

1 Introdução

Os cursos de água sempre representaram um papel importante no desenvolvimento das cidades, mas as intervenções tradicionais de canalização e retificação visando satisfazer apenas aspectos hidráulicos e sanitários têm trazido impactos negativos para o meio ambiente e a população.

Alternativas de intervenção que seguissem a premissa de inserção do curso de água na paisagem urbana, preservando ao máximo possível suas condições naturais, em substituição ao modelo tradicional de isolamento e supressão das águas superficiais, com vistas à contenção de inundações e estruturação do sistema viário e que têm se mostrado insatisfatórias tanto do ponto de vista hidrológico quanto ambiental, trariam benefícios significativos principalmente para as populações que residem nas proximidades do curso de água.

No presente trabalho aplicou-se uma metodologia para avaliação de intervenções que estão sendo feitas na revitalização do córrego Cascatinha, afluente do curso de água Engenho Nogueira, pela Prefeitura de Belo Horizonte através do Drenurbs, Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos fundos de vale dos córregos de leito natural da região.

A metodologia aplicada neste trabalho foi desenvolvida em uma dissertação de mestrado no Departamento de Engenharia Sanitária (DESA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), e baseia-se em uma avaliação qualitativa de impactos, com base em indicadores que integram aspectos hidrológicos, hidráulicos, ambientais, sanitários e sociais e é estruturada em quatro fases diferentes. A primeira delas consiste na delimitação e diagnóstico do trecho do curso de água a sofrer intervenção. A segunda fase é o desenvolvimento das alternativas de intervenção, baseada no diagnóstico previamente realizado e nos objetivos da intervenção. A terceira corresponde à avaliação das alternativas que será o resultado da pontuação de impactos de cada indicador multiplicada pelo seu respectivo peso. A última etapa é a comparação das alternativas através da análise de desempenho das soluções propostas, baseada em uma análise multicritério.

Foram utilizados mapas da bacia do Córrego Engenho Nogueira, fotos de satélite e fotografias tiradas em campo para delimitar e diagnosticar o trecho a ser avaliado, além de estudos feitos pelo programa Drenurbs.

Para a compreensão das intervenções adotadas pela prefeitura foram consultados alguns projetos básicos além de conversas com o responsável pela obra no trecho em estudo.

A região da Bacia a ser estudada foi selecionada, o trecho do córrego Cascatinha, nas proximidades do Parque de Lazer do Bairro Caiçara, cujas obras de revitalização nesse trecho foram finalizadas em Abril/2011.

2 Objetivos e Etapas Metodológicas

2.1 Objetivo Geral

Aplicar uma metodologia qualitativa, com base em indicadores que integram aspectos hidrológicos/ hidráulicos, ambientais, sanitários e sociais, para avaliar as obras de revitalização do córrego Cascatinha (afluente do curso de água Engenho Nogueira), nas proximidades do Parque de Lazer do Bairro Caiçara, realizadas pela prefeitura de Belo Horizonte através do programa Drenurbs.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o impacto dessas intervenções no Córrego Cascatinha e na população local;
- Verificar como a integração da metodologia a ser aplicada neste trabalho com o Método TRIZ (Teoria para a Resolução de Problemas Criativos), auxilia na proposição de variantes de uma dada alternativa, sendo uma ferramenta para a construção de novas possibilidades de intervenção em cursos de água.

2.2 Etapas Metodológicas

Para o alcance dos objetivos propostos, foram feitas as seguintes etapas metodológicas, conforme será detalhado ao longo da monografia:

- Revisão bibliográfica com base nos temas relacionados à canalização de cursos de água, preservação e técnicas de intervenção em rios e córregos, metodologias de análise multicritério;
- Com a ferramenta *Google maps* localizar os cursos de água na área de interesse e observar a ocupação do solo e o sistema viário nas proximidades;
- Obter o mapa da Bacia do Córrego Engenho Nogueira, além de estudos de diagnóstico ambiental e projetos de intervenção no curso de água Cascatinha, esses dados foram fornecidos pela prefeitura;
- Definir a área da Bacia do Córrego Engenho Nogueira a ser avaliada;
- Ir a campo para tirar fotos do local e conversar com o responsável pela obra para compreender o projeto de intervenção;

3 Revisão Bibliográfica

3.1 A Canalização de Cursos de Água

As premissas higienistas, que apareceram no século XIX, desencadearam um processo de canalização e retificação dos cursos de água em áreas urbanas (ver Figura 3.1 e 3.2), visando o controle de enchentes e de doenças de veiculação hídrica através da rápida evacuação das águas pluviais e servidas (BAPTISTA, 2005, *apud* CARDOSO, 2008, p. 13).



Figura 3.1: Canalização do Ribeirão Arrudas pelo processo Ravier em frente ao Parque Municipal em Belo Horizonte. Fonte: APM (Arquivo Público Mineiro). Foto: Gines Gea Ribera, 1926-1930.

Uma mudança da gestão da drenagem urbana foi proposta no início da década de 1960, com vistas a substituir o enfoque sanitário-higienista para um enfoque ambiental, devido aos conflitos da urbanização sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos e as limitações dos sistemas de drenagem tradicionais. Começaram a adotar soluções alternativas e complementares à evacuação rápida das águas pluviais, como obras de retenção e amortecimento de cheias, reservatórios de detenção e preservação de cursos de água (SILVEIRA, 2002, *apud* CARDOSO, 2008, p. 14).



Figura 3.2: Canalização do Arrudas já concluída em frente ao Parque Municipal em Belo Horizonte. Fonte: APM (Arquivo Público Mineiro). Foto: Gines Gea Ribera, 1926-1930.

Muitos do meio técnico concluíram que as características naturais dos rios, como vegetação marginal, meandros, leitos de inundação, dentre outras, contribuem positivamente para a estabilidade dos canais, de forma que tais características devem no mínimo ser levadas em conta nos projetos de intervenção (ver Figura 3.3), devido à importância das funções que elas desempenham (RILEY, 1998, *apud* CARDOSO, 2008, p. 14).

Em maio de 2008 foi inaugurado o Parque Nossa Senhora da Piedade, o parque foi idealizado como um equipamento com função simultânea de manejo de drenagem, lazer e preservação, proporcionando uma nova opção de lazer aos moradores do bairro Aarão Reis em Belo Horizonte. Os investimentos da parceria entre a Prefeitura e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) somaram R\$ 22,8 milhões, divididos entre as intervenções, a desapropriação de terrenos e a remoção de famílias (http://pt.wikipedia.org/wiki/Parque_Nossa_Senhora_da_Piedade).

O Parque Nossa Senhora da Piedade está localizado na região Norte de Belo Horizonte, possui 59.360 m² de área totalmente cercada. Sua criação se deu através do Programa Drenurbs (http://pt.wikipedia.org/wiki/Parque_Nossa_Senhora_da_Piedade).



Figura 3.3: Córrego Nossa Senhora da Piedade, em Belo Horizonte, revitalizado. Fonte: Projeto Manuelzão. Foto: Fundep/Drenurbs, 05/2008.

Observa-se que há uma tendência de incorporação de rios e córregos urbanos no processo de planejamento das cidades (WADE, 1998, *apud* CARDOSO, 2008, p. 14).

3.2 Contraposição entre canalização e preservação

Devido à necessidade de desenvolvimento urbano e a prevenção contra inundações, canalizaram-se muitos rios e córregos. No Brasil, predominam as intervenções em fundos de vale caracterizadas pela canalização dos cursos de água em estruturas de concreto. Sendo que grande parte dessas obras configuram-se como canais fechados, margeados em ambos os lados por interceptores de esgotos sanitários. Sobre os canais são executadas pistas para o trânsito de veículos, o que acaba desconfigurando por completo a paisagem natural. (ver Figura 3.4). Em outros casos, verifica-se a construção de avenidas sanitárias ao longo de canais abertos, mas também executados em estruturas de concreto ou outros materiais.



Figura 3.4: Canalização do Córrego do Leitão em Belo Horizonte. Sobre as manilhas foi aberta a Rua Bárbara Heliodora. Fonte: APM (Arquivo Público Mineiro). Foto: Gines Gea Ribera, 1931.

A abordagem tradicional de canalização altera a estrutura física do canal (por meio da mudança da sua forma, da alteração ou remoção dos leitos de inundação, da remoção da vegetação, etc.) e, como consequência, alteram as funções a ela associadas (zonas de sombra e de baixas velocidades, contenção de encostas, alimentação para os organismos aquáticos, etc.).

As alternativas de intervenção baseadas na canalização, retificação e mesmo supressão de cursos de água da paisagem urbana promovem um incremento da velocidade da água e dos picos de cheia, o que pode levar a sérios problemas de inundação. (ver Figura 3.5). Assim, as inundações decorrentes da incapacidade de operação plena e satisfatória desses sistemas mostram que a abordagem clássica da drenagem urbana sofre limitações e que é preciso a adoção de novas estratégias de planejamento e gestão capazes de apontar soluções para os problemas do setor.

