

## IV-219 - RESTAURAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA URBANOS: ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO OLHOS D'ÁGUA EM BELO HORIZONTE - MG

### **Gabriela Rodrigues Barroso<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

### **Josiani Cordova de Oliveira<sup>(2)</sup>**

Engenheira Agrônoma e mestre em Engenharia Florestal pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), estudante de doutorado no Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

### **Bárbara Marques Sales<sup>(3)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos na mesma universidade.

### **Guilherme Abreu Souza<sup>(4)</sup>**

Graduado em Engenharia Ambiental e mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Analista Fiscal e de Regulação Econômico-Financeira na Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário de Minas Gerais (ARSAE-MG).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Felicidade, 68 - Caiçara - Belo Horizonte - MG - CEP: 30770-090 - Brasil - Tel: +55 (31) 98825-6576 - e-mail: [gabriela\\_r\\_barroso@hotmail.com](mailto:gabriela_r_barroso@hotmail.com)

### **RESUMO**

Apesar do fato de nas grandes cidades os rios terem sido utilizados para a dissolução dos esgotos e lançamentos de resíduos, e as várzeas e demais áreas frágeis terem sido intensamente ocupadas pela população mais carente criando graves situações de risco a saúde pública, vem crescendo a consciência sobre os riscos que a degradação ambiental representa para a própria sobrevivência humana. Nesse contexto, ocorre uma mudança de paradigma onde o ambiente natural é encarado como um aliado para o alcance da comodidade urbana, surgindo assim novos conceitos, dentre eles o de restauração fluvial, que tem como objetivo recriar um sistema próximo ao natural e autorregulado, ecologicamente integrado com a paisagem. Nesse sentido, este trabalho visa propor medidas de restauração para o córrego Olhos D'Água, um dos tributários diretos do reservatório urbano da Pampulha, localizado na área urbana do município de Belo Horizonte - MG, utilizando como base um processo decisório multicritério. Para isso, foram considerados os objetivos da intervenção, o diagnóstico fluvial, ambiental e urbano da área de estudo, a concepção de alternativas e a análise de sua viabilidade, impacto, custos e atendimento aos objetivos, buscando se embasar em critérios técnicos e socioeconômicos de acordo com as particularidades da região. Especificamente, o trabalho objetivou propor medidas de restauração para o córrego Olhos D'Água, visando a integração do curso d'água à paisagem (integração urbanística/paisagística), de forma a possibilitar uma melhoria da qualidade de vida da população da área de entorno, revertendo o quadro atual de descuido e abandono do mesmo. Os resultados mostraram que bacia do córrego Olhos D'Água reflete o resultado de causa e consequência da urbanização desordenada. O curso d'água, parte canalizado e parte em leito natural, se encontra degradado, como resultado da ausência de infraestrutura e planejamento do uso do solo. A partir do diagnóstico realizado e da análise multicritério foi possível selecionar duas alternativas que se mostraram mais adequadas para a realidade estudada, sendo aconselhado o envolvimento da população para a escolha da solução a ser empregada. Assim, conclui-se que a restauração de córregos urbanos representa um grande desafio às políticas públicas, ao planejamento urbano e à ciência, devido a diversidade de contextos em que os mesmos estão inseridos e aos diversos interesses envolvidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cursos de água urbanos, intervenções, restauração de rios, restauração fluvial.

## INTRODUÇÃO

A história entre as cidades e seus rios é marcada por episódios de aproximação e antagonismo (BAPTISTA e CARDOSO, 2013). Com poucas exceções, as cidades drenaram suas várzeas e ocuparam de forma desordenada os fundos de vale e as orlas fluviais. Nas metrópoles dos países, os rios foram utilizados para a dissolução dos esgotos, e as várzeas e demais áreas frágeis, desvalorizadas pelo mercado formal, foram intensamente ocupadas pela população mais carente, criando graves situações de risco a saúde pública (TRAVASSOS, 2010). Entretanto, essa relação de alheamento entre as cidades e seus rios vem mudando pouco a pouco, a medida que cresce a consciência sobre os riscos que a degradação ambiental representa para a própria sobrevivência humana. Nesse contexto, ocorre uma mudança de paradigma, na qual há um triunfo da tecnologia sobre a natureza, e o ambiente natural é encarado como um aliado para o alcance da comodidade urbana (REYNOSO *et al.*, 2010).

