	Desenvolvim. longitudinal					x
	Seção transversal					x
	Integridade morfológica	x				
	Regime hidrológico				x	
<i>Ambiental</i>	Diversidade de <i>habitats</i>					x
	Áreas verdes marginais			x		
	Qualidade da água					x
Trecho ICEX/FACE						
Dimensão	Indicador	Degradação em relação à condição natural				
		Ausente	Baixa	Média	Alta	Muito alta
<i>Fluvial</i>	Desenvolvim. longitudinal					x
	Seção transversal					x
	Integridade morfológica	x				
	Regime hidrológico				x	
<i>Ambiental</i>	Diversidade de <i>habitats</i>					x
	Áreas verdes marginais				x	
	Qualidade da água					x
Trecho Reitoria						
Dimensão	Indicador	Degradação em relação à condição natural				
		Ausente	Baixa	Média	Alta	Muito alta
<i>Fluvial</i>	Desenvolvim. longitudinal					x
	Seção transversal					x
	Integridade morfológica	x				
	Regime hidrológico				x	
<i>Ambiental</i>	Diversidade de <i>habitats</i>					x
	Áreas verdes marginais			x		
	Qualidade da água					x

Figura 9.9 – Quadro resumo com o resultado do diagnóstico das condições fluviais e ambientais dos cinco trechos do Córrego Engenho Nogueira dentro da área de estudo

9.4.2 Diagnóstico do meio urbano

A bacia do Córrego Engenho Nogueira, situada nas regionais Noroeste e Pampulha do município de Belo Horizonte, apresenta condições de uso e ocupação do solo bastante distintas, decorrência dos diferentes níveis de restrição impostos pelo zoneamento urbano incidente na região (Figura 9.10).

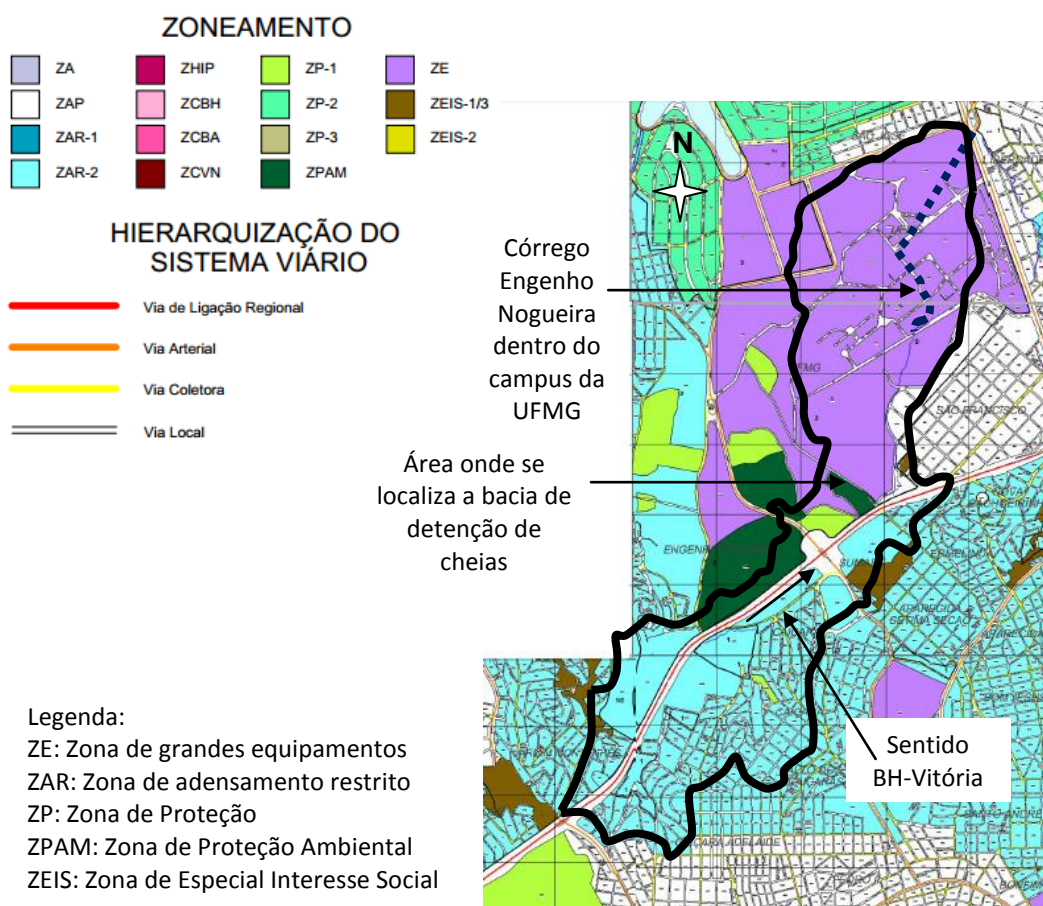


Figura 9.10 – Delimitação da bacia do Córrego Engenho Nogueira no mapa da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte de 1996

Em função das características do zoneamento, é notável uma maior ocupação da bacia na sua porção de montante, principalmente à margem direita do Anel Rodoviário (BR262), sentido Belo Horizonte-Vitória.

Por outro lado, à margem esquerda da rodovia e à jusante da bacia de retenção de cheias a ocupação encontra-se mais rarefeita, decorrência da existência de zonas de proteção

ambiental, do *campus* da UFMG e do Colégio Militar, que garantem a presença de amplas áreas verdes dentro dos limites da bacia hidrográfica.

Quanto ao estágio de ocupação da bacia, pode-se dizer que o mesmo esteja praticamente consolidado, pois conforme demonstram os estudos apresentados em Belo Horizonte (2002) – onde se buscou avaliar o estágio de impermeabilização da bacia frente a cenários passados e futuros –, entre 1999 e 2020 o crescimento da taxa de impermeabilização foi presumido como sendo inferior a 4%. A condição de ocupação da bacia em questão, referente ao ano de 2011, pode ser visualizada na Figura 9.11.



Figura 9.11 – Imagem de satélite com delimitação da bacia do Córrego Engenho Nogueira (Fonte: adaptado de Google Earth, 2011)

Ainda em termos de enquadramento legal, destaca-se o Regulamento de Uso e Ocupação do Solo do *Campus* da Pampulha da UFMG (UFMG, 2009), que determina o zoneamento das suas áreas edificáveis, não edificáveis, passíveis de ocupação e de preservação ambiental, conforme ilustrado na Figura 9.12.

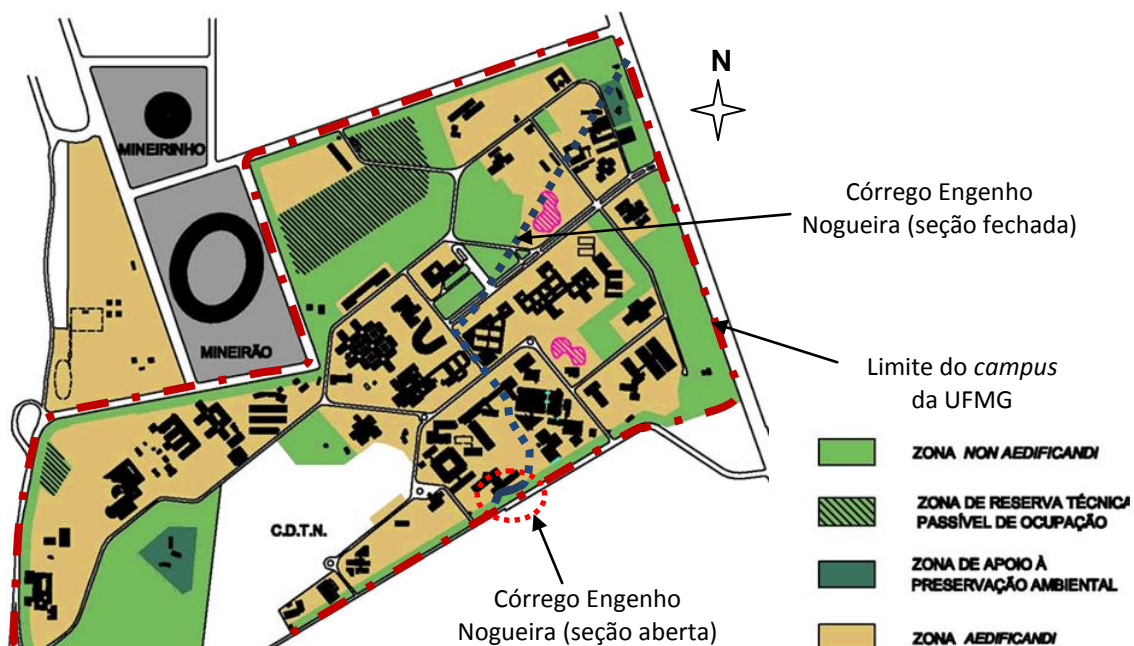


Figura 9.12 – Zoneamento do *Campus* da Universidade Federal de Minas Gerais dentro dos limites da área de estudo (Fonte: adaptado de UFMG, 2009)

No que tange as demais variáveis urbanísticas a serem analisadas sobre a área de estudo – como presença de áreas de risco, sistemas de circulação e transporte, existência de redes, etc – as mesmas constam das fichas de diagnóstico apresentadas no Apêndice 04.

9.5 Etapa Concepção de alternativas e análise de viabilidade urbanística e tecnológica

A concepção de alternativas para intervenção no Córrego Engenho Nogueira foi norteadada pelas etapas anteriores e pelos resultados de uma pesquisa realizada junto à população que frequenta o *campus*. No primeiro caso, conforme já comentado, destacam-se os objetivos da intervenção – integração do curso de água à paisagem e equacionamento de problemas de insuficiência hidráulica – e o diagnóstico das condições fluviais/ambientais e de uso e ocupação do solo da área de estudo. O segundo caso, por sua vez, considera os anseios e expectativas da população entrevistada no tocante à questão.

Para o levantamento deste aspecto foram realizadas 197 entrevistas com a população usuária do *campus* – professores, alunos, servidores, prestadores de serviço e terceirizados – de forma que a sua impressão acerca da possibilidade de integração do Córrego Engenho Nogueira à

paisagem do *campus* pudesse ser levantada e, conseqüentemente, considerada na composição das alternativas de intervenção. A descrição do procedimento de entrevista realizado e a discussão dos seus resultados encontram-se detalhadas no Apêndice 05. A Figura 9.13 apresenta uma síntese de alguns dos resultados encontrados, notadamente no que tange os usos que os entrevistados gostariam que estivessem associados às margens do Córrego Engenho Nogueira e/ou na área da universidade.

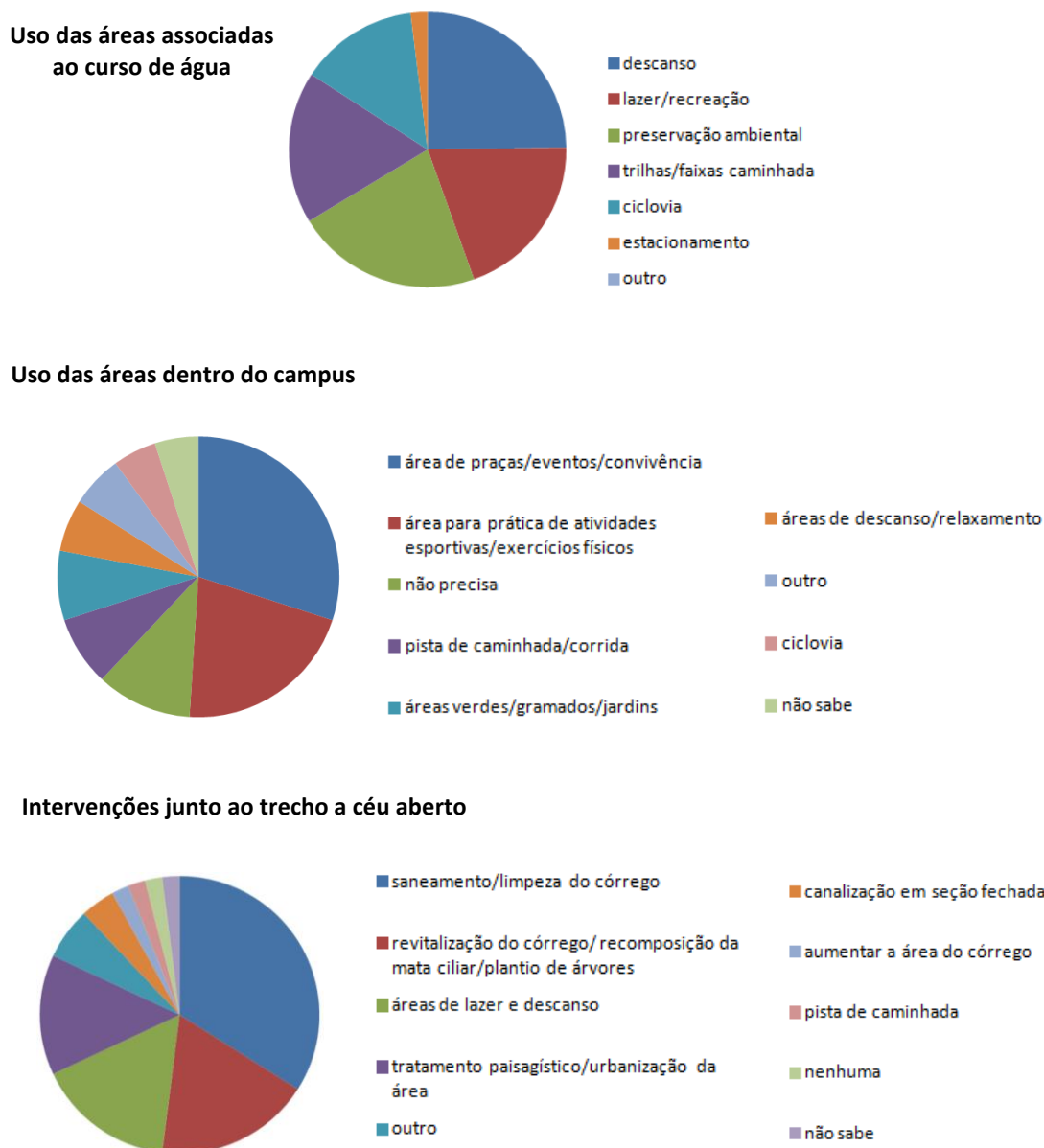


Figura 9.13 – Expectativa dos entrevistados quanto às áreas e intervenções que eles gostariam associados ao curso de água; dentro da área do *campus* e junto ao trecho a céu aberto (Coltec)

Dessa forma, a partir da conjugação de todos os dados previamente mencionados, foram compostas alternativas para intervenção nos trechos *Coltec*, *Engenharia* e *Reitoria*, tendo em vista a disponibilidade de área livre marginal ao córrego, no caso dos dois primeiros trechos, e a necessidade de solução do problema de insuficiência hidráulica relacionado ao último. Os trechos *Estacionamento* e *ICEX/FACE*, por estarem inseridos em áreas ocupadas por importante infraestrutura no contexto do *campus* (estacionamento da Escola de Engenharia e avenida, respectivamente) e por não apresentarem problemas de insuficiência hidráulica não foram considerados passíveis de intervenção – pela magnitude dos impactos que seriam causados caso sua atual configuração fosse alterada.

Sendo assim, as soluções concebidas para os trechos *Coltec*, *Engenharia* e *Reitoria* são apresentadas a seguir, juntamente com a análise de viabilidade urbanística e tecnológica realizada para elas. Ressalta-se que, para todos os casos, considerou-se que o atual problema de qualidade da água do Córrego Engenho Nogueira, decorrente do lançamento de esgotos na rede de drenagem pluvial a montante da área do *campus*, estaria solucionado.

Resta mencionar que, em função das inúmeras possibilidades de conjugação de soluções urbanísticas e tecnológicas para a composição das alternativas – o que acarretaria em um número significativamente grande de propostas para análise – optou-se por reduzir a quantidade de variações possíveis, tornando o estudo de caso mais sucinto e de fácil consecução.

Concepção de alternativas para o Trecho Coltec

Para o Trecho Coltec foram concebidas alternativas que intervêm apenas nas áreas livres marginais ao córrego, uma vez que sua calha já se encontra a céu aberto, o que não justificaria intervenções de maior porte para alterar a sua atual configuração. Desse modo, foram propostas as seguintes soluções:

- *Alternativa #1*: tratamento paisagístico das áreas marginais com a integração de áreas verdes, de descanso e de lazer (Figura 9.14) – viés urbanístico;
- *Alternativa #2*: recuperação das áreas verdes marginais com plantio de espécies nativas e criação de trilhas para caminhada (Figura 9.15) – viés ambiental.

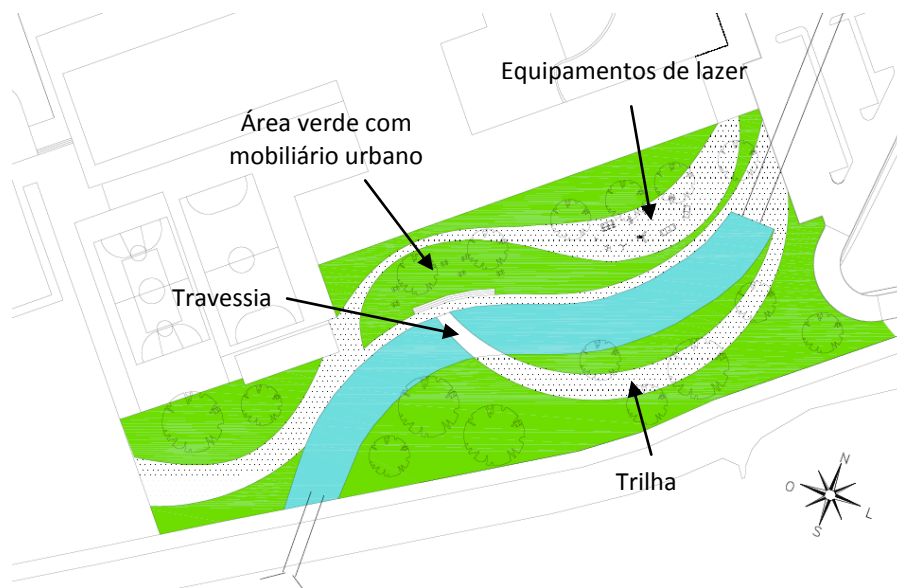


Figura 9.14 – Alternativa de intervenção #1 proposta para o Trecho Coltec

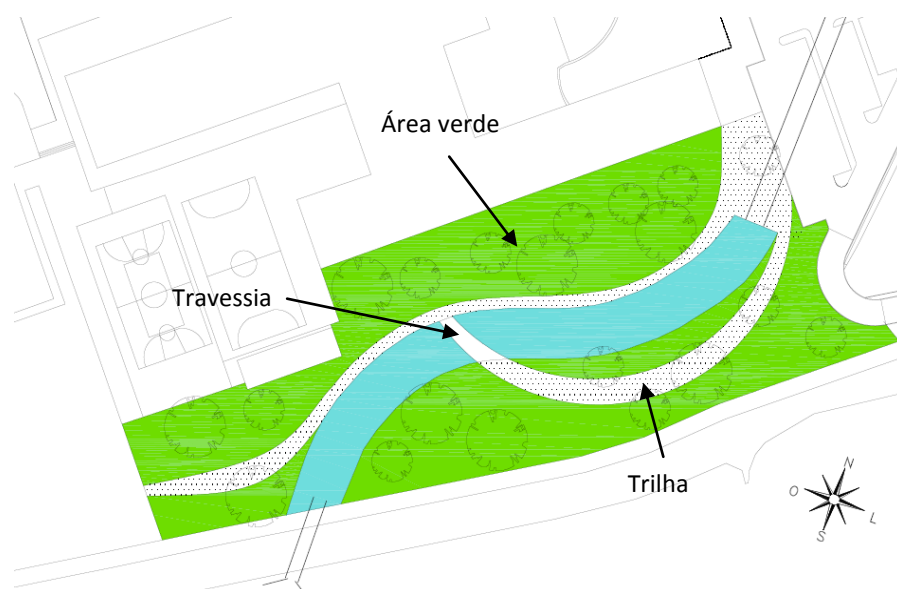


Figura 9.15 – Alternativa de intervenção #2 proposta para o Trecho Coltec

Concepção de alternativas para o Trecho Engenharia

Também para o Trecho Engenharia foram propostas duas alternativas de intervenção, ambas considerando a abertura da seção do curso de água e a sua integração com as áreas marginais:

- *Alternativa #1*: seção aberta com áreas marginais integrando jardins e espaços de lazer e descanso (Figura 9.16).

- *Alternativa #2*: seção aberta incorporando áreas de convívio social dentro da própria calha do curso de água (Figura 9.17).

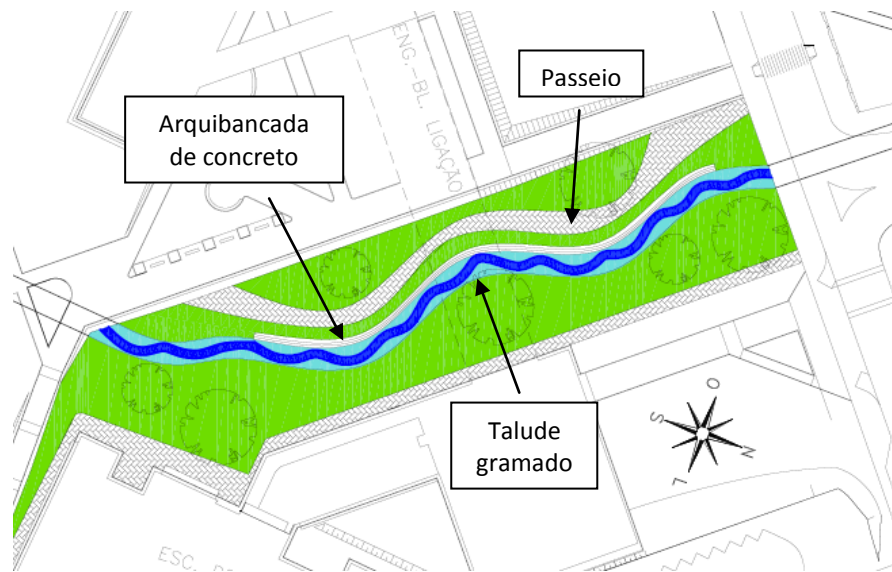


Figura 9.16 – Alternativa de intervenção #1 proposta para o Trecho Engenharia

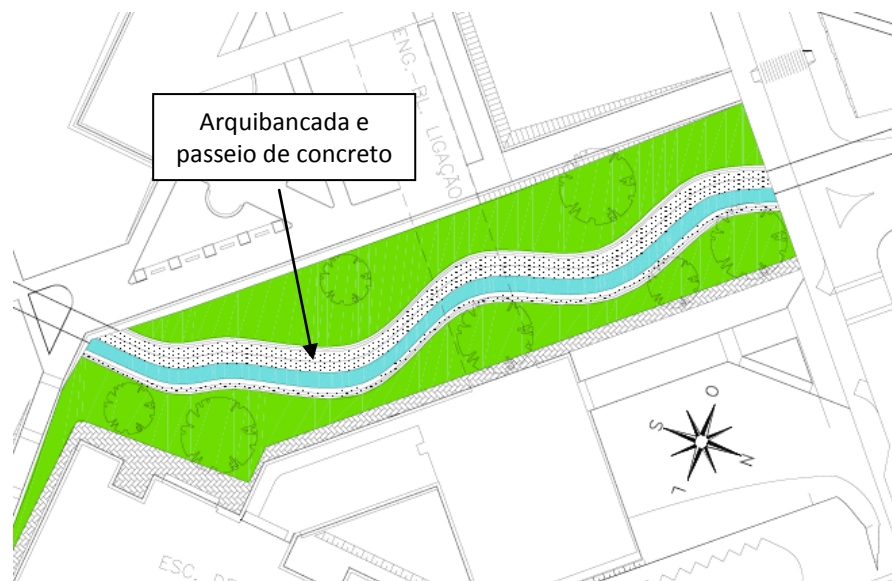


Figura 9.17 – Alternativa de intervenção #2 proposta para o Trecho Engenharia

Concepção de alternativas para o Trecho Reitoria

O Trecho Reitoria apresenta-se o mais complexo dentre todos, pois demanda a compatibilização de soluções hidráulicas para o controle de problemas de inundação com a

integração do córrego à paisagem, dentro de uma área com diferentes condições de uso e ocupação do solo.

Em vistas disso, foram consideradas quatro alternativas para atendimento das questões mencionadas, sendo que cada uma delas atende de maneira distinta os objetivos da intervenção:

- *Alternativa #1*: criação de um novo canal para comportar as vazões de cheia, ficando a galeria existente funcionando como extravasor em casos extremos. O novo canal apresenta seção aberta em frente à esplanada da Reitoria, com eliminação de ambas as vias de circulação de veículos e criação de área de praça, jardins, calçadas e ciclovia. Após esse trecho, o canal segue aberto em apenas uma pista da Avenida Mendes Pimentel, até a Rua Prof. Eduardo Moraes. Em seguida, tem sua seção fechada até a via que cruza a área administrativa da UFMG, e por ela segue até encontrar a galeria existente (Figura 9.18);
- *Alternativa #2*: criação de um novo canal para comportar as vazões de cheia, ficando a galeria existente também funcionando como extravasor. Idem à Alternativa #1 no trecho em frente à Reitoria. Em seguida, cruza a Avenida Mendes Pimentel e segue aberto pelos dois quarteirões adjacentes ao prédio da Reitoria – incorporando, junto às margens, áreas de praça, calçadas e quadras esportivas em meio à vegetação existente –, até o ponto onde os terrenos se encontram ocupados. A partir daí o canal apresenta seção fechada, até seu deságue no sistema de drenagem pluvial da Avenida Antônio Carlos (Figura 9.19);
- *Alternativa #3*: criação de um novo canal para comportar as vazões de cheia, ficando a galeria existente também funcionando como extravasor. O novo canal apresenta seção fechada em frente à esplanada da Reitoria e, a partir desse ponto, segue conforme a Alternativa #2 (Figura 9.20);
- *Alternativa #4*: manutenção da galeria existente e execução de canal extravasor em seção fechada, passando pela Avenida Mendes Pimentel no quarteirão em frente à Reitoria e pelos quarteirões adjacentes à mesma até o deságue no sistema de drenagem pluvial da Avenida Antônio Carlos (Figura 9.21).

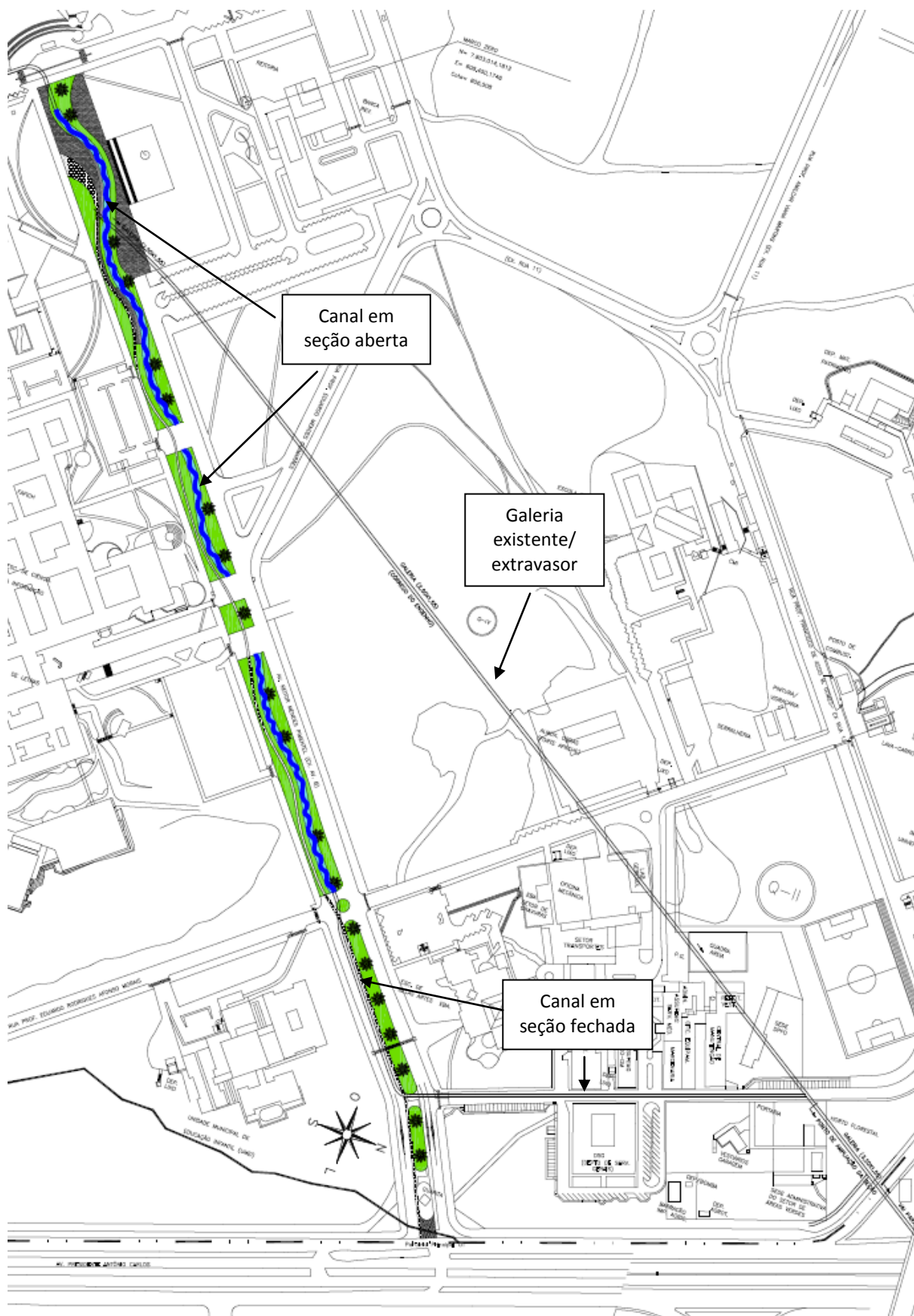


Figura 9.18 – Alternativa de intervenção #1 proposta para o Trecho Reitoria

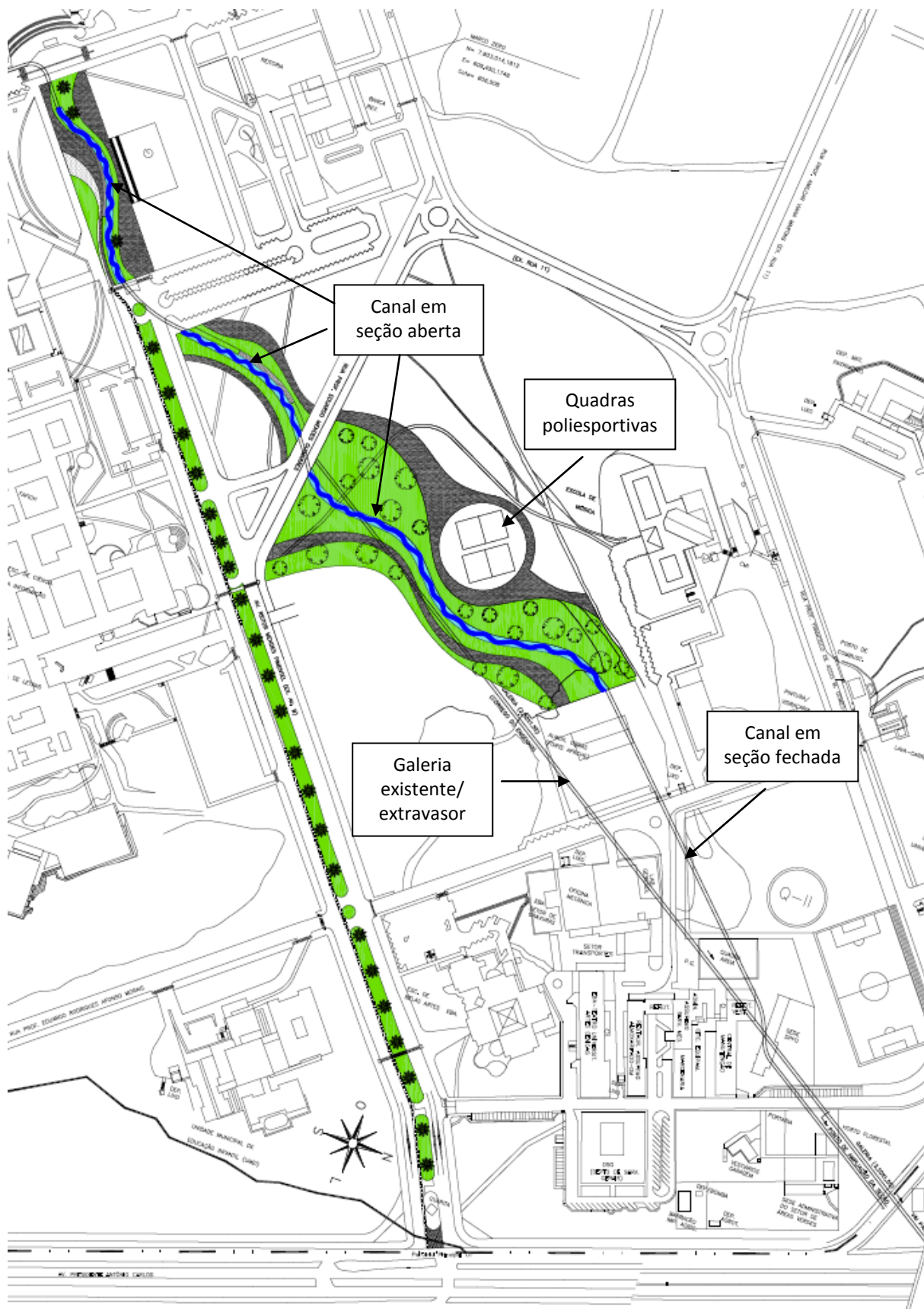


Figura 9.19 – Alternativa de intervenção #2 proposta para o Trecho Reitoria

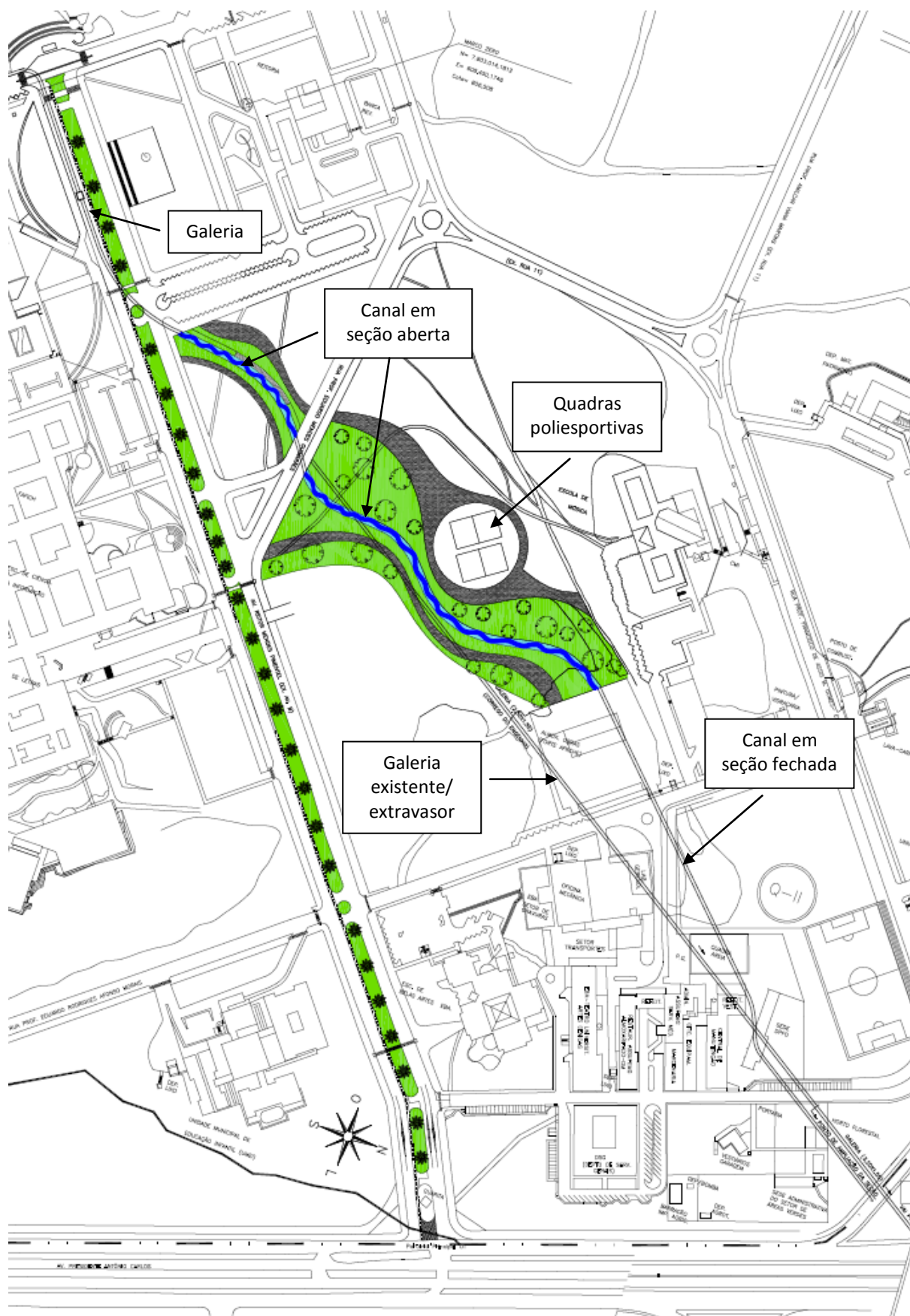


Figura 9.20 – Alternativa de intervenção #3 proposta para o Trecho Reitoria

Ressalta-se, em relação ao último caso, que a concepção proposta foi formulada por uma empresa de consultoria, no ano de 1992, para solução dos problemas de inundação que, na época, atingiam o *campus* (CAB, 1992). Portanto, para a implementação do projeto nas condições presentes, esses valores não puderam ser adotados, conforme se discute a seguir.

Análise de viabilidade urbanística das alternativas de intervenção

A análise de viabilidade urbanística das alternativas de intervenção concebidas para os trechos Coltec, Engenharia e Reitoria foi realizada segundo o fluxograma da Figura 9.22, sendo as considerações acerca de cada uma delas apresentadas na sequência. Ressalta-se que, para todos os casos, a legislação urbanística é plenamente atendida pelas alternativas, ficando a discussão legal restrita à questão ambiental.