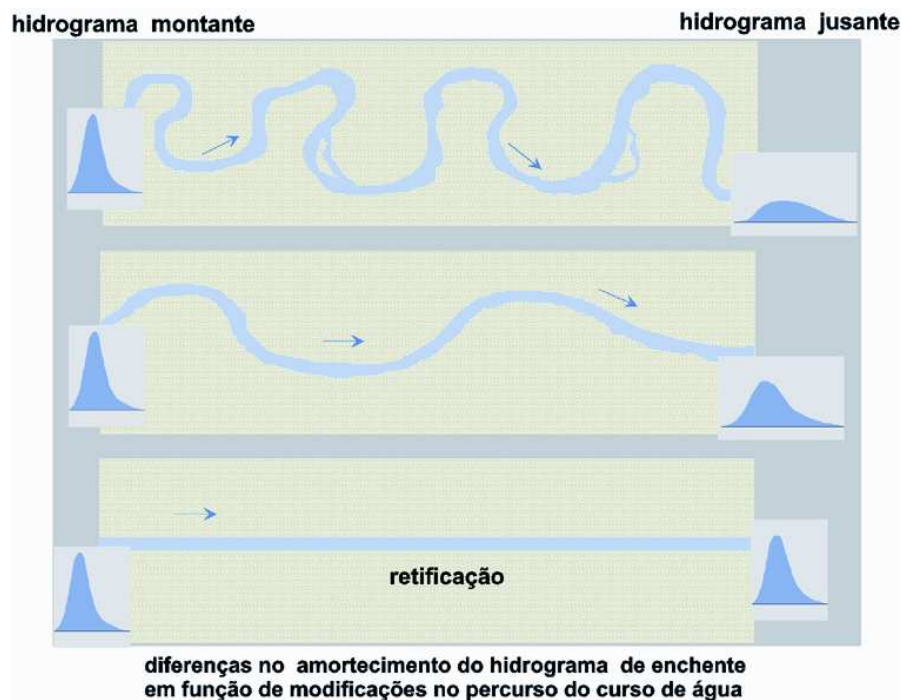


Figura 3.5: Efeito das intervenções tradicionais no hidrograma de enchente a jusante da obra. Fonte: Ferreira, 2007.

Nesse contexto, a adoção de tecnologias de intervenção que visem à preservação e à recuperação das condições naturais dos leitos dos cursos de água e o controle do uso das áreas inundáveis é uma alternativa que, além de propiciar benefícios hidrológicos e hidráulicos para a bacia hidrográfica, permite a revalorização e reinserção de rios e córregos como elementos paisagísticos do tecido urbano. Além disso, podem-se criar áreas públicas para lazer e recreação (parques lineares, pistas para ciclistas e pedestres, áreas verdes, entre outras), principalmente em áreas de baixa ocupação.

Mesmo em áreas densamente ocupadas podem ser feitos estudos que para conceber alternativas que não agridam o ambiente ou a população residente, evitando-se o total enclausuramento dos cursos de água que compõem o sistema de macrodrenagem.

Essas soluções que buscam manter na medida do possível as condições naturais dos leitos dos cursos de água, quando integradas aos sistemas de drenagem já existentes, podem amortecer os picos das vazões de cheia e aumentar o tempo de retenção das águas nos trechos de montante, minimizando os impactos a jusante da bacia.

Nesse contexto, POMPÊO, 2000, *apud* CARDOSO, 2008, p. 16. ressalta que o conceito de drenagem urbana deve estar associado à perspectiva de sustentabilidade, onde as ações são baseadas no

reconhecimento da complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade”. Conforme o mesmo autor, “a sustentabilidade aponta à reintegração da água no meio urbano, trabalhando junto ao ciclo hidrológico, observando os aspectos ecológicos, ambientais, paisagísticos e as oportunidades de lazer”.

Um exemplo bastante ilustrativo sobre a urbanização, mudança de paradigmas e aumento da consciência ecológica, traduzida em projetos de intervenção, é o caso do Rio Don, localizado em Toronto, Canadá. Situado em uma área altamente urbanizada, foi bastante degradado e suas águas poluídas pela rede fluvial. No baixo vale foram construídas vias rápidas de quatro pistas, uma linha ferroviária e torres de transmissão. (TALARICO, 2007). O impacto foi a perda de toda diversidade animal e vegetal desse curso de água, e o mesmo quase desapareceu da paisagem urbana. (ver Figura 3.6)

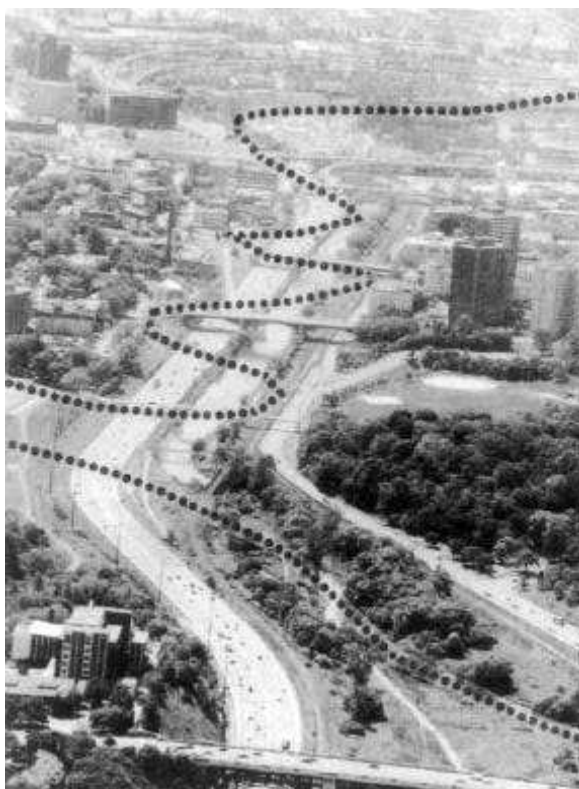


Figura 3.6: O traçado original do Rio Don em Toronto, no Canadá. Fonte: HOUGH, 1995, *apud* TALARICO, 2007, p. 6.

Em 1990, o Rio Don passou por um intenso trabalho de recuperação, com o reflorestamento de áreas adjacentes e a construção de parques ao seu redor com acesso através de escadas e pontes para conectar as margens. Nesse projeto foram aplicados os conceitos de sustentabilidade em uma estratégia que integra aspectos sociais, ambientais, econômicos e paisagísticos. (ver Figura 3.7)



Figura 3.7: Trilhas às margens do Rio Don, à esquerda. Fonte: TALARICO, 2007, p. 7. À direita, rio Don, em Toronto, Canadá, livre da poluição após intenso trabalho de revitalização. Fonte: Revista Cyan, 02/12/2010.

Outro benefício de optar pelas intervenções alternativas é a redução dos custos de implantação das obras do sistema de drenagem, tendo um ganho financeiro para a municipalidade, além dos ganhos sanitários e ambientais citados acima.

Portanto, os novos projetos de intervenção em cursos de água devem seguir a premissa da mudança da tendência tradicional de isolamento e supressão das águas superficiais da paisagem urbana, com conseqüente transferência dos problemas de enchente e poluição para jusante da bacia. Além disso, o planejamento do uso e da ocupação do solo urbano deve considerar as melhores alternativas de interferência no espaço, de forma a promover a melhoria da qualidade de vida da população e ganhos ambientais.

3.3 Técnicas de intervenção em cursos de água

Uma das principais causas de instabilidade das margens de um canal é a remoção da vegetação nativa ao longo do mesmo, permitindo a ocorrência de processos erosivos e com isso a concentração de sedimentos podendo levar a modificações significativas na configuração das seções e forma de rios e córregos.

A ação hidráulica sobre as margens se dá na forma de correntes, que arrastam o material constituinte e na forma de ondas, provocadas pelo próprio escoamento, vento, operação de estruturas hidráulicas ou pelo movimento das embarcações (Brighetti, 2001).

Nesse contexto, uma das alternativas de intervenção em cursos de água, que visa a sua renaturalização, se refere ao emprego de técnicas da engenharia ambiental, baseadas na utilização de plantas (vivas ou mortas) juntamente com materiais naturais ou sintéticos para a recomposição da cobertura vegetal, estabilização das margens e controle da erosão.

As formas de proteção geralmente utilizadas contra a ação hidráulica são classificadas em dois grupos, os revestimentos ou proteções diretas ou contínuas e os diques e espigões, também chamados de proteções indiretas ou descontínuas.

A seguir serão citados os principais tipos de proteção de margens (ver tabela 3.0 e 3.1) e mais à frente alguns tipos serão discutidos e ilustrados.

| Proteção | Direta ou Contínua | Indireta ou Descontínua |
|-------------------------|---|--|
| Método | Apoiadas ou executadas diretamente no talude das margens | Obras construídas a certa distância das margens para desviar as correntes e provocar a decantação de material sólido transportado pela água. |
| Principais Obras | Redução do ângulo dos taludes, revestimento das margens com pedregulhos, cascalhos, pedras britadas, vegetação, revestimento asfáltico, enrocamento com pedras lançadas, gabiões, mantas e muros. | Espigões e Diques. |

Tabela 3.0: Classificação das proteções. Fonte: Brighetti, 2001

| | | | |
|--|---------------------|----------------------------------|--|
| Revestimentos (Proteções Contínuas) | Flexíveis | Enrocamento | Laçado |
| | | | Arrumado |
| | | Colchões | Gabião Manta |
| | | | Elementos de Concreto Articulado |
| | | | Elementos de Madeira |
| | | Enrocamento Sintético | Elementos Plásticos |
| | | | Bolsas de Concreto |
| | | | Bolsas de Solo-cimento |
| | | | Bolsas de Argamassa |
| | | Vegetação | Blocos pré-fabricados |
| | | | Gramíneas |
| | | Gabiões | Plantas Semi-Aquáticas |
| | Caixa | | |
| | Outras | Saco | |
| | | Pneus Usados | |
| | Rígidos | Concreto | Troncos de Árvore lançados |
| | | | Painéis Armados |
| | | | Gabiões Revestidos |
| | | | Muros de Gravidade |
| | | | Painéis Pré-moldados |
| Blocos pré-fabricados | | | |
| Enrocamento | | Paredes Diafragma | |
| | | Argamassado | |
| Pedra | | Com Injeção de Consolidação | |
| | | Argamassada/ Alvenaria de Pedras | |
| Cercas | Madeira | | |
| | Metálicas | | |
| Diques ou Espigões (Proteções Descontínuas) | Flexíveis | Enrocamento | Laçado |
| | | | Enrocamento com pilares de concreto ou madeira |
| | | Enrocamento Sintético | Bolsas de concreto, solo-cimento e argamassa |
| | Blocos Pré-moldados | | |
| | Rígidos | Concreto | Muros de Gravidade |
| | | | Muros de Concreto Armado |

Tabela 3.1: Principais tipos de Proteção. Fonte: Brighetti, 2001

Uma boa técnica de combate à erosão é o plantio de galhos de árvores, troncos, ramos e gramíneas devido ao desenvolvimento de raízes e o crescimento das plantas promoverem uma maior proteção do solo. Na maior parte dos casos, esses materiais são provenientes de locais muito próximos aos cursos de água, fator que favorece a redução de custos com transporte e do empreendimento de uma forma geral.