Assim, surgem novos conceitos com o intuito de auxiliar nesse processo de reinserção. Um deles é o de restauração fluvial, que tem como objetivo recriar um sistema próximo ao natural e autorregulado, ecologicamente integrado com a paisagem. Na maioria das vezes, para atingir esse objetivo é preciso seguir alguns passos, tais como a reconstrução das condições físicas; ajuste químico do solo e da água; e manipulação biológica, incluindo a reintrodução de espécies da flora e fauna nativas (USEPA, 2000). Ou seja, pode-se dizer que a restauração de rios consiste em uma gama de ações e medidas projetadas para permitir a recuperação do equilíbrio dinâmico e do funcionamento de cursos de água, visando a melhoria e autossustentabilidade das suas funções geomorfológicas, hidrológicas, ecológicas, físico-químicas, entre outras. Portanto, é um processo holístico que não pode ser alcançado pela manipulação isolada de elementos.

Diante desse contexto, propõem-se trabalhar com o córrego Olhos D'Água, o qual é um dos tributários diretos do reservatório urbano da Pampulha, localizado na área urbana do município de Belo Horizonte - MG. O Conjunto Moderno da Pampulha conquistou, em 17 de julho de 2016, o título de Patrimônio Mundial da Humanidade, conquista que trouxe consigo responsabilidades, dentre elas a despoluição da Lagoa da Pampulha. Nesse sentido, este trabalho visa propor medidas de restauração para o córrego Olhos D'Água, utilizando como base um processo decisório multicriterial. Esse processo considera os seguintes pontos: os objetivos da intervenção, o diagnóstico fluvial, ambiental e urbano da área de estudo, a concepção de alternativas e a análise de sua viabilidade, impacto, custos e atendimento aos objetivos, visto que, não há um procedimento padrão para todas as situações, devendo ser consideradas as particularidades técnicas e socioeconômicas de cada região. Portanto, o objetivo deste trabalho é propor medidas de restauração para o córrego Olhos D'Água, visando a integração do curso d'água à paisagem (integração urbanística/paisagística), de forma a possibilitar uma melhoria da qualidade de vida da população da área de entorno, promovendo oportunidades de recreação, práticas esportivas e de lazer, junto ao trecho natural do córrego, revertendo o quadro atual de descuido e abandono.

## METODOLOGIA

### DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O córrego Olhos D'Água é um dos tributários diretos do reservatório urbano da Pampulha, localizado na cidade de Belo Horizonte - MG. A sub-bacia do córrego Olhos D'Água está inserida na bacia da Pampulha, que por sua vez está inserida na bacia do ribeirão Onça, inserida na bacia do rio das Velhas, integrando a macro bacia do rio São Francisco.

A bacia do córrego Olhos D'Água possui uma área de aproximadamente 2,82 km<sup>2</sup>, com extensão total aproximada de 2,96 km, estando o córrego parte canalizado (aproximadamente 1,99 km) e parte em leito natural (0,97 km).

O clima predominante da região, de acordo com a classificação Cwa de Köppen, é o Tropical de Altitude, com invernos secos e verões úmidos. A estação seca se estende entre os meses de abril a setembro, enquanto a estação chuvosa se distribui entre outubro a março. Sua formação geológica é composta por rochas do Complexo Belo Horizonte (granitognaissicas), com solo areno-argiloso pouco coeso, o que confere ao mesmo alta suscetibilidade à erosão (FRIESE *et al.*, 2010). Já sua vegetação original é característica da transição entre o cerrado e a mata tropical (BEATO *et al.*, 2003).

O enquadramento considerado para o córrego Olhos D'Água é o mesmo referente aos corpos d'água das sub-bacias da Pampulha, Classe 2 (IGAM, 2014; PONTES *et al.*, 2012), visto que, o enquadramento próprio para este curso d'água não foi implantado.

## ETAPAS PARA A REALIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi composto por três etapas: diagnóstico; concepção de alternativas e análise global de alternativas. A etapa do diagnóstico foi dividida em duas partes, sendo a primeira delas voltada para o levantamento das condições fluviais e ambientais do córrego e a segunda para o levantamento das características urbanas da área de estudo.