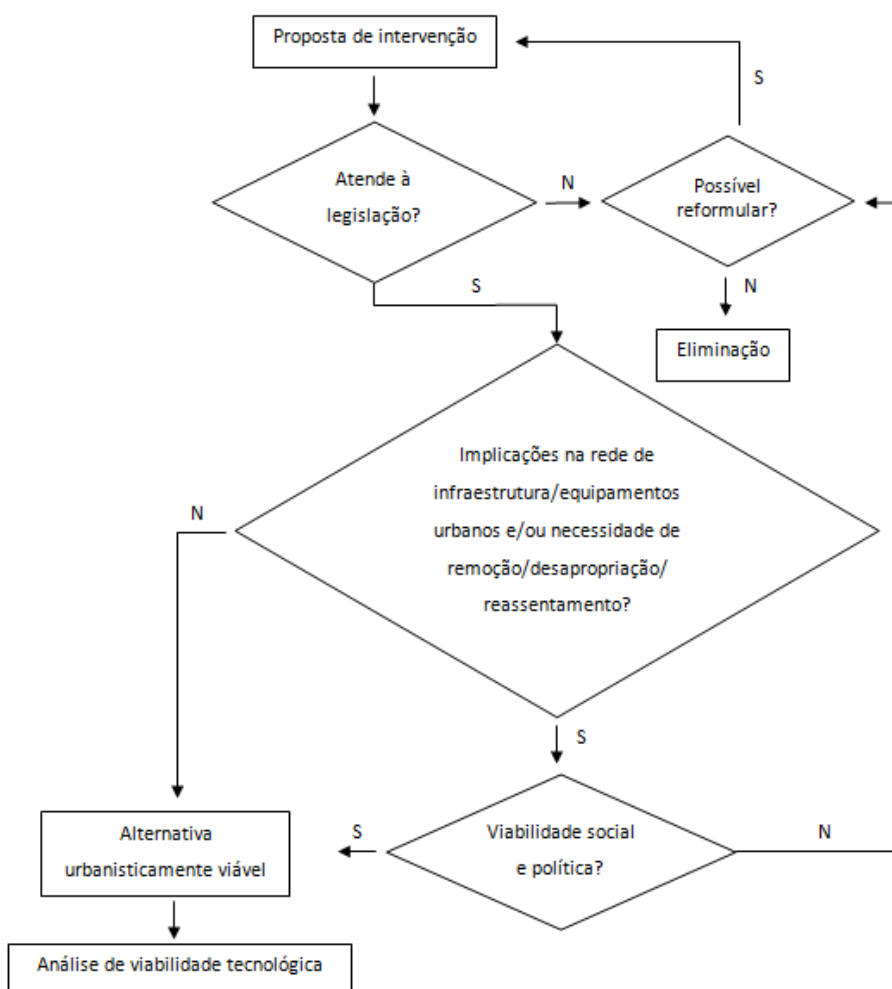


Figura 9.22 – Fluxograma de análise da viabilidade urbanística de implementação das alternativas propostas para os trechos do Córrego Engenho Nogueira a sofrer intervenção

Trecho Coltec

As alternativas propostas não intervêm na calha do canal e não alteram as condições de ocupação do entorno, restringindo-se a uma readequação de uso das áreas marginais ao córrego. Dessa forma, atendem plenamente todos os critérios de análise considerados no fluxograma da figura anterior.

Trecho Engenharia

Também neste caso, a alternativa concebida não provoca interferências com as ocupações adjacentes, atendo-se ao espaço livre onde hoje se encontra uma grande área ajardinada. No que tange a intervenção no curso de água propriamente dito, a legislação ambiental pertinente (Apêndice 05) não contempla processos relativos à “descanalização” e, portanto, a sua aplicação à proposta em questão não é pertinente, senão apenas o atendimento às suas premissas de preservação ambiental. Sendo assim, tanto do ponto de vista legal quanto de implicações urbanísticas, a implantação da alternativa foi avaliada como sendo viável.

Trecho Reitoria

- *Alternativa #1:* em termos de legislação ambiental, a alternativa em questão não pode ser avaliada, uma vez que se trata de um canal projetado e não de uma intervenção em um curso de água natural. Quanto às implicações relativas à implantação da proposta, as mesmas se dão sobre o sistema viário, com a supressão de vias de circulação de veículos e de áreas de estacionamento. Apesar desses impactos (a serem discutidos na etapa de *Análise de Impacto*), a implantação da alternativa foi aprovada, não sendo observada inviabilidade política ou social;
- *Alternativa #2:* em termos de legislação ambiental, idem para o trecho do canal na Avenida Mendes Pimentel. Nos quarteirões adjacentes à Reitoria, apesar de também não se aplicarem as leis ambientais (pelo mesmo motivo de que as intervenções se tratam de canais projetados), a alternativa considera a manutenção do leito natural e a preservação de áreas verdes marginais. Como atualmente as áreas por onde passará o canal encontram-se desocupadas e foi respeitado o limite de implantação do edifício que abrigará a Escola de Direito, não há interferências da alternativa com o entorno.

No caso do último quarteirão, onde o canal será fechado em galeria, o mesmo não promoverá interferências na ocupação existente, passando por áreas não edificadas;

- *Alternativa #3*: também considerada viável, pelos mesmos motivos anteriormente mencionados;
- *Alternativa #4*: assim como para as alternativas anteriores, a legislação ambiental não se aplica neste caso. Quanto às interferências com o entorno, a solução proposta prevê a manutenção do cenário existente e, portanto, em termos urbanísticos, é plenamente viável.

Análise de viabilidade tecnológica das alternativas de intervenção

Neste momento, as alternativas aprovadas na análise de viabilidade urbanística deverão ser detalhadas e analisadas do ponto de vista tecnológico, segundo o fluxograma da Figura 9.23.

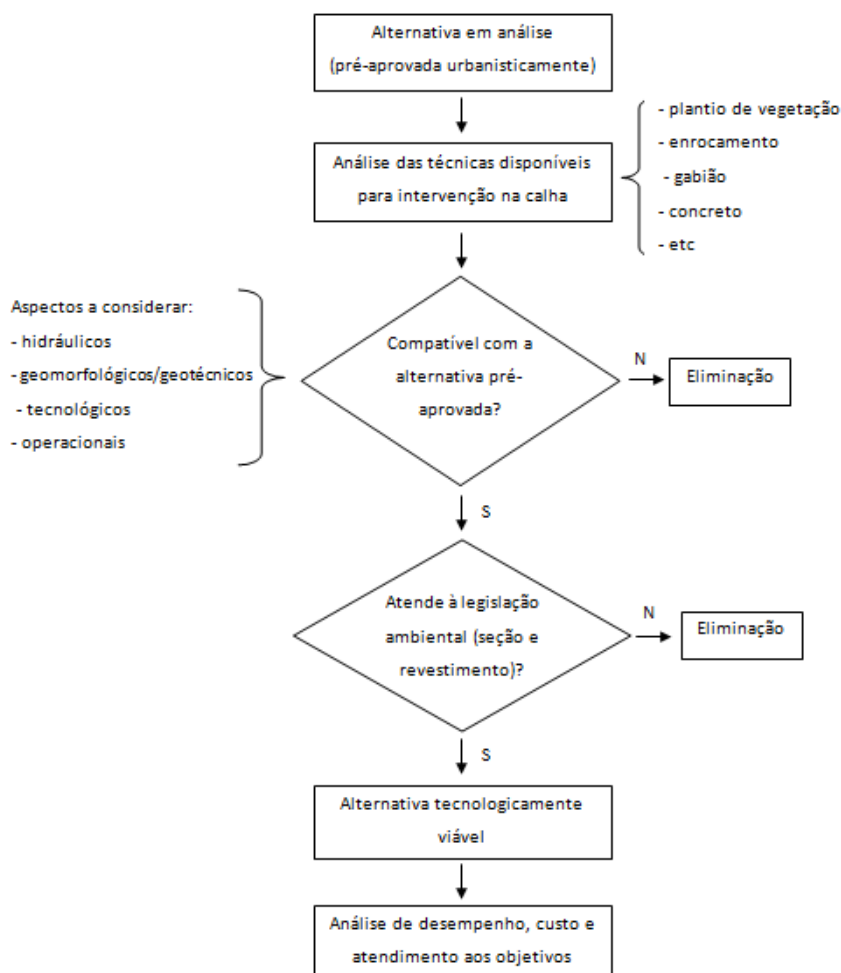


Figura 9.23 – Fluxograma para análise da viabilidade tecnológica de implementação das alternativas propostas para os trechos do Córrego Engenho Nogueira a sofrer intervenção

Conforme já mencionado, no intuito de reduzir a gama de alternativas de intervenção possíveis – decorrente da combinação de diferentes técnicas com as soluções pré-aprovadas urbanisticamente – e, assim, simplificar a consecução do estudo de caso, optou-se por estudar apenas uma solução tecnológica para cada uma das soluções anteriormente aprovadas (especificamente para os trechos Engenharia e Reitoria). O Trecho Coltec, por não sofrer intervenções na calha, não é passível da análise em questão.

A seguir, portanto, são apresentadas as propostas concebidas para as alternativas em estudo – em termos de forma e revestimento da seção. A sua verificação hidráulica – realizada por meio do Programa HIDROwin (EHR/UFMG, 2012) – consta do Apêndice 06, assim como os resultados da modelagem hidrológica – obtidos com o modelo desenvolvido pela UFMG (MOURA et al, 2011) –, que forneceu os dados de vazão para entrada no referido programa. Ressalta-se que a modelagem hidrológica em questão foi realizada com o uso do software HEC-HMS (USACE, 2009), baseando-se no método Soil Conservation Service para definição da função de produção. Para a definição do parâmetro CN para as sub-bacias estudadas foi utilizada a condição de umidade antecedente (AMC) II. Imagens de satélite de alta definição foram utilizadas a fim de se identificar os usos e ocupação do solo em cada uma das 13 sub-bacias (MOURA et al, 2011).

Para o dimensionamento das calhas menor e maior dos trechos em seção aberta foram adotados Períodos de Retorno equivalentes a 2 e 25 anos. No primeiro caso, a intenção é manter uma vazão permanente passando pelos meandros do canal durante todos os meses do ano. No segundo, a escolha por se trabalhar com TR=25 anos se deve ao fato de que o nível de risco no *campus* encontra-se reduzido, decorrente da implantação de sistema de alerta e da construção da bacia de retenção de cheias em área a montante, conforme já discutido (MOURA *et al*, 2011 e 2012).

Ainda, uma vez que as intervenções propostas não acarretam aumento de vazão, as condições a jusante do *campus* da UFMG, na saída junto à Avenida Antônio Carlos, não serão alteradas, o que justifica a sua não inclusão nas análises realizadas (ficando estas restritas à área interna da universidade).

A seguir, portanto, são apresentadas as alternativas concebidas para intervenção na calha do curso de água, por trecho de estudo.

Trecho Engenharia

- Alternativa #1: para esta alternativa propõe-se a execução do canal em seção trapezoidal, com taludes revestidos em grama – alternados com arquibancadas de concreto – e leito em enrocamento de pedra arrumada e concreto, conforme ilustrado na Figura 9.24.

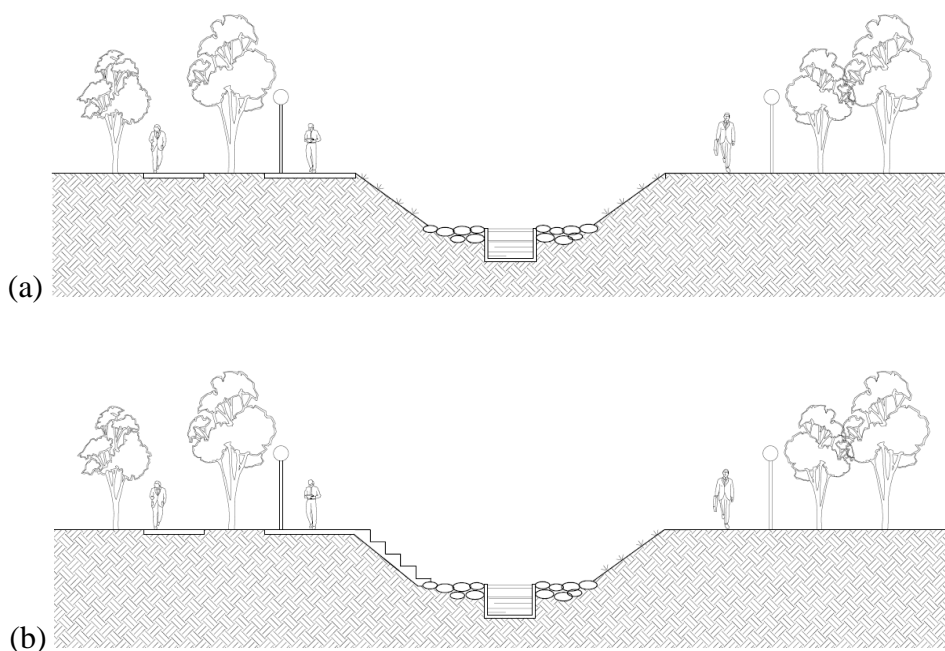


Figura 9.24 – Solução tecnológica para intervenção na calha da Alternativa #1 proposta para o Trecho Engenharia – (a) talude em grama; (b) arquibancada de concreto

- Alternativa #2: neste caso, a solução foi totalmente concebida em concreto (Figura 9.25)

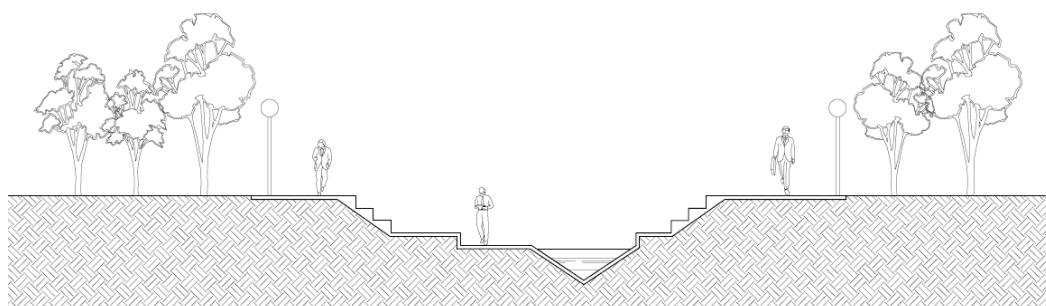


Figura 9.25 – Solução tecnológica para intervenção na calha da Alternativa #2 proposta para o Trecho Engenharia

Trecho Reitoria

As propostas para intervenção na calha das alternativas concebidas para o Trecho Reitoria são basicamente as mesmas, variando somente em função do tipo de seção, ou seja, canal aberto ou galeria, para os quais faz-se uso de concreto, grama e enrocamento de pedra lançada (primeiro caso), e concreto (segundo caso).

- *Alternativa #1:*

- seção aberta: concreto, enrocamento de pedra arrumada e taludes em grama (Figura 9.26), intercalados com arquibancadas de concreto (Figura 9.27)

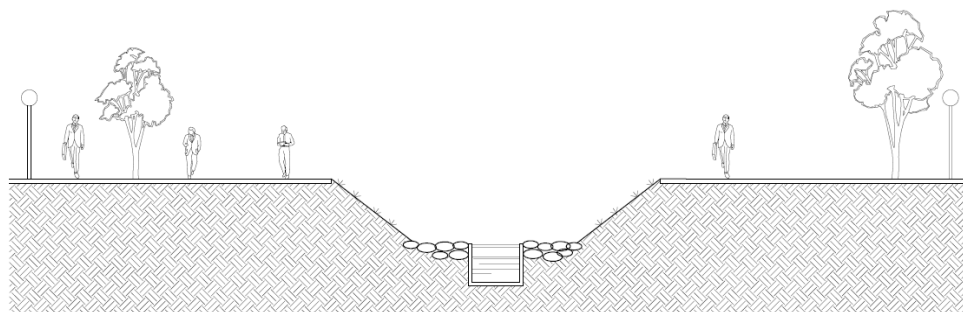


Figura 9.26 – Solução tecnológica para intervenção na calha da Alternativa #1 proposta para o Trecho Reitoria – talude gramado

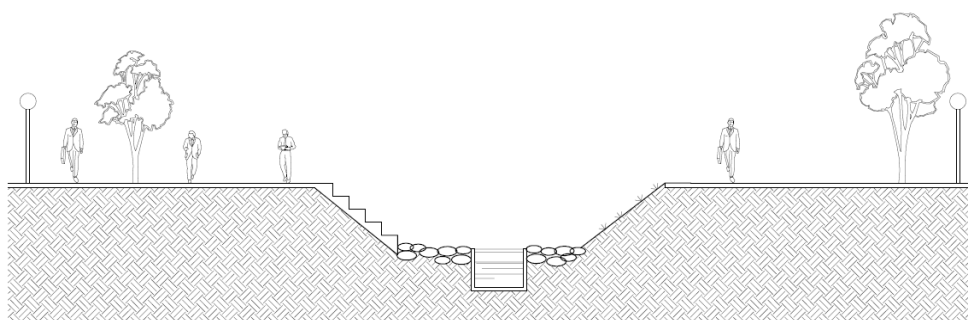


Figura 9.27 – Solução tecnológica para intervenção na calha da Alternativa #1 proposta para o Trecho Reitoria – arquibancada

- seção fechada: galeria retangular em concreto

- *Alternativas #2, #3 e #4:* nestes casos, as seções propostas para os trechos abertos e fechados da calha são as mesmas apresentadas para a Alternativa #1.

A seguir, apresenta-se um resumo da composição das alternativas de intervenção propostas segundo os critérios urbanísticos e tecnológicos (Tabela 9.1).

Tabela 9.1 – Alternativas propostas para os trechos Coltec, Engenharia e Reitoria do Engenho Nogueira

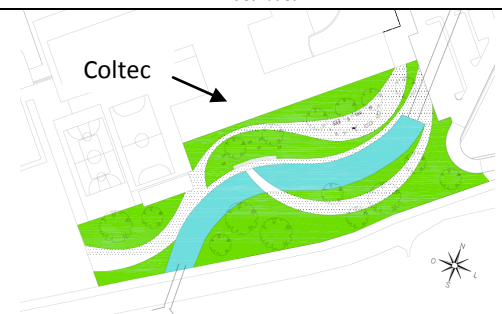
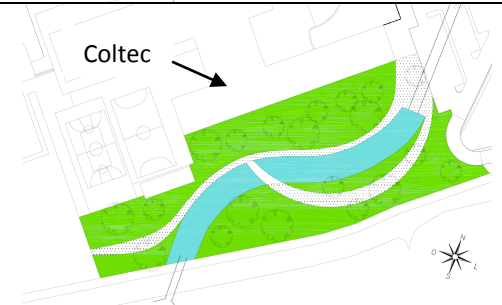
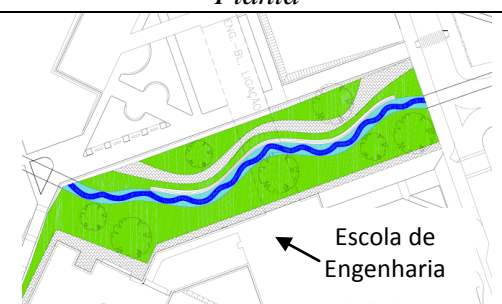
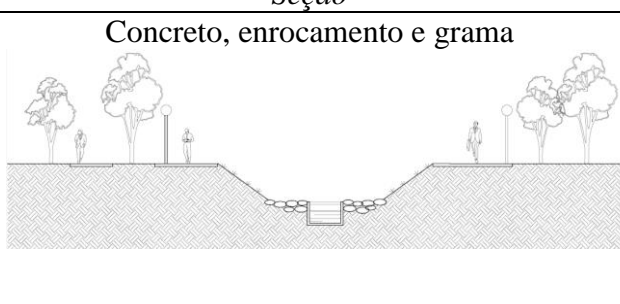
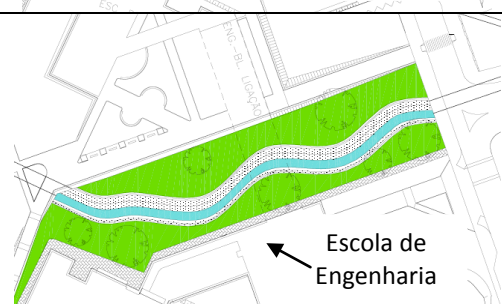
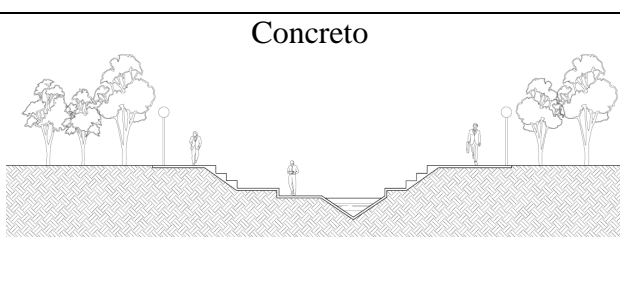
Trecho Coltec		
	<i>Planta</i>	<i>Seção</i>
Alternativa #1		Existente (gabião)
Alternativa #2		Existente (gabião)
Trecho Engenharia		
	<i>Planta</i>	<i>Seção</i>
Alternativa #1		Concreto, enrocamento e grama 
Alternativa #2		Concreto 

Tabela 9.1 – Continuação

Trecho Reitoria		
	<i>Planta</i>	<i>Seção</i>
Alternativa #1		<p>1- Concreto, enrocamento e grama</p>
Alternativa #2		<p>2- Concreto, enrocamento, grama e arquibancada de concreto</p>
Alternativa #3		<p>3- Galeria de concreto</p>
Alternativa #4		<p>Galeria de concreto</p>

De acordo com os cálculos de dimensionamento apresentados no Apêndice 06, todas as alternativas tecnológicas propostas são passíveis de implementação, estando plenamente

compatíveis com as soluções urbanísticas de intervenção – ou seja, as seções de projeto apresentam largura e profundidade em consonância com as alternativas inicialmente concebidas em termos urbanísticos.

De forma a proporcionar uma visão mais abrangente das alternativas propostas, a seguir apresentam-se imagens de algumas delas para cada um dos trechos estudados (Figuras 9.28 a 9.35).

Trecho Coltec

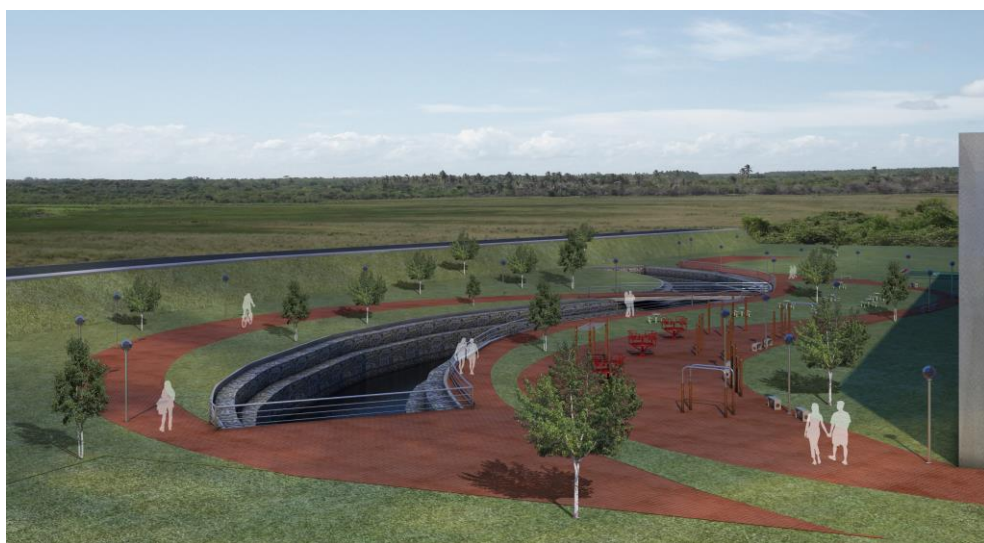


Figura 9.28 – Alternativa #1 proposta para o Trecho Coltec

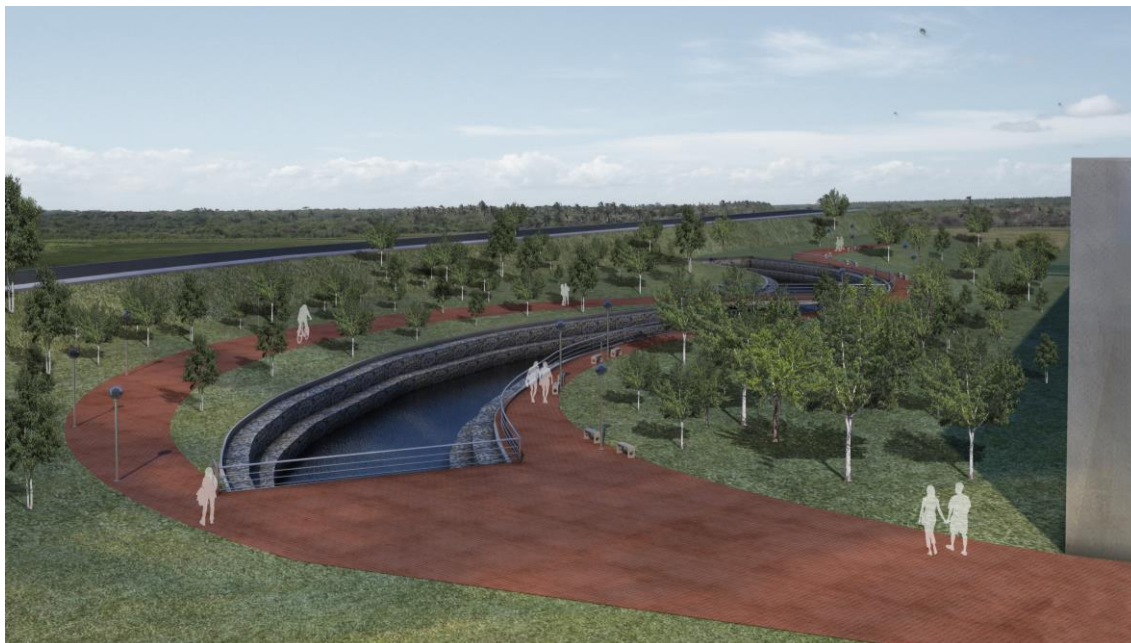


Figura 9.29 – Alternativa #2 proposta para o Trecho Coltec

Trecho Engenharia



Figura 9.30 – Alternativa #1 proposta para o Trecho Engenharia



Figura 9.31 – Alternativa #2 proposta para o Trecho Engenharia

Trecho Reitoria



Figura 9.32 – Alternativa #1 proposta para o Trecho Reitoria – vista aérea



Figura 9.33 – Alternativa #1 proposta para o Trecho Reitoria – perspectiva



Figura 9.34 – Alternativa #2 proposta para o Trecho Reitoria



Figura 9.35 – Alternativa #3 proposta para o Trecho Reitoria

9.6 *Etapa Análise de impacto, custos e atendimento aos objetivos*

Esta etapa da metodologia visa “mensurar” a magnitude das implicações relacionadas à adoção das alternativas de intervenção propostas para cada trecho de estudo, segundo critérios de impacto, custos gerais e grau de atendimento aos objetivos.

9.6.1 Análise de atendimento aos objetivos da intervenção

As propostas de intervenção concebidas para os trechos *Coltec*, *Engenharia* e *Reitoria* do Córrego Engenho Nogueira visam a sua integração urbanística à paisagem do *campus*. Para o último trecho, soma-se ao objetivo mencionado aquele relativo ao controle de cheias. Neste caso, além da priorização dos indicadores e critérios de análise para composição do grau de atendimento da alternativa aos objetivos da intervenção, estes também são priorizados e ponderados, conforme apresentado a seguir.

Cabe ressaltar que a atribuição de pesos para cada item de análise teve por base o resultado das entrevistas realizadas com a população que frequenta a área do *campus* (Apêndice 05). Já

a pontuação do grau de atendimento aos objetivos se procedeu por meio de comparação entre as soluções de intervenção propostas por cada alternativa com o cenário existente.

Trecho Coltec

Objetivo de intervenção: integração urbanística

CrITÉRIOS de análise: acessibilidade e uso do solo adjacente à calha do curso de água

Grau de atendimento das alternativas ao objetivo (Tabela 9.2):

- Alternativa #1: 91%
- Alternativa #2: 70%

Tabela 9.2 – Avaliação do atendimento aos objetivos da intervenção para as alternativas propostas para o Trecho Coltec

Objetivo: integração urbanística						
<i>CrITÉRIO de análise: acessibilidade ao curso de água</i>						
Indicador de análise	PR	PN	Grau de atendimento (G)		PNxG	
			Altern. #1	Altern. #2	Altern. #1	Altern. #2
Vias de pedestres	3	3/6=0,50	1,00	1,00	0,50x1,00=0,50	0,50x1,00=0,50
Ciclovias/ciclofaixas	2	2/6=0,33	1,00	1,00	0,33x1,00=0,33	0,33x1,00=0,33
Travessias	1	1/6=0,17	1,00	1,00	0,17x1,00=0,17	0,17x1,00=0,17
Total do crITÉRIO					1,00	1,00
<i>CrITÉRIO de análise: uso do solo adjacente à calha do curso de água</i>						
Indicador de análise	PR	PN	Grau de atendimento (G)		PNxG	
			Altern. #1	Altern. #2	Altern. #1	Altern. #2
Áreas verdes	1	1/2=0,50	0,70	1,00	0,50x0,70=0,35	0,50x1,00=0,50
Áreas/equip. lazer	1	1/2=0,50	1,00	0,00	0,50x1,00=0,50	0,50x0,00=0,00
Total do crITÉRIO					0,85	0,50
Índice de atendimento ao objetivo de integração urbanística						
CrITÉRIO de análise	PR	PN	Pontuação do índice		Pontuação final	
			Altern. #1	Altern. #2	Altern. #1	Altern. #2
Acessibilidade	1	1/2,5=0,40	1,00	1,00	0,40x1,00=0,40	0,40x1,00=0,40
Uso do solo adjacente	1,5	1,5/2,5=0,60	0,85	0,50	0,60x0,85=0,51	0,60x0,50=0,30
Total do índice					0,91	0,70

Trecho Engenharia

Objetivo de intervenção: integração urbanística

Critérios de análise: acessibilidade, uso do solo adjacente à calha do curso de água e revestimento do leito e margens

Grau de atendimento das alternativas ao objetivo (Tabela 9.3):

- Alternativa #1: 81%
- Alternativa #2: 83%

Tabela 9.3 – Avaliação do atendimento aos objetivos da intervenção para as alternativas propostas para o Trecho Engenharia

Objetivo: integração urbanística						
<i>Critério de análise: acessibilidade ao curso de água</i>						
Indicador de análise	PR	PN	Grau de atendimento (G)		PNxG	
			Altern. #1	Altern. #2	Altern. #1	Altern. #2
Vias de pedestres	1	1/1=1	0,70	1,00	1,00x0,70=0,70	1,00x1,00=1,00
Total do critério					0,70	1,00
<i>Critério de análise: uso do solo adjacente à calha do curso de água</i>						
Indicador de análise	PR	PN	Grau de atendimento (G)		PNxG	
			Altern. #1	Altern. #2	Altern. #1	Altern. #2
Áreas verdes	1	1/2=0,50	1,00	1,00	0,50x1,00=0,50	0,50x1,00=0,50
Áreas/equip. lazer	1	1/2=0,50	1,00	1,00	0,50x1,00=0,50	0,50x1,00=0,50
Total do critério					1,00	1,00
<i>Critério de análise: revestimento do leito e margens do curso de água</i>						
Indicador de análise		PR	PN	Grau de atendimento (G)		
				Altern. #1	Altern. #2	
Revestimento do leito e margens		-	-	0,75	0,00	
Índice de atendimento ao objetivo de integração urbanística						
Critério de análise	PR	PN	Pontuação do índice		Pontuação final	
			Altern. #1	Altern. #2	Altern. #1	Altern. #2
Acessibilidade	3	3/6=0,50	0,70	1,00	0,50x0,70=0,35	0,50x1,00=0,50
Uso do solo	2	2/6=0,33	1,00	1,00	0,33x1,00=0,33	0,33x1,00=0,33
Revestimento	1	1/6=0,17	0,75	0,00	0,17x0,75=0,13	0,17x0,00=0,00
Total do índice					0,81	0,83

Trecho Reitoria

Objetivo de intervenção: controle de cheias e integração urbanística

Critérios de análise: Tempo de Retorno, acessibilidade, uso do solo adjacente à calha do curso de água e revestimento do leito e margens

Grau de atendimento das alternativas ao objetivo de controle de cheias (Tabela 9.4):

- *Alternativa #1*: 100%
- *Alternativa #2*: 100%
- *Alternativa #3*: 100%
- *Alternativa #4*: 100%

Grau de atendimento das alternativas ao objetivo de integração urbanística (Tabela 9.4):

- *Alternativa #1*: 65%
- *Alternativa #2*: 94%
- *Alternativa #3*: 63%
- *Alternativa #4*: 0%

Grau de atendimento das alternativas aos objetivos de controle de cheias e integração urbanística (Tabela 9.4):

- *Alternativa #1*: 75%
- *Alternativa #2*: 99%
- *Alternativa #3*: 76%
- *Alternativa #4*: 33%

Tabela 9.4 – Avaliação do atendimento aos objetivos da intervenção para as alternativas propostas para o Trecho Reitoria

Objetivo: controle de cheias										
<i>Critério de análise: Tempo de Retorno</i>										
Indicador de análise	PR	PN	Grau de atendimento (G)							
			Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #4				
TRp/TRd	-	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Objetivo: integração urbanística										
<i>Critério de análise: acessibilidade ao curso de água</i>										
Indicador de análise	PR	PN	Grau de atendimento (G)				PNxG			
			Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #4	Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #4
Vias de pedestres	1,6	1,6/2,6 = 0,62	1,00	1,00	0,65	0,00	0,62x 1,00= 0,62	0,62x 1,00= 0,62	0,62x 0,65= 0,40	0,62x 0,00= 0,00
Ciclovias/ciclofaixas	1	1/2,6 = 0,38	1,00	1,00	0,65	0,00	0,38x 1,00= 0,38	0,38x 1,00= 0,38	0,38x 0,65= 0,25	0,38x 0,00= 0,00
Total do critério							1,00	1,00	0,65	0,00
<i>Critério de análise: uso do solo adjacente à calha do curso de água</i>										
Indicador de análise	PR	PN	Grau de atendimento (G)				PNxG			
			Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #4	Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #4
Áreas verdes	1	1/5 = 0,20	0,65	1,00	0,75	0,00	0,20x 0,65= 0,13	0,20x 1,00= 0,20	0,20x 0,75= 0,15	0,20x 0,00= 0,00
Áreas/equip.lazer	4	4/5 = 0,80	0,35	1,00	0,65	0,00	0,80x 0,35= 0,28	0,80x 1,00= 0,80	0,80x 0,65= 0,52	0,80x 0,00= 0,00
Total do critério							0,41	1,00	0,67	0,00
<i>Critério de análise: revestimento do leito e margens do curso de água</i>										
Indicador de análise			PR	PN	Grau de atendimento (G)					
Revestimento do leito e margens			-	-	Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #4		
					0,75	0,75	0,50	0,00		
Índice de atendimento ao objetivo de integração urbanística										
Critério de análise	PR	PN	Grau de atendimento (G)				PNxG			
			Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #4	Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #4
Acessibilidade	1	1/4 = 0,25	1,00	1,00	0,65	0,00	0,25x1,0 0=0,25	0,25x1,0 0=0,25	0,25x0,6 5=0,16	0,25x0,0 0=0,00
Uso do solo adjacente	2	2/4 = 0,5	0,41	1,00	0,67	0,00	0,5x0,41 =0,21	0,5x1,00 =0,50	0,5x0,67 =0,34	0,5x0,00 =0,00
Revestimento	1	1/4 = 0,25	0,75	0,75	0,50	0,00	0,25x0,7 5=0,19	0,25x0,7 5=0,19	0,25x0,5 0=0,13	0,25x0,0 0=0,00
Total do índice							0,65	0,94	0,63	0,00

Tabela 9.4 – Continuação

<i>Índice de atendimento aos objetivos de controle de cheias e integração urbanística</i>										
Objetivo	PR	PN	Grau de atendimento (G)				PNxG			
			Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #4	Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #4
Controle de cheias	1	1/3=0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33x 1,00= 0,33	0,33x 1,00= 0,33	0,33x 1,00= 0,33	0,33x 1,00= 0,33
Integração urbanística	2	2/3=0,64	0,65	0,94	0,63	0,00	0,64x 0,65= 0,42	0,64x 0,94= 0,60	0,64x 0,63= 0,40	0,64x 0,00= 0,00
Total do índice							0,75	0,99	0,76	0,33

9.6.2 Análise de impacto

A análise de impacto das alternativas de intervenção propostas para cada trecho do Córrego Engenho Nogueira foi realizada conforme o procedimento metodológico apresentado no Capítulo 8.

Sendo assim, num primeiro momento, avalia-se o *grau de importância* dos indicadores a serem analisados, ordenando-os de acordo com a sua importância relativa, com notas variando de 9 (importância muito grande) a 0 (sem importância). Em seguida, efetua-se a *pontuação* do seu impacto, por meio do emprego de uma escala qualitativa, cujos valores variam entre -5 e +5. À situação existente no local, considerada como referência, é atribuída a nota zero.

Finalmente, a soma dos resultados obtidos pela multiplicação dos valores anteriores – indicador por indicador – permite chegar-se à pontuação global de cada alternativa para o presente quesito de análise.

Trecho Coltec

Neste caso, como não são propostas intervenções na calha do córrego, é reduzido o número de indicadores a ser analisado, estando os mesmos associados a intervenções nas áreas marginais ou adjacentes à calha do canal.

A Tabela 9.5 apresenta a análise do grau de importância e de impacto realizada para os indicadores considerados, assim como a integração desses resultados para cada alternativa em estudo.

Tabela 9.5 – Análise de impacto das alternativas propostas para o Trecho Coltec

Dimensão	Indicador	Grau de importância	Pontuação parcial		Pontuação global	
			Alt#1	Alt#2	Alt#1	Alt#2
<i>Ambiental</i>	Áreas verdes adjacentes	7	+1	+2	+1 x7=+7	+2x7=+14
<i>Sociocultural</i>	Integração urbanística	9	+4	+3	+4x9=+36	+3x9=+27
	Relação curso de água/pop.	5	+4	+3	+4x5=+20	+3x5=+15
Total					+63	+56

Trecho Engenharia

As alternativas de intervenção propostas para o Trecho Engenharia visam à integração do córrego à paisagem circundante e, portanto, consideram a abertura da sua seção – atualmente fechada – e a criação de áreas de lazer e descanso, ampliando as possibilidades de contato da população com o curso de água.

Nesse quadro, foi avaliado o grau de importância dos indicadores de impacto, conforme consta na Tabela 9.6, sendo nesta também apresentadas as pontuações parcial e global das alternativas projetadas. Ressalta-se que no caso de não alteração das condições encontradas, as intervenções receberam pontuação igual a zero.

Tabela 9.6 – Análise de impacto das alternativas propostas para o Trecho Engenharia

Dimensão	Indicador	Grau de importância	Pontuação parcial		Pontuação global	
			Alt#1	Alt#2	Alt#1	Alt#2
<i>Fluvial</i>	Desenvolv. longitudinal	7	+5	+5	+5x7=+35	+5x7=+35
	Seção transversal	7	+5	+3	+5x7=+35	+3x7=+21
	Integridade morfológica	3	0	0	0x3=0	0x3=0
	Regime hidrológico	3	0	0	0x3=0	0x3=0
<i>Ambiental</i>	Diversidade de <i>habitats</i>	3	+3	0	+3x3=+9	0x3=0
	Áreas verdes adjacentes	5	0	0	0x5=0	0x5=0
	Qualidade da água	1	+1	0	+1x1=+1	0x1=0
<i>Sociocultural</i>	Integração urbanística	9	+5	+5	+5x9=+45	+5x9=+45
	Relação curso de água/pop.	9	+5	+5	+5x9=+45	+5x9=+45
Total					+170	+146

Trecho Reitoria

A análise realizada para o Trecho Reitoria considerou uma ampla gama de indicadores de impacto, uma vez que as alternativas propostas promovem, em maior ou menor grau, interferências no espaço urbano construído.