Em seguida serão mostradas algumas técnicas de recuperação de margens usualmente empregadas pela engenharia ambiental - o plantio de vegetação e a utilização de mantas e rochas - de acordo com o manual Stream Corridor Restoration, produzido pelo Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group (FISRWG), nos EUA. É importante salientar que o sucesso do processo de recuperação será função da escolha adequada da técnica a ser utilizada, o que exige a realização de uma análise criteriosa das condições existentes no local, como tipo de solo, vegetação, velocidade da água e disponibilidade de materiais, dentre outras.

▪ Plantio de vegetação e Técnicas associadas

Caracteriza-se pelo plantio de brotos ou vegetação que, ao criarem raízes, estabilizam o talude através da consolidação das partículas do solo, prevenindo a perda de finos. É uma técnica de baixo custo e elevado valor estético, uma vez que permite que os cursos de água se apresentem o mais próximo possível do natural. (ver figuras 3.8 e 3.9).

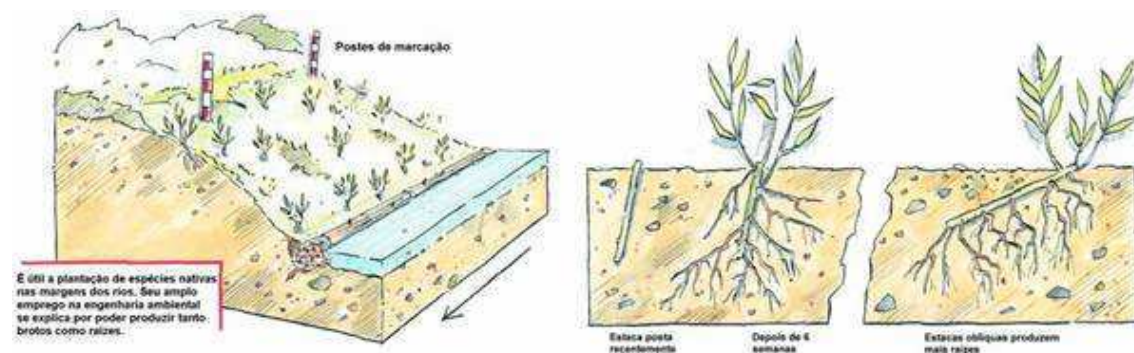


Figura 3.8: – Desenho esquemático de plantio de brotos junto às margens (Fonte: SELLES, 2001, *apud* CARDOSO, 2008, p. 25).



Figura 3.9: Proteção de margens com revestimento vegetal. Fonte: BRIEGTTI, 2001.

A principal limitação do uso de revestimento vegetal para o controle de erosões e proteção das margens é a capacidade de suportar baixas velocidades de escoamento e à manutenção. Segundo PEREIRA, 2008, apud CARDOSO, 2008, p. 26, o crescimento desordenado das plantas pode prejudicar o funcionamento hidráulico do canal devido ao aumento da rugosidade, sendo importante atentar para alguns aspectos hidráulicos como a resistência causada ao escoamento e os valores de distribuição de velocidades.

Outra alternativa é a disposição de um arranjo de rochas ao pé de taludes que permite a estabilização das margens. Esta técnica deve ser aplicada onde a base do talude está sendo erodida, assim previne a remoção de material e permite o desenvolvimento de vegetação.

Um caso interessante emprega troncos de árvores com raízes aparentes juntamente com as pedras, verificando-se uma redução da velocidade da água e a proteção das margens do canal contra processos erosivos (ver figura 3.10).

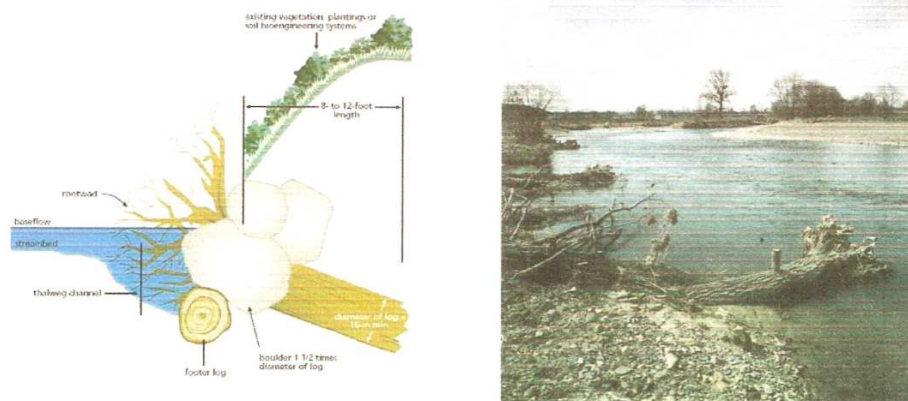


Figura 3.10: Proteção das margens com pedras e troncos de árvores .Fonte: SELLES, 2001, *apud* CARDOSO, 2008, p. 27).

Pode-se empregar telas e mantas (ver figura 3.11) associadas ao plantio de vegetação, essa associação de técnicas feita de maneira correta acelera a recuperação da vegetação ripária. As margens assim reforçadas apresentam uma maior resistência aos processos erosivos causados pela força das correntes.



Figura 3.11: Terramesh (tela vegetal) utilizada para a contenção de taludes no córrego Baleares - Belo Horizonte/ MG . Foto: RODRIGO FRANÇA, *apud* CARDOSO, 2008, p. 27).

A proteção das margens também podem ser feitas com o emprego de pedras: gabiões e enrocamentos, como será ilustrado a seguir.

- Gabiões

Um dos revestimentos mais comum, que consistem em estruturas em grades metálicas preenchidas com pedras. Podem ser empregados dois tipos distintos de gabiões: tipo manta ou colchão e tipo caixa (Figura 3.12).

Os taludes admissíveis com gabiões manta são compatíveis associados ao solo adjacente, visto que os gabiões não exercem função estrutural, enquanto que para os do tipo caixa pode-se prever taludes com inclinações mais significativas, até mesmo verticais.

No tocante a essa solução, cabe ainda ressaltar o benefício de integração da estrutura à paisagem local e a possibilidade de desenvolvimento da flora e fauna aquáticas. Entretanto cuidados devem ser tomados quanto à manutenção, tendo em vista a possibilidade de retenção de resíduos sólidos e o crescimento desordenado de vegetação.



Figura 3.12: Gabiões utilizados para a contenção de encostas do córrego Mergulhão, Belo Horizonte/ MG .Foto: RODRIGO FRANÇA, 2008, *apud* CARDOSO, 2008, p. 29).

- Enrocamentos

Os enrocamentos baseiam-se no simples revestimento de taludes com pedras lançadas ou arrumadas, com dimensões compatíveis com as velocidades de escoamento.

A estabilidade desse tipo de revestimento é função de diversos fatores: velocidade de escoamento, as condições de turbulência do fluxo, as propriedades físicas das rochas utilizadas, etc.. O enrocamento também pode ser projetado para promover a proteção do fundo de rios e córregos, sendo capaz de resistir ao ataque de ondas e fortes correntes, inclusive com elevados níveis de turbulência (Figura 3.13).



Figura 3.13: Exemplos de aplicação de enrocamentos. Fonte: Brighetti, 2001.

Segundo PEREIRA, 2008, *apud* CARDOSO, 2008, p. 30, essa técnica caracteriza-se como uma das mais versáteis, podendo ser especificada para uma larga faixa de vazões e condições do solo.

É importante salientar que a escolha da alternativa de intervenção entre as possibilidades mostradas anteriormente (ver Tabela 3.1), dependem de diversos aspectos; a definição da seção e escolha de material de revestimento pode ser muito complexa, impactando de forma significativa no custo da obra. No processo de concepção do canal devem ser levados em conta os seguintes fatores:

- Hidráulicos: vazões de projeto, velocidades de funcionamento, lâminas d'água, etc.;
- Tecnológicos e operacionais: topografia local, faixa disponível para implantação, disponibilidade de materiais, equipamentos, mão-de-obra, área para bota fora, possibilidade e facilidade para manutenção, etc.;
- Ambientais: impacto das obras e serviços, tanto no que diz respeito aos aspectos ecológicos e de qualidade da água, como da própria inserção ambiental, em função da ocupação das áreas adjacentes, paisagismo, etc.;
- Sociais: inserção do sistema viário, possibilidade de recreação e lazer, etc..