- **Diagnóstico**

Para a realização do diagnóstico ambiental e fluvial mais detalhado dos trechos do córrego, utilizou-se a metodologia empregada por Cardoso (2012) e o Índice para Avaliação da Qualidade Hidrogeomorfológica de Sistemas Fluviais (IHG) utilizado por Ollero (2009), de forma a possibilitar o cruzamento de informações das duas metodologias e encontrar uma classificação mais adequada, que refletisse o real grau de degradação de cada trecho e conseqüentemente da sua qualidade em relação aos aspectos fluviais e ambientais.

A metodologia empregada por Cardoso (2012) divide-se em dois estágios. O primeiro consiste no levantamento de dados em campo e outras fontes de consulta para o preenchimento de uma ficha com informações sobre o curso d'água quanto as suas características físicas, funcionais e ambientais. O segundo estágio abarca a avaliação do nível de degradação fluvial e ambiental do trecho do curso de água, a partir da comparação do seu estado atual com uma condição de referência natural, por meio do uso de indicadores. Tais indicadores são definidos com base em duas vertentes de análise; fluvial e ambiental, relacionando os seguintes aspectos: integridade morfológica, regime hidrológico, seção transversal, desenvolvimento longitudinal, diversidade de habitats, qualidade da água e áreas verdes adjacentes. Para cada indicador é atribuída uma pontuação dentro de uma escala de degradação que varia de Ausente a Muito alta.

Já a metodologia de aplicação do IHG (OLLERO, 2009) é dada pela combinação de 3 índices que são valorados a partir de 9 parâmetros: naturalidade do regime de fluxo, disponibilidade e mobilidade de sedimentos, funcionalidade da planície de inundação, naturalidade do traçado da morfologia em planta, continuidade e naturalidade do leito e dos processos longitudinais e verticais, naturalidade das margens e da mobilidade lateral, continuidade longitudinal, largura da zona ripária e estrutura, naturalidade e conectividade transversal. Para cada um dos parâmetros citados, atribui-se pontos de 0 a 10, sendo o valor de 10 pontos para a situação natural e à medida que se observam impactos e pressões, vão sendo subtraídos pontos, até chegar a zero, na pior situação. Feita essa avaliação, soma-se o valor obtido para cada um dos parâmetros, obtendo um valor total, permitindo uma avaliação geral da qualidade hidrogeomorfológica do curso d'água, variando em uma escala de Muito boa (75 a 90 pontos) a Muito ruim (0 a 20 pontos).

O diagnóstico do meio urbano foi realizado com base no Mapa de Zoneamento do município de Belo Horizonte (PBH, 2014), nas Áreas de Diretrizes Especiais (ADE) da Bacia Hidrográfica da Pampulha, bem como em imagens atualizadas do *Google Earth* para realizar a sobreposição e a verificação do uso e ocupação do solo.

Ressalta-se que, para a realização das análises, o curso d'água foi previamente dividido em quatro trechos homogêneos (Figura 1), sendo que para a proposição de alternativas foi considerado apenas o Trecho 2 uma vez que este está próximo a ocupação Dandara, tida como Área de Especial Interesse Social e também, pelo fato do córrego estar em leito natural, facilitando a aplicação de medidas com viés paisagístico e de lazer, conforme o objetivo de intervenção proposto.



**Figura 1: Imagem do satélite *Google Earth* da área de estudo com a subdivisão do córrego Olhos D'Água em quatro trechos.**

Visando um melhor entendimento das condições de escoamento ao longo do Trecho 2, foram realizadas análises hidrológicas e hidráulicas, visto que, segundo informações da PBH (2009), apenas a parte do córrego Olhos D'Água em canal fechado está sujeita a risco de inundação crítica, enquanto a parte do leito natural possui risco de inundação normal. A análise hidrológica da bacia do referido córrego delimitada da nascente ao exutório do Trecho 2 foi baseada na metodologia desenvolvida pelo *Soil Conservation Service* (SCS) dos Estados Unidos da América. Os cálculos hidráulicos do canal foram realizados com o uso do software SisCCoH - desenvolvido e disponibilizado pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG - adotando-se as hipóteses de escoamento permanente e uniforme.