Notadamente neste caso, destacam-se os impactos sobre a infraestrutura viária e áreas de estacionamento, que se configuram como novos elementos de análise em relação às demais previamente realizadas. Ressalta-se, ainda, que a existência de rotas alternativas para a solução da questão do tráfego levou à atribuição de um grau mediano de importância ao referido indicador. Da mesma forma, uma vez que faz parte da política de gestão da UFMG a redução do número de veículos na área central do *campus* e que apenas 2% dos entrevistados demonstraram interesse em áreas de estacionamento às margens do curso de água – numa eventual possibilidade de sua abertura –, o indicador em questão teve seu grau de importância avaliado como o anterior.

Tabela 9.7 – Análise de impacto das alternativas propostas para o Trecho Reitoria

Dimensão	Indicador	G. I.	Pontuação parcial				Pontuação global			
			Alternativa				Alternativa			
			#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4
<i>Fluvial</i>	Desenvolv. long.	7	+4	+5	+3	0	+4x7=+28	+5x7=+35	+3x7=+21	0x7=0
	Seção transversal	7	+4	+5	+3	0	+4x7=+28	+5x7=+35	+3x7=+21	0x7=0
	Integridade morf.	3	0	0	0	0	0x3=0	0x3=0	0x3=0	0x3=0
	Regime hidrol.	9	+5	+5	+5	+5	+5x9=+45	+5x9=+45	+5x9=+45	+5x9=+45
<i>Ambiental</i>	<i>Habitats</i>	3	+3	+4	+2	0	+3x3=+9	+4x3=+12	+2x3=+6	0x3=0
	Áreas verdes	7	+4	+5	+4	0	+4x7=+28	+5x7=+35	+4x7=+28	0x7=0
	Qualidade água	1	+2	+2	+1	0	+2x1=+2	+2x1=+2	+1x1=+1	0x3=0
<i>Socio-cultural</i>	Integração urban.	9	+4	+5	+4	0	+4x9=+36	+5x9=+45	+4x9=+36	0x9=0
	Curso água/pop.	7	+5	+5	+4	0	+5x7=+35	+5x7=+35	+4x7=+28	0x7=0
<i>Infra-estrutura</i>	Vias de circulação	5	-3	-1	0	0	-3x5=-15	-1x5=-5	0x5=0	0x5=0
	Estacionamento	5	-5	-1	0	0	-5x5=-25	-1x5=-5	0x5=0	0x5=0
Total						+171	+234	+186	+45	

9.6.3 Análise de custos

A realização da presente análise procedeu-se mediante a composição e integração dos custos referentes à implantação e manutenção das alternativas de intervenção propostas. No primeiro caso foram contemplados, em termos globais, os itens de levantamento considerados mais relevantes, a saber:

- Demolição e reconformação de vias;
- Desmatamento, destoca e limpeza de terreno;
- Execução de canal/galeria;
- Execução de passeios e ciclovias;
- Grama para ajardinamento;
- Mobiliário urbano (mesas e bancos);
- Quadra poliesportiva.

Já os custos de manutenção foram calculados somente para os canais, galerias e para as áreas gramadas, não sendo os demais itens componentes das alternativas considerados na referida avaliação. Isso se deve à maior disponibilidade de dados para o primeiro caso, assim como ao fato de que são as estruturas de drenagem e as áreas verdes que demandam maiores cuidados e investimentos em manutenção.

Os preços unitários relativos à implantação de galerias e canais foram baseados em Evangelista *et al* (2011) – Tabela 9.8 – e, posteriormente, atualizados de acordo com o Índice Nacional da Construção Civil (INCC) de janeiro de 2012. Os demais itens de análise tiveram seus custos levantados em Planilha de Preços da Superintendência de Desenvolvimento da Capital (Sudecap), referentes a março de 2012, sendo aos mesmos também aplicado reajuste conforme o INCC de janeiro do referido ano.

No tocante à manutenção, a composição dos custos de galerias e canais teve por referência o trabalho de Moura *et al* (2009), seguindo os valores indicados na Tabela 9.8, convertidos em Reais e, posteriormente, atualizados segundo o INCC de janeiro de 2012.

Tabela 9.8 – Custos de implantação e manutenção de canais e galerias

Técnica	Custo de implantação (R\$/m ² /m)*	Custo de manutenção (R\$/m ² /ano)**
Galeria de concreto	384,2A+1820	0,60A+75,11
Canal em concreto	313,45A	5,47A
Canal em gabião caixa	-	6,62A
Canal em enrocamento	40,80A	3,48A
Canal revestido com grama	31,30A	3,23A

Legenda: A – área da seção transversal do canal ou galeria (m²)

Fonte: adaptado de Evangelista *et al* (2011)* e MOURA *et al* (2009)**

Uma vez que a vida útil das estruturas foi estimada em 30 anos, foi calculado, para cada item de análise, o seu Valor Presente Líquido (VPL) para o período em referência.

Quanto ao custo de manutenção das áreas verdes, seu cálculo foi realizado adotando-se o valor proposto para os canais gramados, para a mesma vida útil.

A seguir, os custos levantados para cada uma das alternativas concebidas são apresentados por trechos de intervenção.

Trecho Coltec

Neste caso, consideram-se os custos de implantação de passeios e ciclovia, mobiliário urbano (mesas e bancos) e áreas verdes, assim como a manutenção destas e da calha do curso de água, cujas margens são revestidas em gabião (Tabela 9.9).

Tabela 9.9 – Custos de implantação e manutenção das alternativas do Trecho Coltec

Alternativa #1									
Item de levantamento	unidade	quantidade	Implantação			Manutenção (30 anos)			VPL (R\$)
			custo unitário	custo total (R\$)	custo unitário	custo anual (R\$)			
mobiliário (mesas e bancos)	un.	10	483,03	R\$	4830,27	x	x	x	x
passeios e ciclovia	m ²	2287,25	23,56	R\$/m ²	53895,58	x	x	x	x
área verde (grama Esmeralda)	m ²	5015,89	8,42	R\$/m ²	42250,47	4,83	R\$/m ²	24236,86	314622,98
canal em gabião	m	130,00	x	R\$/m ² /m	x	79,27	R\$/m ² /m	10305,50	133777,52
Custo Parcial (R\$)						100976,31			448400,50
									Custo Total (R\$) 549376,81

Alternativa #2									
		Implantação				Manutenção (30 anos)			
Item de levantamento	unidade	quantidade	custo unitário		custo total (R\$)	custo unitário		custo anual (R\$)	VPL (R\$)
passeios e ciclovia	m ²	1470,50	23,56		34650,10	x		x	
área verde (grama Esmeralda)	m ²	5825,97	8,42	R\$/m ²	49074,04	4,83	R\$/m ²	28151,18	365435,46
canal em gabião	m	130,00	x	R\$/m ² /m	x	79,27	R\$/m ² /m	10305,50	133777,52
Custo Parcial (R\$)					83724,14				499212,98
									Custo Total (R\$) 582937,12

Trecho Engenharia

Para este trecho, os custos de implantação referem-se à execução de canal a céu aberto, áreas ajardinadas e passeios e ciclovias. A manutenção, por sua vez, considera apenas os dois primeiros itens mencionados (Tabela 9.10).

Tabela 9.10 – Custos de implantação e manutenção das alternativas do Trecho Engenharia

Alternativa #1										
		Implantação				Manutenção (30 anos)				
Item de levantamento	unidade	quantidade	custo unitário		custo total (R\$)	custo unitário		custo anual (R\$)	VPL (R\$)	
passeios e ciclovia	m ²	479,43	23,56	R\$/m ²	11297,04	x	R\$/m ²	x	x	
área verde (grama Esmeralda)	m ²	2204,47	8,42	R\$/m ²	18568,97	4,83	R\$/m ²	10652,03	138275,95	
canal aberto	concreto	m	145,00	507,35	R\$/m ² /m	73565,13	12,29	R\$/m ² /m	1782,07	23133,35
	enrocamento	m	137,00	154,09	R\$/m ² /m	21110,24	18,26	R\$/m ² /m	2501,64	32474,18
	grama	m	137,00	209,40	R\$/m ² /m	28688,05	29,96	R\$/m ² /m	4104,31	53278,83
Custo Parcial (R\$)					153229,43				247162,31	
									Custo Total (R\$) 400391,74	

Alternativa #2										
		Implantação				Manutenção (30 anos)				
Item de levantamento	unidade	quantidade	custo unitário		custo total (R\$)	custo unitário		custo anual (R\$)	VPL (R\$)	
área verde (grama Esmeralda)	m ²	2741,58	8,42	R\$/m ²	23093,22	4,83	R\$/m ²	13247,36	171966,31	
canal aberto	concreto	m	137,00	4295,53	R\$/m ² /m	588487,22	104,06	R\$/m ² /m	14255,73	185056,14
Custo Parcial (R\$)					611580,44				357022,45	
									Custo Total (R\$) 968602,88	

Trecho Reitoria

No caso do Trecho Reitoria foram concebidas alternativas de intervenção implantadas em diferentes condições de uso do solo, o que levou ao levantamento de itens como demolição e reconformação de vias e desmatamento, destoca e limpeza de terreno, além dos demais anteriormente considerados (Tabela 9.11).

Tabela 9.11 – Custos de implantação e manutenção das alternativas do Trecho Reitoria

Alternativa #1										
Item de levantamento	unidade	quantidade	Implantação			Manutenção				
			custo unitário	custo total (RS)	custo unitário	custo anual (RS)	VPL (RS)			
demolição 2 pistas Av. Mendes Pimentel	m ²	4658,80	3,41	RS/m ²	15900,41	x	RS/m ²	x	x	
demolição 1 pista Av. Mendes Pimentel	m ²	7986,96	3,41	RS/m ²	27259,37	x	RS/m ²	x	x	
demolição de pista para execução de galeria	m ²	2532,96	3,41	RS/m ²	8644,95	x	RS/m ²	x	x	
reconformação de pista (alvenaria poliédrica)	m ²	3573,77	23,77	RS/m ²	84955,07	x	RS/m ²	x	x	
passéis e ciclovia	m ²	3229,63	23,56	RS/m ²	76101,33	x	RS/m ²	x	x	
área verde (grama Esmeralda)	m ²	2540,60	8,42	RS/m ²	21400,30	4,83	RS/m ²	12276,22	159359,79	
canal aberto	concreto	m	535,00	608,81	RS/m ² /m	325715,95	14,75	RS/m ² /m	7890,26	102424,89
	enrocamento	m	500,00	154,09	RS/m ² /m	77044,68	18,26	RS/m ² /m	9130,06	118518,92
	grama	m	500,00	212,78	RS/m ² /m	106389,65	30,44	RS/m ² /m	15220,85	197584,56
galeria	m	475,00	5280,47	RS/m ² /m	2508225,32	119,58	RS/m ² /m	56801,89	737355,50	
Custo Parcial (RS)					3251637,04				1315243,65	
									Custo Total (RS) 4566880,68	

Alternativa #2										
Item de levantamento	unidade	quantidade	Implantação			Manutenção				
			custo unitário	custo total (RS)	custo unitário	custo anual (RS)	VPL (RS)			
demolição 2 pistas Av. Mendes Pimentel	m ²	4658,80	3,41	RS/m ²	15900,41	x	RS/m ²	x	x	
demolição de pista para execução de galeria	m ²	2890,68	3,41	RS/m ²	9865,85	x	RS/m ²	x	x	
reconformação de pista (alvenaria poliédrica)	m ²	2890,68	23,77	RS/m ²	68716,76	x	RS/m ²	x	x	
desmatamento/destoca/limpeza de terreno	m ²	25775,58	0,39	RS/m ²	9973,53	x	RS/m ²	x	x	
passéis e ciclovia	m ²	9202,95	23,56	RS/m ²	216853,55	x	RS/m ²	x	x	
quadras	m ²	2788,31	131,67	RS/m ²	367130,59	x	RS/m ²	x	x	
área verde (grama Esmeralda)	m ²	12555,60	8,42	RS/m ²	105759,90	4,83	RS/m ² /m	60668,86	787553,23	
canal aberto	concreto	m	530,00	608,81	RS/m ² /m	322671,88	14,75	RS/m ² /m	7816,52	101467,65
	enrocamento	m	510,00	154,09	RS/m ² /m	78585,58	18,26	RS/m ² /m	9312,66	120889,30
	grama	m	510,00	214,47	RS/m ² /m	109378,69	30,68	RS/m ² /m	15648,48	203135,74
galeria	m	480,00	5280,47	RS/m ² /m	2534627,69	119,58	RS/m ² /m	57399,81	745117,13	
Custo Total (RS)					3839464,43				1958163,04	
									Custo Total (RS) 5797627,48	

Alternativa #3										
Item de levantamento	unidade	quantidade	Implantação			Manutenção				
			custo unitário	custo total (RS)	custo unitário	custo anual (RS)	VPL (RS)			
remoção e reconstrução de alvenaria poliédrica	m ²	3789,36	17,27	RS/m ²	65442,25	x	RS/m ²	x	x	
desmatamento/destoca/limpeza de terreno	m ²	25775,58	0,39	RS/m ²	9973,53	x	RS/m ²	x	x	
passéis e ciclovia	m ²	6685,14	23,56	RS/m ²	157501,90	x	RS/m ²	x	x	
quadras	m ²	2788,31	131,67	RS/m ²	367130,59	x	RS/m ²	x	x	
área verde (grama Esmeralda)	m ²	12165,57	8,42	RS/m ²	102434,10	4,83	RS/m ²	58784,22	763088,49	
canal aberto	concreto	m	390,00	608,81	RS/m ² /m	237437,80	14,75	RS/m ²	5751,78	74664,87
	enrocamento	m	380,00	154,09	RS/m ² /m	58553,96	18,26	RS/m ² /m	6938,84	90074,38
	grama	m	380,00	212,78	RS/m ² /m	80856,13	30,44	RS/m ² /m	11567,85	150164,26
galeria trecho #1	m	205,00	6358,37	RS/m ² /m	1303465,07	121,93	RS/m ² /m	24995,07	324465,43	
galeria trecho #3	m	430,00	5280,47	RS/m ² /m	2270603,98	119,58	RS/m ² /m	51420,66	667500,77	
Custo Parcial(RS)					4653399,30				2069958,20	
									Custo Total (RS) 6723357,50	

Alternativa #4									
Item de levantamento	unidade	quantidade	Implantação			Manutenção			
			custo unitário	custo total (RS)	custo unitário	custo anual (RS)	VPL (RS)		
remoção e reconstrução de alvenaria poliédrica	m ²	4583,10	17,27	m ²	79165,14	x	x	x	x
galeria	m	1030,00	5280,47	RS/m ² /m	5438888,59	119,58	RS/m ² /m	123170,42	1598897,19
Custo Parcial (RS)					5518053,73				1598897,19
									Custo Total (RS) 7116950,92

9.7 Considerações finais

Este capítulo apresentou a aplicação da metodologia proposta pelo presente trabalho a um estudo de caso na cidade de Belo Horizonte, visando a sua consolidação e validação. De fato, o seu emprego ao caso em questão – o Córrego Engenho Nogueira dentro da área do *campus* da UFMG – permitiu verificar que a metodologia é consistente e de fácil aplicação, apesar de demandar significativo critério e discernimento por parte do analista na consecução de cada uma de suas etapas.

Notadamente no que tange a priorização dos objetivos da intervenção e demais critérios de análise, assim como a pontuação qualitativa de impacto das alternativas, a sua realização será tanto melhor quanto maior a possibilidade de discussão entre diversos atores. Desse modo, a composição de equipes multidisciplinares para a condução do processo reveste-se de importância crucial.

No caso deste estudo, apesar das referidas análises terem-se procedido somente por meio de discussão entre a autora e seu orientador, os resultados das entrevistas realizadas junto à população que frequenta o *campus* universitário contribuíram sobremaneira para que o desenvolvimento da etapa de *Análise de atendimento aos objetivos e impacto* se desse em bases realistas, minimizando a subjetividade inerente à mesma.

Por fim, a comparação de alternativas por meio de três índices quantitativos consiste em importante subsídio para a tomada de decisão, podendo orientar uma pré-seleção de soluções na fase de estudos preliminares de intervenção.

10 Resultados e Discussão

Neste momento discutem-se os resultados do estudo de caso apresentado no capítulo anterior, com uma apreciação global e individual das alternativas de intervenção propostas para os três trechos em estudo do Córrego Engenho Nogueira.

Trecho Coltec

As duas alternativas propostas para o trecho em questão foram concebidas visando o atendimento ao objetivo de integração urbanística do curso de água à sua área de entorno – estando a primeira delas mais inserida em uma perspectiva de compatibilização entre áreas verdes e criação de espaços de lazer e descanso e, a segunda, de preservação ambiental, com mínima intervenção sobre o uso do solo adjacente.

O resultado final da análise das alternativas em relação aos índices de atendimento aos objetivos da intervenção, impacto e custos é apresentado na Tabela 10.1.

Tabela 10.1 – Resultado da análise das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Coltec

Alternativa	Índices de Análise				
	Objetivos	Impacto	Custos (R\$)		
			Implantação	Manutenção	Total
#1	91	+63	100.976,31	448.400,50	549.376,81
#2	70	+56	83.724,14	499.212,98	582.937,12

Como pode ser observado, a Alternativa #1 apresenta melhores resultados em relação aos três índices de análise considerados, atendendo de forma mais favorável os objetivos da intervenção e os critérios de impacto, com custo global inferior ao da Alternativa #2 (aproximadamente 6%). Neste caso, apesar da sua implantação ser mais onerosa, seu custo de manutenção é menor ao longo do período de 30 anos considerado. Ressalta-se, ainda, para ambas as alternativas, o valor significativamente mais elevado dos custos de manutenção em relação aos de implantação, da ordem de 4,5 e 6 vezes maior para as Alternativas #1 e #2, respectivamente.

De forma a facilitar a visualização dos valores encontrados – e assim permitir uma melhor interpretação dos resultados –, os mesmos foram representados graficamente. Para tanto, os índices de impacto e de custos foram transformados em valores percentuais, assim como é o

índice de atendimento aos objetivos da intervenção. No primeiro caso, o percentual igual a cem foi conferido à soma das notas relativas ao grau de importância dos indicadores, multiplicada por +5, que é a pontuação máxima que pode ser conferida na análise de impacto. No segundo caso, calculou-se o inverso dos custos encontrados (1/R\$) e, ao maior valor, foi associado o percentual igual a cem, de maneira que a melhor/maior pontuação esteja associada à alternativa mais barata.

A título de exemplo, seguem os cálculos realizados para transformação dos resultados encontrados para o Trecho Coltec:

- Índice de Impacto:
 - Indicadores em análise: 3
 - Grau de importância: $9+7+5=21$
 - Pontuação final (100%): $21 \times 5 = +105$

Desse modo:

- Alternativa #1: nota $+63=60\%$ ($+63/+105$)
- Alternativa #2: nota $+56=53\%$ ($+56/+105$)

- Índice de Custos: cálculo do inverso do valor encontrado
 - Alternativa #1: $1/549.376,81=x$
 - Alternativa #2: $1/582.937,12=y$

Desse modo:

- Alternativa #1: $x = 100\%$
- Alternativa #2: $y/x = 94\%$

A Tabela 10.2 apresenta os percentuais encontrados para cada um dos índices de análise.

Tabela 10.2 – Resultado percentual dos índices de análise para o Trecho Coltec

Alternativa	Índices de Análise		
	Objetivos	Impacto	Custos
#1	91%	60%	100%
#2	70%	53%	94%

Em termos gráficos, a representação dos valores anteriores foi realizada de forma tridimensional. Desse modo, quanto mais próxima dos vértices da figura (associados aos índices), melhor a alternativa no quesito avaliado. No caso dos custos, quanto mais perto do vértice, menos onerosa é a alternativa de intervenção.

A Figura 10.1 ilustra o resultado gráfico dos valores percentuais dos índices de análise para o Trecho Coltec.

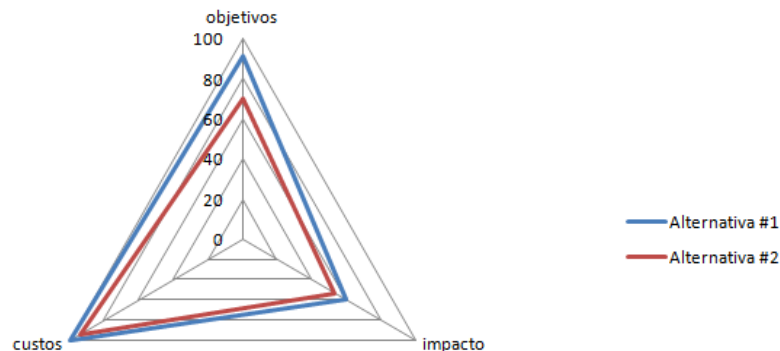


Figura 10.1 – Representação gráfica das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Coltec

Pela análise do gráfico é possível verificar, com maior clareza, a relação de proximidade/afastamento entre as alternativas, facilitando a sua comparação e fornecendo subsídios importantes para auxiliar a seleção (a qual não cabe ao escopo deste estudo). No caso do trecho em análise, fica explícito como a Alternativa #1 se sobressai em relação à Alternativa #2 em todos os quesitos analisados, estando a maior diferença entre as mesmas no atendimento aos objetivos da intervenção.

Trecho Engenharia

Para este trecho foram também consideradas duas alternativas de intervenção, ambas contemplando a abertura do curso de água e a sua inserção como elemento da paisagem. A maior diferença entre elas encontra-se na concepção desses espaços de integração, concebidos adjacentes à calha (Alternativa #1) ou dentro dela (Alternativa #2). Em vistas disso, a

conformação da seção e o seu revestimento são significativamente distintos para cada uma das propostas, estando a este fato associadas as suas maiores diferenças em termos de impacto e custos. O índice de atendimento aos objetivos é praticamente o mesmo para as duas soluções (Tabela 10.3).

Tabela 10.3 – Resultado da análise das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Engenharia

Alternativa	Índices de Análise				
	Objetivos	Impacto	Custos (R\$)		
			Implantação	Manutenção	Total
#1	81	+170	153.229,43	247.162,31	400.391,74
#2	83	+146	611.580,44	357.022,45	968.602,88

O resultado da transformação dos valores encontrados para índices percentuais é apresentado na Tabela 10.4, seguindo-se o mesmo procedimento adotado para o Trecho Coltec.

Tabela 10.4 – Resultado percentual dos índices de análise para o Trecho Engenharia

Alternativa	Índices de Análise		
	Objetivos	Impacto	Custos
#1	81%	72% (+170/+235)	100%
#2	83%	62% (+146/+235)	41%

O gráfico da Figura 10.2 apresenta os valores calculados na tabela anterior, ilustrando, mais claramente, a distância entre as alternativas estudadas.

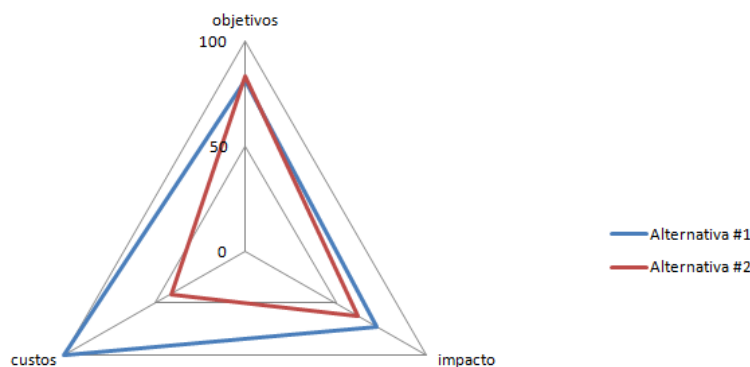


Figura 10.2 – Representação gráfica das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Engenharia

Conforme a figura acima, a diferença mais explícita entre as alternativas encontra-se nos custos da intervenção, principalmente no que tange a implantação e manutenção dos canais. Para a Alternativa #1 – concebida em concreto, enrocamento e grama – os custos anteriores

são da ordem de 80% e 40% inferiores aos da Alternativa #2 – totalmente concebida em concreto.

Em termos de impacto, as soluções propostas encontram-se próximas, estando as diferenças encontradas essencialmente associadas aos indicadores relacionados à seção do canal (como revestimento, diversidade de *habitats* e qualidade da água).

Neste caso, a Alternativa #1 desponta como a melhor solução, notadamente em função do seu custo, uma vez que os demais quesitos de análise apresentam resultados relativamente parecidos.

Trecho Reitoria

No caso deste trecho foram concebidas quatro alternativas de intervenção, cada qual atendendo de maneira distinta os objetivos de integração urbanística e controle de cheias. Em decorrência dessas diferentes concepções, também seu impacto e custos tiveram resultados distintos, como pode ser observado nas Tabelas 10.5 e 10.6.

Tabela 10.5 – Resultado da análise das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Reitoria

Alternativa	Índices de Análise				
	Objetivos	Impacto	Custos (R\$)		
			Implantação	Manutenção	Total
#1	75	+171	3.251.637,04	1.315.243,65	4.566.880,68
#2	99	+234	3.839.464,43	1.958.163,04	5.797.627,48
#3	76	+186	4.653.399,30	2.069.958,20	6.723.357,50
#4	33	+45	5.518.053,73	1.598.897,19	7.116.950,92

Tabela 10.6 – Resultado percentual dos índices de análise para o Trecho Reitoria

Alternativa	Índices de Análise		
	Objetivos	Impacto	Custos
#1	75%	54% (+171/315)	100%
#2	99%	74% (+234/315)	79%
#3	76%	59% (+186/315)	68%
#4	33%	14% (+45/315)	64%

A representação dos resultados da tabela anterior está ilustrada na Figura 10.3.

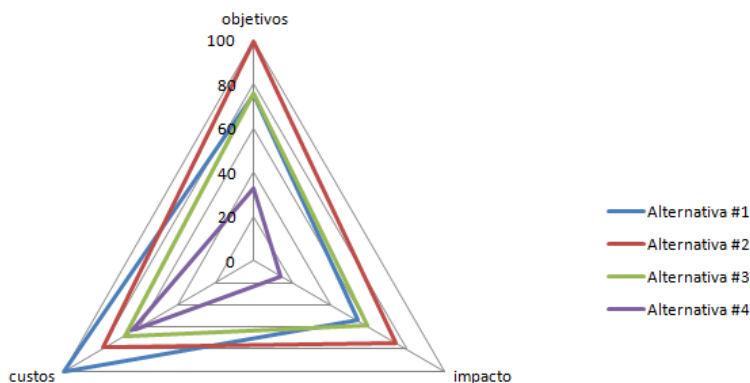


Figura 10.3 – Representação gráfica das alternativas de intervenção relativas ao Trecho Reitoria

A análise do gráfico indica a Alternativa #2 como a melhor solução em termos de atendimento aos objetivos da intervenção e impacto, e segunda colocada em termos de custos. Neste quesito, a Alternativa #1 encontra-se em primeiro lugar, porém, na terceira colocação no tocante aos dois primeiros índices (praticamente empatada com a Alternativa #3 – segunda colocada em relação aos mesmos).

Por sua vez, a Alternativa #4 apresenta as piores pontuações em todos os quesitos analisados. Todavia, uma vez que soluciona o problema de inundação, seu impacto em relação à condição atual é avaliado positivo.

Finalmente, com o objetivo de comparar as alternativas apenas em termos de custos de implantação e manutenção das estruturas de drenagem (canais e galerias), esses itens foram analisados separadamente, conforme apresentado nas Tabelas 10.7 e 10.8.

Tabela 10.7 – Comparação de custos globais das estruturas de drenagem propostas para o Trecho Reitoria

Alternativa	Extensão (m)		Custos (R\$)		
	Canal	Galeria	Implantação	Manutenção	Total
#1	500	475	3.017.375,61	1.155.883,86	4.173.259,47
#2	510	480	3.045.263,84	1.170.609,82	4.215.873,66
#3	380	635	3.950.916,94	1.306.869,71	5.257.786,65
#4	-	1.030	5.438.888,59	1.598.897,19	7.037.785,78

Tabela 10.8 – Comparação de custos por metro linear das estruturas de drenagem propostas para o Trecho Reitoria

Alternativa	Custos (R\$/m)		
	Implantação	Manutenção	Total
#1	3.094,74	1.185,52	4.280,27
#2	3.076,02	1.182,43	4.258,46
#3	3.892,53	1.287,56	5.180,09
#4	5.280,47	1.552,33	6.832,80

Uma análise dos resultados apresentados permite verificar que os custos de implantação de galeria elevam sobremaneira o valor das intervenções, considerando-se que a extensão das redes de drenagem das alternativas em estudo é aproximadamente igual (o que também pode ser verificado pelo custo por metro linear das redes). Já em termos de manutenção, os valores encontrados são praticamente os mesmos. Dessa forma, é o custo de *implantação* das estruturas de drenagem o principal responsável pelas diferenças encontradas nos valores do índice em questão.

Nesse cenário, a Alternativa #4, além de atender apenas ao objetivo de controle de cheias e de apresentar os piores resultados em termos de impacto, é a solução mais onerosa, não havendo nenhum argumento para a sua seleção.

A dúvida quanto à escolha da alternativa a ser adotada gira, portanto, em torno das Alternativas #1 e #2, uma vez que a primeira é melhor que a segunda no tocante aos custos (21% mais barata), mas pior em relação aos demais índices de análise. Sendo assim, no caso de uma eventual possibilidade de intervenção, caberia à UFMG a tomada de decisão, com base nos índices apresentados e em função de questões internas, não contempladas no estudo realizado (orçamento, implicações políticas e sociais, etc).

11 Conclusões e Recomendações

Intervenções em áreas urbanas, quaisquer que sejam elas, geralmente estão inseridas em cenários complexos, uma vez que a escolha pela solução a ser adotada e a sua implementação envolvem a consideração de inúmeras variáveis – urbanísticas, tecnológicas, econômicas, políticas, sociais, ambientais, legais, etc. A conjugação desses fatores e a sua análise integrada – fundamentais na orientação de processos decisórios – não é tarefa fácil, demandando o emprego de ferramentas de auxílio à decisão que possam orientar a escolha de alternativas.

Os rios e córregos urbanos, constantes alvos de intervenção nas cidades – por motivos de controle de cheias, implantação/alteração de infraestrutura viária/transporte, ampliação da malha urbana, criação de áreas de lazer, etc –, encontram-se sujeitos aos mais diversos impactos, na maioria das vezes não considerados de forma ampla ou meramente contemplados em análises de custo-benefício.

Esse tipo de análise, todavia, relega a segundo plano questões que deveriam estar na prioridade do processo decisório, como as relacionadas às variáveis social e ambiental e à integração urbano-paisagística dos cursos de água ao seu entorno.

Atualmente, no panorama internacional, a consideração desses fatores é premissa e objetivo de inúmeras intervenções, elevando o “*status*” dos meios em questão a um patamar onde demandas sociais e ambientais – associadas à qualidade de vida pública – assumem importância significativa, em detrimento à tradicional perspectiva de consideração dos cursos de água como meras redes de drenagem (ou condutores de esgoto e lixo).

Nesse quadro, ressalta-se a grande discussão, ao longo do desenvolvimento da tese, acerca da restauração de rios e córregos urbanos, uma vez que uma das ideias norteadoras do trabalho era associar o potencial de restauração desses meios com linhas de intervenção específicas. Sendo assim, foi empreendida uma pesquisa abrangente acerca dos conceitos e terminologias usualmente empregados para o tratamento da questão, o que levou a profundas reflexões sobre o assunto, notadamente quanto à sua forma de abordagem em áreas urbanas.

De fato, ficou evidente que, nas cidades, o conceito de restauração não pode ser aplicado da mesma forma que em áreas rurais, devendo haver uma flexibilização do seu uso, de modo que

seja possível ampliar sua conceituação por meio da incorporação de questões de ordem social e das limitações urbanísticas inerentes a esse tipo de ocupação. Por conseguinte, acredita-se que em cada localidade a restauração possa assumir um viés específico, de acordo com a cultura e demandas locais, pautada não somente em critérios ambientais, mas amplamente ancorada em anseios e demandas da população.

De acordo com a revisão de literatura realizada, salvo raras exceções, não foram identificadas metodologias que abrangessem, de forma integrada, todos os aspectos anteriormente mencionados, considerando as etapas de um processo decisório voltado para a concepção, análise, comparação e seleção de alternativas de intervenção em rios e córregos urbanos. A maioria dos documentos encontrados se foca em critérios específicos e etapas distintas do referido processo, como no caso do diagnóstico e da análise de impactos.

A proposta feita por este trabalho, portanto, procurou preencher as lacunas encontradas e incorporar procedimentos desenvolvidos por outros estudos, adequando-os à premissa de facilidade e flexibilidade de sua aplicação à complexa realidade urbana. Desse modo, a sua construção foi desenvolvida passo-a-passo com o levantamento bibliográfico, a avaliação de casos concretos e a discussão com profissionais envolvidos com a questão, de forma a torná-la mais consistente e realista.

Como era de se esperar, ao longo do seu desenvolvimento foram observadas inúmeras dificuldades, notadamente no que se refere à incorporação de variáveis do meio urbano às etapas do procedimento de análise – uma vez que a diversidade de situações encontradas nas cidades não permite a generalização de cenários. No caso de inclusão de aspectos urbanísticos para determinação do potencial de restauração de cursos de água, tal dificuldade tornou-se evidente, levando a uma ampla proposição de formas de análise.

Contudo, todas elas foram consideradas de pouco sucesso, uma vez que previam a conjugação de apenas algumas variáveis – como as geomorfológicas, geotécnicas, hidráulicas e de uso e ocupação do solo – para a determinação de cenários de restauração, sendo que estes extrapolam as questões mencionadas, atrelando-se, também, àquelas com viés político, econômico e social. Além do mais, a abordagem de análise não pode se ater a um período estático na escala temporal, devendo considerar a dinâmica inerente de transformação dos

cursos de água e das cidades, condição que insere um fator de enorme complexidade ao procedimento em questão.

Em vista disso, a ideia inicial de inclusão do potencial de restauração como etapa da metodologia proposta – servindo de guia para a concepção de alternativas – teve de ser abandonada (Apêndice 01). Todavia, apesar de não alcançado este objetivo, as tentativas empreendidas nesse sentido conduziram a profundas reflexões, as quais contribuíram imensamente na construção da metodologia, levando à conclusão de que não seria possível conceber uma ferramenta em “moldes” estruturados e inflexíveis, sempre levando a uma resposta específica, com caráter determinístico.

A partir dessa constatação, todas as etapas do procedimento de análise proposto orientaram-se no sentido de torná-lo flexível e aberto à incorporação de novos critérios (ou exclusão daqueles considerados pouco pertinentes), em consonância com as especificidades de cada cenário de intervenção. Sendo assim, de acordo com o caso em estudo, a metodologia permite ajustes e reformulações, de maneira a garantir o seu emprego nas mais diversas situações. De fato, a mesma se trata de uma proposta para *orientação do processo* de concepção, análise, comparação e seleção de alternativas de intervenção em cursos de água urbanos, não pretendendo fechar-se em um “modelo” hermético a ser aplicado e replicado a qualquer tipo de contexto.

Ao contrário, a proposta apresentada exige critério e discernimento por parte do analista, que deve, em cada etapa, considerar as particularidades do seu objeto de análise, selecionar e ponderar indicadores, assim como avaliar e comparar os resultados encontrados. Com efeito, fica evidente o seu papel crucial, principalmente pelo fato de que a abordagem de análise é essencialmente qualitativa, ainda que utilize métodos quantitativos para a determinação de índices.

Nesse ponto, ressalta-se a importância da participação de equipes multidisciplinares na condução das análises, uma vez que quanto maior a discussão e ponderação entre diversos especialistas/atores, maiores as chances de um resultado mais bem sucedido. A inclusão da população nesse processo reveste-se de importância fundamental.

No que tange cada uma das etapas da metodologia proposta, podem ser tecidas algumas breves conclusões. Primeiramente, ressalta-se que a etapa de diagnóstico das dimensões fluvial e ambiental dos cursos de água foi desenvolvida e aprimorada com base na pesquisa de mestrado da autora (CARDOSO, 2008), que na sua dissertação já havia proposto indicadores para avaliação das condições de degradação de rios e córregos urbanos. No entanto, esta proposição referia-se apenas ao levantamento do quadro presente do objeto de estudo, e não daquele construído em relação a uma condição de referência, como proposto pelo presente trabalho. Esta nova abordagem aprofunda o procedimento de avaliação, uma vez que permite a construção e a comparação de cenários e o estabelecimento de relações de causa e efeito.

O diagnóstico do meio urbano, por sua vez, foi um dos grandes desafios enfrentados, exigindo critério na escolha dos aspectos a serem considerados e clareza na sua representação gráfica (ou espacial). O seu levantamento deveria ser simples, com base em dados de fácil obtenção, além de fornecer as informações necessárias para que, juntamente com o diagnóstico do meio fluvial, o cenário de intervenção pudesse ser construído – e, por meio dele, alternativas de intervenção delineadas.

Nesse sentido, a compatibilização das condições da área de estudo com os objetivos da intervenção permite a concepção de alternativas, para corredores fluviais, condizentes com a realidade local, sendo a viabilidade de sua implantação analisada segundo critérios urbanísticos e tecnológicos. A inclusão das variáveis social e política no primeiro desses “filtros” confere maior credibilidade ao procedimento de análise, uma vez que traz à tona questões de importância crucial em processos de seleção de alternativas – que podem assegurar ou não a sua exequibilidade. O estabelecimento final das propostas de intervenção, portanto, sucede a análise preliminar mencionada, culminando na definição das técnicas de engenharia a serem empregadas, de acordo com as condições geológicas, hidráulicas e outras do caso em estudo.

O passo seguinte analisa as alternativas pré-aprovadas segundo o seu grau de atendimento aos objetivos da intervenção, o seu impacto e custos globais, permitindo a construção de índices consistentes para subsidiar as etapas de comparação e seleção. Esses índices, traduzidos em números, facilitam a visualização dos resultados encontrados, possibilitando a identificação de pontos de convergência/divergência entre as alternativas em estudo.

Nesse momento, cabe considerar que para a fase de estudos preliminares à qual se destina a metodologia proposta não se julgou procedente a quantificação de certos critérios ou indicadores – passíveis de serem “medidos” ou calculados – uma vez que acarretariam em um grau de precisão pouco coerente com a fase em questão e com o restante do procedimento de análise.

Dentre os três índices considerados, merece destaque o relacionado aos objetivos da intervenção, uma vez que, via de regra, os estudos de alternativas consideram apenas análises de impacto e de custos das intervenções, não relacionando os resultados encontrados com o grau de atendimento aos objetivos das mesmas. A proposta apresentada, portanto, permite uma comparação global de todos esses importantes critérios, deixando claro em quais aspectos as alternativas mais se aproximam ou se afastam.

Pelo mesmo motivo anteriormente referido, a adoção de métodos multicriteriais sofisticados para auxílio à decisão não seria condizente, podendo ser incorporados à análise em etapas posteriores, que demandem resultados mais precisos e detalhados. No caso da metodologia proposta, a representação final dos resultados encontrados por meio do uso de gráficos atende plenamente os objetivos de análise pretendidos, fornecendo importantes elementos para subsidiar a seleção da alternativa a ser adotada.