Com isso, percebe-se que a análise hidráulica insere-se em um contexto bastante amplo e multidisciplinar, assumindo uma posição de maior ou menor importância conforme cada caso específico em estudo. (Baptista, 2009)

3.4 Análise multicritério

Na avaliação de alternativas de projeto não se deve levar em conta apenas critérios técnicos ou econômicos. Devem-se considerar, também, questões políticas, sociais e ambientais, além de outras relevantes ao processo de decisão.

Devido a isso se percebe que o processo decisório envolve diversos aspectos, a escolha por determinada solução torna-se complexa. Na maioria dos casos, a melhoria de um determinado aspecto pode resultar na piora de outro, o que gera uma situação de conflito na etapa de decisão.

Existem muitos métodos para avaliação de alternativas, mas não há um consenso entre os especialistas sobre quais seriam os mais adequados para cada caso. Há uma linha de métodos que se baseiam em critério único, que consistem na avaliação de alternativas a partir da comparação de apenas um critério a um

valor máximo desejado e, portanto, quanto mais próximo desse valor, melhor é a alternativa.

Por outro lado, as análises multicritério permitem que diversos critérios não mensuráveis na mesma unidade sejam avaliados. Nesse contexto, torna-se interessante a sua adoção para avaliação de alternativas, visto que múltiplos critérios são considerados na análise das soluções.

Assim, dentre os vários métodos de avaliação existentes, as análises multicritério permitem a agregação de diversos aspectos considerados relevantes na comparação de alternativas. Segundo Harada e Cordeiro Netto, 1999, *apud* CARDOSO, 2008, a principal vantagem desses métodos está na possibilidade de quantificação e avaliação de múltiplos critérios, o que não seria possível nas análises de critério único (custo-efetividade, custo-benefício e risco-benefício, por exemplo).

Neste tipo de análise, há um conjunto ótimo de soluções que atende de formas diferenciadas aos vários critérios envolvidos na análise, tal conjunto é chamado conjunto Pareto ótimo, onde a melhora de um critério implica, necessariamente, a piora de outro.

Entretanto, as necessidades de um vasto número de informações para avaliação de cada alternativa e a subjetividade inerente ao processo apresentam-se como as principais desvantagens desse tipo de análise.

Como o presente trabalho pretende avaliar intervenções feitas em um curso de água, seguindo uma abordagem ambientalmente mais integrada que a visão tradicional estritamente técnica, optou-se pela aplicação de uma metodologia de análise multicritério, em que as variáveis ambiental, sanitária, hidrológica/ hidráulica e social foram consideradas importantes. Ainda assim sabe-se que existem outros fatores importantes na etapa de decisão, como os custos relativos à implantação e manutenção das soluções e que as avaliações a serem realizadas visam estudo de trechos de cursos de água, não considerando a bacia como unidade de estudo (dada a complexidade dos levantamentos e análises necessários para uma avaliação mais abrangente e global).

3.5 Construção de soluções criativas

Um dos enfoques da monografia é mostrar que a metodologia aplicada para avaliação de alternativas, também pode ser uma ferramenta na construção de soluções criativas para resolver problemas que surgem na concepção do projeto, como será

mostrado no próximo item. Além disso, existem vários métodos para geração de idéias criativas e ferramentas para desenvolvimento de produtos, processos, serviços e projetos que atendam requisitos de qualidade, custo e tempo de desenvolvimento de forma mais satisfatória que as soluções convencionais.

É importante salientar que tais métodos não substituem a habilidade, conhecimento, motivação, criatividade, experiência e talento do projetista ou pensador, mas os potencializam na busca de soluções.

Uma metodologia que vem sendo bastante usada atualmente em praticamente todas as áreas do conhecimento: Educação, Química, Ciências Sociais, e na área industrial por equipes de físicos e engenheiros de grandes empresas como a Ford, Procter e Gamble e 3M é o método chamado TRIZ, sigla para as palavras russas que, em português, significam Teoria para a Resolução de Problemas Criativos, (LOPES, J. DE ALMEIDA, R. L. e ARAÚJO-MOREIRA, F. M., 2005) e foi desenvolvida inicialmente pelo cientista russo Genrich Altshuller e seus colaboradores ainda na década de 50.

Os Conceitos fundamentais da TRIZ são idealidade, contradição e recursos.

A idealidade de um sistema técnico (ST) é a razão entre o número de funções desejadas e o número de funções indesejadas que o sistema executa. O próprio ST é compreendido pela TRIZ, como um "preço" pago pela execução de funções desejadas por seus usuários. O usuário e a sociedade "pagam" o custo financeiro do ST, seu desenvolvimento, sua utilização e manutenção, sua produção e descarte. À medida que o ST se aproxima da idealidade, esse "preço" pago é menor. A partir do conceito de idealidade, é definido o RFI (Resultado Final Ideal), como sendo uma solução à qual se pretende alcançar, arbitrária e mais próxima do ideal que a solução atual (Carvalho, M. A. e Back, N. 2001).

Contradições são requisitos conflitantes para um dado ST. A busca de solução da contradição consiste em não procurar evitá-la, mas resolvê-la criativamente.

Os recursos de um sistema podem ser definidos como quaisquer elementos do sistema ou das cercanias que ainda não foram utilizados para a execução de funções úteis no sistema. Há casos em que a simples identificação de recursos não aproveitados em um sistema leva a soluções inventivas. Os recursos podem ser classificados em: internos, externos, naturais, sistêmicos,

funcionais, espaciais, temporais, de campo, de substância, de informação. Por exemplo, o aproveitamento de resíduos liberados num processo como insumo para outro processo, numa utilização de recursos de substância.

Tanto a solução de contradições como o uso de recursos torna o sistema mais próximo do ideal.

Em associação com esses conceitos, empregam-se princípios inventivos (PIs), que são heurísticas, ou sugestões de possíveis soluções para um determinado problema. Esses princípios foram obtidos a partir da generalização e agrupamento de soluções repetidamente utilizadas na criação, desenvolvimento e melhoria de sistemas técnicos de diferentes áreas. Esse trabalho foi feito a partir da análise de uma grande quantidade de patentes. A seguir serão mostrados o uso de alguns PIs na resolução de contradições e busca da idealidade:

Exemplo 1 - Durante a decolagem e aterrissagem de um avião, suas asas precisam ser grandes para lhe garantir estabilidade. Porém, durante o voo, asas grandes aumentam o atrito com o ar e diminuem a velocidade do avião. A solução de compromisso, asas de tamanho médio, não é revolucionária. É preciso que o avião tenha asas grandes durante a decolagem e aterrissagem e asas pequenas durante o voo. A contradição se resolve adicionando asas que são expandidas na decolagem e aterrissagem e recolhidas durante o voo (**PI: Separar os requerimentos no tempo**).

Exemplo 2 - Para fechar determinado medicamento dentro de uma ampola de vidro deve-se aplicar calor de forma a fundir o vidro. Porém, o mesmo calor pode prejudicar a composição química do medicamento. A contradição se resolve aplicando o calor unicamente no extremo superior e colocando a parte inferior da ampola, onde fica o medicamento, imersa num líquido refrigerante como a água. (**PI: Separar os requerimentos no espaço**).

Um dos procedimentos de solução TRIZ consiste em: primeiro, identificar seu problema específico; em seguida, descobrir o problema TRIZ correspondente e as soluções gerais TRIZ; finalmente, as soluções gerais auxiliam na busca da solução específica desejada (ver figura 3.14).

Uma grande massa de informação disponível pode dificultar a busca de soluções ou não garantir que esta avance na direção correta. O método TRIZ organiza a tradução de um problema específico num problema abstrato e propõe o uso de padrões e princípios gerais que são relevantes para esse tipo de problema.

Como a solução do problema se produz no nível conceitual, o espaço de procura (representado simbolicamente pela área do triângulo) é consideravelmente menor.

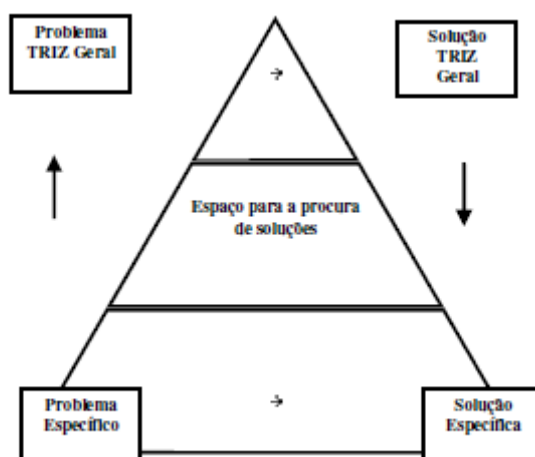


Figura 3.14: Metodologia de solução de problemas usando TRIZ. A solução do problema no nível conceitual reduz o espaço de busca. Fonte: Carvalho, M. A. e Back, N. 2001.

A seguir serão resolvidos dois problemas aparentemente distintos através da idéia discutida acima.

Exemplo 3 - Como proteger o casco de uma embarcação que desliza na superfície da água do efeito da cavitação? A cavitação é a formação de bolhas de vapor dentro de um líquido em regiões de pressões baixas, produzidas quando o líquido é acelerado a altas velocidades. A cavitação é um efeito indesejado nesta situação porque a explosão das bolhas de ar produz a corrosão do casco da embarcação.

Exemplo 4: Como proteger as plantações de laranjas da invasão de abelhas?