Levando em conta que para a concepção de alternativas de intervenção é importante considerar os anseios da população da área de entorno, foram realizadas entrevistas semiestruturadas, com os moradores da região. Para tanto, foram utilizadas como base as considerações de Manzini (1991) e Minayo (2006), visando obter informações de forma espontânea e fluída, além de permitir a emergência de novas informações. Para a análise dos dados, empregou-se a técnica de análise de conteúdo, organizada em torno de três polos: a pré-análise; a exploração do material; e, por fim, o tratamento dos resultados com a inferência e a interpretação (BARDIN, 2009). As entrevistas tiveram duração total de cerca 45 minutos, resultando em 21 páginas de transcrição. Os códigos e categorias criados foram agregados em quatro grandes temas de análise: características do entrevistado; informações sanitárias; relação com o curso d'água e; proposição de solução.

- **Concepção de alternativas**

Para a concepção de alternativas de intervenção, a partir do diagnóstico e do objetivo de intervenção proposto, realizou-se buscas na literatura sobre técnicas de intervenções em cursos d'água. Nesse sentido, foram propostas quatro alternativas de intervenção consideradas ideais com o uso de técnicas de bioengenharia, e mais uma alternativa hipotética com o uso de obras tradicionais de engenharia, sendo esta considerada não-ideal para o presente estudo, apenas para fins de comparação, totalizando assim cinco alternativas de intervenção.

- **Análise global de alternativas**

Por fim, para análise global das alternativas foram avaliados três critérios conforme a metodologia proposta por Cardoso (2012) e Cardoso (2008), sendo eles: o grau de atendimento aos objetivos da intervenção; o impacto das alternativas em relação a aspectos de ordem ambiental, social, sanitário, hidrológico, hidráulico, entre outros; e os custos de implantação e manutenção. Tais análises foram feitas por meio do uso de indicadores, de forma a permitir uma base única de comparação das alternativas, proporcionando, assim, maior segurança na escolha das alternativas de intervenção.



## RESULTADOS OBTIDOS

### DIAGNÓSTICO

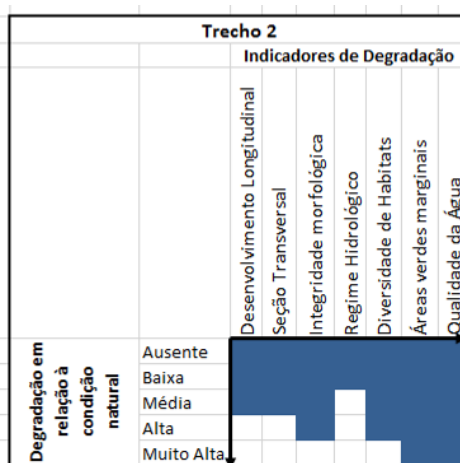
- **Diagnóstico ambiental e fluvial**

Conforme explicado anteriormente, os resultados expostos nesse artigo referem-se apenas ao Trecho 2 do córrego Olhos D'Água. Este trecho possui uma extensão aproximada de 240 metros, largura média de 1,5 metros e profundidade média de 2 metros, com seção não revestida. Em campo, foi possível verificar a ocorrência de vegetação esparsa nas margens do córrego (Figura 2a) e a presença de focos de erosão (Figura 2b). Ao longo do trecho também ocorre a deposição de resíduos sólidos e o aterramento de resíduos de construção civil próximo as margens (Figura 2b), além do lançamento clandestino de efluentes.



**Figura 2: Vegetação ciliar esparsa nas margens (a) e focos de erosão, deposição de resíduos (b) ao longo do Trecho 2 do córrego Olhos D'Água.**

O resultado para as condições fluviais e ambientais do referido trecho, de acordo com a metodologia de Cardoso é apresentado na Figura 3. Observa-se que os indicadores que mais contribuíram para sua degradação foram qualidade da água e áreas verdes marginais, indicando uma degradação Muito alta em relação à condição natural.



**Figura 3: Resultado para as condições fluviais e ambientais do Trecho 2 de acordo com a metodologia de Cardoso.**

Com a aplicação da metodologia do IHG obteve-se as seguintes pontuações:

1. Naturalidade do regime de fluxo = 6;
2. Disponibilidade e mobilidade de sedimentos = 4;
3. Funcionalidade da planície de inundação = 4;
4. Naturalidade do traçado da morfologia em planta = 6;
5. Continuidade e naturalidade do leito e dos processos longitudinais e verticais = 4;
6. Naturalidade das margens e da mobilidade lateral = 6;

7. Continuidade longitudinal = 2;
8. Largura da zona ripária = 2;
9. Estrutura, naturalidade e conectividade transversal = 2.