Outro ponto de atenção especial refere-se à questão específica da qualidade da água, alvo de inúmeras discussões, tendo em vista o seu papel fundamental na restauração de cursos de água e na integração desses meios à paisagem das cidades. Todavia, a sua incorporação como critério de análise mostrou-se extremamente complexa, principalmente por envolver, em muitos casos, a necessidade de adoção medidas externas à área de intervenção e a articulação política entre diferentes órgãos e administrações públicas, ou seja, questões não diretamente associadas à intervenção no curso de água propriamente dito.

Em vista dessas dificuldades, a qualidade da água foi considerada como potencial indicador da *viabilidade* de se alcançar determinados objetivos de intervenção, a exemplo da integração urbanística. Isso significa que, em função das condições de qualidade levantadas na etapa de diagnóstico, a implantação de soluções que demandem que o problema de qualidade da água esteja equacionado no momento da intervenção poderá não se concretizar, uma vez que foge do seu escopo a solução desse tipo de problema. Desse modo, novas tentativas de inclusão da

qualidade da água ao procedimento de análise seriam extremamente válidas, uma vez que não se obteve êxito naquelas aqui empreendidas.

Ressalta-se, ainda, a importância do caráter dialético do desenvolvimento da metodologia proposta, pautada na realização de estudos de caso como forma de sua avaliação e reformulação, o que permitiu a consideração de questões anteriormente não contempladas ou consideradas de maneira pouco adequada. Na fase inicial do trabalho, a escolha de uma sub-bacia do Córrego Bonsucesso – inserida em bacia de mesmo nome, na cidade de Belo Horizonte – foi fundamental na consolidação das fichas de diagnóstico, assim como crucial na aplicação das propostas desenvolvidas para determinação do potencial de restauração de cursos de água urbanos. Certamente, a realização de outros estudos acarretaria em mais ajustes e questionamentos, plenamente passíveis de incorporação à metodologia em função do seu caráter propositalmente flexível.

No caso do estudo referente ao Córrego Engenho Nogueira, dentro do *campus* da UFMG, a metodologia mostrou-se realmente simples e de fácil emprego, levando à obtenção de resultados bastante interessantes, notadamente no que tange a comparação das alternativas de intervenção propostas.

Ainda nesse caso, a realização de entrevistas junto à população que frequenta o *campus* – como forma de levantamento da sua impressão acerca de uma eventual possibilidade de abertura de determinados trechos de um dos córregos que passa dentro dos limites da universidade – sinaliza a importância da consulta pública para a concepção de alternativas de intervenção, permitindo que as mesmas sejam concebidas em bases mais realistas. Principalmente em se tratando do objetivo de integração urbanística, a consideração dos anseios dos futuros usuários não poderia deixar de ser considerada.

Finalmente, deve-se destacar a importância das experiências vividas nas cidades de São Paulo e Barcelona – onde partes da pesquisa foram desenvolvidas –, uma vez que permitiram a aproximação e vivência prática da aluna com realidades bastante diversas em termos de cidade. Dessa forma, em função de inúmeras particularidades locais, a abordagem da questão relativa a intervenções em cursos de água urbanos assume conotação significativamente distinta – mesmo dentro de uma mesma cidade –, em decorrência de questões de ordem social, econômica e ambiental.

A percepção das questões mencionadas – fortemente evidenciadas em “campo” –, juntamente com a pesquisa bibliográfica realizada, permitiu que o desenvolvimento deste trabalho se calcasse em bases realistas, mas ainda passíveis de muito estudo e discussão.

Nesse sentido, uma vez que uma tese de doutorado há que ser interrompida, registram-se aqui algumas sugestões/recomendações para futuro prosseguimento.

Primeiramente, a aplicação da metodologia a estudos de caso inseridos em outros contextos e cenários urbanos poderia contribuir com a incorporação de aspectos não contemplados neste trabalho, garantindo, de fato, uma ampla possibilidade de seu emprego. As áreas de assentamentos precários, as ainda pouco ocupadas/impactadas e aquelas altamente antropizadas configuram-se interessantes exemplos nesse sentido, tendo em vista o seu caráter significativamente diverso. Da mesma forma, a sua aplicação a escalas de intervenção mais abrangentes – considerando-se a bacia como um todo e não apenas o corredor fluvial – poderia sinalizar para novos fatores e questões a serem incorporados à abordagem proposta.

Em relação ao potencial de restauração, poderia ser interessante abordar a questão de maneira distinta, considerando, neste caso, o *potencial de degradação* dos cursos de água frente ao seu cenário de inserção atual e futuro. Sendo assim, ao invés de analisar o potencial de restaurar determinados trechos e, a partir disso, propor intervenções, talvez o mais pertinente seja levantar as condições que, de fato, promovem a sua degradação e “exigem” medidas para freá-las e/ou minimizá-las.

Nesse sentido, também seria pertinente considerar o desenvolvimento de uma metodologia voltada para a priorização de intervenções, a ser empregada em duas fases. A primeira, a partir do diagnóstico do potencial de degradação dos trechos fluviais em estudo e, a segunda, após a fase de seleção de alternativas – contemplada neste trabalho –, considerando-se cenários onde existem diferentes trechos de intervenção dentro de um mesmo perímetro de estudo ou bacia. A agregação desses procedimentos de análise poderia configurar um interessante instrumento na orientação de decisões afetas a intervenções em cursos de água urbanos, em escalas local e global, respectivamente.

Por último, caberia a validação da metodologia proposta por meio da aplicação, ao estudo de caso realizado (e também a outros), das demais abordagens metodológicas discutidas no

âmbito da tese. A comparação dos resultados assim encontrados poderia evidenciar os pontos fortes e fracos das mesmas, assim como aqueles que necessitarão de mudanças e/ou ajustes para sua melhor adequação a diferentes contextos.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. *Guia de Avaliação de Assoreamento em Reservatórios*. Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, Brasília, DF. 2000.

AUSTRALIA. Act n° 137 of 2007. 2007.

BAPTISTA, M.B; LARA, M.M. *Fundamentos de engenharia hidráulica*. Belo Horizonte: Editora UFMG. Escola de Engenharia da UFMG, 480p. 2010.

BAPTISTA, M.B.; VON SPERLING, M. *Morfologia fluvial*. p.139-183. In: SPERLING, M.von. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 588p. 2007.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH, 226p. 2005.

BAPTISTA, M.B.; NASCIMENTO, N.O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v.7. n.1. 2002.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. *O contexto da drenagem urbana*. Texto da disciplina de drenagem urbana do programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos da escola de engenharia da UFMG. Belo Horizonte. 10p. 2001.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. Sustainable development and urban stormwater management in the context of tropical developing countries. In: XXV CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 25, México, v. IV, p. 523 – 529. 1996.

BELO HORIZONTE. Lei n° 9.959 de 20 de julho de 2010. Altera as leis n° 7.165/96 – que institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte – e n° 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. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte – 2008/2011, Atualização 2010. Volume I – Texto. Belo Horizonte. 2010b.

BELO HORIZONTE. Lei 8137 de 21 de dezembro de 2000. Altera as leis n°s 7.165 e 7.166, ambas de 27 de agosto de 1996, e dá outras providências. 2000.

BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Estrutura Urbana. DRENURBS-BH. Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale dos Córregos em Leito Natural. Bacia Elementar do Córrego Engenho Nogueira (4131000). Volume I – Diagnóstico Sanitário e Ambiental – TOMOS I – Textos e Mapas. 2002.

BELO HORIZONTE. Lei 7165 de 27 de agosto de 1996. Institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte. 1996a.

BELO HORIZONTE. Lei 7166 de 27 de agosto de 1996. Estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano do Município. 1996b.

BLENCH, T. *Mobile-bed fluviology*. University of Alberta Press, Edmonton, Canada. 350p. 1969.

BOON, P.J. River restoration in five dimensions. *Aquatic Conservation: Marine and freshwater ecosystems* 8, 257-264. 1998.

BRAGA, R.; CARVALHO, P.F.C. *Recursos hídricos e planejamento urbano e regional*. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – IGCE-UNESP. P. 113-127. 2003.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 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 nºs 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 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 nºs 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 11.445, de 5 de janeiro de 2007. 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. 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. *Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios*. Brasília: Ministério das Cidades. 176p. 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Plano Diretor Participativo: Guia para a Elaboração pelos Municípios e Cidadãos*. 2ª edição. Brasília: Ministério das Cidades; Confea. 160 p. 2005a.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005b.

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. Lei Federal n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, 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 n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 1997.

BRASIL. Lei n.º 7.803, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis n.ºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. 1989.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. 1988.

BRASIL. Lei n.º 7.511, de 7 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. 1986.

BRASIL. Lei n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. 1979.

BRASIL. Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. 1965.

BRASIL. Decreto n.º 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. 1934.

BRIERLEY, G, FRYIRS, K, OUTHET, D, MASSEY, C. Application 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, FRYIRS, K. River Styles, a geomorphic approach to catchment characterization: implications for river rehabilitation in Bega catchment, New South Wales, Australia. *Environmental Management* 25, 6, 661-679. 2000.

BROOKES, A. *Channelized rivers: perspectives for environmental management*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. 326p. 1990.

BROOKES, A.; SHIELDS, F.D.JR. *The sediment system and channel stability*. In: BROOKES, A.; SHIELDS, F.D.JR. Eds. *River channel restoration: guiding principles for sustainable projects*. John Wiley & Sons, Chichester. 433p.1996a.

BROOKES, A.; SHIELDS, F.D.JR. *Perspectives on river channel restoration*. In: BROOKES, A.; SHIELDS, F.D.JR. Eds. *River channel restoration: guiding principles for sustainable projects*. John Wiley & Sons, Chichester. p.1-19.1996a.

BROOKES, A.; SEAR, D.A. *Geomorphological principles for restoring channels*. In: BROOKES, A.; SHIELDS, F.D.JR. Eds. *River channel restoration: guiding principles for sustainable projects*. John Wiley & Sons, Chichester. p.75-101.1996b.

BROOKES, A.; SHIELDS, F.D.JR. *Towards an approach to sustainable river restoration*. In: BROOKES, A.; SHIELDS, F.D.JR. Eds. *River channel restoration: guiding principles for sustainable projects*. John Wiley & Sons, Chichester. p.1-19.1996c.

BROWN, R.R.; KEATH, N.; WONG T.H.F. Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science and Technology* 59, 4, p. 847-855. 2009.

CAB (Consultores Associados Brasileiros). *Projeto Executivo do Canal Extravasador do Córrego Engenho – Campus Pampulha*. 102p. 1992.

CAIRNS, J. The status of the theoretical and applied science of restoration ecology. *The Environment Professional*, 13, p.186-194. 1991.

CAIRNS, J. *Some factors affecting management strategies for restoring the earth*. In: BEREGGER, J.J. Ed. *Environmental restoration: science and strategies for restoring the earth*. Island Press, Washington DC. p.347-51. 1990.

CANADA. Canada Water Act R.S.C., 1985, c. C-1. 1985.

CANADA. Federal Water Policy. 1987.

CANADA. International River Improvements Act. 1955.

CARVALHO, P.F. de; BRAGA, R (orgs.). *Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias*. Rio Claro: LPM-UNESP. p.95-109. 2001.

CARDOSO, A.S. *Desenvolvimento de metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas*. 2008. 183 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CARDOSO, A.S. e BAPTISTA, M.B. Metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v.16. n.1. p.129-139. 2011.

CASTRO, L.M.A. *Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água*. 2007. 321 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

CASTRO, L.M.A.; BAPTISTA, M.B.; CORDEIRO NETTO, O.M. Análise multicritério para avaliação de sistemas de drenagem urbana – Proposição de indicadores e sistemática de estudo. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.9, n.4, p.05-19. 2004.

CASTRO, L.M.A. *Proposição de indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana*. 2002. 118 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

(CERTU) CENTRE D'ESTUDES SUR LES RÉSEAUX, LES TRANSPORTS, L'URBANISME ET LES CONSTRUCTIONS PUBLIQUES. *Techniques alternatives aux*

réseaux d'assainissement pluvial: Éléments – clés pour leur mise en œuvre. Lyon, França. 155p. 1998.

CHARLTON, R. *The fundamentals of fluvial geomorphology.* Taylor & Francis Group, New York. 2008.

CHIN, A; GREGORY, K.J. Managing urban river channel adjustments. *Geomorphology* 69, 28-45. 2005.

CHOCAT, B. (Coord.) *Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement.* Lavoisier. Paris, França. 1124 p. 1997.

CHORLEY, R.J.; KENNEDY, B.A. *Physical Geography: a systems approach.* Prentice-Hall, Londres. 370p. 1971.

CHOW, V.T. *Open channel Hydraulics.* U.S.A.: McGraw-Hill, 1959.680p.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia fluvial.* Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo. 313 p. 1981.

CIREF (CENTRO IBÉRICO DE RESTAURACIÓN FLUVIAL). *Qué es restauración fluvial?* In: Notas Técnicas del CIREF, n.4. 2010.

COLORADO. *Colorado Watershed Restoration Program. Grant Program Guidance. December 2010.* 2010.

COMUNIDADE EUROPÉIA. Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água. 2000.

COSTA, H.S.M. Desenvolvimento urbano sustentável: uma contradição em termos? *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais.* n.2, p.55-71. 2000.

COSTA, H.S.M.; BRAGA, T.M. Entre a conciliação e o conflito: dilemas para o planejamento e a gestão urbana e ambiental. *Anais do X Seminário sobre a economia mineira.* 2002.

(CWP) CENTER FOR WATERSHED PROTECTION. *Urban Subwatershed Restoration Manual Series. An Integrated Framework to Restore Small Urban Watersheds.* Manual 1. 116p. 2005a.

(CWP) CENTER FOR WATERSHED PROTECTION. *Urban Subwatershed Restoration Manual Series. Unified Stream Assessment: A User's Manual.* Manual 10. 142p. 2005b.

(CWP) CENTER FOR WATERSHED PROTECTION. *Unified Subwatershed and site Reconnaissance: A user's Manual.* Manual 11. 116p. 2005c.

EADS, P.; BARDSLEY, L.; GILES, N.; CROFTS, A. Eds. *Wetland restoration manual*. The Wildlife Trusts, Newark. 660p. 2003.

ECHEVESTE, M.E. *Noções de pesquisa de mercado*. Notas de aula. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pós-graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre. 52p. 2007.

(EHR/UFMG) DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Link para o Programa HIDROwin 2.1: www.ehr.ufmg/?page_id=20. Acesso em setembro de 2012.

ESPAÑA. Ministerio de Medio Ambiente. *Restauración de rios: Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. 318p. 2007.

ESPAÑA, 2006. Ministerio de Vivienda. *Habitar el presente – Vivienda em España: sociedad, ciudad, tecnología y recursos*. 283p. 2006.

ESTADOS UNIDOS. Federal Water Pollution Control Act. 1948.

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, Brasil. 2011.

FIGUEIREDO JUNIOR, M.O. *Avaliação de intervenções em áreas urbanas à luz dos impactos nos sistemas de infra-estrutura sanitária*. 2009. 181 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FINDLAY, S.; TAYLOR, M. Why rehabilitate urban river systems? *Area* 38 (3). p.312-325. 2006.

(FISRWG) FEDERAL INTERAGENCY STREAM CORRIDOR RESTORATION WORKING GROUP. *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group, 637 p.: il. 2001.

FRANÇA. Lei nº 92-3 de 3 de janeiro de 1992 sobre a água. 1992.

FRANÇA, E. *Favelas em São Paulo (1980-2008). Das propostas de desfavelamento aos projetos de urbanização. A experiência do Programa Guarapiranga*. 2009. 312 f. Tese – Escola de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2009.

GOICOECHEA, A; HANSEN, D; DUCKSTEIN, L. *Multi-objective Decision Analysis with engineering and Business Applications*. John Wiley & Sons, Chichester, 321p. 1982.

GORE, J.A. ed. *The restoration of rivers and streams: theories and experience*. Butterworth Publishers, Boston. 1985.

GREGORY, K.J. Urban channel adjustments in a management context: An Australian Example. *Environmental Management* 29, 5, 620-633, 2002.

- GREGORY, K.J.; CHIN, A. Urban stream channel hazards. *Area* 34, 312-321. 2002.
- GROSTEIN, M.D. Metr pole e expansão urbana: a persist ncia de processos "insustent veis". *São Paulo em Perspectiva*, 15(1). 2001.
- HEY, R.D.; THORNE, C.R. Stable channels with mobile gravel beds. *Journal Hydraulics Division*, ASCE 112, 8, 671-687. 1986.
- HOLMES, N. *Floodplain restoration*. In: BAILEY, R.G.; JOSE, P.V.; SHERWOOD, B.R. Eds. *United Kingdom floodplains*. Otley, Westbury. p.331-48. 1998.
- IAURIF. *L'eau, la ville et l'urbanisme*. Cahiers de l'IAURIF. França. Vol. 116. 1997.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. 2010.
- (ISA) INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. *Mananciais: diagnóstico e políticas habitacionais*. São Paulo: Instituto Socioambiental. 2009.
- KELLER, E.A.; HOFFMAN, E.K. Urban streams: sensual blight or amenity? *Journal of Soil and Water Conservation*. 32. p.237-40. 1977.
- KELLERHALS, R.; CHURCH, M.; BRAY, D.I. Classification and analysis of river processes. *Journal of Hydraulics Division ASCE* 102, 813-829. 1976.
- KONDOLF, G.M; MONTGOMERY, D.R.; PI GAY, H.; SCHMITT, L. *Geomorphic Classification of Rivers and Streams*. In: *Tools in fluvial geomorphology*. KONDOLF, G.M e PI GAY, H. (ed). John Wiley & Sons Ltd., Chichester. p.171 - 204. 2003.
- KONDOLF, G.M.; DOWNS, P.W. *Catchment Approach to Planning Channel Restoration*. In: BROOKES, A.; SHIELDS, F.D.JR. Eds. *River channel restoration: guiding principles for sustainable projects*. John Wiley & Sons, Chichester. p.129-148.1996.
- LEOPOLD, L.B. *Water, rivers and creeks*. University Sciences Books, Sausalito, California. 185p. 1997.
- LOS ANGELES. *Final Programmatic Environmental Impact Report/ Programmatic Environmental Impact Statement*. City of Los Angeles e US Army Corps of Engineers. 924p. 2007.
- MARICATO, E. Brasil 2000: qual planejamento urbano? *Cadernos IPPUR*, ano XI, nós 1 e 2, jan-dez.1997.
- MARICATO, E. *Metr pole na periferia do capitalismo: ilegalidade, desigualdade e violência*. São Paulo, Hucitec. 1995.
- MARTINS, M.L.R. *Moradia e mananciais: tensão e diálogo na metrópole*. São Paulo: FAUUSP/ FAPESP. 206p. 2006.

MAS, F.M. *Manual de técnicas de restauración fluvial*. Ministerio de Fomento, Espanha. 300p. 2008.

MELLO, S.S. *Na beira do rio tem uma cidade: urbanidade e valorização dos corpos d'água*. 2008. 348f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MILLER, J.R.; RITTER, J.B. An examination of the Rosgen classification of natural rivers. *Catena* 27, p.295-299. 1996.

MILOGRANA, J., BAPTISTA, M., POSCH, F. e CAMPANA, N. *Procedure of urban infrastructure flood damage estimation – Case study of Itajubá, Brazil*. In: Proceedings of the 12nd International Conference on Urban Drainage. Porto Alegre, Brasil. 2011.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM n^o 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.

MOURA, P.; LARA, M.; BAPTISTA, M. *Análise da efetividade de bacias de retenção para controle de inundações em meio urbano: estudo de caso em Belo Horizonte*. In: Anais do XXV Congresso Latino-Americano de Hidráulica. San José, Costa Rica. 2012.

MOURA, P.; BAPTISTA, M.; LARA, M.; PARREIRAS, L.; BANDEIRA, J.; PARSIA, F. *Estudos para implantação de um sistema de previsão e alerta de cheia no campus Pampulha da UGMG*. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió, Brasil. 2011.

MOURA, P.M.; BAPTISTA, M. B.; BARRAUD, S. *Avaliação multicritério de alternativas de sistemas de drenagem urbana*. REGA. Revista de Gestão de Águas da América Latina, v. 6, p. 31-42, 2009.

NASCIMENTO, N.O.; MACHADO, M.L.; BAPTISTA, M. B.; SILVA, A.P. The assessment of damages caused by floods in the Brazilian context. *Urban Water*, 4, 195-210. 2007.

NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). Restoration of aquatic ecosystems – Science, Technology and Public Policy. *National Academy Press*. Washington DC. 1992.

OLLERO, A.B. *Territorio Fluvial: diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Elbro y los cursos bajos de sus afluentes*. Espanha: Fundación Nueva Cultura del Agua. 255p. 2007.

LOUDIN, L.C. *River quality assessment system in France*. In: Proceedings MTM III - River quality assessment system in France. p.169-176. 2001.

PALMER, M.A.; BERNHARDT, E.S.; ALLAN, J.D.; LAKE, P.S.; ALEXANDER, G.; BROOKS, S.; CARR, J.; CLAYTON, S.; DAHM, C.N.; FOLLSTAD SHAH, J.; GALAT, D.L.; LOSS, S.G.; GOODWIN, P.; HART, D.D.; HASSETT, B.; JENKINSON, R.; KONDOLF, G.M.; LAVE, R.; MEYER, J.L.; O'DONNELL, T.K.; PAGANO, L.;

SUDDUTH, E. Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*, 42, p.208-217. 2005.

PALMERI, F.; SILVÁN, F.; CALÒ, P. *Manual de técnicas de ingeniería naturalística en ámbito fluvial*. Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Dirección de Aguas, Espanha. 192p. 2002.

PARSONS, M.; THOMS, M., NORRIS, R. *Australian River Assessment System: AusRivAS Physical Assessment Protocol*, Monitoring River Health Initiative Technical Report n° 22, Commonwealth of Australia and University of Canberra, Canberra. 74p. 2001.

PRAT i FORNELLS, N.; PUÉRTOLAS i DOMÈNECH, L.; RIERADEVALL i SANT, M. *Els espais fluvials: Manual de diagnosi ambiental*. Diputació de Barcelona, Barcelona. 2008.

QUEIROZ JR, O. *Planejamento urbano-ambiental: atribuições e responsabilidades*. Disponível em: <http://portoimagem.wordpress.com/2009/03/05/artigo-planejamento-urbano-ambiental-atribuicoes-e-responsabilidades/>. Acesso em janeiro de 2011.

REBILLARD, J.P. Le SEQ-Physique. *Revue de L'Agence de L'Eau*. n.81. 2001.

REYNOSO, A.E.G.; MUNOZ, L.H.; COHEN, M.P.; SAENZ, I.Z. *Rescate de ríos urbanos: propuestas conceptuales y metodológicas para la restauración y rehabilitación de ríos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 109p. 2010.

RHOADS, B.L.; URBAN, M.; WILSON, D.; HERRICKS, E. Interaction between scientists and non scientists in community-based watershed management: emergence of the concept of stream naturalization. *Environmental Management*. v.24. p. 331-68. 1999.

ROSGEN, D.L. A classification of natural rivers. *Catena*, 22 (3), p.169-199. 1994.

SAATY, T.L. *Theory and Applications of the Analytic Network Process. Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. United States: RWS Publications, 352 p. 2005.

SÃO PAULO. Secretaria dos Negócios Jurídicos. Procuradoria Geral do Município. Processo n° 2009-0.296.281-3. 2010.

SÃO PAULO. *Habisp: Mapeando a habitação na cidade de São Paulo*. São Paulo: Boldarini Arquitetura e Urbanismo. 61p. 2008.

SÃO PAULO. Lei n° 9.866, de 28 de novembro de 1997. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências. 1997.

SÃO PAULO. Lei n° 11.228, de 25 de junho de 1992. Dispõe sobre as regras gerais e específicas a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução, manutenção e utilização de obras e edificações, dentro dos limites dos imóveis e revoga a Lei n° 8.266, de 20 de junho de 1975, com as alterações adotadas por leis posteriores, e dá outras providências. 1992a.

SÃO PAULO. Decreto nº 32.329, de 23 de setembro de 1992. Regulamenta a Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992 – Código de Obras e Edificações, e dá outras providências. 1992b.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 1.172 de 17 de novembro de 1976. Delimita as áreas de proteção relativas aos mananciais, cursos e reservatórios de água, a que se refere o artigo 2º da Lei nº 898, de 18 de dezembro de 1975, estabelece normas de restrição de uso do solo em tais áreas e dá providências correlatas. 1976.

SÃO PAULO. Lei 898, de 18 de dezembro de 1975. Disciplina o uso de solo para a proteção dos mananciais, cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse da Região Metropolitana da Grande São Paulo e dá providências correlatas. 1975.

SCHUMM, S.A. Geomorphic hazards: problems and predictions. *Zeitschrift fur Geomorphologie*. 67, 17-24. 1988.

SCHUMM, S.A. *Variability of the fluvial system in space and time*. In: Rosswall, T., Woodmansee, R.G. and Risser, P.G. (Eds.) *Scales and Global Change: Spatial and Temporal Variability in Biospheric and Geospheric Processes*. John Wiley and Sons, New York. pp. 225-250. 1998.

SEAR, D.A. *The sediment system and channel stability*. In: BROOKES, A.; SHIELDS, F.D.JR. Eds. *River channel restoration: guiding principles for sustainable projects*. John Wiley & Sons, Chichester. p.149-177.1996.

(SEEBLA) SERVIÇOS DE ENGENHARIA EMÍLIO BAUMGART. *Estudo de Viabilidade Ambiental – Bacia Elementar do Córrego Vilarinho*. Volume II. Tomo II. 2004.

SER (Society for Ecological Restoration). *Guidelines for developing and managing ecological restoration projects*. 2005. Disponível em: http://www.ser.org/content/guidelines_ecological_restoration.asp

SER (Society for Ecological Restoration). Project policies of the Society for Ecological Restoration. *Restoration Ecology* 2. p.132-133. 1994.

SHIELDS, F.D. JR; COOPER, C.M.; KNIGHT, S.S.; MOORE, M.T. Stream corridor restoration research: a long and winding road, *Ecological Engineering*, 20, 441-454. 2003.

SOUZA, M.L. *Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 25-55. 2003.

TAYLOR, C. *Recognizing channel and floodplain forms*. Water and Rivers Commission, Report RR17. Perth, 21p. 2002.

TRAVASSOS, L.R.F.C. *Revelando os rios: novos paradigmas para a intervenção em fundos de vale urbanos na cidade de São Paulo*. 2010. 243f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

- TUCCI, C.E.M. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. *Inundações Urbanas na América do Sul*. Porto Alegre: ABRH, GWP, p 45-150. 2003.
- TUCCI, C.E.M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. ABRH. Vol.7. n.1. 2002.
- TUCCI, C.E.M. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. ABRH. Vol.2. n.2. 1997.
- UFMG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS). Resolução nº 08/2009. Institui o Regulamento de Uso e Ocupação do Solo do Campus da Pampulha da UFMG.
- UFMG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS). *Controle de inundações no campus Pampulha: Córrego Engenho Nogueira. Relatório*. RT.EHR. 11/97. 1997.
- (URBEM) URBAN RIVER BASIN ENHANCEMENT METHODS. *Decision Support Framework for Assessing and Managing Urban River Rehabilitation (Work packages 5 & 9)*. HR Wallingford, Inglaterra. 72p. 2005a.
- (URBEM) URBAN RIVER BASIN ENHANCEMENT METHODS. *Tool for assessing potential for rehabilitation (Work packages 6) – Multi-attribute decision making model for the Glinscica stream study site*. University of Ljubljana, Slovenia. 16p. 2005b.
- (URBEM) URBAN RIVER BASIN ENHANCEMENT METHODS. *Indicators of success (Work packages 10)*. Dresden University of Technology, Alemanha. 230p. 2005c.
- (URBEM) URBAN RIVER BASIN ENHANCEMENT METHODS. *Classification of the aesthetic value of the selected urban rivers - Methodology*. IST-CESUR, Portugal. 141p. 2004a.
- (URBEM) URBAN RIVER BASIN ENHANCEMENT METHODS. *Test of the draft tool for assessing potential for rehabilitation*. Dresden, Alemanha. 26p. 2004b.
- (URBEM) URBAN RIVER BASIN ENHANCEMENT METHODS. *Identification of parameters to be monitored for aesthetic assessment*. IST-CESUR, Portugal. 10p. 2003.
- URRUTIAGUER, M.; EDWARDS, P.; CHANDLER, C. *The Evolution of a WSUD Capacity Building Program: The Role of Implementation Targets*. In: Proceedings NOVATECH, 2010.
- VIDE, J.P.M. *Ingeniería de ríos*. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. 381p. 2002.
- VILLAÇA, F. 1999. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: DEÁK C.; SCHIFFER, S. *O processo de urbanização no Brasil*. São Paulo, EDUSP/FUPAM, 1999.

WOHL, E.; ANGERMEIER, P.L.; BLEDSOE, B.; KONDOLF, G.M.; MacDONNEL, L.; MERRITT, D. M.; PALMER, M.A.; POFF, N.L.; TARBOTON, D. *River Restoration*. Water Resources Research 41, w 10301, p.1-12, 2005.

WOOLSEY, S.; CAPELLI, F.; GONSER, T.; HOEHN,E.; HOSTMANN, M.; JUNKER, B.; PAETZOLD, A.; ROULIER, C.; SCHWEIZER, S.; TIEGS, S.D.; TOCKNER, K.; WEBER, C.; PETER, A. A strategy to assess river restoration success. *Freshwater Biology* 52, p. 752-769. 2007.

WOOLSEY, S.; WEBER, C.; GONSER, T.; HOEHN, E.; HOSTMANN, M.; JUNKER, B.; ROULIER, C.; SCHWEIZER, S.; TIEGS, S.D.; TOCKNER, K.; PETER, A. *Handbook for evaluating rehabilitation projects in rivers and streams*. Rhone-Thur Project. Eawag. WSL. LCH-EPFL, VAW-ETHZ. 108p. 2005.

APÊNDICE 01

Estudos de procedimentos para determinação do potencial de restauração de cursos de água urbanos

O primeiro procedimento proposto para determinação do potencial de restauração de cursos de água urbanos tentou estabelecer uma relação direta entre o referido potencial e as condições de degradação do objeto do estudo. A ideia era relacionar os resultados obtidos em uma ficha de diagnóstico (Figura 13.1) – composta por um conjunto de indicadores relacionados às dimensões física, funcional e ambiental do curso de água – com a viabilidade de restauração do sistema fluvial – em termos geomorfológicos, hidrológicos e ecológicos.

	Indicador	Degradação em relação à condição natural					
		Ausente	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	
Dimensão	Física	Desenvolvimento longitudinal					
		Seção					
		Revestimento (leito/ margens)					
		Vegetação marginal					
	Funcional	Erosão					
		Assoreamento					
		Estabilidade das margens					
		Capacidade hidráulica					
	Ambiental	Aspecto visual da água					
		Odor					
		Lançamento de esgotos					
		Presença de resíduos sólidos					
		Fauna					

Figura 13.1 – Ficha para avaliação das condições de degradação fluvial de cursos de água

No entanto, esta proposta não obteve êxito, uma vez que em áreas urbanas o alto grau de degradação de determinados indicadores – notadamente os relativos à dimensão física – limita as possibilidades de restaurar, em especial, a dinâmica dos processos geomorfológicos e hidrológicos fluviais.

Dessa forma, mesmo em um cenário de baixa degradação das dimensões funcional e ambiental, o confinamento de um curso de água em uma seção de concreto, por exemplo, implicaria em significativas restrições ao processo de restauração. Sendo assim, para a construção de uma relação direta entre os indicadores propostos e o potencial de restauração, os primeiros teriam que se sujeitar a pesos específicos, de acordo com o grau de restrição que impõem à restauração. Esta condição embutiria um elevado grau de complexidade à análise, inviabilizando a consecução de um procedimento voltado para a finalidade almejada (em vista da diversidade de cenários possíveis).

Diante desse quadro, foi estudada uma nova proposta de avaliação que procurou atrelar o estado de degradação dos cursos de água e as condições urbanas do seu entorno com níveis de viabilidade distintos de restauração. Para tanto, foi elaborado um fluxograma (Figura 13.2) cuja concepção se pautou, basicamente, nas condições físicas do trecho em estudo, de acordo com as quais estariam associados potenciais de restauração e abordagens de intervenção específicos.

Nesse sentido, a cada potencial de restauração – muito alto, alto, médio e baixo – foi associada uma abordagem para intervenção no curso de água – compatível com o quadro geral diagnosticado (Tabela 13.1) – com vistas a orientar o desenvolvimento da etapa seguinte, voltada para a concepção de alternativas.

Para as diversas situações consideradas (numeradas de 1 a 10 no fluxograma em questão) foram elaborados desenhos esquemáticos com vistas a facilitar a sua visualização, conforme apresentado na Figura 13.3.

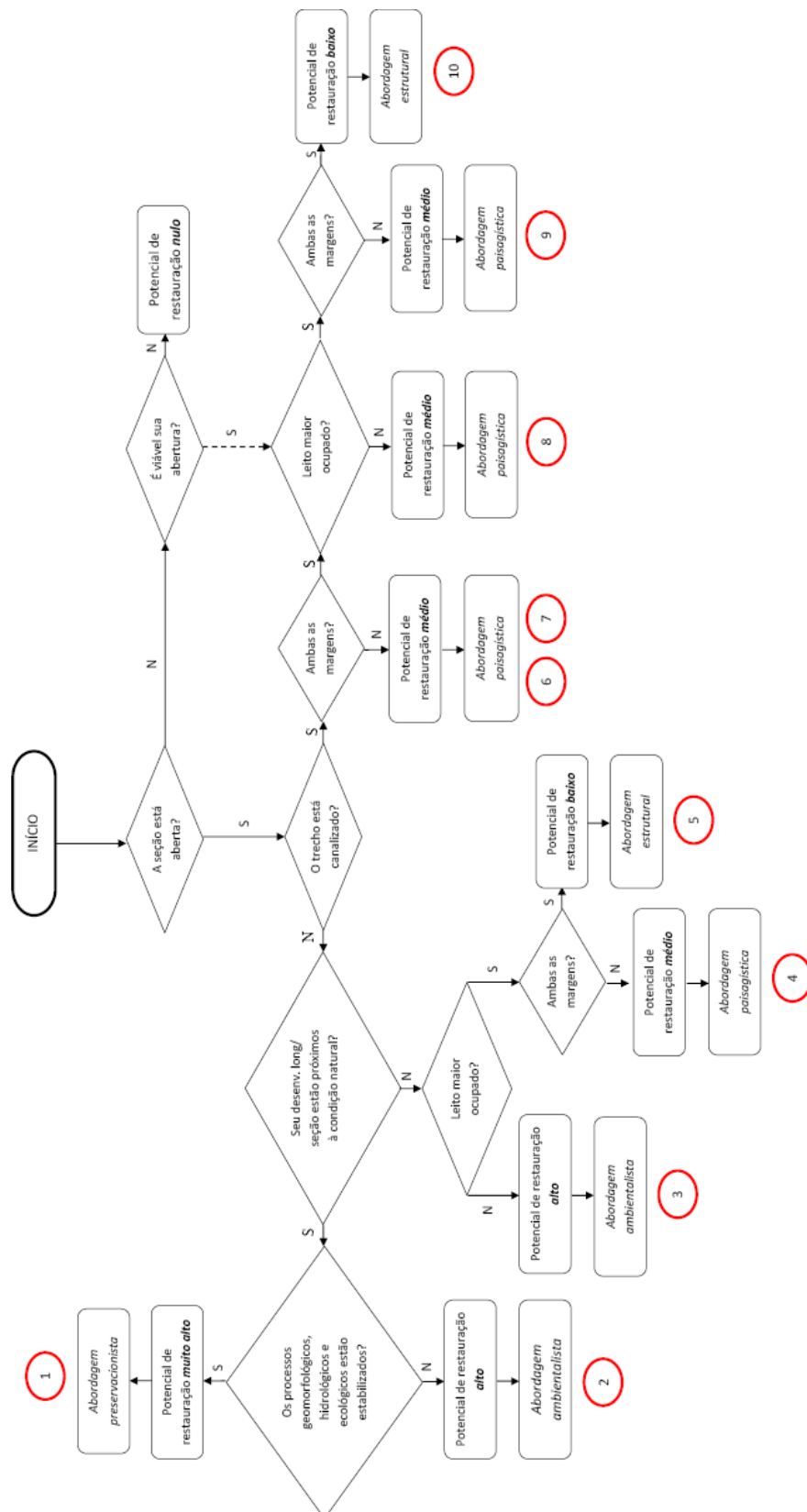


Figura 13.2 – Fluxograma proposto para determinação do potencial de restauração e respectivas abordagens de intervenção em cursos de água urbanos

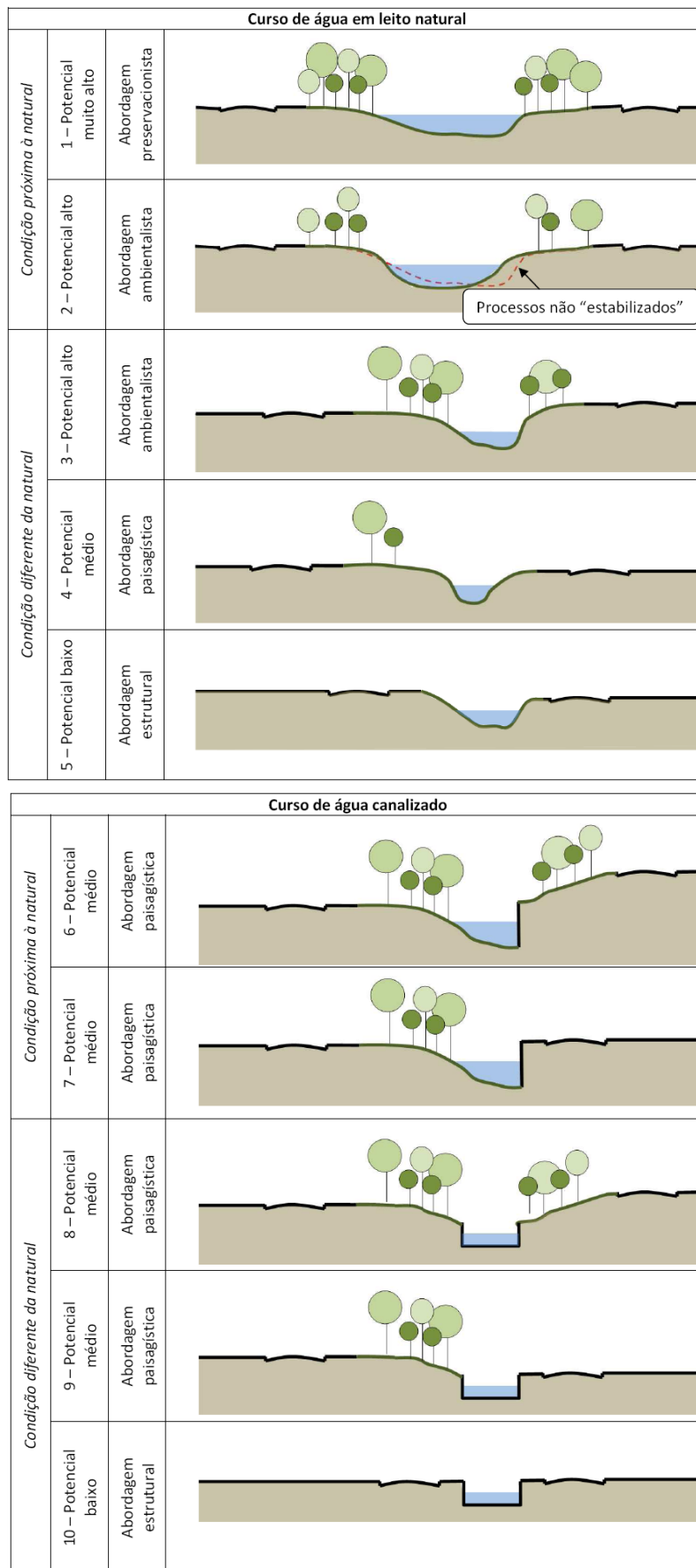


Figura 13.3 – Relação entre as condições de cursos de água e seu potencial de restauração

Tabela 13.1 – Abordagem de intervenção em cursos de água de acordo com o seu potencial de restauração

Potencial de restauração	Abordagem	Objetivo	Técnicas mais aplicáveis
Muito alto	<i>Preservacionista</i>	Preservar as condições naturais do curso de água	Bioengenharia: plantio/recomposição de vegetação, pedras
Alto	<i>Ambientalista</i>	Melhorar as condições geomorfológicas, hidrológicas e ecológicas do curso de água	Biongenharia: enrocamento de pedras lançadas ou arrumadas, geotêxteis, vegetação
Médio	<i>Paisagística</i>	Integrar o curso de água à paisagem	Biongenharia: enrocamento de pedras arrumadas, geotêxteis Tradicionais: gabião, pedra argamassada
Baixo	<i>Estrutural</i>	Melhorar as condições de funcionamento hidráulico do curso de água/canal; reparação de danos na calha	Tradicionais: concreto, gabião

O resultado final desta etapa seria a construção de um mapa de potencial de restauração com todos os trechos avaliados plotados sobre a rede de drenagem da bacia, facilitando a consecução de interrelações e permitindo uma orientação mais objetiva da etapa referente à concepção de alternativas de intervenção, como procura ilustrar a Figura 13.4.