Na perspectiva do método TRIZ os dois problemas são similares. Nos dois casos existem dois componentes interagindo negativamente (problema geral TRIZ). No exemplo 3 é água com o casco da embarcação, no exemplo 4 são as laranjas com as abelhas.

Para este tipo de problema o método TRIZ recomenda introduzir um novo componente entre os dois existentes. O novo componente deve ser preferencialmente uma modificação de algum dos já presentes, utilização dos recursos do ST ou cercanias, (solução geral TRIZ). A palavra “modificação” deve ser compreendida em

sentido amplo. Pode significar uma mudança de estado de agregação, de cor, estrutura etc..

Com estas informações pode-se tentar encontrar uma solução para os problemas específicos propostos. Uma “modificação” para a água pode ser o gelo! Refrigerando o chão da embarcação a água em contato com o casco vai formar uma camada de gelo. Agora o efeito da cavitação vai danificar a camada de gelo e não o casco e, mantendo a refrigeração, a camada de gelo é refeita constantemente. Uma modificação para laranja pode ser limão! As abelhas não gostam de limão. Por isso, a plantação de laranja pode ser cercada com limoeiros.

Para finalizar a exposição do método TRIZ, abaixo serão ilustrados mais alguns PIS para soluções de alguns problemas. Ao todo são 40 princípios e é a ferramenta mais utilizada por esse método.

- **Princípio 2 : Remoção ou Extração**

Separe a parte ou propriedade de um objeto que interfira num efeito positivo. Isole a única parte ou propriedade útil de um objeto.

Exemplo 5 - Você acha que os latidos dos cachorros assustam os ladrões, mas não gosta de limpar as fezes deles? Algumas empresas já vendem alarmes que, quando ativados, reproduzem gravações de latidos de cachorros.

- **Princípio 21: Aceleração**

Realize um processo (operações destrutivas ou com efeitos prejudiciais) rapidamente.

Exemplo 6 - Os vendedores de batatas matam as bactérias que residem na sua superfície (sem cozer as batatas) fazendo-as passar durante um brevíssimo instante por uma chama com uma temperatura muito alta. Isto mata as bactérias na superfície, mas não permite que o calor se propague no interior e cozinhe as batatas.

Mais a frente será aplicada alguns desses princípios e conceitos na busca de alternativas de intervenção não convencionais no trecho do córrego Cascatinha em estudo e compará-las com a alternativa adotada pela prefeitura, aplicando a metodologia de análise multicritério citada anteriormente.

4 Definição da Região da Bacia do Córrego Engenho Nogueira a ser estudada e Diagnóstico das condições do Curso de Água nessa área

4.1 Diagnóstico e análise das condições do curso de água

As condições Córrego Engenho Nogueira na região em estudo (Figura 4.1) são precárias principalmente nos aspectos da qualidade da água e erosão nas margens. Nessa região existem áreas com vegetação original, apresentando além de arbustos e gramíneas, árvores de maior porte, além de um parque de lazer que preserva espécies nativas.

Implementação de sistema de drenagem, estabilização de margens, controle de erosões, complementação de sistema viário e implantação de áreas sociais fazem parte do projeto Drenurbs na Bacia em estudo. Além disso, foi inaugurada em 10 de dezembro de 2010, a Bacia de Detenção de Cheias do Córrego Engenho Nogueira, situada no Anel Rodoviário (BR 262), próximo ao cruzamento da Avenida Presidente Carlos Luz.



Figura 4.1: Condições do córrego Engenho Nogueira, maio/2010, próximo a BR 262. Fonte: Projeto Manuelzão: II Seminário Internacional sobre Revitalizações de Rios.

No início de 2011, a condição em grande parte dos córregos da Bacia em estudo pode ser representada pela figura 4.2 abaixo.



Figura 4.2: Representação esquemática da situação diagnosticada na região em estudo do córrego Engenho Nogueira. Fonte: Diagnóstico Sanitário e Ambiental da Bacia Elementar do Córrego Engenho Nogueira. Tomo I.



Figura 4.3: Córrego Engenho Nogueira próximo a BR 262. Foto: Guilherme Póvoa, Abril/ 2011.

O mapa abaixo (Figura 4.3) mostra a região da bacia do Córrego Engenho Nogueira sob análise. O Córrego em estudo é o

4.2 Localização e Condições antes da intervenção no trecho em estudo

O mapa 4.3 acima mostra o córrego Cascatinha e dois pontos que ocorrem encontro de cursos de água, a montante um afluente vindo do alto Caiçara, canalizado, que ao entrar no Parque de Lazer do Caiçara (ver Figura 4.4) fica em leito aberto e logo após sair do Parque encontra-se com o Cascatinha. O ponto mais a Jusante representa o encontro do Engenho Nogueira que segue ao longo da BR 262 com o Cascatinha (ver figura 4.5 e 4.6). Em abril/2011, após esse marco o Córrego foi totalmente canalizado para complementação de vias de trânsito.



Legenda

0 - Início do trecho do Córrego Cascatinha sob análise.

1 - Encontro do Córrego Cascatinha com afluente vindo do Alto Caiçara.

Figura 4.5: Início do trecho do Córrego Cascatinha sob análise. Abril, 2011. Fonte: *Google Maps*.



Legenda

2 - Encontro do Córrego Engenho Nogueira com o Cascatinha.

Figura 4.6: Trecho do Córrego Engenho Nogueira ao longo da BR-262, próximo ao anel rodoviário, Dezembro, 2009. Fonte: *Google Maps*.



Figura 4.7: Encontro do Córrego Engenho Nogueira com o Cascatinha (Ponto 2, acima), abril/2011. Foto: Guilherme Póvoa.

Verifica-se tanto nas figuras acima quanto na figura 4.7 abaixo que existe uma vegetação arbórea significativa nas margens direita e esquerda do Córrego Cascatinha, mas a qualidade da água é precária, interceptores e redes coletoras de esgoto foram

implantadas em final de março/2011; além disso, há bastante erosão e assoreamento nesse curso de água.



Legenda:

 - Margem direita do Córrego Cascatinha com vegetação arbórea e herbácea.

Figura 4.8: Trecho do Córrego Cascatinha entre os pontos 1 e 2, Dezembro, 2009. Fonte: *Google maps*.

4.3 Formulação do problema de intervenção no Córrego Cascatinha

Os objetivos da intervenção é eliminar o lançamento de esgotos no Córrego Cascatinha e revitalizar o curso de água seguindo a premissa de tentar preservar o máximo possível as condições originais da vegetação, seção e sinuosidade, além de eliminar problemas de erosão nos taludes, no local não há registros de inundação.

Verifica-se que existe contradição entre objetivos propostos, não é possível abrir vias de trânsito ou implantar interceptores sem

afetar a vegetação ao longo do córrego. Além disso, eventuais desapropriações podem ser necessárias.

A idealidade seria a integração do Córrego como elemento da paisagem urbana utilizando recursos do próprio sistema, com o mínimo de impacto negativo na população local.

A seguir será aplicada a metodologia de avaliação das alternativas, inicia-se descrevendo a intervenção adotada pela prefeitura.

5 Aplicação de Metodologia para Avaliação de Alternativas de Intervenção em Cursos de Água

5.1 Aplicação de Metodologia para Avaliação da intervenção adotada no trecho do Córrego Cascatinha sob análise

Como descrito na introdução, à metodologia baseia-se na avaliação de impactos hidrológicos/ hidráulicos, ambientais, sanitários e sociais de forma qualitativa através do preenchimento de tabelas (ver tabelas a seguir). O analista avalia cada indicador dando uma nota que varia na faixa de -2 a 2, sendo o sinal negativo representando um impacto negativo em relação à condição de referência (valor 0), situação diagnosticada no local. O autor dessa monografia fez o papel de analista das intervenções, criou duas soluções alternativas e deu as notas para cada indicador.

Ao final da análise a alternativa adotada, intervenção prefeitura, será avaliada em conjunto com as alternativas hipotética e desejada, criadas para efeito de comparação (Avaliação Global das Alternativas). Nesta etapa, a nota relativa a cada indicador será multiplicada pelo respectivo peso e tais produtos serão somados para se chegar a uma nota final, sendo que a soma dos pesos dos indicadores é 100. Esse procedimento será ilustrado no item 6.

5.1.1 Alternativa Adotada

Essa alternativa consiste em eliminar o lançamento clandestino de esgoto no Córrego Cascatinha, programa Caça Esgotos da Copasa, e realizar melhorias na rede existente a montante do Parque de Lazer do Caiçara, principalmente garantindo o sistema separador absoluto (rede coletora de esgoto separada dos coletores de águas pluviais) além de combater o assoreamento e executar uma via de trânsito na margem direita do curso de água.

O trecho sob análise inicia-se no marco 0 (ver figura 4.4), a montante desse ponto o córrego está canalizado e fechado e a jusante do mesmo o curso de água foi mantido aberto com enrocamentos. Em sua margem direita foi aberta e pavimentada uma pista de rolamento, para executar a via, evitando desapropriações, foi necessário alguma movimentação de terra e desvio do córrego, um passeio para caminhada acompanha a nova pista. Após o ponto 2 (ver figura 4.5), o córrego foi canalizado e fechado.

A seguir algumas fotos da obra em andamento e após o término da mesma.



Figura 5.1: Obra em andamento, junho/2010. O Trecho com manilhas será uma pista de rolamento e a jusante, observa-se a abertura da via na margem direita do Cascatinha e início do mesmo em leito aberto. Foto: Guilherme Póvoa.



Figura 5.2: Obra em andamento, junho/2010. Início do Córrego Cascatinha em leito aberto e abertura de via na margem direita do mesmo. Foto: Guilherme Póvoa.



Figura 5.3: Obra acabada, abril/2011. Verifica-se a pista pavimentada na margem direita do Córrego Cascatinha e o mesmo em leito aberto com enrocamento. Foto: Guilherme Póvoa.

A figura 5.4 abaixo mostra parte do trecho à jusante do ponto 1, quando comparada com a figura 4.7, evidencia o impacto da intervenção adotada na margem direita do Córrego Cascatinha, praticamente toda a vegetação dessa margem foi eliminada, para a abertura da via de trânsito, através de conversas com moradores, verificou-se que apenas uma casa foi desapropriada, a prefeitura optou em desviar o córrego visando evitar mais desapropriações.



Figura 5.4: Obra Acabada, abril/ 2011. Parte do trecho em estudo a jusante do ponto 1. Foto: Guilherme Póvoa.



Figura 5.5: Encontro do córrego vindo do alto Caiçara com o Cascatinha (Ponto 1). Abril/2011. Foto: Guilherme Póvoa

Observa-se na figura 5.6 abaixo que provavelmente será necessária a aplicação de Terramesh (tela vegetal), ver figura 3.1, ou outra forma de revestimento para estabilização do talude.



Figura 5.6: Córrego Cascatinha desviado para abertura de via de trânsito na margem direita, Abril/2011. Foto: Guilherme Póvoa.

Tabela 5.1: Análise de Impactos Alternativa Adotada

| Impacto | Indicador | Comentários a respeito da adoção da alternativa adotada em relação a cada indicador | Nota |
|--------------------------|-----------------------|--|-------------|
| No curso de água | Forma | Manutenção da sinuosidade do canal | 0 |
| | Seção | Manutenção da seção aberta do córrego, reconfiguração e lançamento de enrocamentos nas margens para estabilização e dar ao curso de água um aspecto mais próximo do natural, com o passar do tempo há formação de vegetação no leito. | 1,5 |
| Hidrologico / hidráulico | Vulnerabilidade | Manutenção do quadro diagnóstico. (Não há registros de inundação no local) | 0 |
| | Vazões | Não são previstos impactos nas vazões de jusante. | 0 |
| Ambiental | Erosão e Assoreamento | Adequada conformação dos taludes e utilização de enrocamento e mantas vegetais visando o restabelecimento das condições de equilíbrio do curso de água em relação aos processos de erosão e assoreamento. | 2 |
| | Habitats | Com a melhoria da qualidade da água do córrego e manutenção do mesmo em leito aberto com emprego de pedras em suas margens, cria-se condições propícias e ambientes para recuperação de espécies aquáticas. Mas não foi feito plantio de vegetação. | 1 |
| | Áreas Verdes | Algumas árvores foram mantidas entre o córrego e a nova pista de trânsito na margem direita do mesmo, mas a maior parte da vegetação desse lado do curso de água foi retirada. | -1,8 |
| | Paisagem | Manutenção do leito natural do canal, emprego de revestimento nas margens (pedras) que proporcionaram ao córrego um aspecto próximo ao natural, possibilitando uma maior integração desse elemento ao seu entorno, além de melhoria da qualidade da água e eliminação de odor desagradável devido ao lançamento de esgotos. | 1,3 |
| Sanitário | Insetos | Combate às condições e ambientes propícios ao desenvolvimento dessas espécies, como o dessasoreamento do curso de água. | 0,8 |
| | Equipamentos | Não foi instalado equipamentos, apenas uma calçada margeando a nova pista de rolamento a jusante do ponto 1(ver figura 5.4). | 0,4 |
| Social | Remoção | Apenas uma casa foi desapropriada na margem direita do Córrego, segundo os próprios moradores do local. | -0,2 |
| | Valorização | Melhoria significativa das condições existentes no local. | 1,5 |

5.1.2 Alternativa Hipotética

A alternativa hipotética consiste em uma variação da intervenção adotada pela prefeitura, o diferencial seria o plantio de espécies nativas entre o curso de água e a nova pista de rolamento.

Próximo ao trecho sob intervenção está o Parque de Lazer do Caiçara, que foi revitalizado em julho/2010 com adequação dos espaços para garantir acessibilidade aos portadores de deficiência, construção de nova portaria com guarita e de uma área de conveniência, próxima à quadra, com bancos, abrigo e equipamentos de ginástica, (ver figuras 5.6) além de ter sido feito o tratamento paisagístico das margens do córrego que passa no parque e se encontra a jusante com o Cascatinha (ver figura 4.4).

Com uma área de 12446 m², o parque é protegido por uma vegetação de mata ciliar com espécies nativas como açoita-cavalo, cedro, ingá, jequitibá e louro pardo. A fauna é composta por aves como bico-de-lacre, pica-pau, rolinha, sabiá e pequenos mamíferos: micos e gambás.



Figura 5.7: Acima, nova portaria do Parque de Lazer do Caiçara e Abaixo, menino se divertindo nos equipamentos do parque, Abril, 2011. Foto: Guilherme Póvoa.

Algumas das espécies nativas encontradas no Parque poderiam ser plantadas nas margens do trecho sob intervenção, com a maior diversidade de habitats provavelmente haveria atração de aves e pequenos animais para o local.

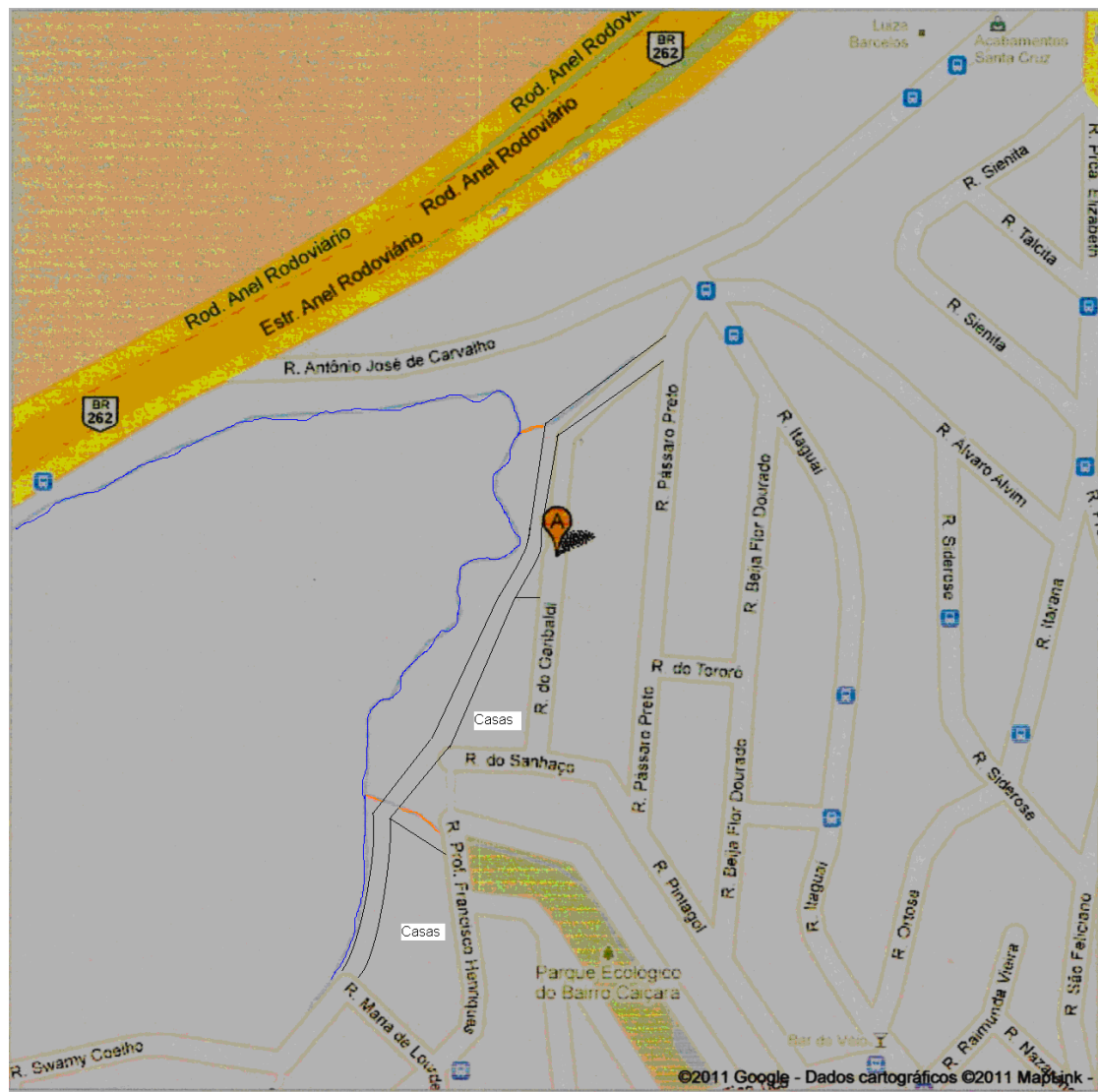
O efeito do plantio de espécies nativas se traduz no aumento da pontuação dos indicadores: Habitats, Áreas verdes e Paisagem, em relação à alternativa adotada (Ver tabela 5.2 abaixo).