Figura 13.4 – Exemplo de mapa de potencial de restauração de cursos de água

Apesar do procedimento apresentado se mostrar bastante interessante, observou-se a sua limitação no tocante a algumas questões importantes. Primeiramente, destaca-se a desconsideração da capacidade hidráulica dos cursos de água em comportar as vazões de cheias (a qual seria incorporada em etapa posterior), o que leva à determinação de potenciais de restauração pautados em critérios exclusivamente ambientais. Em áreas urbanas, todavia, a inclusão de outras variáveis – como a questão dos riscos de inundação – é fundamental na construção de cenários realistas de intervenção.

Outro ponto se refere à conectividade do curso de água com a sua área de entorno, condição que não pode ser generalizada conforme a representação ilustrada na Figura 13.3. Na realidade, a restauração de sistemas fluviais urbanos também requer a sua integração com a paisagem das cidades, a qual vai além da análise das condições de ocupação do solo marginal (com vistas à determinação do nível de restrição que impõe à restauração geomorfológica, hidrológica e ecológica).

Ainda, a estabilidade geotécnica dos canais e a possibilidade de fluxo de água entre superfície da calha e lençol devem ser consideradas, tanto para os casos de cursos de água em leito natural quanto para aqueles canalizados.

Frente a essas considerações, foi proposto um terceiro procedimento para auxiliar a determinação do potencial de restauração de rios e córregos em áreas urbanas, incorporando questões de importância singular em termos urbanísticos e ambientais.

A proposta em questão, ilustrada nos fluxogramas das Figuras 13.5 e 13.6, trata de uma adaptação do procedimento anterior, inserindo na análise os riscos hidrológicos e geotécnicos, a conectividade e o fluxo de águas superficiais/subsuperficiais.

Outra variação no tocante à proposta anterior se refere ao fato de que a determinação do potencial de restauração seria resultado da associação entre níveis de degradação específicos e a capacidade do curso de água em comportar as vazões de cheias usuais, estando o nível de degradação intimamente associado às condições de ocupação marginal ao curso de água.

Nesse caso, os fatores determinantes do estado de degradação fluvial – conectividade, estabilidade geotécnica e fluxo de água – apresentam ordenamento distinto na consecução do

procedimento de análise, de acordo com as condições da ocupação marginal do trecho em estudo (sendo os primeiros mais importantes no caso de margens ocupadas e o último nos demais casos).

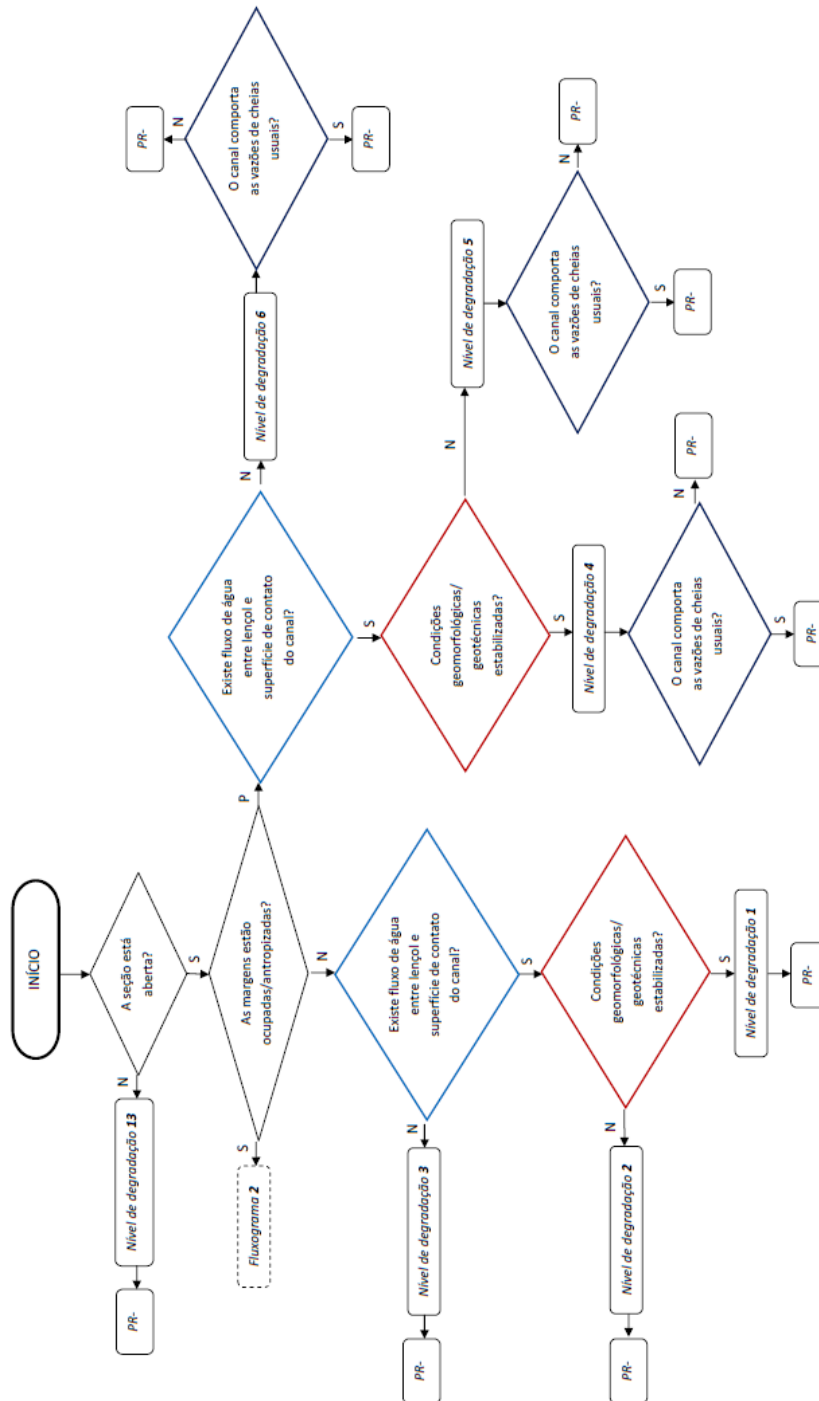


Figura 13.5 – Proposta de fluxograma para determinação do potencial de restauração de cursos de água com margens não ocupadas/parcialmente ocupadas

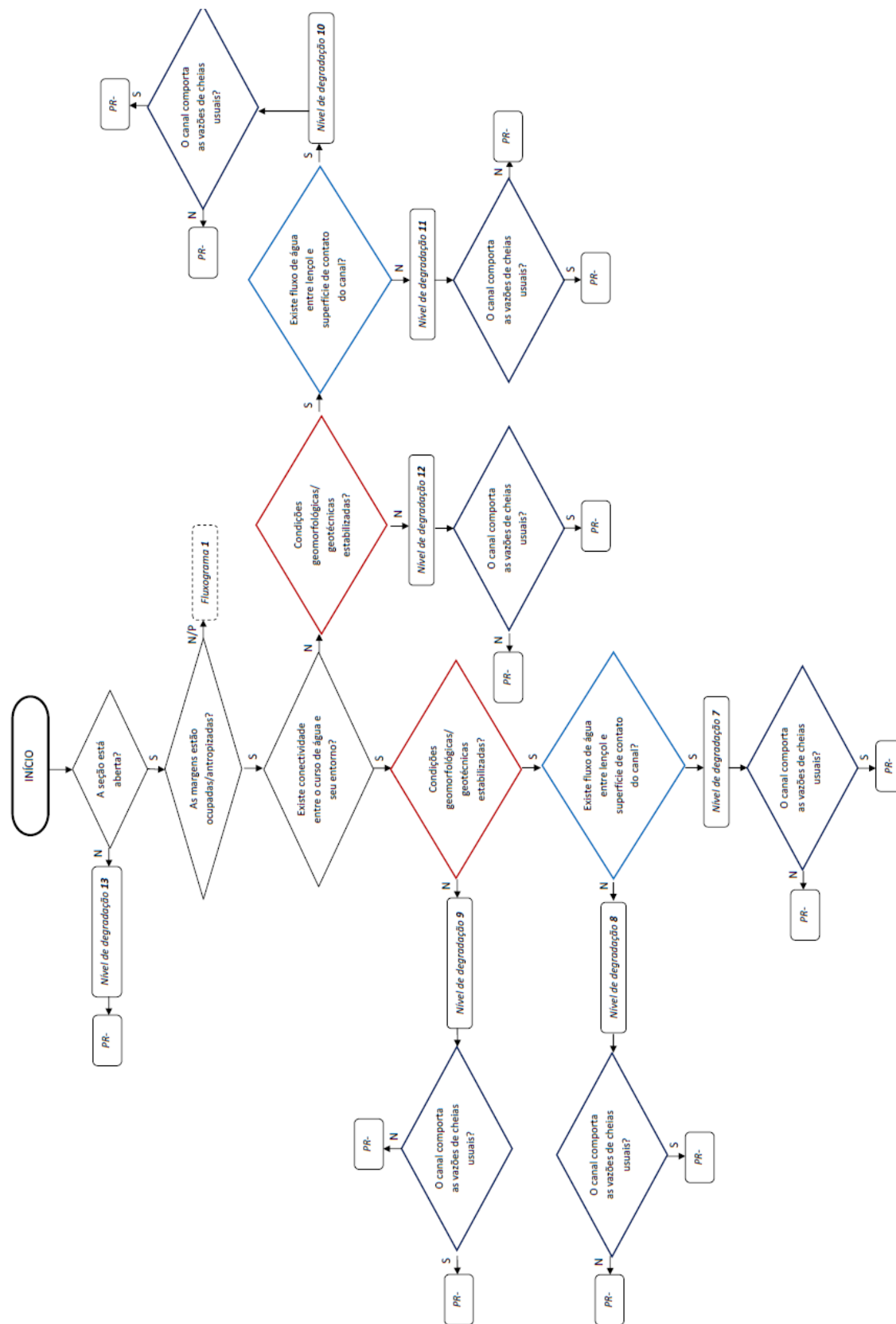


Figura 13.6 – Proposta de fluxograma para determinação do potencial de restauração de cursos de água com margens ocupadas

Também esta proposta, apesar de incorporar importantes variáveis à análise, não se mostrou satisfatória. Após inúmeras tentativas de esquematização dos fluxogramas, os mesmos pareceram um tanto artificiais, com a proposição de diversas “classes” para enquadramento de cursos de água que, mesmo em número elevado, não contemplam a real diversidade de cenários possíveis.

Ainda, a atribuição de “notas” aos potenciais de restauração encontrados – em torno de 25 – se mostrou bastante complexa, o que impediu a conclusão do fluxograma (ficando “em branco” as notas dos potenciais em questão). Isto porque, nem sempre, cursos de água com níveis de degradação mais elevados (segundo os fluxogramas propostos) apresentariam menor potencial de restauração se comparados a ambientes menos degradados.

Nesses casos, mais uma vez, outras variáveis deveriam ser contempladas, como os objetivos da intervenção, seus custos e questões de ordem política e social. Ainda, a determinação de potenciais de restauração fixos na escala temporal implicaria em análises pouco realistas, tendo em vista a constante dinâmica de transformação dos sistemas fluviais e das cidades, no seu sentido amplo.

Desse modo, à luz da diversidade de fatores a serem levados em consideração, da variabilidade de cenários possíveis e da percepção de que a restauração em áreas urbanas não pode ser meramente contemplada pelo viés ambiental, chegou-se à conclusão de que a estruturação de um procedimento direto para orientar a determinação do referido potencial não seria viável, o que levou à eliminação desta etapa da sistemática de análise inicial proposta por este trabalho (Figura 13.7).

Na realidade, o conceito de potencial de restauração continua embutido nas etapas de diagnóstico e de concepção de alternativas de intervenção, porém de forma menos explícita do que a tentativa inicial de determiná-lo de forma direta e incluí-lo como etapa do procedimento de análise.

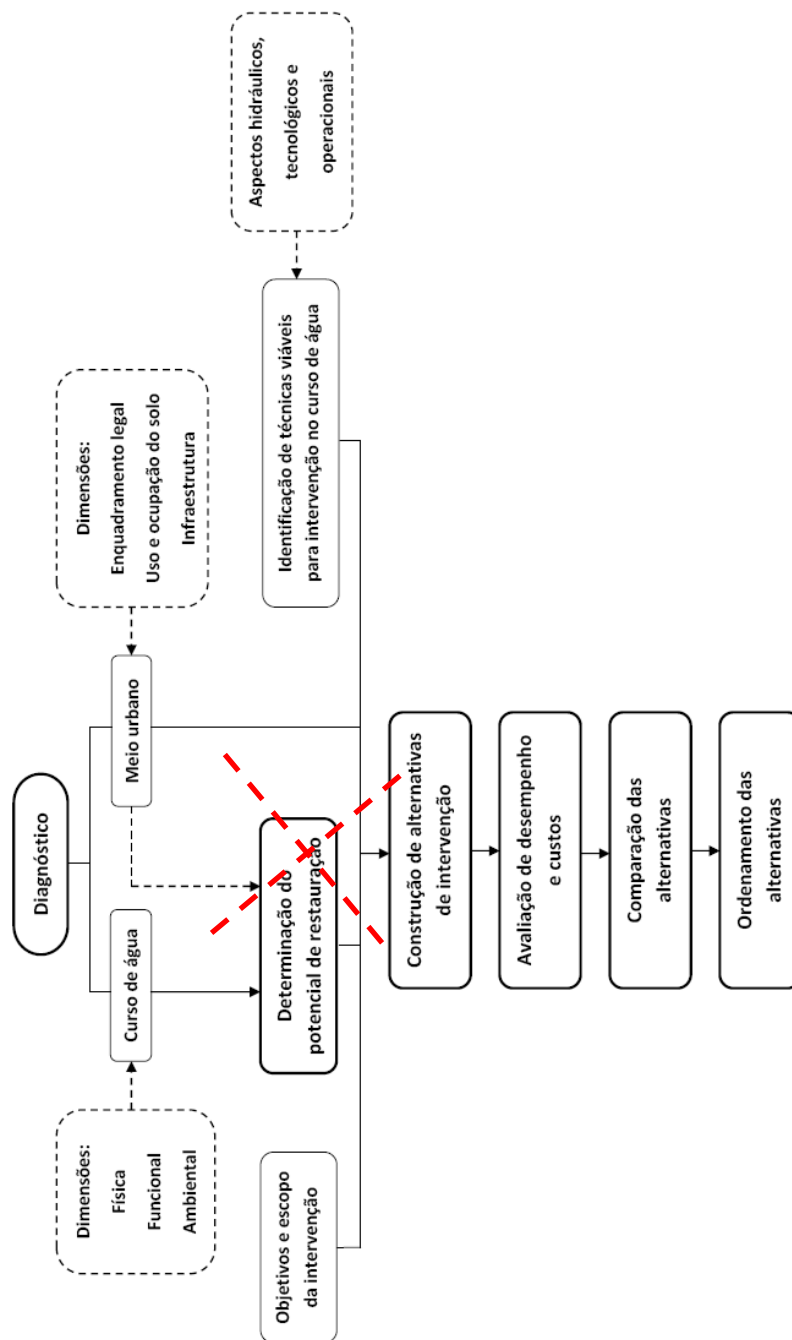


Figura 13.7 – Fluxograma inicial da sistemática proposta para a orientação de processos de intervenção em cursos de água urbanos

APÊNDICE 02

Aplicação do procedimento inicial proposto para Diagnóstico e Determinação do Potencial de Restauração de cursos de água urbanos à bacia do Córrego Bonsucesso, em Belo Horizonte

Com a finalidade de avaliar os procedimentos de análise inicialmente propostos para as etapas de Diagnóstico e de Determinação do Potencial de Restauração de cursos de água urbanos, foi realizado um estudo de caso em alguns trechos da rede de drenagem da bacia do Córrego Bonsucesso, na cidade de Belo Horizonte (Figura 14.1).

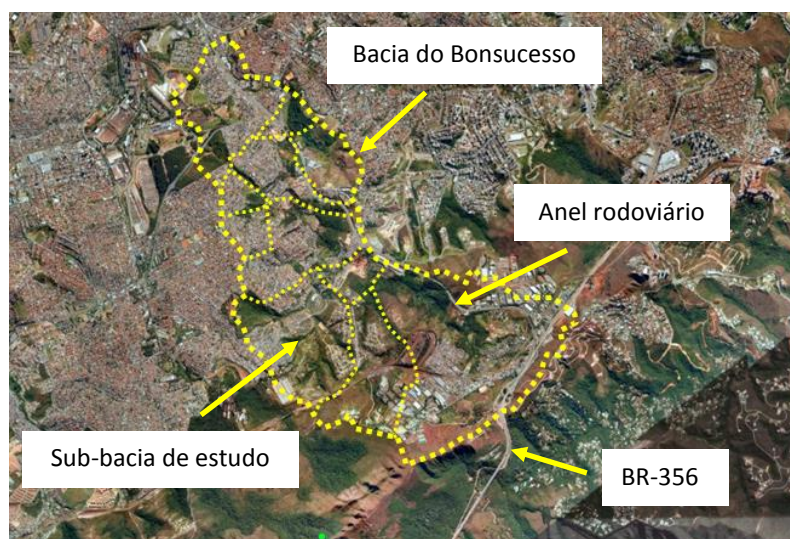


Figura 14.1 – Imagem de satélite da área da bacia e sub-bacia de estudo do Córrego Bonsucesso (Imagem: adaptado de *Google Earth*, 2010)

A seleção da sub-bacia em questão para aplicação das etapas metodológicas mencionadas se deveu ao fato de que o Córrego Bonsucesso, no referido perímetro de análise, encontrava-se ainda em leito natural, apresentando níveis de degradação relativamente distintos em função das diferentes condições de ocupação do solo da bacia e do seu entorno imediato. Desse modo, o espectro da análise mostrou-se amplo, permitindo que a metodologia fosse avaliada de forma consistente.

A seguir, os procedimentos de análise aplicados ao caso em estudo são brevemente apresentados, começando pela divisão da rede de drenagem em trechos homogêneos (Figura 14.2).



Figura 14.2 – Imagem de satélite da rede de drenagem em estudo dividida em trechos homogêneos (Imagem: adaptado de *Google Earth*, 2010)

Após a divisão, foi realizado o diagnóstico das condições urbanas e fluviais de cada um dos trechos considerados, sendo a análise relativa ao trecho “c” apresentada na ficha e no quadro das Figuras 14.3 e 14.4, respectivamente.

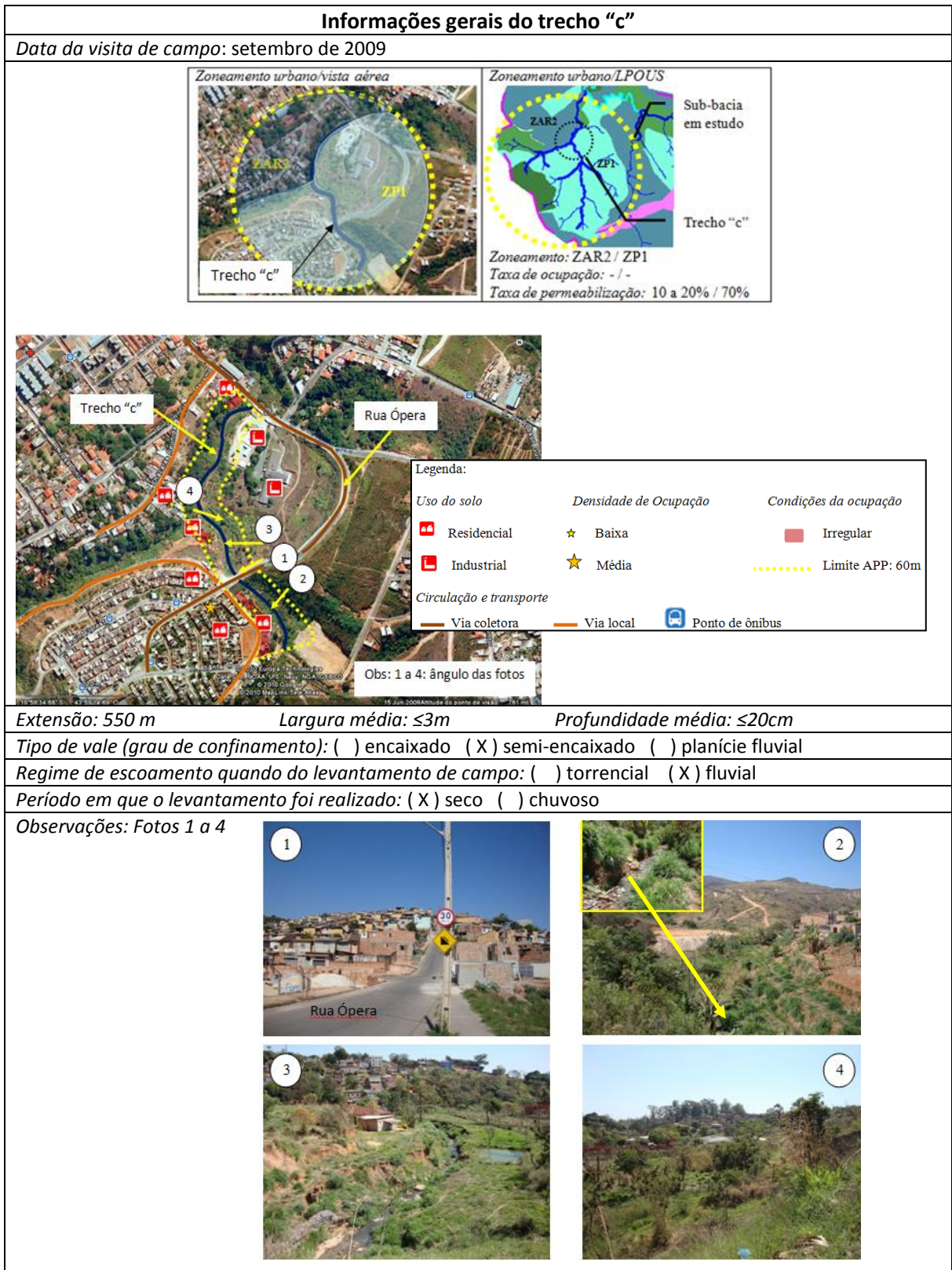


Figura 14.3 – Ficha para diagnóstico das condições gerais de cursos de água aplicada ao trecho "c"

A Figura 14.4 refere-se ao quadro proposto para avaliação do estado de degradação física, funcional e ambiental de cursos de água, preenchida para o trecho “c”.

	Indicador	Degradação em relação à condição natural				
		Ausente	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Física	Desenvolvimento longitudinal		X			
	Seção			X		
	Revestimento (leito/ margens)			X		
	Vegetação marginal			X		
Funcional	Erosão			X		
	Assoreamento			X		
	Estabilidade das margens			X		
	Capacidade hidráulica		X			
Ambiental	Aspecto visual da água				X	
	Odor				X	
	Lançamento de esgotos				X	
	Presença de resíduos sólidos				X	
	Fauna				X	

Figura 14.4 – Ficha para avaliação das condições de degradação de cursos de água aplicada ao trecho “c”

De acordo com a avaliação precedente, o estado de degradação do trecho em estudo foi classificado como “médio”, notadamente no tocante aos seus aspectos físico e funcional. A qualidade ambiental, por sua vez, foi avaliada como a pior dentre as demais, principalmente em função da descarga de efluentes sanitários e da deposição de lixo observadas nas áreas de montante.

Quanto ao potencial de restauração, o mesmo foi avaliado como “alto”, conforme análise do fluxograma da Figura 13.2, constante do Apêndice 01, realizada com embasamento na vistoria de campo. A Figura 14.5 apresenta o esquema mais próximo da condição encontrada no local, em analogia às figuras do fluxograma em questão.

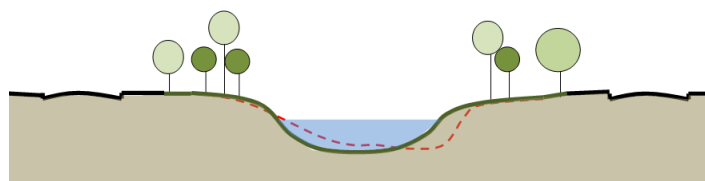


Figura 14.5 – Desenho esquemático das condições de degradação relativas ao trecho “c”

Já a ficha da Figura 14.6 apresenta o levantamento das condições urbanas da área de estudo.

Tema de análise	Critérios de avaliação	Itens considerados
	Enquadramento legal	Legislações, planos e programas
Uso e ocupação do solo	Regularidade de ocupação	Ocupação irregular de praticamente toda a área da sub-bacia. Todavia, a faixa de 60m prevista no Código Florestal encontra-se praticamente livre (embora não natural), com exceção de poucas construções de uso residencial unifamiliar. Há que se verificar a propriedade da área
	Inserção urbana	Bacia consolidada, mas com possibilidade de adensamento decorrente de invasões, especialmente na área de montante do trecho em estudo
	Uso do solo	Uso predominantemente residencial, mas com presença de equipamentos comunitários, comércio e serviços O perfil da população ainda deve ser levantado
Infraestrutura	Áreas de risco	As áreas ocupadas estão fora do risco de inundação para TR=100 Possibilidade de solapamento de margens em pontos muito específicos, sendo necessário o controle de focos erosivos localizados
	Sistemas de circulação e transporte	Ausência de sistemas de circulação ao longo do curso de água. Presença de uma via coletora cruzando o trecho em estudo e de parte de uma via local implantada na margem esquerda
	Redes de saneamento e outras	Ausência de redes, notadamente de coletores-tronco. Lançamento pontual de esgotos e lixo na região mais a montante do trecho

Figura 14.6 – Ficha de avaliação das condições do meio urbano relativas ao trecho “c”

Apesar de apresentada somente a avaliação realizada para o trecho “c”, os demais também foram contemplados na análise, tornando possível a construção do mapa de potencial de restauração da rede de drenagem em estudo, apresentado na Figura 14.7.

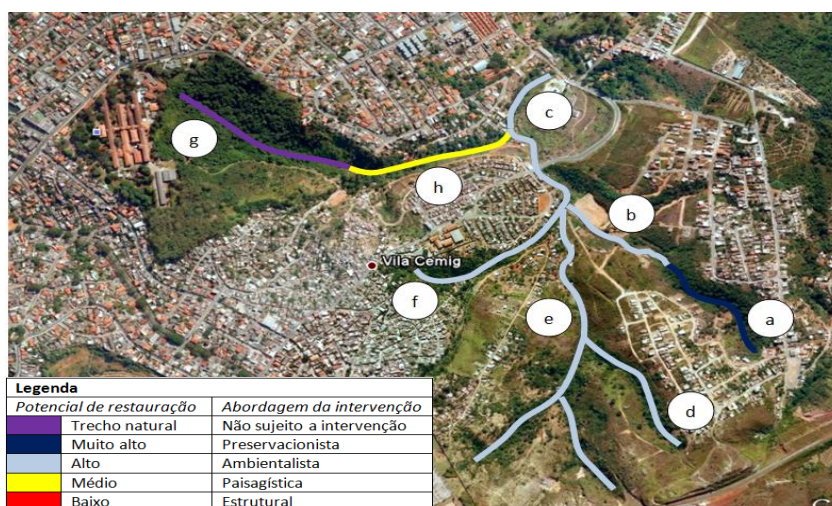


Figura 14.7 – Mapa de potencial de restauração da sub-bacia em estudo do Córrego Bonsucesso


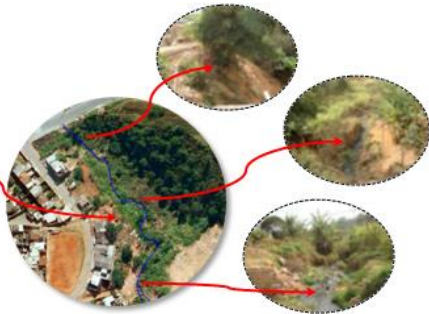

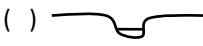







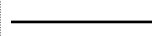


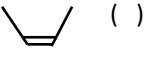

Como ilustrado no mapa anterior, os trechos mais a montante da bacia – onde a ocupação urbana é menos densa e o vale mais encaixado – apresentam um maior potencial de restauração. Notadamente os trechos “a” e “g” são os menos impactados, estando o segundo ainda em estado natural.

Os trechos “b” a “f”, apesar de apresentarem características distintas – principalmente quanto à qualidade da água – podem ser restaurados por meio de intervenções com viés “ambientalista”, com o emprego de técnicas como plantio de vegetação e enrocamento de pedra lançada ou arrumada.

Já o trecho “h” – inserido em um vale mais encaixado com encostas de declividade acentuada – se encontra em um estágio de degradação mais avançado, função da ocupação das suas margens, da presença de grandes focos de erosão e do aporte de sedimentos decorrente de movimentação de terra. Para esse caso, é possível a restauração segundo a abordagem “paisagística”.

A realização da análise precedente e a tentativa de sua aplicação em trechos mais a jusante da bacia – onde a ocupação urbana apresenta-se mais densa –, no entanto, apontaram diversas lacunas no procedimento para a determinação do potencial de restauração aplicado ao caso apresentado, o que levou à proposição de novas abordagens para a sua análise, conforme considerações apresentadas no Apêndice 01.

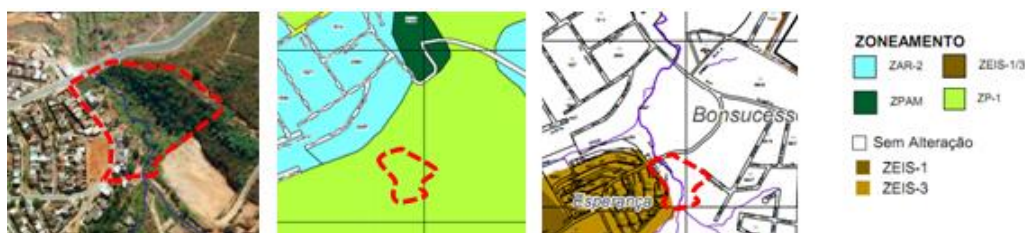
Quanto ao diagnóstico, também foram identificados aspectos que deveriam ser reformulados, com consequente alteração nas fichas inicialmente propostas, conforme exemplo apresentado na Figura 14.8.

INFORMAÇÕES SOBRE O CURSO DE ÁGUA				
Nome: Bonsucesso		Trecho: "c"	Data: 03/08/2011	Responsável: Adriana
Identificação do trecho na bacia:				
				
Aspectos físicos:				
Extensão: 170m		Largura média: 5m	Profundidade média: 1,5m	
Declividade: () baixa (x) média () alta		Perfil longitudinal:		Desnível:
Condições hidrológicas:				
Período em que o levantamento foi realizado: (x) seco () chuvoso				
Chuva nas últimas 24 horas: (x) nenhuma () fraca () forte () constante () intermitente				
Regime de escoamento quando do levantamento de campo: () torrencial (x) fluvial				
Tipo de vale (grau de confinamento):				
encaixado (x)	semi-encaixado ()		vale aberto ()	
	planície simétrica () 	planície assimétrica () 	planície simétrica () 	planície assimétrica () 
Sinuosidade:				
() natural (x) pouco alterada () medianamente alterada () muito alterada/retificada				
	() 	(x) 	() 	() 
Seção:				
Revestimento				
seção não revestida		seção revestida		
natural ()	alterada (x)			
		uma margem	ambas margens	leito e margens
				
				seção fechada
Substrato dominante				
(x) silto-argiloso () silto-arenoso () areia () seixo/pedregulho () rocha () grama (x) vegetação () geotêxtil () enrocamento de pedra lançada/arrumada () enrocamento de pedra argamassada () <i>cribwall</i> () gabião saco/manta () gabião caixa () concreto () outro				

Condições de equilíbrio geomorfológico () estável (x) instável					
alargamento/ aprofundamento	(x) 	solapamento () 	deslizamento () 	assoreamento (x) 	erosão (x)
Alterações na calha					
nenhuma ()	bermas () 	reforço/contenção (x) 	barragem () 	outra ()	
Vegetação marginal (m.e.: margem esquerda m.d.: margem direita)					
densa 	contínua 	esparsa 	rasteira 	inexistente 	
() m.e. () m.d.	() m.e. () m.d.	(x) m.e. (x) m.d.	(x) m.e. (x) m.d.	() m.e. () m.d.	
Diversidade de habitats no canal: () nenhuma () baixa () média () alta					
Aspectos de qualidade da água:					
() sem alterações visíveis (x) presença de esgotos – lançamentos visíveis (x) presença de esgotos – lançamentos não visíveis (x) presença de resíduos sólidos () presença de material em suspensão					
Áreas marginais:					
Ocupação/antropização					
inexistente ()	parcial (x) 		total () 		
Uso do solo: (x) m.e.: residencial () m.d.: - - residencial (formal/informal), comercial, misto, industrial, lazer, outro					
Situação fundiária: () m.e.: () m.d.: - área pública, particular					
Sistema de circulação/transporte: () m.e.: () m.d.: (x) travessia: via coletora () inexistente - viário (via local, coletora, arterial, regional), ferroviário (metrô, trem), ciclovia, trilha, outro					
Infraestrutura urbana ao longo do trecho: (x) m.e.: rede de drenagem () m.d.: () não observada - redes de água, esgoto, drenagem, energia, gás, telefonia, outra					

Enquadramento legal da área:

- legislação urbanística, ambiental, planos, programas, etc



Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo (7166/1996 e 9959/2010); Código Florestal (Lei 4771/1965); DN COPAM 95/2006; Programa DRENURBS

Observações: Segundo relato de um morador, em períodos em chuva ocorrem problemas de remanso e inundação das áreas marginais devido ao represamento da água no início do trecho “c”. Os trechos a montante (“a”, “b”, “j” “k” e “l”) extravasam a calha menor e se transformam em um único rio. A água da inundação chega a adentrar as casas próximas às margens. Presença de sacos de areia (*rip-rap*) fazendo contenção de ambas as margens do trecho “c” a montante.

Perímetro de levantamento inserido em Zona de Proteção 1, ou seja, região de proteção ambiental onde a ocupação é permitida mediante condições especiais. Aparentemente, as ocupações existentes (margem esquerda) são irregulares, não atendendo as exigências de parcelamento e ocupação do solo nem as normas edículas. Apesar do zoneamento incidente, que restringe a ocupação da área, a mesma sofre forte pressão urbana no tocante à ocupação, caracterizando-se, desse modo, como uma área com tendências de expansão.

A jusante do trecho em estudo encontra-se uma importante via coletora (Rua Ópera), cuja travessia é realizada por meio de bueiro. Neste ponto, o trecho vem sofrendo drásticas alterações decorrentes da execução de obras de construção civil às margens da via em questão. Foram observados grandes volumes de sedimentos (basicamente areia) despejados entre o nível da via e o curso de água, nitidamente sujeitos a processos de erosão e escorregamento, o que poderá acarretar em assoreamento da calha e entupimento do bueiro.

Diante do quadro levantado, julga-se procedente a remoção das ocupações existentes.




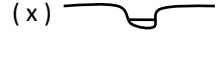

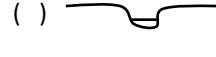





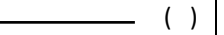
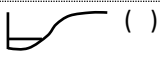
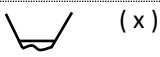
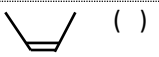

Figura 14.8 – Proposta de ficha para diagnóstico das condições do curso de água e do meio urbano

A configuração final da ficha anterior é apresentada no item relativo à etapa de Diagnóstico, no âmbito do Capítulo 8.