Tabela 5.2: Análise de Impactos Alternativa Hipotética

| Impacto | Indicador | Comentários a respeito da adoção da alternativa adotada em relação a cada indicador | Nota |
|--------------------------|-----------------------|--|------|
| No curso de água | Forma | Manutenção da sinuosidade do canal | 0 |
| | Seção | Manutenção da seção aberta do córrego, reconfiguração e lançamento de enrocamentos nas margens para estabilização e dar ao curso de água um aspecto mais próximo do natural, com o passar do tempo há formação de vegetação no leito. | 1,5 |
| Hidrologico / hidráulico | Vulnerabilidade | Manutenção do quadro diagnóstico. (Não há registros de inundação no local) | 0 |
| | Vazões | Não são previstos impactos nas vazões de jusante. | 0 |
| Ambiental | Erosão e Assoreamento | Adequada conformação dos taludes e utilização de enrocamento e mantas vegetais visando o restabelecimento das condições de equilíbrio do curso de água em relação aos processos de erosão e assoreamento. | 2 |
| | Habitats | Com a melhoria da qualidade da água do córrego e manutenção do mesmo em leito aberto com emprego de pedras em suas margens, cria-se condições propícias e ambientes para recuperação de espécies aquáticas. O Plantio de espécies nativas, mesmo que em uma faixa estreita, provavelmente atrairia aves e pequenos mamíferos como micos, enriquecendo o ecossistema local. | 1,5 |
| | Áreas Verdes | Maior parte da vegetação arbórea e herbácea foi retirada para a abertura da via de trânsito, mas algumas árvores foram mantidas e algumas espécies nativas seriam plantadas. | -1 |
| | Paisagem | Manutenção do leito natural do canal, emprego de revestimento nas margens (pedras) que proporcionaram ao córrego um aspecto próximo ao natural, possibilitando uma maior integração desse elemento ao seu entorno, além de melhoria da qualidade da água e eliminação de odor desagradável através do Programa Caça esgotos da Copasa. O plantio de espécies nativas aproximaria mais o trecho de suas condições originais e traria um efeito positivo na paisagem. | 1,5 |
| Sanitário | Insetos | Combate às condições e ambientes propícios ao desenvolvimento dessas espécies, como o dessasoreamento do curso de água. | 0,8 |
| | Equipamentos | Não foi instalado equipamentos, apenas uma calçada margeando a nova pista de rolamento a jusante do ponto 1(ver figura 5.4). | 0,4 |
| Social | Remoção | Apenas uma casa foi desapropriada na margem direita do Córrego, segundo os próprios moradores do local. | -0,2 |
| | Valorização | Melhoria significativa das condições existentes no local. | 1,6 |

5.1.3 Alternativa Desejável

Ao se observar o mapa da região em estudo, compreende-se a decisão da prefeitura de abrir uma via de trânsito, margeando o Córrego Cascatinha, para um acesso mais direto à Rua Antônio José de Carvalho (ver Figura 5.7 abaixo).



Legenda

- Curso de água canalizado
- Curso de água em leito aberto
- Pista de rolamento executada na Intervenção Adotada

A Rua do Garibaldi – Rua sem saída.

Figura 5.8: Mapa do local nas proximidades do Parque de Lazer do Caiçara e nova rua executada pela prefeitura. Fonte: *Google maps*.

Seguindo a premissa de mínima intervenção no curso de água e concomitantemente complementar o sistema de tráfego do local, projetou-se a alternativa desejada, (Figura 5.8 abaixo) que consiste na abertura da via de trânsito até o curso de água proveniente do Parque, far-se-ia uma pequena ponte ligando a nova pista à Rua do Sanhaço e a jusante ligar-se-ia a Rua do Garibaldi a Rua do Pássaro Preto. Com isso abrir-se-ia um corredor, sem desmatar a vegetação nativa existente na margem direita do córrego Cascatinha.

Além disso, uma passarela ligaria o Parque à nova área de Preservação, novos equipamentos poderiam ser instalados e trilhas para caminhada seriam abertas.

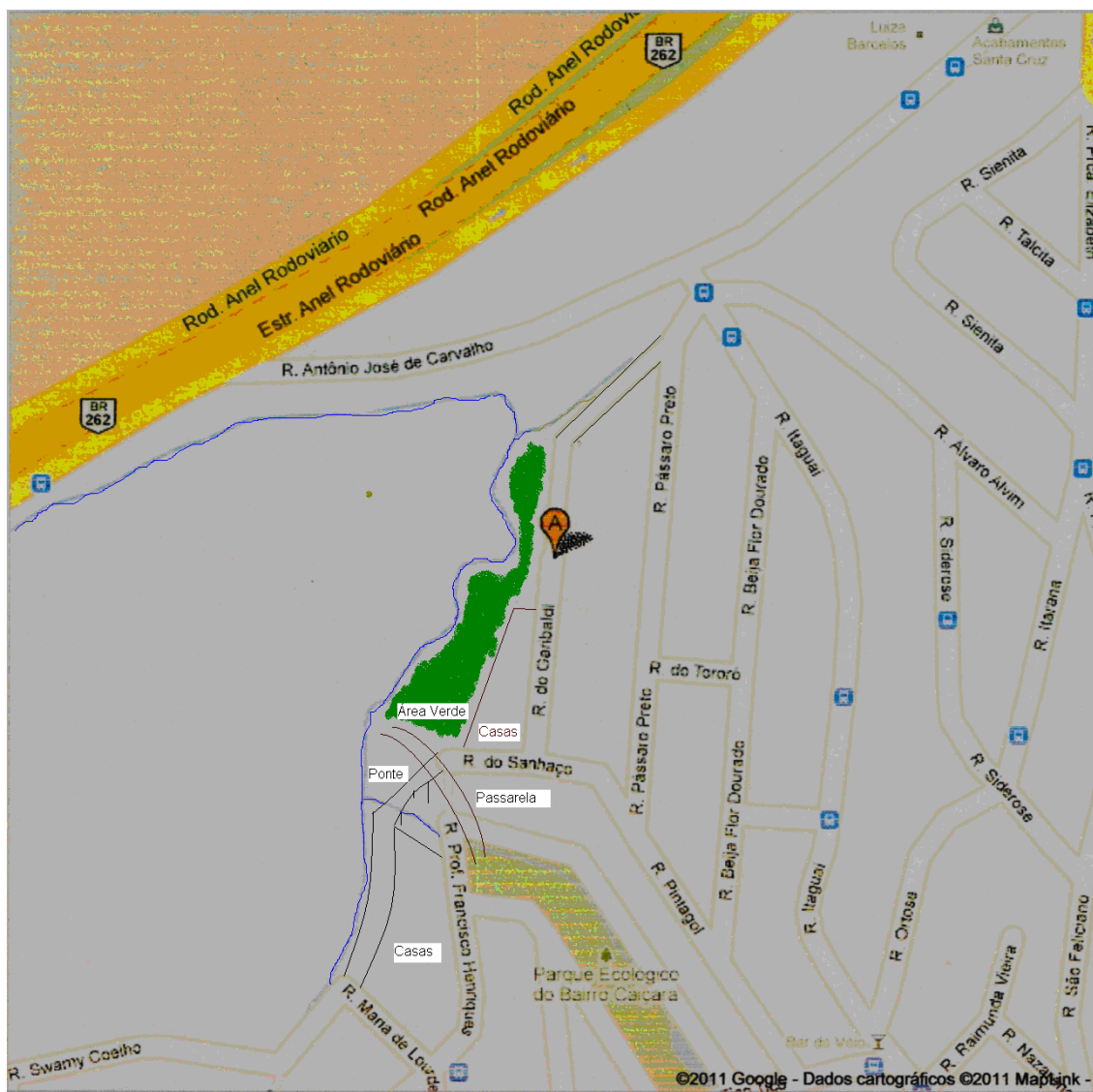


Figura 5.9: Representação da Alternativa Desejada. Fonte: Próprio Autor.

Abaixo tabela de impactos da alternativa desejada.

Tabela 5.3: Análise de Impactos da Alternativa Desejável

| Impacto | Indicador | Comentários a respeito da adoção da alternativa adotada em relação a cada indicador | Nota |
|--------------------------|-----------------------|---|-------------|
| No curso de água | Forma | Manutenção da sinuosidade do canal | 0 |
| | Seção | Manutenção da seção aberta do córrego, reconfiguração e lançamento de enrocamentos nas margens para estabilização e dar ao curso de água um aspecto mais próximo do natural, com o passar do tempo há formação de vegetação no leito. | 1,5 |
| Hidrologico / hidráulico | Vulnerabilidade | Manutenção do quadro diagnóstico. (Não há registros de inundação no local) | 0 |
| | Vazões | Não são previstos impactos nas vazões de jusante. | 0 |
| Ambiental | Erosão e Assoreamento | Adequada conformação dos taludes e utilização de enrocamento e mantas vegetais visando o restabelecimento das condições de equilíbrio do curso de água em relação aos processos de erosão e assoreamento. | 2 |
| | Habitats | Com a melhoria da qualidade da água do córrego e manutenção do mesmo em leito aberto com emprego de pedras em suas margens, cria-se condições propícias e ambientes para recuperação de espécies aquáticas. Ao se preservar a vegetação na margem direita do córrego, mantem-se a diversidade de espécies vegetais do local, o que atrairia pequenos animais como os encontrados no Parque de Lazer do Caiçara. | 2 |
| | Áreas Verdes | Preservação da vegetação na margem direita do córrego, o que estaria de acordo com a premissa de mínima intervenção no curso de água, sendo possível compatibilizar nesse caso, o respeito ao meio ambiente, melhoria do sistema de tráfego, serviços de saneamento básico e disposição de espaços de lazer para a comunidade (ver Figura 5.8). | 2 |
| Sanitário | Paisagem | Manutenção do leito natural do canal, emprego de revestimento nas margens (pedras) que proporcionaram ao córrego um aspecto próximo ao natural, possibilitando uma maior integração desse elemento ao seu entorno, além de melhoria da qualidade da água e eliminação de odor desagradável através do Programa Caça Esgoto Copasa. A preservação já citada traria ao local um ambiente cada vez mais raro de contemplação e lazer no Bairro Caiçara, expandindo os limites do Parque já existente. | 2 |
| | Insetos | Combate às condições e ambientes propícios ao desenvolvimento dessas espécies, como o dessasoreamento do curso de água. | 0,8 |