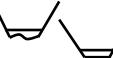

APÊNDICE 03

Diagnóstico fluvial e ambiental dos trechos em estudo do Córrego Engenho Nogueira

Trecho Coltec

INFORMAÇÕES SOBRE O CURSO DE ÁGUA				
Aspectos gerais				
Nome: Córrego Engenho Nogueira Trecho: 01 Data: 26/04/2012 Responsável: Adriana Sales Cardoso				
Identificação do trecho:				
				
Aspectos fluviais e ambientais				
Condições hidrológicas				
Período em que o levantamento foi realizado <input checked="" type="checkbox"/> seco <input type="checkbox"/> chuvoso				
Chuva nas últimas 24 horas <input checked="" type="checkbox"/> nenhuma <input type="checkbox"/> fraca <input type="checkbox"/> forte <input type="checkbox"/> constante <input type="checkbox"/> intermitente				
Regime de escoamento quando do levantamento de campo <input type="checkbox"/> torrencial <input checked="" type="checkbox"/> fluvial				
Freqüência de inundações com danos				
inexistente <input checked="" type="checkbox"/>	raras ou pouco freqüentes <input type="checkbox"/>	ocasionais – entre 2 e 10 anos <input type="checkbox"/>	freqüentes – 1 vez ao ano <input type="checkbox"/>	Muito freqüentes – mais de 1 vez ao ano <input type="checkbox"/>
Dimensões				
Extensão: ~130m		Largura média: ~8m		Profundidade média: ~4m
Declividade: <input checked="" type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta		Perfil longitudinal:		Desnível:
Tipo de vale				
encaixado <input type="checkbox"/>	semi-encaixado <input checked="" type="checkbox"/>		vale aberto <input type="checkbox"/>	
	planície simétrica <input checked="" type="checkbox"/>	planície assimétrica <input type="checkbox"/>	planície simétrica <input type="checkbox"/>	planície assimétrica <input type="checkbox"/>
				
Sinuosidade				
<input type="checkbox"/> natural <input checked="" type="checkbox"/> pouco alterada <input type="checkbox"/> medianamente alterada <input type="checkbox"/> muito alterada/retificada				
				
Seção				
Revestimento				
seção não revestida		seção revestida		
natural <input type="checkbox"/>	alterada <input type="checkbox"/>	 <input type="checkbox"/>	 <input checked="" type="checkbox"/>	 <input type="checkbox"/>
		uma margem	ambas margens	leito e margens
				 <input type="checkbox"/>
				seção fechada

Substrato do leito e cobertura das margens					
<input checked="" type="checkbox"/> silto-argiloso <input type="checkbox"/> silto-arenoso <input type="checkbox"/> areia <input type="checkbox"/> seixo/pedregulho <input type="checkbox"/> rocha <input type="checkbox"/> grama <input checked="" type="checkbox"/> vegetação <input type="checkbox"/> geotêxtil <input type="checkbox"/> enrocamento de pedra lançada/arrumada <input type="checkbox"/> enrocamento de pedra argamassada <input type="checkbox"/> <i>cribwall</i> <input type="checkbox"/> gabião saco/manta <input checked="" type="checkbox"/> gabião caixa <input type="checkbox"/> concreto <input type="checkbox"/> outro					
Integridade morfológica <input checked="" type="checkbox"/> estável <input type="checkbox"/> instável					
alargamento/ aprofundamento	<input type="checkbox"/>	solapamento <input type="checkbox"/>	deslizamento <input type="checkbox"/>	assoreamento <input type="checkbox"/>	erosão <input type="checkbox"/>
Alterações na calha					
nenhuma <input type="checkbox"/>	bermas <input type="checkbox"/>	reforço/contenção <input type="checkbox"/>	barragem <input type="checkbox"/>	outra <input type="checkbox"/>	
Vegetação marginal (m.e.: margem esquerda m.d.: margem direita)					
densa	contínua	esparsa	rasteira	Inexistente	
<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	<input checked="" type="checkbox"/> m.e. <input checked="" type="checkbox"/> m.d.	<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	
Diversidade de habitats no canal					
<input type="checkbox"/> nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta					
Aspectos de qualidade da água					
<input type="checkbox"/> sem alterações visíveis <input checked="" type="checkbox"/> presença de esgotos – lançamentos visíveis <input type="checkbox"/> presença de esgotos – lançamentos não visíveis <input type="checkbox"/> presença de resíduos sólidos <input checked="" type="checkbox"/> presença de material em suspensão					
Informações adicionais					
Observações: O lançamento de esgotos observado advém das áreas de montante, chegando ao córrego pelo bueiro sob a Avenida Perimetral e seguindo para jusante dentro das galerias de águas pluviais que cruzam a área do campus. A solução do problema, com interceptação a montante, é de responsabilidade da COPASA e está em fase de implantação. A partir do trecho 02, todo esgoto afluyente da área do campus é coletado e interceptado pela rede implantada junto à margem esquerda do curso de água.					
Fotos:					

Degradação em relação à condição natural	Desenvolvimento longitudinal	
<i>Ausente</i>	Traçado em planta, declividade e continuidade próximos à condição natural, de acordo com o tipo de vale/curso de água	
(x) <i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas, associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à busca natural do próprio curso de água por uma condição de equilíbrio	
<i>Média</i>	Alterações moderadas, especialmente associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à ocupação das áreas marginais, resultando em restrição de largura e impactos associados	
<i>Alta</i>	Alterações consideráveis na largura e sinuosidade, com reflexos nos demais itens de análise	
<i>Muito alta</i>	Alterações significativas no desenvolvimento longitudinal, como estreitamento da largura da seção, retificação e interrupção da continuidade	
Degradação em relação à condição natural	Seção transversal	
<i>Ausente</i>	Seção próxima à condição natural	
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas na seção do curso de água, essencialmente associadas à sua busca natural por uma condição de equilíbrio compatível com as mudanças ocorridas na bacia	
(x) <i>Média</i>	Forma e conectividade moderadamente alteradas; calha com revestimento natural ou parcialmente revestida	
<i>Alta</i>	Forma e conectividade significativamente alteradas; calha parcial ou totalmente revestida	
<i>Muito alta</i>	Seção fechada	
Degradação em relação à condição natural	Integridade morfológica	
(x) <i>Ausente</i>	Margens estáveis	
<i>Baixa</i>	Margens estáveis com mínima evidência de focos de erosão e de pontos de solapamento e/ou deslizamentos	
<i>Média</i>	Margens parcialmente instáveis, com focos isolados de erosão e áreas restritas de solapamento e/ou deslizamentos	
<i>Alta</i>	Margens instáveis, com extensos focos de erosão e/ou áreas de solapamento e deslizamentos	
<i>Muito alta</i>	Margens instáveis em toda a extensão do trecho em estudo	
Degradação em relação à condição natural	Regime hidrológico/capacidade hidráulica	
<i>Ausente</i>	Nível de risco de inundações com danos ausente	
(x) <i>Baixa</i>	Nível de risco de inundações com danos reduzido	
<i>Média</i>	Nível de risco de inundações com danos moderado	
<i>Alta</i>	Nível de risco de inundações com danos considerável	
<i>Muito alta</i>	Nível de risco de inundações com danos significativo	
Degradação em relação à condição natural	Diversidade de habitats	
<i>Ausente</i>	Compatível com a tipologia do curso de água	
<i>Baixa</i>	Pequenas alterações nas condições naturais do curso de água propícias à criação/reprodução de espécies (desenvolvimento longitudinal, forma e revestimento da seção, condições de fluxo de água, etc)	
(x) <i>Média</i>	Moderadas alterações nas condições anteriormente mencionadas	
<i>Alta</i>	Consideráveis alterações nas condições anteriormente mencionadas	




















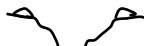


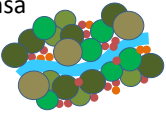
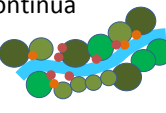
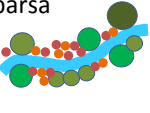


Muito alta





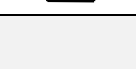
Significativas alterações nas condições anteriormente mencionadas, com eventual ausência de *habitats*

Condição de referência natural da vegetação marginal quanto à densidade				
Densa	Contínua	Esparsa (x)	Rasteira	Ausente
Degradação em relação à condição natural	Áreas verdes adjacentes			
<i>Ausente</i>	Presença de vegetação e espécies próxima à condição natural			
<i>(x) Baixa</i>	Alterações pouco significativas quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>Média</i>	Alterações moderadas quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>Alta</i>	Alterações consideráveis quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>Muito alta</i>	Alterações significativas quanto à presença de vegetação e espécies			
Degradação em relação à condição natural	Qualidade da água			
<i>Ausente</i>	<i>Ausência</i> de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Baixa</i>	<i>Pequena</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Média</i>	<i>Moderada</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Alta</i>	<i>Considerável</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>(x) Muito alta</i>	<i>Significativa</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			

Trecho Estacionamento

INFORMAÇÕES SOBRE O CURSO DE ÁGUA				
Aspectos gerais				
Nome: Córrego Engenho Nogueira Trecho: 02 Data: 26/04/2012 Responsável: Adriana Sales Cardoso				
Identificação do trecho:				
Aspectos fluviais e ambientais				
Condições hidrológicas				
Período em que o levantamento foi realizado <input checked="" type="checkbox"/> seco <input type="checkbox"/> chuvoso				
Chuva nas últimas 24 horas <input checked="" type="checkbox"/> nenhuma <input type="checkbox"/> fraca <input type="checkbox"/> forte <input type="checkbox"/> constante <input type="checkbox"/> intermitente				
Regime de escoamento quando do levantamento de campo <input type="checkbox"/> torrencial <input checked="" type="checkbox"/> fluvial				
Freqüência de inundações com danos				
inexistente <input checked="" type="checkbox"/>	raras ou pouco freqüentes <input type="checkbox"/>	ocasionais – entre 2 e 10 anos <input type="checkbox"/>	freqüentes – 1 vez ao ano <input type="checkbox"/>	Muito freqüentes – mais de 1 vez ao ano <input type="checkbox"/>
Dimensões				
Extensão: ~250m		Largura média: 4,5m		Profundidade média: 2,0<P<2,50m
Declividade: <input checked="" type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta		Perfil longitudinal:		Desnível:























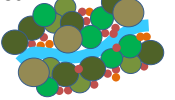

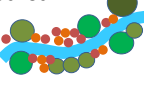


Tipo de vale				
encaixado () 	semi-encaixado (x)		vale aberto ()	
planície simétrica (x) 	planície assimétrica () 	planície simétrica () 	planície assimétrica () 	
Sinuosidade				
() natural () pouco alterada () medianamente alterada (x) muito alterada/retificada				
	() 	() 	() 	(x) 
Seção				
Revestimento				
seção não revestida		seção revestida		
natural ()	alterada ()	 () uma margem	 () ambas margens	 () leito e margens
				 (x) seção fechada
Substrato do leito e cobertura das margens				
() silto-argiloso () silto-arenoso () areia () seixo/pedregulho () rocha () grama () vegetação () geotêxtil () enrocamento de pedra lançada/arrumada () enrocamento de pedra argamassada () <i>cribwall</i> () gabião saco/manta () gabião caixa (x) concreto () outro				
Integridade morfológica (x) estável () instável				
alargamento/ aprofundamento () 	solapamento () 	deslizamento () 	assoreamento () 	erosão () 
Alterações na calha				
nenhuma ()	bermas () 	reforço/contenção () 	barragem () 	outra ()
Vegetação marginal (m.e.: margem esquerda m.d.: margem direita)				
densa 	contínua 	esparsa 	rasteira 	inexistente 
() m.e. () m.d.	() m.e. () m.d.	() m.e. () m.d.	() m.e. () m.d.	(x) m.e. (x) m.d.
Diversidade de habitats no canal				
(x) nenhuma () baixa () média () alta				
Aspectos de qualidade da água				
() sem alterações visíveis () presença de esgotos – lançamentos visíveis (x) presença de esgotos – lançamentos não visíveis () presença de resíduos sólidos () presença de material em suspensão				





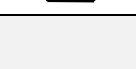
Degradação em relação à condição natural	Desenvolvimento longitudinal	
<i>Ausente</i>	Traçado em planta, declividade e continuidade próximos à condição natural, de acordo com o tipo de vale/curso de água	
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas, associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à busca natural do próprio curso de água por uma condição de equilíbrio	
<i>Média</i>	Alterações moderadas, especialmente associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à ocupação das áreas marginais, resultando em restrição de largura e impactos associados	
<i>Alta</i>	Alterações consideráveis na largura e sinuosidade, com reflexos nos demais itens de análise	
<i>(x) Muito alta</i>	Alterações significativas no desenvolvimento longitudinal, como estreitamento da largura da seção, retificação e interrupção da continuidade	
Degradação em relação à condição natural	Seção transversal	
<i>Ausente</i>	Seção próxima à condição natural	
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas na seção do curso de água, essencialmente associadas à sua busca natural por uma condição de equilíbrio compatível com as mudanças ocorridas na bacia	
<i>Média</i>	Forma e conectividade moderadamente alteradas; calha com revestimento natural ou parcialmente revestida	
<i>Alta</i>	Forma e conectividade significativamente alteradas; calha parcial ou totalmente revestida	
<i>(x) Muito alta</i>	Seção fechada	
Degradação em relação à condição natural	Integridade morfológica	
<i>(x) Ausente</i>	Margens estáveis	
<i>Baixa</i>	Margens estáveis com mínima evidência de focos de erosão e de pontos de solapamento e/ou deslizamentos	
<i>Média</i>	Margens parcialmente instáveis, com focos isolados de erosão e áreas restritas de solapamento e/ou deslizamentos	
<i>Alta</i>	Margens instáveis, com extensos focos de erosão e/ou áreas de solapamento e deslizamentos	
<i>Muito alta</i>	Margens instáveis em toda a extensão do trecho em estudo	
Degradação em relação à condição natural	Regime hidrológico/capacidade hidráulica	
<i>(x) Ausente</i>	Nível de risco de inundações com danos ausente	
<i>Baixa</i>	Nível de risco de inundações com danos reduzido	
<i>Média</i>	Nível de risco de inundações com danos moderado	
<i>Alta</i>	Nível de risco de inundações com danos considerável	
<i>Muito alta</i>	Nível de risco de inundações com danos significativo	
Degradação em relação à condição natural	Diversidade de <i>habitats</i>	
<i>Ausente</i>	Compatível com a tipologia do curso de água	
<i>Baixa</i>	<i>Pequenas</i> alterações nas condições naturais do curso de água propícias à criação/reprodução de espécies (desenvolvimento longitudinal, forma e revestimento da seção, condições de fluxo de água, etc)	
<i>Média</i>	<i>Moderadas</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas	
<i>Alta</i>	<i>Consideráveis</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas	
<i>(x) Muito alta</i>	<i>Significativas</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas, com eventual ausência de <i>habitats</i>	

Condição de referência natural da vegetação marginal quanto à densidade				
Densa	Contínua	Esparsa (x)	Rasteira	Ausente
Degradação em relação à condição natural	Áreas verdes adjacentes			
<i>Ausente</i>	Presença de vegetação e espécies próxima à condição natural			
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>Média</i>	Alterações moderadas quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>Alta</i>	Alterações consideráveis quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>(x) Muito alta</i>	Alterações significativas quanto à presença de vegetação e espécies			
Degradação em relação à condição natural	Qualidade da água			
<i>Ausente</i>	Ausência de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Baixa</i>	Pequena presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Média</i>	Moderada presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Alta</i>	Considerável presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>(x) Muito alta</i>	Significativa presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			

Trecho Engenharia

INFORMAÇÕES SOBRE O CURSO DE ÁGUA				
Aspectos gerais				
Nome: Córrego Engenho Nogueira Trecho: 03 Data: 26/04/2012 Responsável: Adriana Sales Cardoso				
Identificação do trecho:				
Aspectos fluviais e ambientais				
Condições hidrológicas				
Período em que o levantamento foi realizado <input checked="" type="checkbox"/> seco <input type="checkbox"/> chuvoso				
Chuva nas últimas 24 horas <input checked="" type="checkbox"/> nenhuma <input type="checkbox"/> fraca <input type="checkbox"/> forte <input type="checkbox"/> constante <input type="checkbox"/> intermitente				
Regime de escoamento quando do levantamento de campo <input type="checkbox"/> torrencial <input checked="" type="checkbox"/> fluvial				
Freqüência de inundações com danos				
inexistente <input checked="" type="checkbox"/>	raras ou pouco frequentes <input type="checkbox"/>	ocasionais – entre 2 e 10 anos <input type="checkbox"/>	frequentes – 1 vez ao ano <input type="checkbox"/>	Muito frequentes – mais de 1 vez ao ano <input type="checkbox"/>
Dimensões				
Extensão: ~130m		Largura média: 4,5m		Profundidade média: 2,0<P<2,5
Declividade: <input checked="" type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta			Perfil longitudinal: Desnível:	






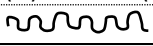
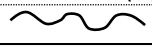
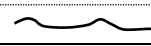
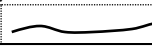
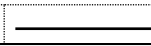








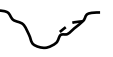



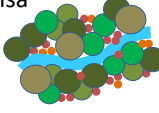
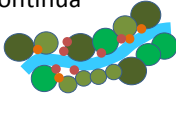
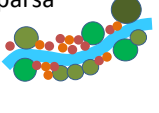

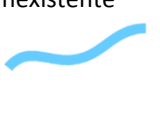
Tipo de vale					
encaixado () 	semi-encaixado (x)		vale aberto ()		
planície simétrica (x) 	planície assimétrica () 	planície simétrica () 	planície assimétrica () 		
Sinuosidade					
() natural () pouco alterada () medianamente alterada (x) muito alterada/retificada					
					
()	()	()	()	(x)	
Seção					
Revestimento					
seção não revestida		seção revestida			
natural ()	alterada ()				
		uma margem ()	ambas margens ()	leito e margens (x)	
					
				seção fechada (x)	
Substrato do leito e cobertura das margens					
() silto-argiloso () silto-arenoso () areia () seixo/pedregulho () rocha () grama () vegetação () geotêxtil () enrocamento de pedra lançada/arrumada () enrocamento de pedra argamassada () <i>cribwall</i> () gabião saco/manta () gabião caixa (x) concreto () outro					
Integridade morfológica (x) estável () instável					
alargamento/		solapamento () 	deslizamento () 	assoreamento () 	erosão () 
aprofundamento					
Alterações na calha					
nenhuma ()	bermas () 	reforço/contenção () 	barragem () 	outra ()	
Vegetação marginal (m.e.: margem esquerda m.d.: margem direita)					
densa 	contínua 	esparsa 	rasteira 	inexistente 	
() m.e. () m.d.	() m.e. () m.d.	(x) m.e. (x) m.d.	() m.e. () m.d.	() m.e. () m.d.	
Diversidade de habitats no canal					
(x) nenhuma () baixa () média () alta					
Aspectos de qualidade da água					
() sem alterações visíveis () presença de esgotos – lançamentos visíveis (x) presença de esgotos – lançamentos não visíveis () presença de resíduos sólidos () presença de material em suspensão					





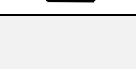
Degradação em relação à condição natural	Desenvolvimento longitudinal	
<i>Ausente</i>	Traçado em planta, declividade e continuidade próximos à condição natural, de acordo com o tipo de vale/curso de água	
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas, associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à busca natural do próprio curso de água por uma condição de equilíbrio	
<i>Média</i>	Alterações moderadas, especialmente associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à ocupação das áreas marginais, resultando em restrição de largura e impactos associados	
<i>Alta</i>	Alterações consideráveis na largura e sinuosidade, com reflexos nos demais itens de análise	
<i>(x) Muito alta</i>	Alterações significativas no desenvolvimento longitudinal, como estreitamento da largura da seção, retificação e interrupção da continuidade	
Degradação em relação à condição natural	Seção transversal	
<i>Ausente</i>	Seção próxima à condição natural	
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas na seção do curso de água, essencialmente associadas à sua busca natural por uma condição de equilíbrio compatível com as mudanças ocorridas na bacia	
<i>Média</i>	Forma e conectividade moderadamente alteradas; calha com revestimento natural ou parcialmente revestida	
<i>Alta</i>	Forma e conectividade significativamente alteradas; calha parcial ou totalmente revestida	
<i>(x) Muito alta</i>	Seção fechada	
Degradação em relação à condição natural	Integridade morfológica	
<i>(x) Ausente</i>	Margens estáveis	
<i>Baixa</i>	Margens estáveis com mínima evidência de focos de erosão e de pontos de solapamento e/ou deslizamentos	
<i>Média</i>	Margens parcialmente instáveis, com focos isolados de erosão e áreas restritas de solapamento e/ou deslizamentos	
<i>Alta</i>	Margens instáveis, com extensos focos de erosão e/ou áreas de solapamento e deslizamentos	
<i>Muito alta</i>	Margens instáveis em toda a extensão do trecho em estudo	
Degradação em relação à condição natural	Regime hidrológico/capacidade hidráulica	
<i>(x) Ausente</i>	Nível de risco de inundações com danos ausente	
<i>Baixa</i>	Nível de risco de inundações com danos reduzido	
<i>Média</i>	Nível de risco de inundações com danos moderado	
<i>Alta</i>	Nível de risco de inundações com danos considerável	
<i>Muito alta</i>	Nível de risco de inundações com danos significativo	
Degradação em relação à condição natural	Diversidade de habitats	
<i>Ausente</i>	Compatível com a tipologia do curso de água	
<i>Baixa</i>	<i>Pequenas</i> alterações nas condições naturais do curso de água propícias à criação/reprodução de espécies (desenvolvimento longitudinal, forma e revestimento da seção, condições de fluxo de água, etc)	
<i>Média</i>	<i>Moderadas</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas	
<i>Alta</i>	<i>Consideráveis</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas	
<i>(x) Muito alta</i>	<i>Significativas</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas, com eventual ausência de <i>habitats</i>	

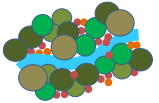
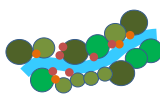
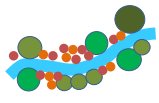


Condição de referência natural da vegetação marginal quanto à densidade				
Densa	Contínua	Esparsa (x)	Rasteira	Ausente
Degradação em relação à condição natural	Áreas verdes adjacentes			
<i>Ausente</i>	Presença de vegetação e espécies próxima à condição natural			
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>(x) Média</i>	Alterações moderadas quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>Alta</i>	Alterações consideráveis quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>Muito alta</i>	Alterações significativas quanto à presença de vegetação e espécies			
Degradação em relação à condição natural	Qualidade da água			
<i>Ausente</i>	Ausência de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Baixa</i>	Pequena presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Média</i>	Moderada presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Alta</i>	Considerável presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>(x) Muito alta</i>	Significativa presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			

Trecho ICEX/FACE



INFORMAÇÕES SOBRE O CURSO DE ÁGUA				
Aspectos gerais				
Nome: Córrego Engenho Nogueira Trecho: 04 Data: 26/04/2012 Responsável: Adriana Sales Cardoso				
Identificação do trecho:				
Aspectos fluviais e ambientais				
Condições hidrológicas				
Período em que o levantamento foi realizado (x) seco () chuvoso				
Chuva nas últimas 24 horas (x) nenhuma () fraca () forte () constante () intermitente				
Regime de escoamento quando do levantamento de campo () torrencial (x) fluvial				
Frequência de inundações com danos				
inexistente (x)	raras ou pouco frequentes ()	ocasionais – entre 2 e 10 anos ()	frequentes – 1 vez ao ano ()	Muito frequentes – mais de 1 vez ao ano ()
Dimensões				
Extensão: ~210m		Largura média: 4,5m	Profundidade média: 2,0<P<2,5m	
Declividade: (x) baixa () média () alta		Perfil longitudinal:		Desnível:




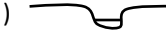












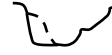

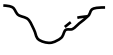



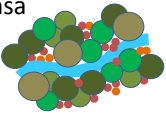
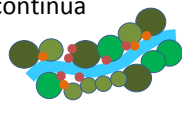
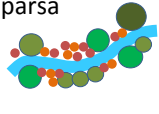

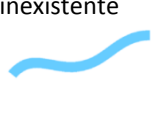
Tipo de vale				
encaixado () 	semi-encaixado (x)		vale aberto ()	
planície simétrica (x) 	planície assimétrica () 	planície simétrica () 	planície assimétrica () 	
Sinuosidade				
() natural () pouco alterada () medianamente alterada (x) muito alterada/retificada				
 ()	 ()	 ()	 ()	 (x)
Seção				
Revestimento				
seção não revestida		seção revestida		
natural ()	alterada ()	 () uma margem	 () ambas margens	 () leito e margens
				 (x) seção fechada
Substrato do leito e cobertura das margens				
() silto-argiloso () silto-arenoso () areia () seixo/pedregulho () rocha () grama () vegetação () geotêxtil () enrocamento de pedra lançada/arrumada () enrocamento de pedra argamassada () <i>cribwall</i> () gabião saco/manta () gabião caixa (x) concreto () outro				
Integridade morfológica (x) estável () instável				
alargamento/ aprofundamento () 	solapamento () 	deslizamento () 	assoreamento () 	erosão () 
Alterações na calha				
nenhuma ()	bermas () 	reforço/contenção () 	barragem () 	outra ()
Vegetação marginal (m.e.: margem esquerda m.d.: margem direita)				
densa 	contínua 	esparsa 	rasteira 	inexistente 
() m.e. () m.d.	() m.e. () m.d.	() m.e. () m.d.	() m.e. () m.d.	(x) m.e. (x) m.d.
Diversidade de habitats no canal				
(x) nenhuma () baixa () média () alta				
Aspectos de qualidade da água				
() sem alterações visíveis () presença de esgotos – lançamentos visíveis (x) presença de esgotos – lançamentos não visíveis () presença de resíduos sólidos () presença de material em suspensão				





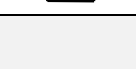
Degradação em relação à condição natural	Desenvolvimento longitudinal	
<i>Ausente</i>	Traçado em planta, declividade e continuidade próximos à condição natural, de acordo com o tipo de vale/curso de água	
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas, associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à busca natural do próprio curso de água por uma condição de equilíbrio	
<i>Média</i>	Alterações moderadas, especialmente associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à ocupação das áreas marginais, resultando em restrição de largura e impactos associados	
<i>Alta</i>	Alterações consideráveis na largura e sinuosidade, com reflexos nos demais itens de análise	
<i>(x) Muito alta</i>	Alterações significativas no desenvolvimento longitudinal, como estreitamento da largura da seção, retificação e interrupção da continuidade	
Degradação em relação à condição natural	Seção transversal	
<i>Ausente</i>	Seção próxima à condição natural	
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas na seção do curso de água, essencialmente associadas à sua busca natural por uma condição de equilíbrio compatível com as mudanças ocorridas na bacia	
<i>Média</i>	Forma e conectividade moderadamente alteradas; calha com revestimento natural ou parcialmente revestida	
<i>Alta</i>	Forma e conectividade significativamente alteradas; calha parcial ou totalmente revestida	
<i>(x) Muito alta</i>	Seção fechada	
Degradação em relação à condição natural	Integridade morfológica	
<i>(x) Ausente</i>	Margens estáveis	
<i>Baixa</i>	Margens estáveis com mínima evidência de focos de erosão e de pontos de solapamento e/ou deslizamentos	
<i>Média</i>	Margens parcialmente instáveis, com focos isolados de erosão e áreas restritas de solapamento e/ou deslizamentos	
<i>Alta</i>	Margens instáveis, com extensos focos de erosão e/ou áreas de solapamento e deslizamentos	
<i>Muito alta</i>	Margens instáveis em toda a extensão do trecho em estudo	
Degradação em relação à condição natural	Regime hidrológico/capacidade hidráulica	
<i>(x) Ausente</i>	Nível de risco de inundações com danos ausente	
<i>Baixa</i>	Nível de risco de inundações com danos reduzido	
<i>Média</i>	Nível de risco de inundações com danos moderado	
<i>Alta</i>	Nível de risco de inundações com danos considerável	
<i>Muito alta</i>	Nível de risco de inundações com danos significativo	
Degradação em relação à condição natural	Diversidade de <i>habitats</i>	
<i>Ausente</i>	Compatível com a tipologia do curso de água	
<i>Baixa</i>	<i>Pequenas</i> alterações nas condições naturais do curso de água propícias à criação/reprodução de espécies (desenvolvimento longitudinal, forma e revestimento da seção, condições de fluxo de água, etc)	
<i>Média</i>	<i>Moderadas</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas	
<i>Alta</i>	<i>Consideráveis</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas	
<i>(x) Muito alta</i>	<i>Significativas</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas, com eventual ausência de <i>habitats</i>	

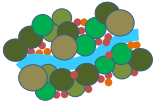
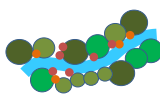
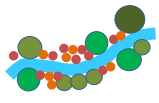


Condição de referência natural da vegetação marginal quanto à densidade				
Densa	Contínua	Esparsa (x)	Rasteira	Ausente
				
Degradação em relação à condição natural		Áreas verdes adjacentes		
<i>Ausente</i>	Presença de vegetação e espécies próxima à condição natural			
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>Média</i>	Alterações moderadas quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>(x) Alta</i>	Alterações consideráveis quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>Muito alta</i>	Alterações significativas quanto à presença de vegetação e espécies			
Degradação em relação à condição natural		Qualidade da água		
<i>Ausente</i>	<i>Ausência</i> de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Baixa</i>	<i>Pequena</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Média</i>	<i>Moderada</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Alta</i>	<i>Considerável</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>(x) Muito alta</i>	<i>Significativa</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			

Trecho Reitoria

INFORMAÇÕES SOBRE O CURSO DE ÁGUA				
Aspectos gerais				
Nome: Córrego Engenho Nogueira Trecho: 05 Data: 26/04/2012 Responsável: Adriana Sales Cardoso				
Identificação do trecho:				
				
Aspectos fluviais e ambientais				
Condições hidrológicas				
Período em que o levantamento foi realizado (x) seco () chuvoso				
Chuva nas últimas 24 horas (x) nenhuma () fraca () forte () constante () intermitente				
Regime de escoamento quando do levantamento de campo () torrencial (x) fluvial				
Frequência de inundações com danos				
inexistente ()	raras ou pouco frequentes ()	ocasionais – entre 2 e 10 anos ()	frequentes – 1 vez ao ano (x)	Muito frequentes – mais de 1 vez ao ano ()
Dimensões				
Extensão: ~950m	Largura média: 4,5 e 2,5m	Profundidade média: 2,0<P<2,5m e 1,55m		
Declividade: (x) baixa () média () alta		Perfil longitudinal:	Desnível:	

Tipo de vale				
encaixado () 	semi-encaixado (x)		vale aberto ()	
planície simétrica (x) 	planície assimétrica () 	planície simétrica () 	planície assimétrica () 	
Sinuosidade				
() natural () pouco alterada () medianamente alterada (x) muito alterada/retificada				
	() 	() 	() 	(x) 
Seção				
Revestimento				
seção não revestida		seção revestida		
natural ()	alterada ()	 () uma margem	 () ambas margens	 () leito e margens
				 (x) seção fechada
Substrato do leito e cobertura das margens				
() silto-argiloso () silto-arenoso () areia () seixo/pedregulho () rocha () grama () vegetação () geotêxtil () enrocamento de pedra lançada/arrumada () enrocamento de pedra argamassada () <i>cribwall</i> () gabião saco/manta () gabião caixa (x) concreto () outro				
Integridade morfológica (x) estável () instável				
alargamento/ aprofundamento () 	solapamento () 	deslizamento () 	assoreamento () 	erosão () 
Alterações na calha				
nenhuma ()	bermas () 	reforço/contenção () 	barragem () 	outra ()
Vegetação marginal (m.e.: margem esquerda m.d.: margem direita)				
densa 	contínua 	esparsa 	rasteira 	inexistente 
(x) m.e. (x) m.d.	() m.e. () m.d.	(x) m.e. (x) m.d.	() m.e. () m.d.	(x) m.e. (x) m.d.
Diversidade de habitats no canal				
(x) nenhuma () baixa () média () alta				
Aspectos de qualidade da água				
() sem alterações visíveis () presença de esgotos – lançamentos visíveis (x) presença de esgotos – lançamentos não visíveis () presença de resíduos sólidos () presença de material em suspensão				
Informações adicionais				
Observações: Seção retificada fazendo curva de 90 graus junto à Avenida Mendes Pimentel e, em seguida, desvio para esquerda com mudança de seção (redução da largura de 4,50m para 2,50m). Atravessa quarteirão recoberto por vegetação adjacente à Reitoria, com presença de árvores de diferentes espécies e portes. No quarteirão seguinte, a galeria passa sob área densamente vegetada, apresentando ocupação parcial junto à Avenida Professor Eduardo Morais. A jusante, o trecho segue sob a parcela ocupada pelo Setor Administrativo da Universidade, ocorrendo nova mudança de seção nas proximidades da Avenida Antônio Carlos, passando de 2,50m x 1,55m para 3,20 x 1,55m				


Degradação em relação à condição natural	Desenvolvimento longitudinal	
<i>Ausente</i>	Traçado em planta, declividade e continuidade próximos à condição natural, de acordo com o tipo de vale/curso de água	
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas, associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à busca natural do próprio curso de água por uma condição de equilíbrio	
<i>Média</i>	Alterações moderadas, especialmente associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à ocupação das áreas marginais, resultando em restrição de largura e impactos associados	
<i>Alta</i>	Alterações consideráveis na largura e sinuosidade, com reflexos nos demais itens de análise	
<i>(x) Muito alta</i>	Alterações significativas no desenvolvimento longitudinal, como estreitamento da largura da seção, retificação e interrupção da continuidade	
Degradação em relação à condição natural	Seção transversal	
<i>Ausente</i>	Seção próxima à condição natural	
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas na seção do curso de água, essencialmente associadas à sua busca natural por uma condição de equilíbrio compatível com as mudanças ocorridas na bacia	
<i>Média</i>	Forma e conectividade moderadamente alteradas; calha com revestimento natural ou parcialmente revestida	
<i>Alta</i>	Forma e conectividade significativamente alteradas; calha parcial ou totalmente revestida	
<i>(x) Muito alta</i>	Seção fechada	
Degradação em relação à condição natural	Integridade morfológica	
<i>(x) Ausente</i>	Margens estáveis	
<i>Baixa</i>	Margens estáveis com mínima evidência de focos de erosão e de pontos de solapamento e/ou deslizamentos	
<i>Média</i>	Margens parcialmente instáveis, com focos isolados de erosão e áreas restritas de solapamento e/ou deslizamentos	
<i>Alta</i>	Margens instáveis, com extensos focos de erosão e/ou áreas de solapamento e deslizamentos	
<i>Muito alta</i>	Margens instáveis em toda a extensão do trecho em estudo	
Degradação em relação à condição natural	Regime hidrológico/capacidade hidráulica	
<i>Ausente</i>	Nível de risco de inundações com danos ausente	
<i>Baixa</i>	Nível de risco de inundações com danos reduzido	
<i>Média</i>	Nível de risco de inundações com danos moderado	
<i>(x) Alta</i>	Nível de risco de inundações com danos considerável	
<i>Muito alta</i>	Nível de risco de inundações com danos significativo	
Degradação em relação à condição natural	Diversidade de <i>habitats</i>	
<i>Ausente</i>	Compatível com a tipologia do curso de água	
<i>Baixa</i>	<i>Pequenas</i> alterações nas condições naturais do curso de água propícias à criação/reprodução de espécies (desenvolvimento longitudinal, forma e revestimento da seção, condições de fluxo de água, etc)	
<i>Média</i>	<i>Moderadas</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas	
<i>Alta</i>	<i>Consideráveis</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas	
<i>(x) Muito alta</i>	<i>Significativas</i> alterações nas condições anteriormente mencionadas, com eventual ausência de <i>habitats</i>	

Condição de referência natural da vegetação marginal quanto à densidade				
Densa (x)	Contínua	Esparça (x)	Rasteira	Ausente
				
Degradação em relação à condição natural	Áreas verdes adjacentes			
<i>Ausente</i>	Presença de vegetação e espécies próxima à condição natural			
<i>Baixa</i>	Alterações pouco significativas quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>(x) Média</i>	Alterações moderadas quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>Alta</i>	Alterações consideráveis quanto à presença de vegetação e espécies			
<i>Muito alta</i>	Alterações significativas quanto à presença de vegetação e espécies			
Degradação em relação à condição natural	Qualidade da água			
<i>Ausente</i>	<i>Ausência</i> de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Baixa</i>	<i>Pequena</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Média</i>	<i>Moderada</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>Alta</i>	<i>Considerável</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			
<i>(x) Muito alta</i>	<i>Significativa</i> presença de esgotos e/ou resíduos sólidos			

APÊNDICE 04


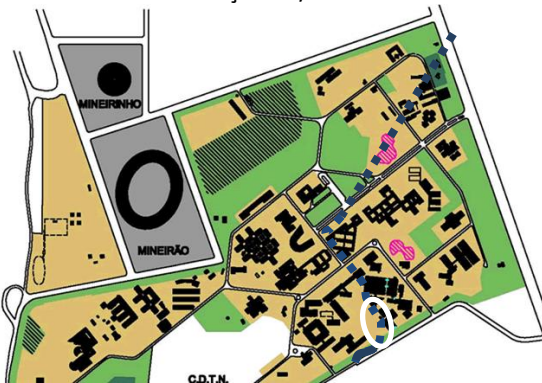



Diagnóstico urbano dos trechos em estudo do Córrego Engenho Nogueira


Trecho Coltec

INFORMAÇÕES SOBRE A BACIA E ÁREAS MARGINAIS AO CURSO DE ÁGUA		
Condições gerais da bacia		
Mapas de uso e ocupação do solo da área de estudo:		
Lei 7.166/96  <p style="text-align: center;">ZONEAMENTO ZE</p>	Resolução 08/2009  <p style="text-align: center;">C.D.T.N.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <div style="text-align: center;"> ZONA NON AEDIFICANDI </div> <div style="text-align: center;"> ZONA DE APOIO À PRESERVAÇÃO AMBIENTAL </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <div style="text-align: center;"> ZONA DE RESERVA TÉCNICA PASSÍVEL DE OCUPAÇÃO </div> <div style="text-align: center;"> ZONA AEDIFICANDI </div> </div>	
Estágio de ocupação		
<input type="checkbox"/> área não ocupada <input type="checkbox"/> área de expansão urbana <input type="checkbox"/> área de adensamento <input checked="" type="checkbox"/> área consolidada		
Grau de impermeabilização		
<input type="checkbox"/> até 10% <input type="checkbox"/> entre 11 e 25% <input type="checkbox"/> entre 26 e 59% <input checked="" type="checkbox"/> acima de 60%		
Condições hidrológicas		
Tipo de solo: latossolo vermelho-amarelado bastante permeável		Pluviosidade média: 1.500mm
Condições das áreas marginais		
Enquadramento legal		
Legislação, planos e programas		
Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte – Lei 7.166/96 DN COPAM 95/2006, Lei Federal 4.771/65 – Código Florestal Resolução 08/2009 – Regulamento de Uso e Ocupação do Solo do Campus da Pampulha da UFMG		
Situação fundiária		
m.e.: área pública		m.d.: área pública
Ocupação/uso do solo marginal		
Nível de ocupação/antropização		
inexistente ()	parcial (x)	total ()
		


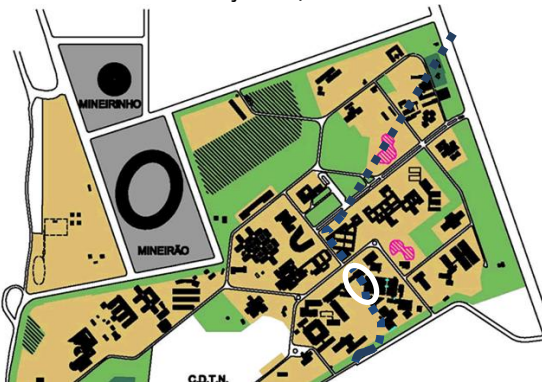





Uso do solo			
m.e.: área não ocupada de ± 30m de largura, seguida pela ocupação do COLTEC		m.d.: Avenida Perimetral	
Áreas de risco			
m.e.: inexistente		m.d.: inexistente	
Infraestrutura urbana			
Sistemas de circulação/transporte			
<input type="checkbox"/> m.e.: -		<input checked="" type="checkbox"/> m.d.: via local	
		<input type="checkbox"/> travessia: -	
		<input type="checkbox"/> outro: -	
Redes			
<input type="checkbox"/> m.e.:		<input type="checkbox"/> m.d.:	
		<input checked="" type="checkbox"/> não observadas	
Integração urbanística			
Curso de água integrado à paisagem?			
<input type="checkbox"/> sim		<input type="checkbox"/> não	
		<input checked="" type="checkbox"/> parcialmente	
Informações adicionais			
Observações: início do trecho a jusante da Avenida Perimetral (via local implantada junto à margem direita do curso de água). A margem esquerda apresenta uma ampla área não ocupada, localizada entre a calha do córrego e o Colégio Técnico (COLTEC), em zona <i>non aedificandi</i> , segundo o Regulamento de Uso e Ocupação do Solo do <i>Campus</i> da Pampulha da UFMG			
Fotos: vistas das margens esquerda e direita do córrego, com indicação da Avenida Perimetral e do Colégio Coltec			
			
		Margem esquerda - COLTEC	
			
COLTEC	Início do trecho	Margem esquerda	Margem esquerda

Trecho Estacionamento




INFORMAÇÕES SOBRE A BACIA E ÁREAS MARGINAIS AO CURSO DE ÁGUA		
Condições gerais da bacia		
Mapas de uso e ocupação do solo da área de estudo:		
Lei 7.166/96	Resolução 08/2009	
 <p>ZONEAMENTO ZE</p>	 <p>C.D.T.N.</p>	
<p> ZONA NON AEDIFICANDI</p> <p> ZONA AEDIFICANDI</p>	<p> ZONA DE APOIO À PRESERVAÇÃO AMBIENTAL</p> <p> ZONA DE RESERVA TÉCNICA PASSÍVEL DE OCUPAÇÃO</p>	
Estágio de ocupação		
<input type="checkbox"/> área não ocupada <input type="checkbox"/> área de expansão urbana <input type="checkbox"/> área de adensamento <input checked="" type="checkbox"/> área consolidada		
Grau de impermeabilização		
<input type="checkbox"/> até 10% <input type="checkbox"/> entre 11 e 25% <input type="checkbox"/> entre 26 e 59% <input checked="" type="checkbox"/> acima de 60%		
Condições hidrológicas		
Tipo de solo: latossolo vermelho-amarelado bastante permeável Pluviosidade média: 1.500mm		
Condições das áreas marginais		
Enquadramento legal		
Legislação, planos e programas		
Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte – Lei 7.166/96 DN COPAM 95/2006, Lei Federal 4.771/65 – Código Florestal Resolução 08/2009 – Regulamento de Uso e Ocupação do Solo do Campus da Pampulha da UFMG		
Situação fundiária		
m.e.: área pública	m.d.: área pública	
Ocupação/uso do solo marginal		
Nível de ocupação/antropização		
inexistente ()	parcial ()	total (x)
		
Uso do solo		
m.e.: estacionamento	m.d.: estacionamento	
Áreas de risco		
m.e.: inexistente	m.d.: inexistente	

Infraestrutura urbana			
Sistemas de circulação/transporte			
<input type="checkbox"/> m.e.: -	<input type="checkbox"/> m.d.: -	<input type="checkbox"/> travessia: -	<input type="checkbox"/> outro: -
Redes			
<input checked="" type="checkbox"/> m.e.: interceptor	<input type="checkbox"/> m.d.: -	<input type="checkbox"/> não observadas	
Integração urbanística			
Curso de água integrado à paisagem?			
<input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> parcialmente			
Informações adicionais			
Fotos: vistas da área do estacionamento por onde passa o trecho 02 (linha tracejada em azul)			
			


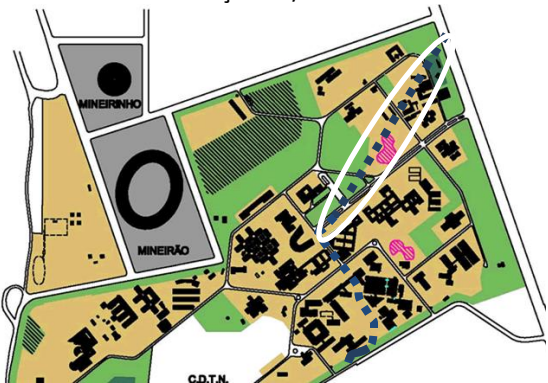
Trecho Engenharia

INFORMAÇÕES SOBRE A BACIA E ÁREAS MARGINAIS AO CURSO DE ÁGUA	
Condições gerais da bacia	
Mapas de uso e ocupação do solo da área de estudo:	
Lei 7.166/96	Resolução 08/2009
	
ZONEAMENTO  ZE	 ZONA NON AEDIFICANDI  ZONA DE APOIO À PRESERVAÇÃO AMBIENTAL  ZONA DE RESERVA TÉCNICA PASSÍVEL DE OCUPAÇÃO  ZONA AEDIFICANDI
Estágio de ocupação	
<input type="checkbox"/> área não ocupada <input type="checkbox"/> área de expansão urbana <input type="checkbox"/> área de adensamento <input checked="" type="checkbox"/> área consolidada	
Grau de impermeabilização	
<input type="checkbox"/> até 10% <input type="checkbox"/> entre 11 e 25% <input type="checkbox"/> entre 26 e 59% <input checked="" type="checkbox"/> acima de 60%	
Condições hidrológicas	
Tipo de solo: latossolo vermelho-amarelado bastante permeável Pluviosidade média: 1.500mm	

Condições das áreas marginais		
Enquadramento legal		
Legislação, planos e programas		
Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte – Lei 7.166/96 DN COPAM 95/2006, Lei Federal 4.771/65 – Código Florestal Resolução 08/2009 – Regulamento de Uso e Ocupação do Solo do Campus da Pampulha da UFMG		
Situação fundiária		
m.e.: área pública	m.d.: área pública	
Ocupação/uso do solo marginal		
Nível de ocupação/antropização		
inexistente (x)	parcial ()	total ()
Uso do solo		
m.e.: área livre (jardim e praça)	m.d.: área livre (jardim)	
Áreas de risco		
m.e.: inexistente	m.d.: inexistente	
Infraestrutura urbana		
Sistemas de circulação/transporte		
() m.e.: via de pedestres	() m.d.: via de pedestres	() travessia: - () outro: -
Redes		
(x) m.e.: interceptor	() m.d.: -	() não observadas
Integração urbanística		
Curso de água integrado à paisagem?		
() sim (x) não () parcialmente		
Informações adicionais		
Fotos: vistas da área de jardim por onde passa o trecho 03 (linha tracejada em azul)		

Infraestrutura urbana		
Sistemas de circulação/transporte		
() m.e.: - (x) m.d.: Rua Professor Eduardo Frieiro () travessia: - () outro: -		
Redes		
(x) m.e.: interceptor () m.d.: - () não observadas		
Integração urbanística		
Curso de água integrado à paisagem?		
() sim (x) não () parcialmente		
Informações adicionais		
Fotos: vistas da área por onde passa o trecho 04 (linha tracejada em azul)		
		
Rua Prof. Eduardo Frieiro	Passeio da Rua Prof. Eduardo Frieiro	Rua Prof. Eduardo Frieiro

Trecho Reitoria

INFORMAÇÕES SOBRE A BACIA E ÁREAS MARGINAIS AO CURSO DE ÁGUA	
Condições gerais da bacia (dentro do perímetro de interesse)	
Mapas das condições de uso e ocupação do solo (existente/previsto em lei):	
Lei 7.166/96	Resolução 08/2009
	
<p>ZONEAMENTO</p> <p> ZE</p>	<p> ZONA NON AEDIFICANDI</p> <p> ZONA DE APOIO À PRESERVAÇÃO AMBIENTAL</p> <p> ZONA DE RESERVA TÉCNICA PASSÍVEL DE OCUPAÇÃO</p> <p> ZONA AEDIFICANDI</p>
Estágio de ocupação	
() área não ocupada () área de expansão urbana () área de adensamento (x) área consolidada	
Grau de impermeabilização	
() até 10% () entre 11 e 25% () entre 26 e 59% (x) acima de 60%	
Condições hidrológicas	
Tipo de solo: latossolo vermelho-amarelado bastante permeável Pluviosidade média: 1.500mm	

Condições das áreas marginais		
Enquadramento legal		
Legislação, planos e programas		
Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte – Lei 7.166/96 DN COPAM 95/2006, Lei Federal 4.771/65 – Código Florestal Resolução 08/2009 – Regulamento de Uso e Ocupação do Solo do Campus da Pampulha da UFMG		
Situação fundiária		
m.e.: área pública	m.d.: área pública	
Ocupação/uso do solo marginal		
Nível de ocupação/antropização		
inexistente (x)	parcial ()	total (x)
Uso do solo		
m.e.: sistema viário,	m.d.: área livre (jardim)	
Áreas de risco		
m.e.: inexistente	m.d.: inexistente	
Infraestrutura urbana		
Sistemas de circulação/transporte (montante/jusante)		
(x) m.e.: avenida/inexistente	(x) m.d.: avenida/inexistente	() travessia: () outro:
Redes		
(x) m.e.: interceptor	() m.d.: -	() não observadas
Integração urbanística		
Curso de água integrado à paisagem?		
() sim (x) não () parcialmente		
Informações adicionais		
Fotos: vistas da área por onde passa o trecho 05 (Avenida Mendes Pimentel, áreas vegetadas e quarteirão ocupado pelo Setor Administrativo da UFMG)		

APÊNDICE 05

Entrevistas junto à população da UFMG – campus Pampulha

Além do diagnóstico realizado para subsidiar a concepção de alternativas para intervenção no Córrego Engenho Nogueira, em extensão inserida dentro dos limites do *campus* da UFMG, foram realizadas entrevistas junto à população que frequenta a área de estudo, de forma que as suas impressões e anseios acerca da possibilidade de abertura de determinados trechos do curso de água também fossem considerados na etapa de proposição de alternativas.

Dessa forma, foi levantado o número de pessoas – alunos, professores, servidores, prestadores de serviço e terceirizados (Tabela 17.1) – que compõe a população total do estudo e, em seguida, calculada a amostra dos entrevistados.

Tabela 17.1 – Número de pessoas que frequenta a área do campus da UFMG (fonte: UFMG, 2012)

Relação com a UFMG	Total
Aluno de pós-graduação	3.442
Aluno de graduação	23.470
Centro Pedagógico	936
Coltec	563
Professores e servidores	4.626
Prestadores de serviços	2.322
Terceirizados	1.430
Total	36.789

Em princípio, o universo de análise foi estratificado em dois grupos, separando-se os alunos (28.411) dos demais profissionais (8.378), com o objetivo de verificar eventuais diferenças nas suas percepções sobre o tema a ser investigado. O cálculo amostral foi então realizado para os grupos mencionados, segundo o quadro da Figura 16.1, considerando-se uma margem de erro de 10% e confiança de 95,5%.

Amplitude da população	Margens de erro					
	1%	2%	3%	4%	5%	10%
....						
.....	-	-	-	-	222	83
1000	-	-	-	385	286	91
1500	-	-	638	441	316	94
2000	-	-	714	476	333	95
2500	-	1250	769	500	345	96
3000	-	1364	811	517	353	97
3500	-	1458	843	530	359	97
4000	-	1538	870	541	364	98
4500	-	1607	891	549	367	98
5000	-	1667	909	556	370	98
6000	-	1765	938	566	375	98
7000	-	1842	949	574	378	99
8000	-	1905	976	480	381	99
9000	-	1957	989	584	383	99
10000	5000	2000	1000	488	383	99
15000	6000	2143	1034	600	390	99
20000	6667	2222	1053	606	392	100
25000	7143	2273	1064	610	394	100
50000	8333	2381	1087	617	397	100
100000	9091	2439	1099	621	398	100
Infinito	10000	2500	1111	625	400	100

Figura 17.1 – Tamanho de amostra para população finita (Fonte: Echeveste, 2007)

De acordo com o quadro anterior, 199 pessoas deveriam ser entrevistadas, das quais 100 seriam alunos. No entanto, com vistas a deixar que as entrevistas ocorressem de maneira mais livre e espontânea, os entrevistadores (sete alunos de diferentes cursos de graduação da UFMG e a autora) foram orientados a não se preocuparem em abordar, com exatidão, o mesmo número de alunos e de demais profissionais (ou seja, em torno 15 pessoas de cada “grupo”).

De fato, o que ocorreu foi a abordagem de um número significativamente maior de alunos (138, ou 70%) em relação aos demais entrevistados (59, ou 30%), tendo em vista o seu maior percentual na área do *campus* e a sua maior disponibilidade em participar.

Os resultados encontrados, portanto, foram trabalhos de modo não estratificado, considerando o conjunto total dos diversos perfis entrevistados (197 pessoas). Acredita-se que esse procedimento de análise não prejudica as avaliações realizadas, uma vez que, na realidade, o foco principal das entrevistas tinha caráter mais abrangente do que específico.

A seguir, apresenta-se a ficha de entrevista utilizada na pesquisa (Figura 17.2), o conjunto de fotos mencionado na questão número 6 (Figura 17.3) e o mapa apresentado na questão 10 (Figura 17.4).

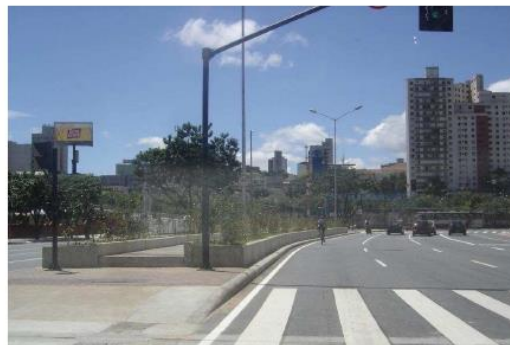
FORMULÁRIO DE ENTREVISTA		
Responsável:	Local da entrevista:	Data:
1- Sexo do entrevistado: () F () M		
2- Relação com a UFMG: () aluno () professor () funcionário () terceirizado () outro _____ No caso de aluno: () graduação () pós-graduação () Coltec Nome do curso: _____ No caso de professor: unidade de ensino: _____ No caso dos demais: serviço prestado: _____		
3- Você considera adequado o tratamento da questão ambiental no Brasil? () Sim () Não () ± () Não sei E em Belo Horizonte? () Sim () Não () ± () Não sei E no campus da UFMG? () Sim () Não () ± () Não sei		
4- Você participa de alguma ONG voltada para questões ambientais? () Sim () Não		
5- Você acha que os rios e córregos são tratados adequadamente nas cidades brasileiras? () Sim () Não () ± () Não sei Por quê? _____		
6- Do conjunto de fotos apresentadas, que tipo de situação você prefere? (Considerando que não existem problemas sanitários – esgoto e lixo) () a () b () c () d () e () f		
7- Você aproveita a área do campus para alguma atividade de lazer? () Sim Qual? _____ () Não		
8- Você acha que na área interna ao campus existem espaços de lazer suficientes e adequados? () Sim () Não () Parcialmente		
9- Que tipo de área ou espaço você gostaria que houvesse no campus para a realização de atividades de lazer? _____		
10- Você sabe da existência de cursos de água dentro da área do campus? () Sim () Não (apresentar mapa depois da resposta)		
11- Você conhece o trecho em leito natural de um desses cursos de água nas proximidades do Coltec e do estacionamento da Escola de Engenharia? () Sim () Não Em caso afirmativo: Qual a sua impressão sobre ele? _____ Que tipo de condição ou uso você gostaria que houvesse nessa área? _____		
12- O que você acha da ideia de abertura de determinados trechos desse curso de água dentro da área do campus, considerando a ausência de problemas de inundação e de poluição das águas? () ideia boa () ideia ruim () indiferente () não soube responder		
13- Em caso de abertura, quais usos você gostaria que estivessem associados ao curso de água? (um ou mais) () áreas de descanso () áreas de lazer/recreação () áreas de preservação ambiental () trilhas/faixas para caminhada () ciclovia () estacionamento () outro _____		

Figura 17.2 – Ficha de entrevista utilizada na pesquisa

Tendo em vista a necessidade de implantação de uma via em área urbana, qual a sua preferência?



a) canal aberto



b) canal fechado

Na hipótese da adoção de um canal aberto que atende aos requisitos técnicos de drenagem, qual aspecto você considera prioritário em uma área urbana?



c) ambiental



d) social/urbanístico/lazer



e) paisagístico



f) um pouco de todos

Figura 17.3 – Conjunto de fotos/imagens apresentado aos entrevistados, referente à questão número 6



Figura 17.4 – Mapa com a extensão do Córrego Engenho Nogueira dentro do *campus* da UFMG

As entrevistas foram realizadas entre os dias 28 de maio e 11 de junho de 2012, em diversos locais do campus da UFMG, após reunião da autora com os entrevistadores – para contextualização da pesquisa e explanação do procedimento de entrevista (abordagem junto aos entrevistados, local das entrevistas, etc) – e visita a campo com os mesmos.

No tocante ao questionário, as perguntas abordadas partem de um panorama mais abrangente da questão ambiental para, em seguida, irem aproximando-se da intenção principal da pesquisa, isto é, saber o posicionamento dos entrevistados quanto à ideia de abertura de determinados trechos do Córrego Engenho Nogueira dentro da área do campus. A síntese dos resultados encontrados é apresentada no quadro da Figura 17.5.

Pergunta		Resposta	Total	%
1	Sexo	F	106	54
		M	91	46
2	Relação com a UFMG	aluno	138	70
		professor	23	12
		funcionário	18	9
		terceirizado	15	8
		outro	3	2
3	Adequado o tratamento da questão ambiental no Brasil?	S	6	3
		N	143	73
		mais ou menos	38	19
		não sei	10	5
	Adequado o tratamento da questão ambiental em BH?	S	5	3
		N	120	61
		mais ou menos	54	27
		não sei	18	9
	Adequado o tratamento da questão ambiental na UFMG?	S	45	23
		N	50	25
		mais ou menos	74	38
		não sei	28	14
4	Participa de ONG?	S	7	4
		N	190	96
5	O tratamento dos rios é adequado no Brasil?	S	0	0
		N	165	84
		mais ou menos	26	13
		não sei	6	3
6	Fotos	a	136	69
		b	61	31
		c	41	21
		d	41	21
		e	26	13
		f	89	45
7	Aproveita a área do campus para lazer?	S	55	28
		N	142	72
8	Espaços suficientes e adequados?	S	67	34
		N	60	30
		parcialmente	69	35
		não sabe	1	1
10	Sabe de cursos de água no campus?	S	111	56
		N	86	44
11	Conhece o trecho natural?	S	59	30
		N	138	70
12	Ideia de abertura	boa	178	90
		ruim	10	5
		indiferente	7	4
		não sabe	2	1
13	Áreas/ usos associados ao curso de água	descanso	147	25
		lazer/recreação	116	20
		preservação ambiental	129	22
		trilhas/faixas caminhada	105	18
		ciclovias	80	14
		estacionamento	12	2
		outro	2	0

Figura 17.5 – Síntese dos resultados das entrevistas

Para a maior parte dos entrevistados, o tratamento da questão ambiental no Brasil, assim como na cidade de Belo Horizonte, não é adequado (73% e 61% das respostas,

respectivamente). Em relação ao campus da UFMG, 23% acham que a questão é devidamente tratada, 25% que não e 38% acham que é parcialmente.

No que tange o tratamento dos rios e córregos nas cidades brasileiras, 84% dos entrevistados o consideram inadequado, 13% mais ou menos e 3% não souberam responder. No primeiro caso, a principal justificativa está associada à poluição das águas pelo lançamento de esgotos.

Para 69% da amostra, a possibilidade de compatibilização da demanda de implantação de uma via em área urbana com a manutenção da seção aberta de um curso de água é preferível ao seu enclausuramento em galeria.

Na hipótese de adoção de um canal aberto que atende os requisitos técnicos de drenagem, 21% dos entrevistados consideraram a questão ambiental como aspecto prioritário a ser levado em conta na intervenção; 21% mostraram preferência pelas questões sociais, urbanísticas e de lazer; 13% pelo aspecto paisagístico e 45% optaram pela solução que apresenta um pouco de todos os aspectos previamente mencionados.

Do total de entrevistados, 72% não aproveitam a área do campus para a realização de atividades de lazer, sendo que 34% acham que as áreas existentes para tal finalidade são suficientes e adequadas, 30% acham que não e para 35% a resposta foi mais ou menos.

A presença de cursos de água dentro da área do campus era de conhecimento de 56% das pessoas, mas apenas 30% desse total conhecem o trecho em leito natural nas proximidades do estacionamento da Escola de Engenharia.

Finalmente, 90% dos entrevistados consideraram boa a ideia de abertura de determinados trechos do Córrego Engenho Nogueira, considerando a ausência de problemas de inundação e de poluição das águas. Apenas 5% acharam a ideia ruim, 4% se mostraram indiferentes e 1% não soube responder.

No caso de uma eventual abertura, 25% dos entrevistados gostariam que houvesse áreas de descanso associadas ao curso de água, 22% optaram por áreas de preservação ambiental, 20% por áreas de recreação e lazer, 18% por trilhas e faixas para caminhada, 14% gostariam de ciclovia e 2% de área de estacionamento. Ressalta-se que nessa questão (número 13), os entrevistados podiam optar por mais de uma das sugestões apresentadas.

Esses resultados podem ser comparados com aqueles obtidos na questão aberta de número 9, na qual os entrevistados deveriam sugerir áreas ou espaços que gostariam que houvesse no campus para a realização de atividades de lazer (Tabela 17.2).

Tabela 17.2 – Áreas ou espaços de lazer que os entrevistados gostariam que houvesse na área do campus da UFMG

Área ou espaço para lazer	Total	%
Área para a prática de atividades esportivas/exercícios físicos	49	21
Não precisa/nenhum	25	11
Praça	22	10
Pista para caminhada/corrida	19	8
Áreas verdes, gramados, jardins	18	8
Área para eventos culturais (música, teatro, cinema, exposições)	18	8
Áreas de convivência	16	7
Áreas de descanso/relaxamento	14	6
Ciclovia	12	5
Mobiliário (mesas e bancos)	12	5
Não soube responder	11	5
Quiosque	4	2
Oficinas de recreação/recreação infantil	3	1
Lago	2	1
Curso d'água	1	0
Parque ecológico	1	0
Ambiente para educação ambiental	1	0
Mini-shopping	1	0
Chalé	1	0

No tocante ao trecho do Córrego Engenho Nogueira que se encontra a céu aberto, a impressão da maior parte dos entrevistados que o conhece é ruim, dadas as suas condições de poluição e mau cheiro – decorrentes da presença de esgotos – e de descuido. Nesse caso, os entrevistados sugeriram aquilo que gostariam que fosse realizado na área, de forma a conferir-lhe um novo uso (Tabela 17.3).

Tabela 17.3 – Intervenções propostas pelos entrevistados para a área em que o Córrego Engenho Nogueira se encontra a céu aberto

Intervenção na área do córrego	Total	%
Saneamento/limpeza do córrego/eliminação do odor	17	34
Revitalização/preservação do córrego/manutenção das condições ambientais/recomposição do leito e da mata ciliar	8	16
Tratamento paisagístico	6	12
Criação de áreas de lazer	4	8
Criação de áreas de descanso	4	8
Canalização em seção fechada	2	4
Urbanização da área	1	2
Aumentar a área do córrego	1	2
Plantio de árvores	1	2
Pistas para caminhada	1	2
Ampliação da estufa do Coltec	1	2
Laboratório de hidráulica	1	2
Monitorar o que é jogado na área	1	2
Nenhuma	1	2
Não sabe	1	2

De acordo com os resultados apresentados, nota-se que a preocupação ambiental permeia muitas das intervenções propostas pelos entrevistados, notadamente quanto ao saneamento do córrego, que deve ser mantido a céu aberto (apenas 4% dos entrevistados se posicionaram a favor do seu fechamento).

A ideia de revitalização e preservação do curso de água e das suas áreas marginais representa 16% das respostas, assim como o uso da área para descanso e para a realização de atividades de lazer. O tratamento paisagístico do local também constitui boa parte das respostas obtidas (12%).

Apesar da breve discussão dos resultados das entrevistas realizadas – que fornecem insumo para maiores desdobramentos e análises –, pode-se concluir, pelas respostas obtidas (notadamente aquelas referentes às questões abertas), que a questão ambiental é tema de conhecimento de todos – mesmo que em níveis de profundidade distintos.

A manutenção dos cursos de água a céu aberto – como elementos integrantes da paisagem –, foi a opção da maioria dos entrevistados, em detrimento da sua canalização em seção fechada – com vistas à implementação/ampliação de sistema viário (considerando-se a ausência de problemas de inundação e poluição).

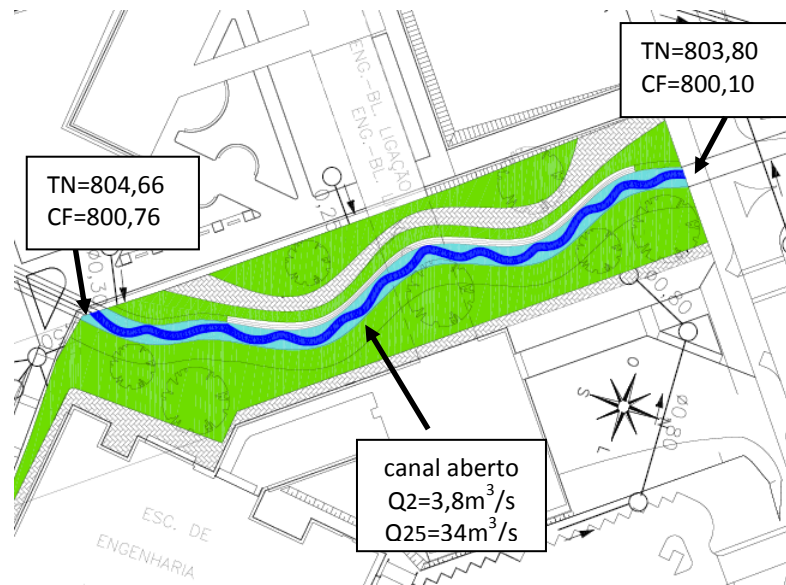
A associação de usos marginais ao Córrego Engenho Nogueira, em uma eventual possibilidade de abertura de alguns de seus trechos dentro da área do campus da UFMG, foi também bem recebida pelos entrevistados (90%). As suas sugestões e preferências quanto aos usos a serem associados ao curso de água, conforme levantado nas entrevistas, constituem-se importantes insumos para a etapa de concepção de alternativas, objeto de estudo do Capítulo 9.

APÊNDICE 06

Cálculos hidrológico-hidráulicos para o Córrego Engenho Nogueira

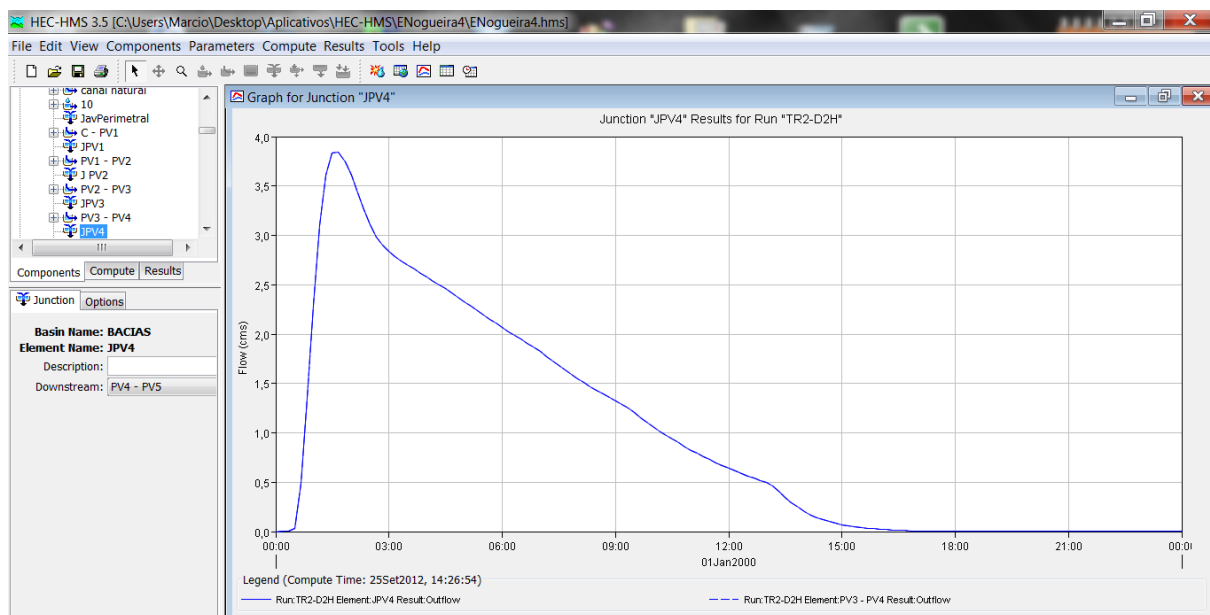
Trecho Engenharia

Alternativa #1

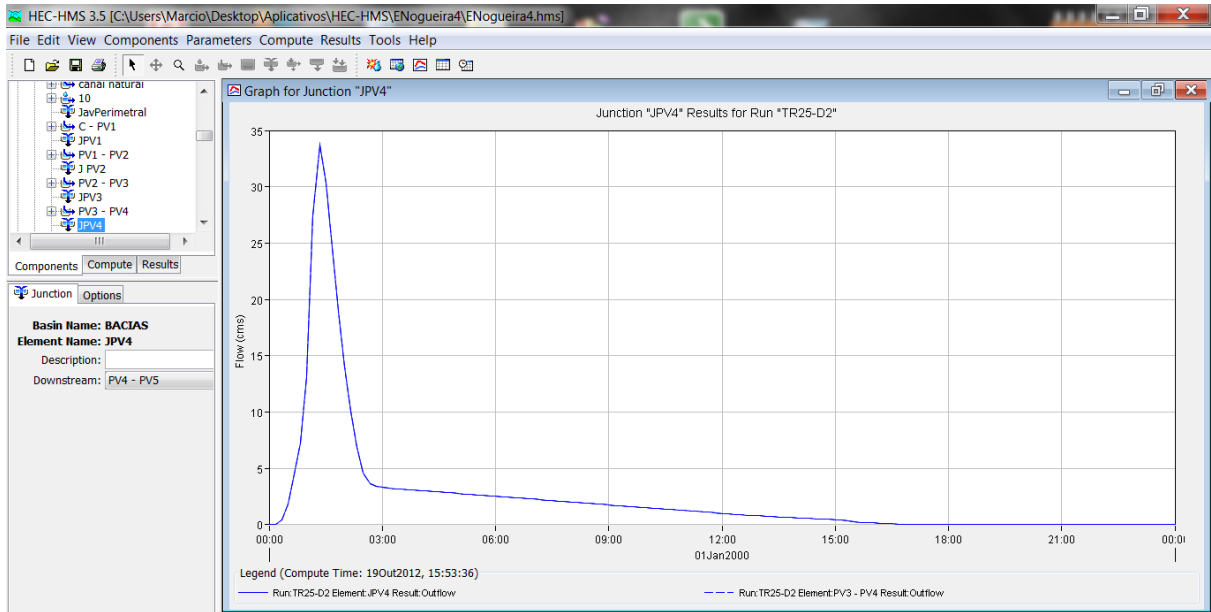


- Simulação Hidrológica

TR=2 anos: $Q=3,8\text{ m}^3/\text{s}$



TR=25 anos: $Q=34 \text{ m}^3/\text{s}$



- Dimensionamento hidráulico

Conforme mencionado no Capítulo 9 (Estudo de Caso), os cálculos hidráulicos dos canais foram realizados com o uso do software *HIDROWin* – desenvolvido e disponibilizado pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG –, adotando-se as hipóteses de escoamento permanente e uniforme. Como alguns canais apresentam seções complexas, com a rugosidade variando ao longo do perímetro do canal, adotou-se o procedimento para cálculo do *coeficiente de rugosidade global* descrito por Chow (1959, *apud* BAPTISTA e LARA, 2010), efetuando-se a ponderação da rugosidade pelo perímetro molhado associado a cada superfície de atrito distinto:

$$n = \left[\frac{\sum_{i=1}^m (P_i n_i^{3/2})}{P} \right]^{2/3} \quad \text{onde:}$$

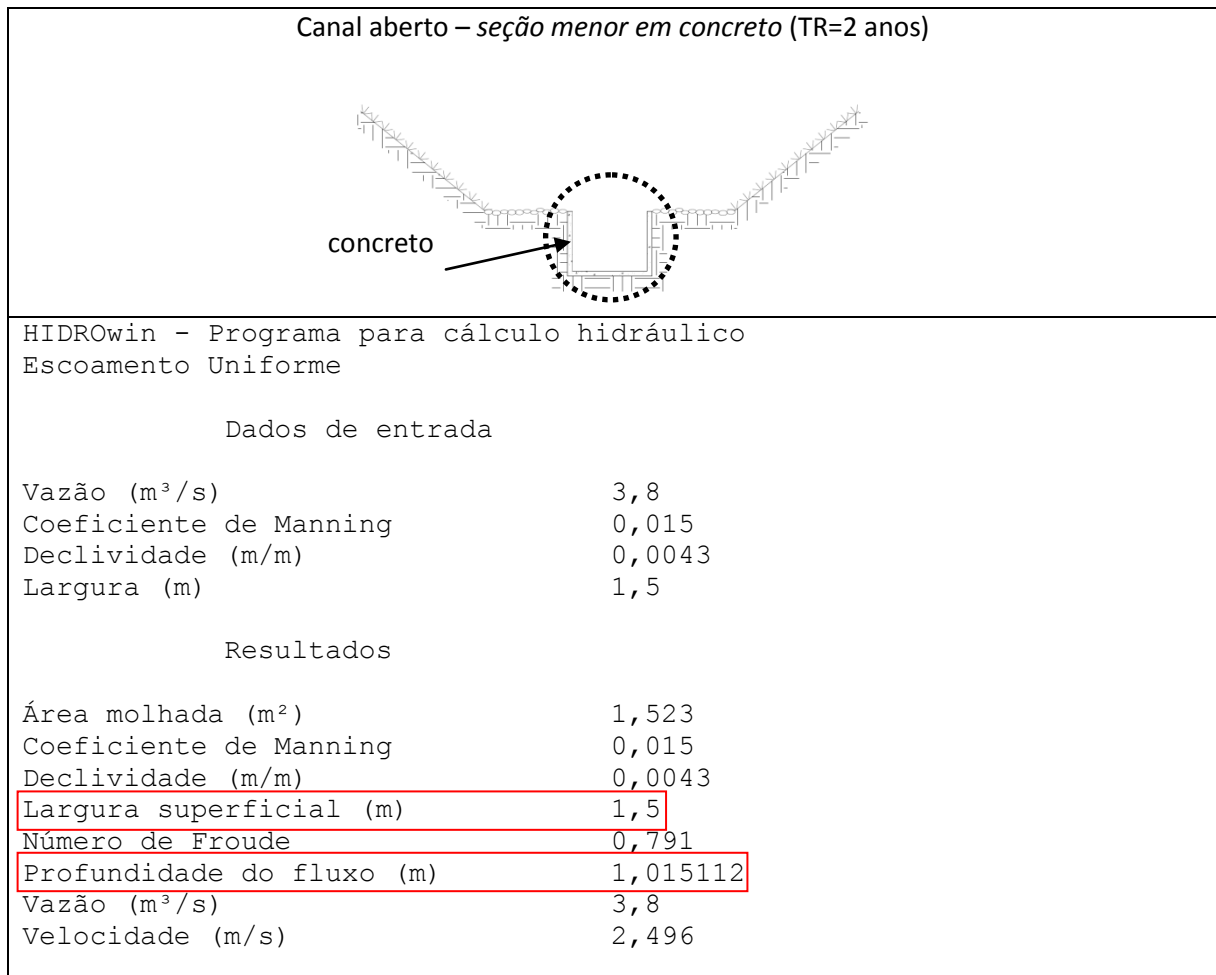
n : coeficiente de rugosidade global;

P : perímetro molhado total;

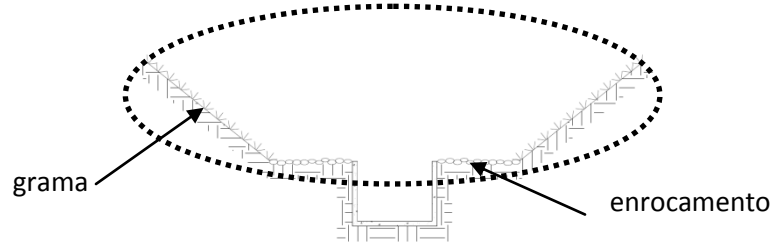
P_i : perímetro molhado associado à superfície “ i ”;

n_i : coeficiente de rugosidade associado à superfície “ i ”.

Para permitir o uso do software citado, determinou-se uma seção trapezoidal equivalente com a mesma condutância, ajustando-se, assim, um coeficiente de rugosidade final, integrando as diferentes rugosidades presentes na seção regular hidraulicamente equivalente.