Continuação da Tabela 5.3: Análise de Impactos da Alternativa Desejável

| Impacto | Indicador | Comentários a respeito da adoção da alternativa adotada em relação a cada indicador | Nota |
|----------------|------------------|--|-------------|
| Social | Equipamentos | Na nova área de preservação, novos equipamentos para lazer poderiam ser instalados e trilhas para caminhadas seriam abertas, com a passarela (ver figura 5.8), o espaço de lazer no bairro aumentaria bastante, o Parque do Caiçara tem apenas 12446 m ² . | 2 |
| | Remoção | Apenas uma casa foi desapropriada na margem direita do córrego, segundo os próprios moradores do local. | -0,2 |
| | Valorização | A área verde margeando o curso de água conectada ao parque através da passarela, o novo corredor permitindo o acesso mais direto entre os pontos extremos do bairro e a revitalização do córrego Cascatinha valorizariam bastante o local. | 2 |

No próximo item serão comparadas as alternativas adotadas e hipotéticas com a alternativa desejável.

6 Avaliação Global das Alternativas

Na tabela 6.1 abaixo, pode-se verificar a pontuação da análise qualitativa de impactos de cada um dos indicadores e o resultado da sua multiplicação pelo seu respectivo peso, resultando em três totais, relativos às alternativas: adotada, hipotética e desejável.

Observa-se que a pontuação geral da alternativa adotada é positiva (48,04), mas possui a pontuação mais baixa das alternativas, hipotética (56,34) e desejada (99,61). Segundo a metodologia aplicada todas as intervenções gerariam impactos positivos no trecho em estudo em relação à situação previamente diagnosticada, sendo que a alternativa desejada foi mais eficiente na solução das contradições do problema e na busca da idealidade, estando mais alinhada a premissa de manter as condições naturais do curso de água o quanto for possível no processo de expansão das cidades.

Uma crítica à metodologia que pode ser feita é a falta de indicadores associados à qualidade da água. Condições ruins nesse quesito inviabilizam a vida aquática no curso de água e criam odores bastante desagradáveis para a comunidade no entorno do córrego.

A subjetividade inerente ao processo de dar a nota para cada indicador pode ser minimizado com discussões com colegas e estabelecimento de alguns critérios de análise.

Tabela 6.1 Pontuação das Alternativas de Intervenção

| Impactos | Indicador | Peso | Alternativa | | | | | |
|-------------------------------|---|------|---------------|---------|------------|---------------|----------|--------------|
| | | | Adotada | | Hipotética | | Desejada | |
| | | | Nota | Produto | Nota | Produto | Nota | Produto |
| No curso de água | Forma/ sinuosidade (planta) | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Leito e margens (seção) | 9,5 | 1,5 | 14,25 | 1,5 | 14,25 | 1,5 | 14,25 |
| Hidroológicos/ hidráulicos | Condições de vulnerabilidade e inundações no local | 14,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Impacto sobre as vazões de jusante | 11,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Processos de erosão e assoreamento | 9 | 2 | 18 | 2 | 18 | 2 | 18 |
| Ambientais | Diversidade de habitats | 5,3 | 1 | 5,3 | 1,5 | 7,95 | 2 | 10,6 |
| | Áreas verdes adjacentes ao corpo de água | 6,5 | -1,8 | -11,7 | -1 | -6,5 | 2 | 13 |
| | Impacto paisagístico | 5,2 | 1,3 | 6,76 | 1,5 | 6,76 | 2 | 10,4 |
| Sanitários | Proliferação de insetos | 8 | 0,8 | 6,4 | 0,8 | 6,4 | 0,8 | 6,4 |
| | Áreas e equipamentos de lazer | 9,8 | 0,4 | 3,92 | 0,4 | 3,92 | 2 | 19,6 |
| Sociais | Desapropriação, remoção e reassentamento da população | 8,2 | -0,2 | -1,64 | -0,2 | -1,64 | -0,2 | -1,64 |
| | Valorização financeira da área | 4,5 | 1,5 | 6,75 | 1,6 | 7,2 | 2 | 9 |
| Total | | | +48,04 | | | +56,34 | | 99,61 |

7 Considerações Finais

Observa-se que os objetivos propostos do trabalho foram alcançados, foi definida uma área da Bacia do Córrego Engenho Nogueira para se avaliar as intervenções que estão sendo realizadas pela Prefeitura de Belo Horizonte através do Programa Drenurbs, sendo que entre as muitas obras em andamento foi escolhida a revitalização do córrego Cascatinha, no trecho próximo ao Parque de Lazer do Caiçara. Nessa intervenção o contexto, tendências e técnicas discutidas ao longo da monografia se mostraram pertinentes na análise desse caso. Tal avaliação foi feita através da aplicação de uma metodologia de análise multicritério desenvolvida em uma dissertação de mestrado no Departamento de Engenharia Sanitária da UFMG.

Sabe-se que a metodologia empregada nesse estudo não abrange todas as variáveis envolvidas na avaliação de alternativas de intervenção, e que os usos de modelos quantitativos hidráulicos e hidrológicos são necessários na grande maioria dos casos e principalmente onde o risco de inundação é alto.

Apesar disso, a integração da metodologia com o Método Triz se mostrou satisfatória tanto na fase de construção de alternativas de intervenção; os indicadores servem como guia para a síntese de intervenções que integrem elementos distintos, e auxilia na proposição de variantes da alternativa convencional; quanto na etapa de avaliação das alternativas selecionadas, através do método de avaliação global com notas e pesos para cada indicador, auxiliando na comparação e tomada de decisão da melhor alternativa a ser implementada, segundo a premissa de integração do curso de água como elemento da paisagem urbana, o quanto for possível, principalmente nos novos projetos de expansão do sistema viário, de drenagem e de ocupação do espaço urbano.

8 Referências Bibliográficas

BAPTISTA, M. Hidráulica Aplicada a Sistemas de Drenagem Urbana. Outubro de 2009.

BELO HORIZONTE Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Estrutura Urbana. Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos De Vale Dos Córregos em Leito Natural. Diagnóstico Sanitário e Ambiental da Bacia Elementar do Córrego Engenho Nogueira. Tomo I- Textos e Mapas

BELO HORIZONTE Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Estrutura Urbana. Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos De Vale Dos Córregos em Leito Natural. Estudos de Viabilidade Técnica, Ambiental e Social – Tomo I

BRIGHETTI, G. Estabilidade e Proteção de Margens. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Abril, 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.

CARVALHO, M.A.; BACK, N. Uso dos conceitos fundamentais da triz e do método dos princípios inventivos no desenvolvimento de produtos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3., 2001

FERREIRA, LUCIANA SCHWANDNER. Projeto urbano com base em critérios ambientais: Barra Funda. Trabalho final de graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2007.

GINES GEA RIBERA, Canalização do Rio Arrudas pelo Processo Ravier. Foto inserida no dossiê Saneamento Básico da Cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, sob a guarda do APM (Arquivo Público Mineiro), 1926-1930.

LOPES, J., DE ALMEIDA, R. L. e ARAÚJO-MOREIRA, F. M., TRIZ: Criatividade como uma ciência exata?. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 2, p. 205 - 209, (2005)

PARQUE NOSSA SENHORA DA PIEDADE. Disponível em:
http://pt.wikipedia.org/wiki/Parque_Nossa_Senhora_da_Piedade
Acessado em novembro de 2012.

PROJETO MANUELZÃO UFMG: Revitalização de Cursos de
Água. Disponível em:
<http://www.manuelzao.ufmg.br/sobre_o_projeto/posicionamento/revitalizacao>
Acessado em setembro de 2012.

PROJETO MANUELZÃO UFMG: Mapa Bacia do córrego Engenho
Nogueira e Pedro II. Área de atuação do núcleo integrado
Cascatinha. Disponível em:
<http://www.manuelzao.ufmg.br/assets/files/Textos%20mobilizacao/Cascatinha2.pdf>.
Acessado em setembro de 2012.

PROJETO MANUELZÃO UFMG: II Seminário Internacional sobre
Revitalização de Rios. Recuperação Ambiental de Bacias
Hidrográficas: A Experiência de Belo Horizonte, maio/2010.
Disponível em:
<<http://www.manuelzao.ufmg.br/assets/files/Seminario-Internacional/Dia%2012.05/Ricardo%20Aroeira%201.pdf>>
Acessado em novembro de 2010.

REVISTA CYAN: Rios e cidades: uma convivência possível,
02/12/2010. Disponível em:
<http://www.movimentocyan.com.br/home/revista-cyan/temas/cultura/2010/02/12/rios-e-cidades-uma-convivencia-possivel>.
Acessado em setembro 2012.

TALARICO, ALETHA; ARAÚJO, MICHELE *ET AL.* Universidade de São
Paulo, Escola Politécnica, PHD 2537 – Água em Ambiente Urbano
- 1º Sem /2007. Reabilitação de Ambientes Urbanos situados às
Margens de Corpos d'água.