Canal aberto – seção maior em enrocamento e grama (TR=25 anos)



HIDROwin - Programa para cálculo hidráulico
Escoamento Uniforme

Dados de entrada

Vazão (m ³ /s)	34
Coefficiente de Manning	0,0272
Declividade (m/m)	,0061
Largura inferior (m)	5
Inclinação lateral (h/v)	1,5

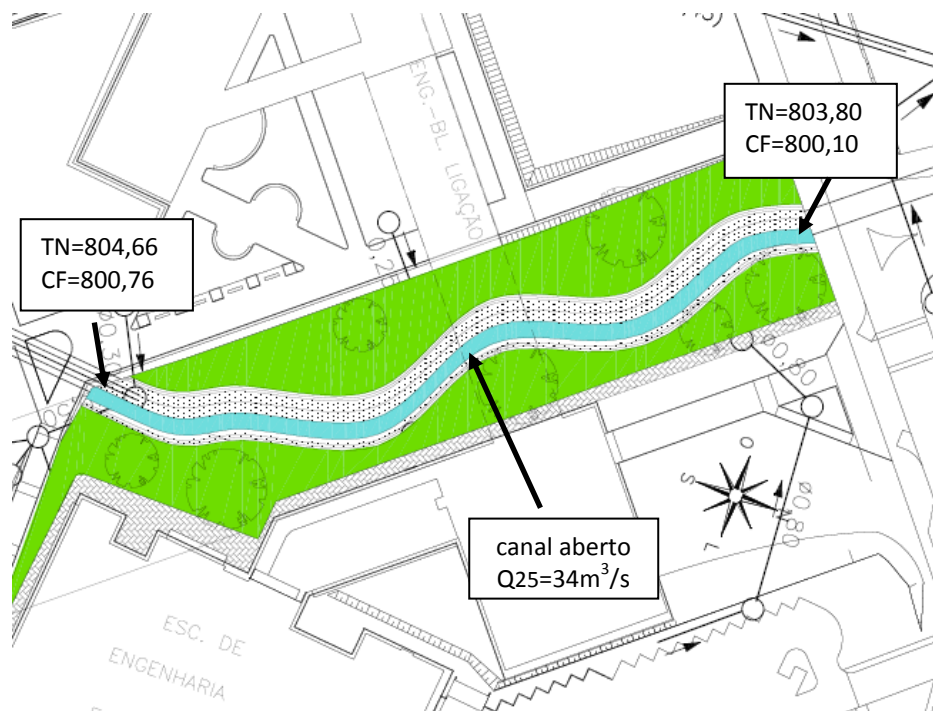
Resultados

Área molhada (m ²)	11,317
Coefficiente de Manning	0,0272
Declividade (m/m)	0,0061
Inclinação lateral (h/v)	1,5
Largura superior (m)	9,639
Largura do fundo (m)	5
Número de Froude	0,885
Profundidade do fluxo (m)	1,546216
Vazão (m ³ /s)	34
Velocidade (m/s)	3,004

Quantitativos de Projeto por metro

Borda livre (m)	0,25
Profundidade (m)	1,7962
Área Superficial (m ² /m)	10,3886
Área de Revestimento (m ² /m)	11,476
Volume de Corte (m ³ /m)	13,821

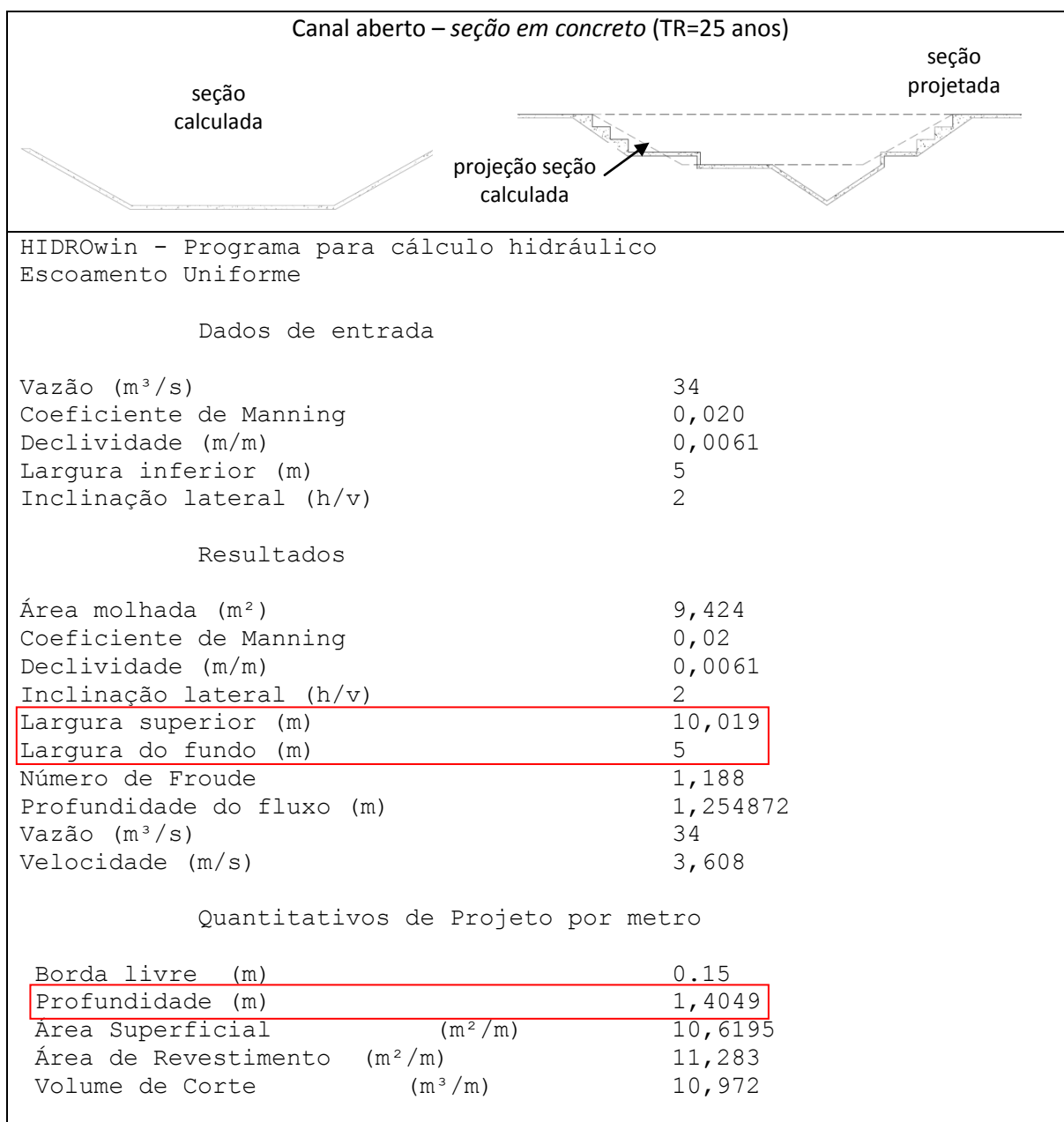
Alternativa #2



- Simulação Hidrológica

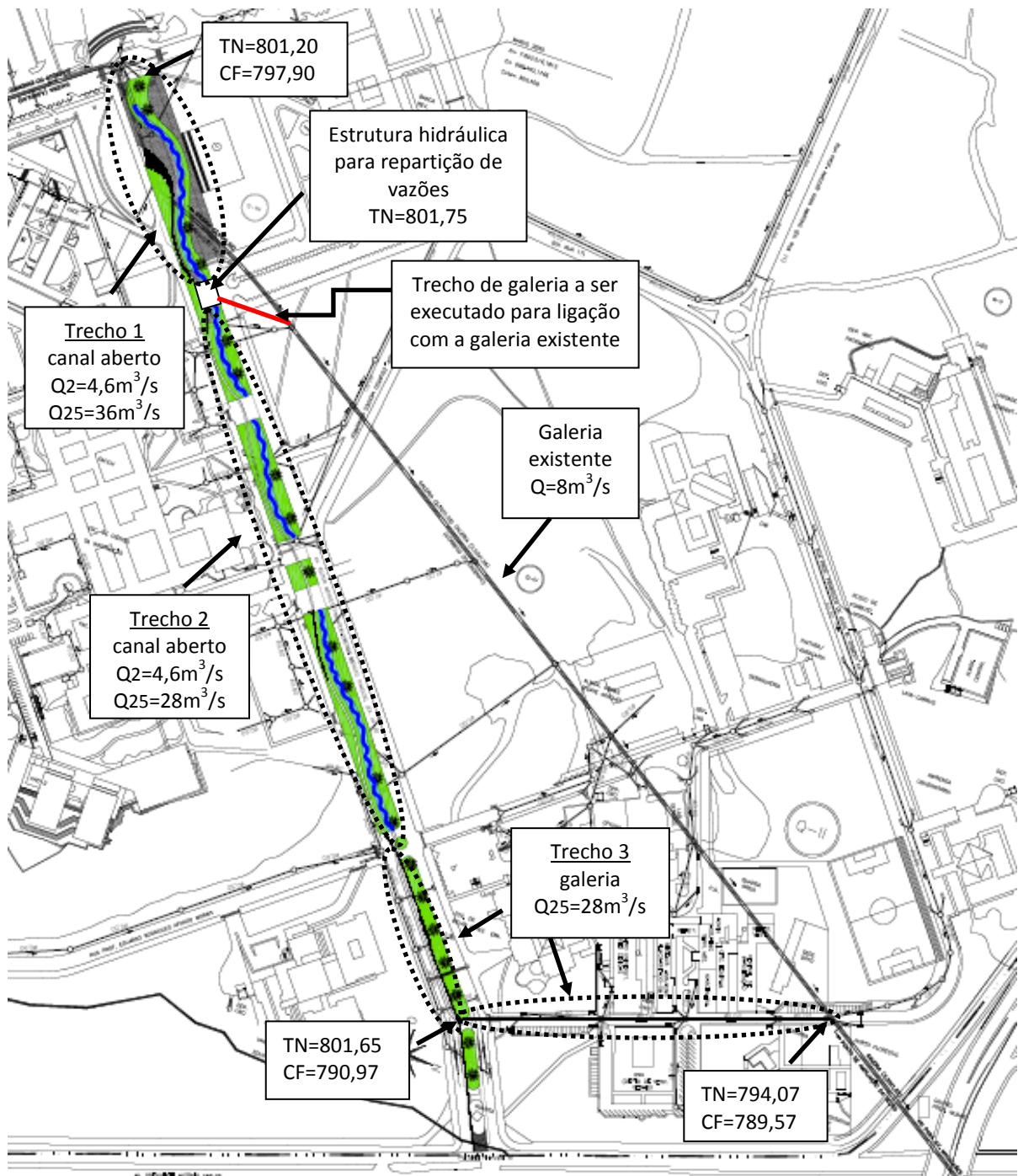
TR=25 anos: $Q=34 \text{ m}^3/\text{s}$

- Dimensionamento hidráulico



Trecho Reitoria

Alternativa #1



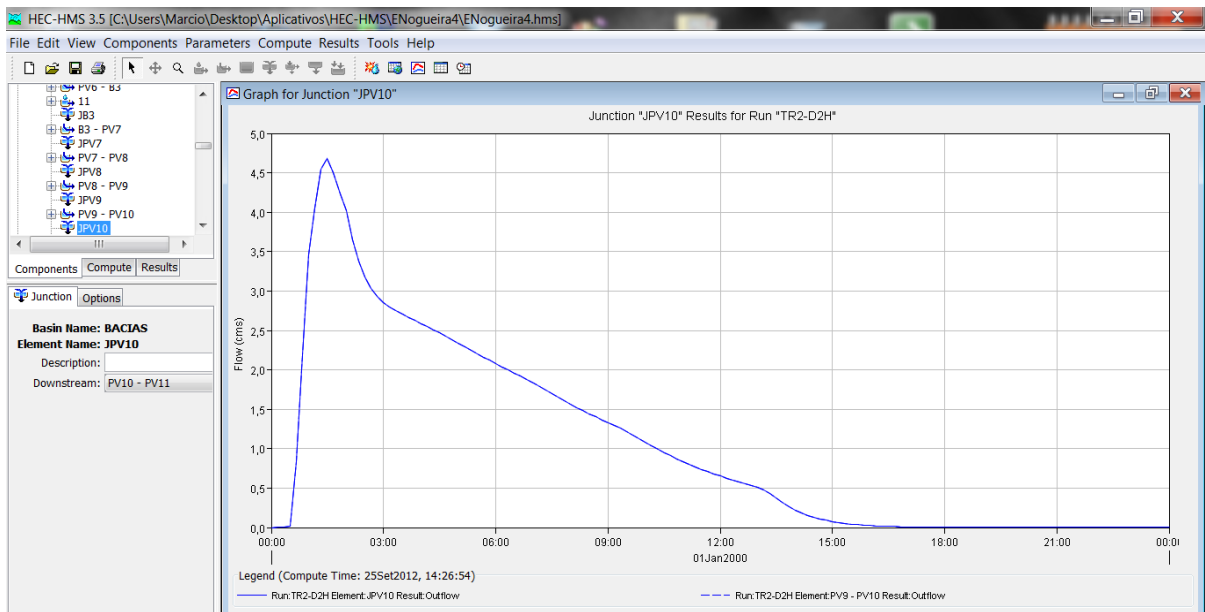
A vazão de 8m³/s considerada para a galeria existente foi obtida em estudo elaborado pela própria universidade, no ano de 1997 (UFMG, 1997), o que levou ao cálculo do valor de 28m³/s para a vazão a ser conduzida pelo novo canal projetado (trecho 2). Para o trecho 3

adotou-se a mesma vazão, uma vez que as demais contribuições à galeria praticamente não alteram o seu valor.

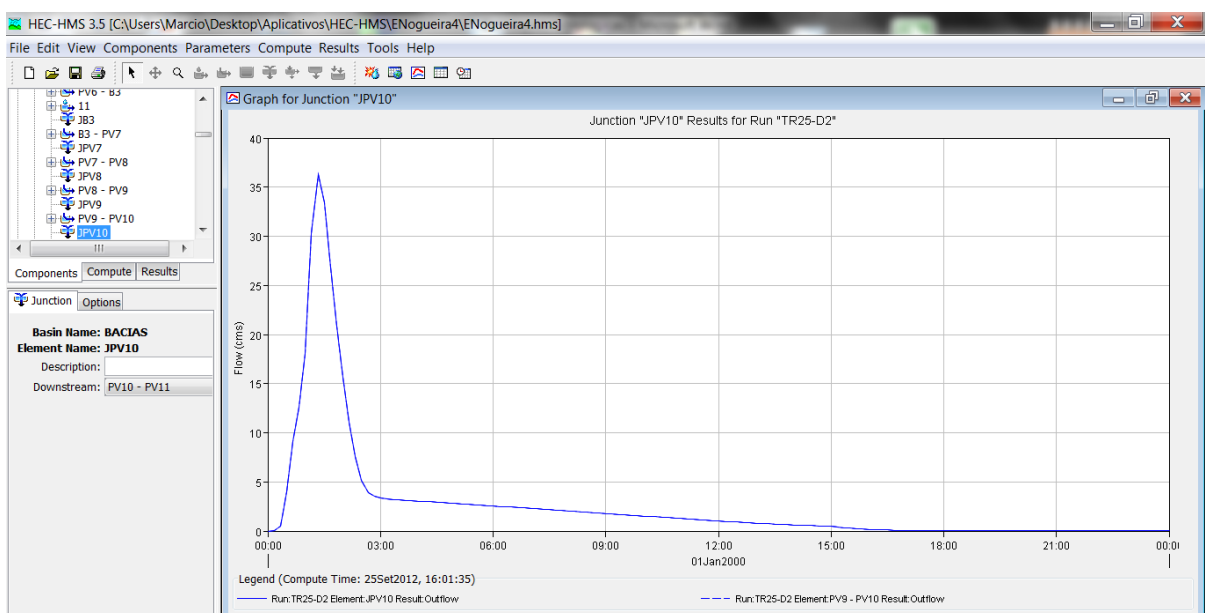
- Simulação Hidrológica

Trecho 1

TR=2 anos: $Q=4,6 \text{ m}^3/\text{s}$

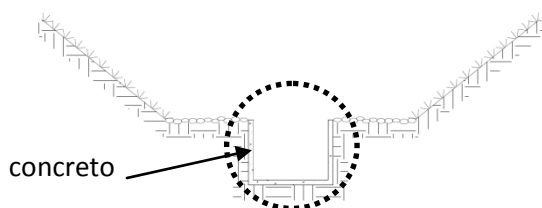


TR=25 anos: $Q=36 \text{ m}^3/\text{s}$



- Dimensionamento hidráulico

Trecho 1: canal aberto – seção menor em concreto (TR=2 anos)



HIDROwin - Programa para cálculo hidráulico
Escoamento Uniforme

Dados de entrada

Vazão (m ³ /s)	4,6
Coefficiente de Manning	0,015
Declividade (m/m)	0,004
Largura (m)	1,5

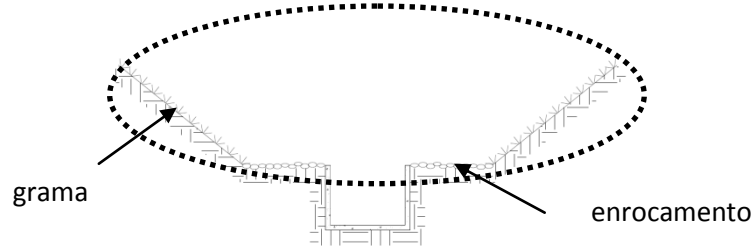
Resultados

Área molhada (m ²)	1,821
Coefficiente de Manning	0,015
Declividade (m/m)	0,004
Largura superficial (m)	1,5
Número de Froude	0,732
Profundidade do fluxo (m)	1,214186
Vazão (m ³ /s)	4,6
Velocidade (m/s)	2,526

Quantitativos de Projeto por metro

Borda livre (m)	0
Profundidade (m)	1,2142
Área Superficial (m ² /m)	1,5
Área de Revestimento (m ² /m)	3,928
Volume de Corte (m ³ /m)	1,821

Trecho 1: canal aberto – seção maior em enrocamento e grama (TR=25 anos)



HIDROwin - Programa para cálculo hidráulico
Escoamento Uniforme

Dados de entrada

Vazão (m ³ /s)	36
Coefficiente de Manning	0,0272
Declividade (m/m)	0,004
Largura inferior (m)	5
Inclinação lateral (h/v)	1,5

Resultados

Área molhada (m ²)	13,718
Coefficiente de Manning	0,0272
Declividade (m/m)	0,004
Inclinação lateral (h/v)	1,5
Largura superior (m)	10,359
Largura do fundo (m)	5
Número de Froude	0,728
Profundidade do fluxo (m)	1,786299
Vazão (m ³ /s)	36
Velocidade (m/s)	2,624

Quantitativos de Projeto por metro

Borda livre (m)	0,21
Profundidade (m)	1,9963
Área Superficial (m ² /m)	10,9889
Área de Revestimento (m ² /m)	12,198
Volume de Corte (m ³ /m)	15,959

Trecho 2

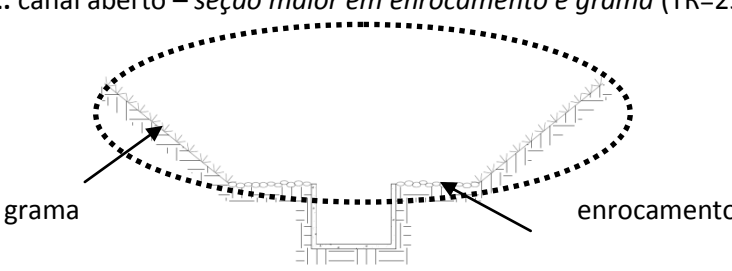
- Simulação Hidrológica

TR=2 anos: $Q=4,6\text{m}^3/\text{s}$

TR=25 anos: $Q=28\text{m}^3/\text{s}$ ($36\text{m}^3/\text{s} - 8\text{m}^3/\text{s}$)

- Dimensionamento hidráulico: (TR=2 anos: idem Trecho 1)

Trecho 2: canal aberto – seção maior em enrocamento e grama (TR=25 anos)



HIDROWin - Programa para cálculo hidráulico
Escoamento Uniforme

Dados de entrada

Vazão (m^3/s)	28
Coefficiente de Manning	0,0272
Declividade (m/m)	,004
Largura inferior (m)	5
Inclinação lateral (h/v)	1,5

Resultados

Área molhada (m^2)	11,454
Coefficiente de Manning	0,0272
Declividade (m/m)	0,004
Inclinação lateral (h/v)	1,5
Largura superior (m)	9,681
Largura do fundo (m)	5
Número de Froude	0,718
Profundidade do fluxo (m)	1,560401
Vazão (m^3/s)	28
Velocidade (m/s)	2,445

Quantitativos de Projeto por metro

Borda livre (m)	0,24
Profundidade (m)	1,8004
Área Superficial (m^2/m)	10,4012
Área de Revestimento (m^2/m)	11,491
Volume de Corte (m^3/m)	13,864

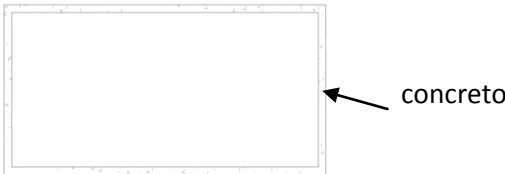
Trecho 3

- Simulação Hidrológica

TR=25 anos: $Q=28\text{m}^3/\text{s}$ ($36\text{m}^3/\text{s} - 8\text{m}^3/\text{s}$)

- Dimensionamento hidráulico

Trecho 3: galeria em concreto (TR=25 anos)



HIDROwin - Programa para cálculo hidráulico
Escoamento Uniforme

Dados de entrada

Vazão (m^3/s)	28
Coefficiente de Manning	0,018
Declividade (m/m)	0,005
Largura (m)	4

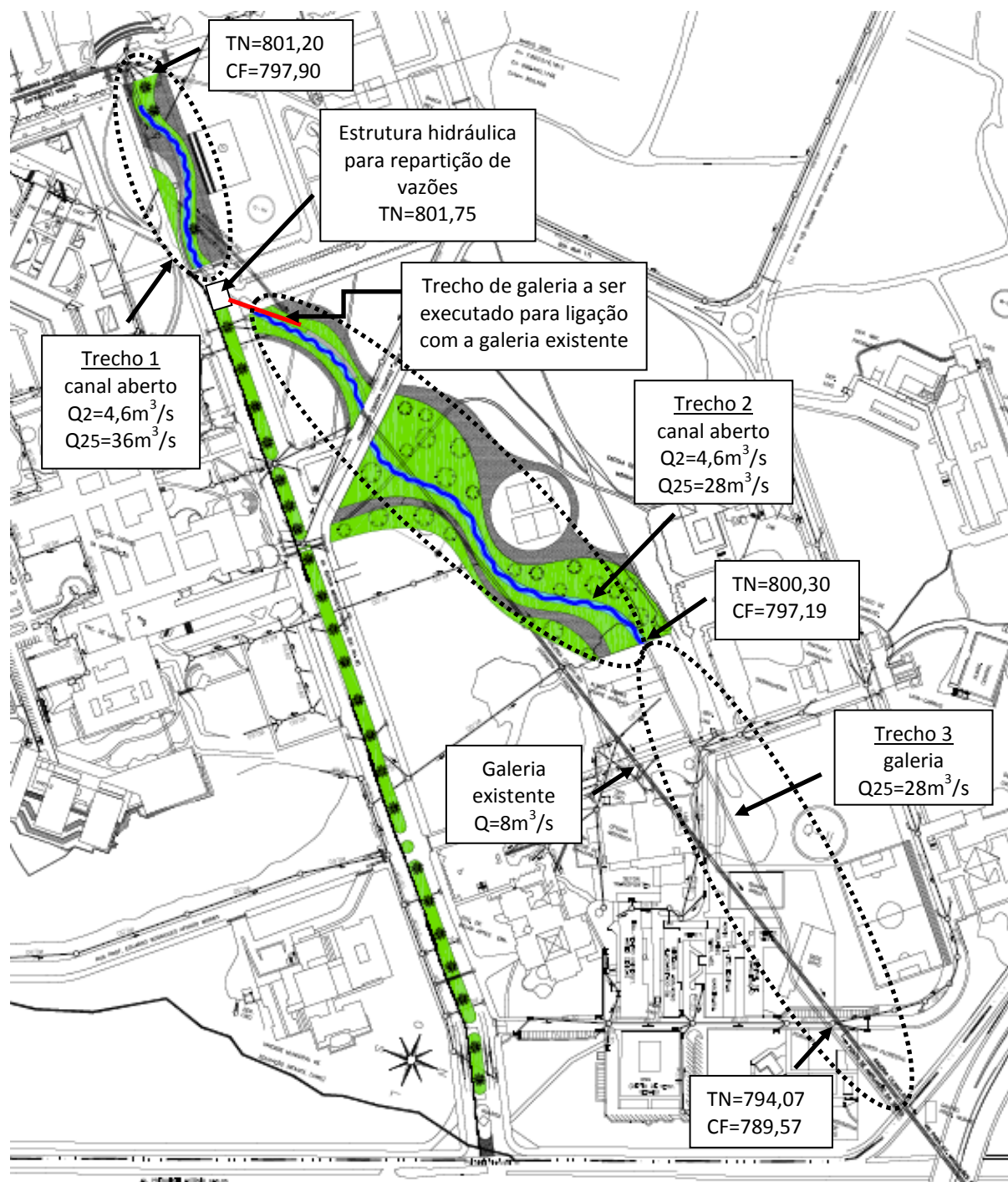
Resultados

Área molhada (m^2)	7,34
Coefficiente de Manning	0,018
Declividade (m/m)	0,005
Largura superficial (m)	4
Número de Froude	0,899
Profundidade do fluxo (m)	1,834945
Vazão (m^3/s)	28
Velocidade (m/s)	3,815

Quantitativos de Projeto por metro

Borda livre (m)	0.17
Profundidade (m)	2,0049
Área Superficial (m^2/m)	4
Área de Revestimento (m^2/m)	8,01
Volume de Corte (m^3/m)	8,02

Alternativa #2



Trecho 1

- Simulação Hidrológica: idem Alternativa #1

TR=2 anos: $Q=4,6 \text{ m}^3/\text{s}$

TR= 25 anos: $Q=36 \text{ m}^3/\text{s}$

- Dimensionamento hidráulico

Idem Alternativa #1

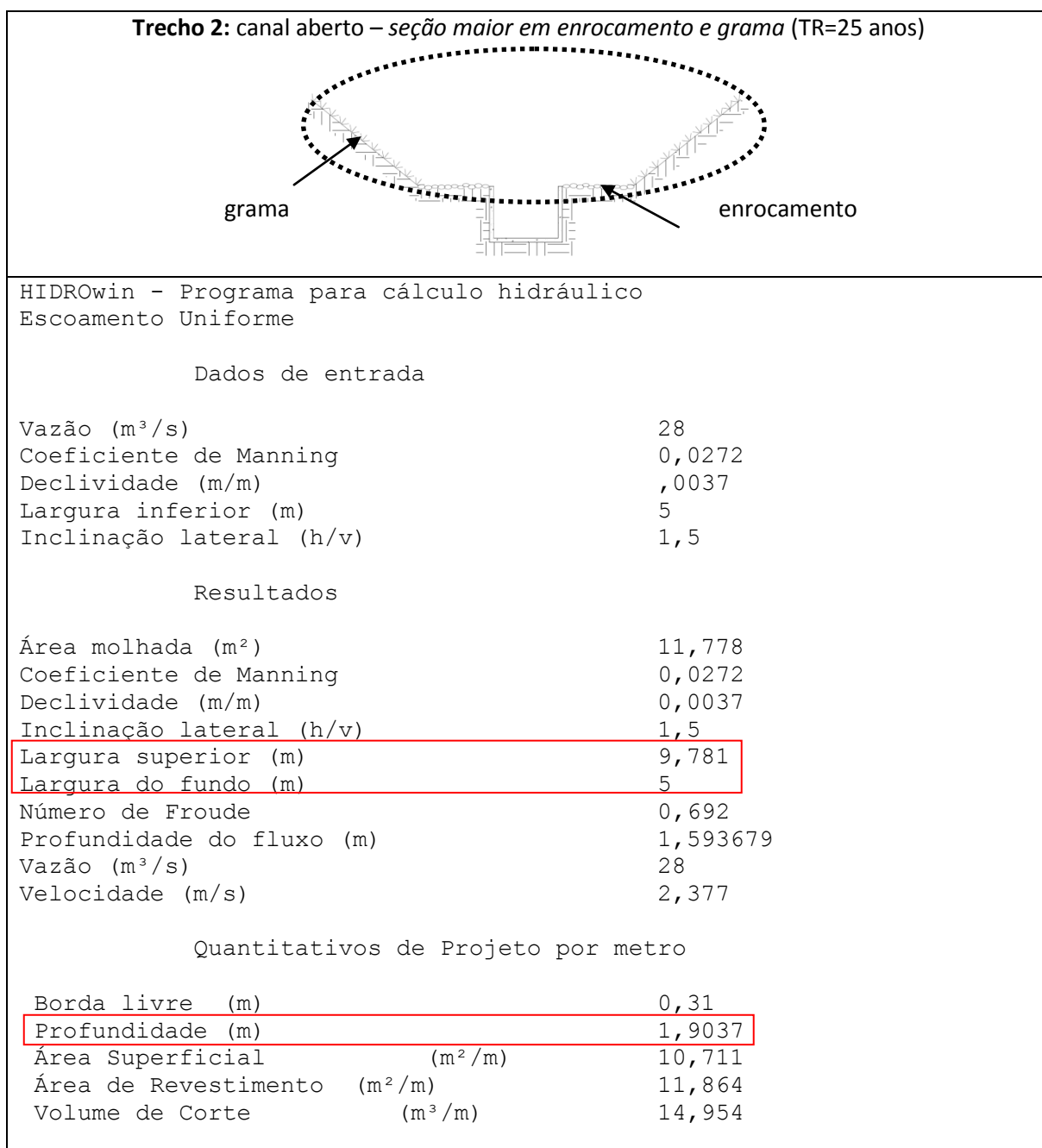
Trecho 2

- Simulação Hidrológica:

TR=2 anos: $Q=4,6 \text{ m}^3/\text{s}$

TR= 25 anos: $Q=28 \text{ m}^3/\text{s}$ ($36 \text{ m}^3/\text{s} - 8 \text{ m}^3/\text{s}$)

- Dimensionamento hidráulico: (TR=2 anos: idem Trecho 1)




Trecho 3

- Simulação Hidrológica:

TR= 25 anos: $Q=28 \text{ m}^3/\text{s}$ ($36 \text{ m}^3/\text{s} - 8 \text{ m}^3/\text{s}$)

- Dimensionamento hidráulico

Trecho 3: galeria em concreto (TR=25 anos)



HIDROwin - Programa para cálculo hidráulico
Escoamento Uniforme

Dados de entrada

Vazão (m^3/s)	28
Coefficiente de Manning	0,018
Declividade (m/m)	0,005
Largura (m)	4

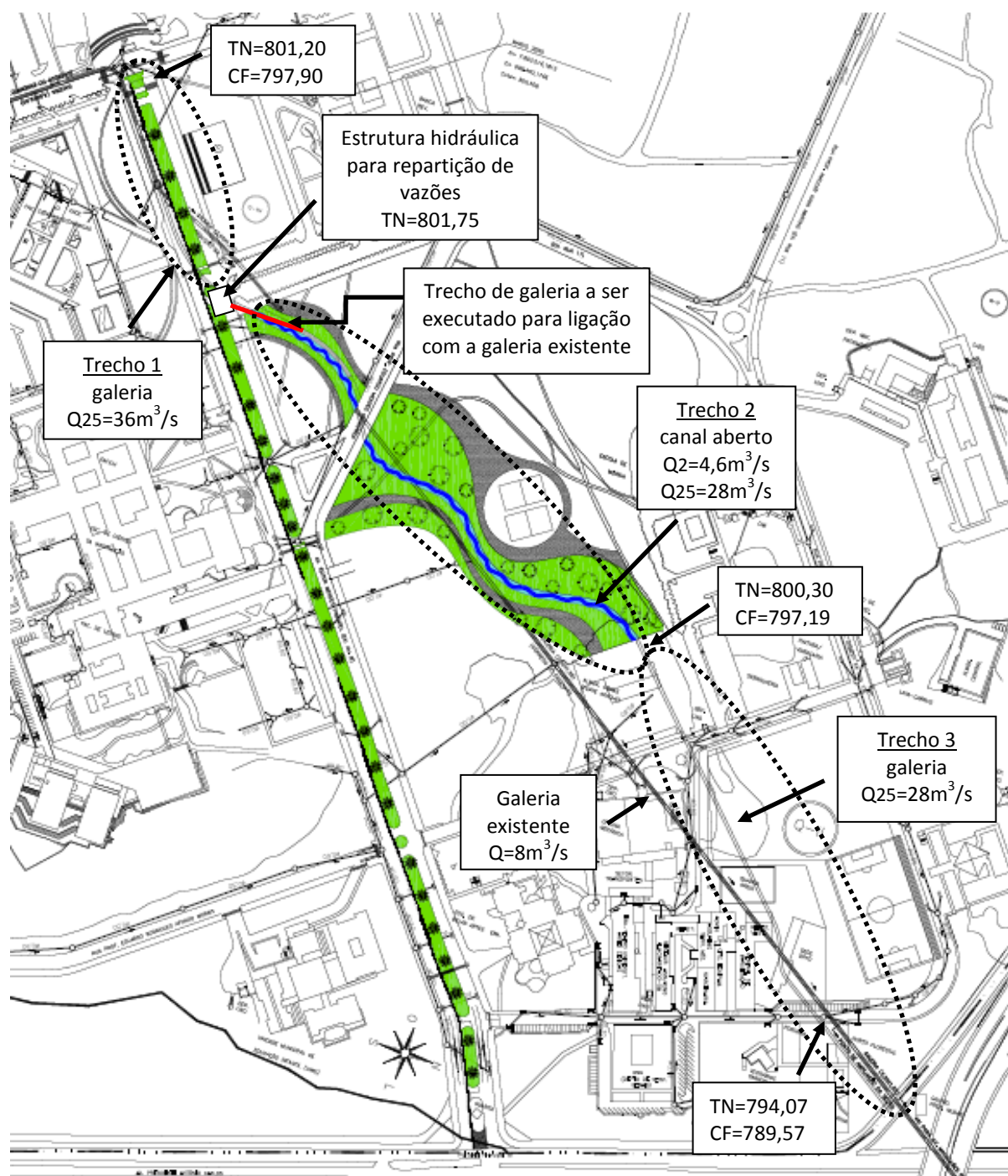
Resultados

Área molhada (m^2)	7,34
Coefficiente de Manning	0,018
Declividade (m/m)	0,005
Largura superficial (m)	4
Número de Froude	0,899
Profundidade do fluxo (m)	1,834945
Vazão (m^3/s)	28
Velocidade (m/s)	3,815

Quantitativos de Projeto por metro

Borda livre (m)	0,17
Profundidade (m)	2,0049
Área Superficial (m^2/m)	4
Área de Revestimento (m^2/m)	8,01
Volume de Corte (m^3/m)	8,02

Alternativa #3

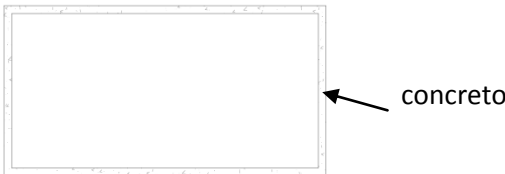


Trecho 1

- Simulação Hidrológica: idem Alternativa #1

TR= 25 anos: $Q=36\text{m}^3/\text{s}$

- Dimensionamento hidráulico

Trecho 1: galeria em concreto (TR=25 anos)	
	
HIDROWin - Programa para cálculo hidráulico	
Escoamento Uniforme	
Dados de entrada	
Vazão (m ³ /s)	36
Coefficiente de Manning	0,018
Declividade (m/m)	0,004
Largura (m)	5,3
Resultados	
Área molhada (m ²)	9,713
Coefficiente de Manning	0,018
Declividade (m/m)	0,004
Largura superficial (m)	5,3
Número de Froude	0,874
Profundidade do fluxo (m)	1,832637
Vazão (m ³ /s)	36
Velocidade (m/s)	3,706
Quantitativos de Projeto por metro	
Borda livre (m)	0.17
Profundidade (m)	2,0026
Área Superficial (m ² /m)	5,3
Área de Revestimento (m ² /m)	9,305
Volume de Corte (m ³ /m)	10,614

Trecho 2

- Simulação Hidrológica: idem Alternativa #2

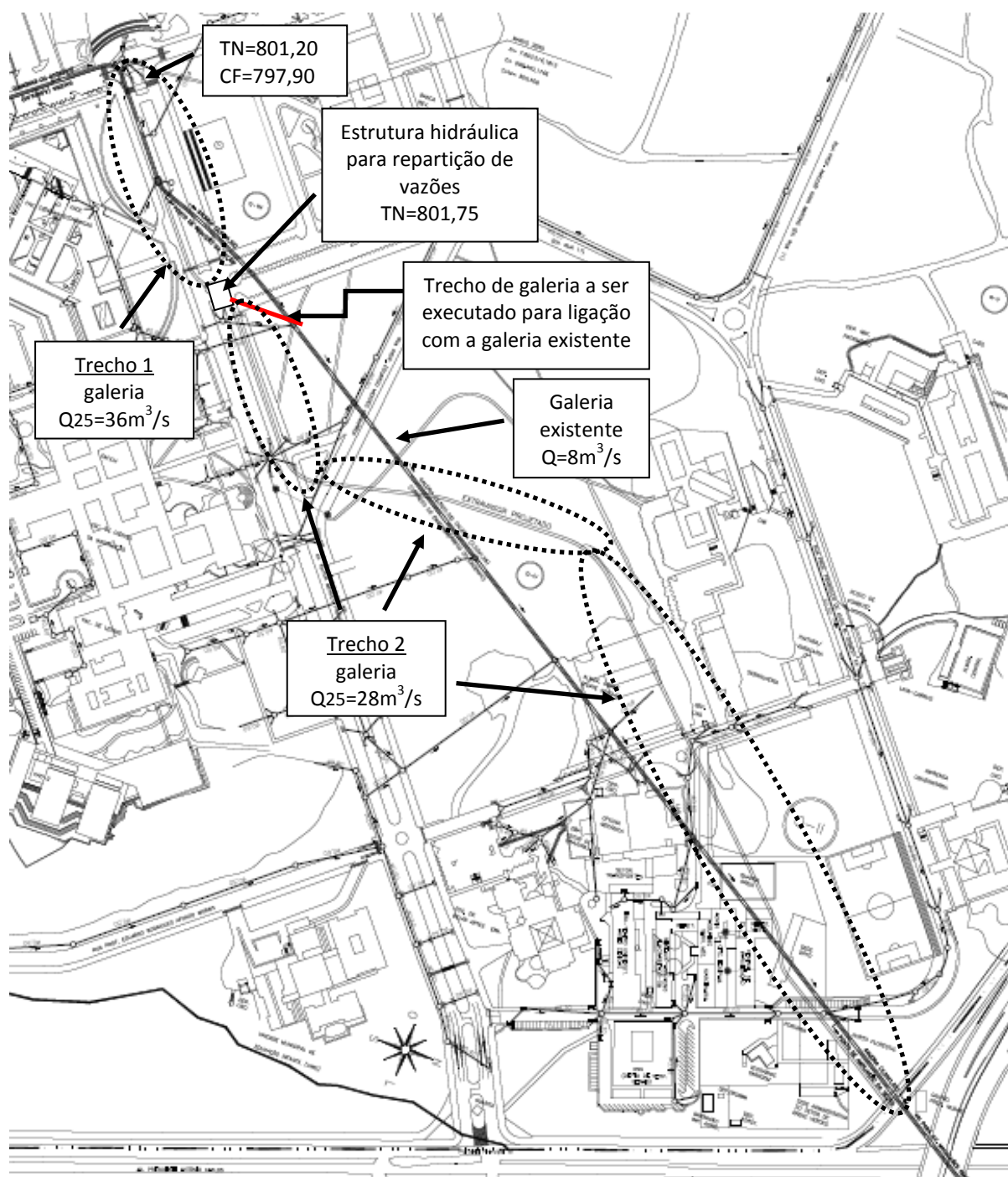
- Dimensionamento hidráulico: idem Alternativa #2

Trecho 3

- Simulação Hidrológica: idem Alternativa #2

- Dimensionamento hidráulico: idem Alternativa #2

Alternativa #4



Trecho 1

- Simulação Hidrológica: TR= 25 anos: $Q=36 \text{ m}^3/\text{s}$

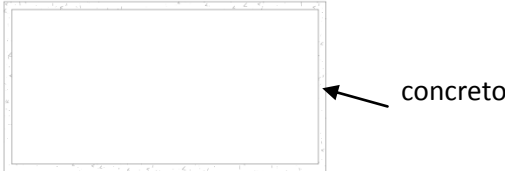
- Dimensionamento hidráulico: idem Alternativa #3

Trecho 2

- Simulação Hidrológica: TR= 25 anos: $Q=28 \text{ m}^3/\text{s}$ ($36 \text{ m}^3/\text{s} - 8 \text{ m}^3/\text{s}$)

- Dimensionamento hidráulico

Trecho 1: galeria em concreto (TR=25 anos)



HIDROwin - Programa para cálculo hidráulico
Escoamento Uniforme

Dados de entrada

Vazão (m^3/s)	28
Coefficiente de Manning	0,018
Declividade (m/m)	0,005
Largura (m)	4

Resultados

Área molhada (m^2)	7,34
Coefficiente de Manning	0,018
Declividade (m/m)	0,005
Largura superficial (m)	4
Número de Froude	0,899
Profundidade do fluxo (m)	1,834945
Vazão (m^3/s)	28
Velocidade (m/s)	3,815

Quantitativos de Projeto por metro

Borda livre (m)	0,17
Profundidade (m)	2,0049
Área Superficial (m^2/m)	4
Área de Revestimento (m^2/m)	8,01
Volume de Corte (m^3/m)	8,02