O somatório dos pontos resultantes da avaliação de cada parâmetro foi igual a 36, indicando uma qualidade hidrogeomorfológica do curso d'água deficiente para o trecho em estudo.

#### • Diagnóstico do meio urbano

O uso e ocupação do solo na área de estudo é predominantemente residencial, com padrões de ocupação médios e altos com exceção das ocupações irregulares presentes, incluindo a Ocupação Dandara (ALMEIDA *et al.*, 2010). De acordo com o Mapa de Zoneamento do município de Belo Horizonte (PBH, 2014), definido segundo a Lei nº 7.166/1996, a região da bacia do córrego Olhos D'Água engloba seis zonas distintas (ZP 2 - Zona de Proteção 2; ZAR 1- Zona de Adensamento Restrito 1; ZAR 2 - Zona de Adensamento Restrito 2; ZPAM - Zona de Preservação Ambiental; ZEIS 1 - Zona de Especial Interesse Social 1 e ZEIS 3 - Zona de Especial Interesse Social 3). A maior parte da área da bacia está inserida na Zona de Proteção 2 (ZP 2) e na Zona de Adensamento Restrito 2 (ZAR 2). Além disso, a área de estudo faz parte da Área de Diretrizes Especiais (ADE) da Bacia da Pampulha, por possuir particularidades e especificidades históricas, ambientais e/ou culturais (BRASIL, 1996).

#### • Análises Hidrológicas e Hidráulicas

O primeiro aspecto do cálculo hidráulico foi verificar qual a vazão que tanto o canal em leito natural quanto a galeria em concreto conseguem transportar com as dimensões atuais. O canal em leito natural apresenta capacidade de escoamento igual a  $19,03 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  e a galeria em concreto capacidade de  $65,05 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Para o canal em leito natural, conclui-se, que não há necessidade de realizar intervenções na forma da seção fluvial do trecho em estudo, uma vez que as vazões de projeto são  $7,35 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  e  $3,20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , significativamente menores que a calculada ( $19,03 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ). Assim, será preservada a forma do leito do trecho em estudo. Para a situação de galeria em concreto, a situação é ainda mais confortável, uma vez que a capacidade de escoamento é de  $65,05 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .

Posteriormente, para o canal em leito natural, foi realizado o cálculo da profundidade de escoamento do canal com as vazões de projeto ( $7,35 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  e  $3,20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ), indicando 1,17 m de profundidade e velocidade de  $3,02 \text{ ms}^{-1}$  para  $Q = 7,35 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  e 0,71 m de profundidade e velocidade de  $2,43 \text{ ms}^{-1}$  para  $Q = 3,20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .

Considerando as vazões de projeto e as velocidades obtidas, é viável a proposição de técnicas de bioengenharia (plantio de estacas e faxinas) para o Trecho 2, uma vez que ambas são indicadas para aplicação nas condições de velocidade de até  $2,5 \text{ ms}^{-1}$  (BAPTISTA e LARA, 2012; ESCARAMEIA, 1998; VIDE, 1997). Para a vazão de  $7,35 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , apesar da velocidade ser maior que a indicada ( $3,02 \text{ ms}^{-1} > 2,5 \text{ ms}^{-1}$ ), não há problemas para o emprego dessas técnicas visto que são valores bem próximos de velocidades. A profundidade do fluxo é menor que os 2 metros disponíveis, restando borda livre suficiente para o emprego das técnicas de proteção de taludes (como plantio de estaca e faxina).

#### • Entrevistas realizadas junto a população

De acordo com as entrevistas realizadas, todos os moradores possuíam como forma de abastecimento de água a rede geral, desde que mudaram para a região. Na ocupação Dandara a rede de distribuição de água estava sendo implantada “*Agora eles já estão ligando a água [primeiro chegou o esgoto]*”<sup>(E2)</sup><sup>1</sup>. O mesmo se aplica para a questão da coleta de resíduos sólidos. Segundo os moradores “*tem coleta, na terça na quinta e no sábado*”<sup>(E1)</sup> porta a porta “*vem o lixeiro e pega. O caminhão de lixo*”<sup>(E4)</sup>. Já quando se trata do esgotamento sanitário, todos os entrevistados declararam que no momento da entrevista possuíam seu esgoto canalizado e direcionado a rede de esgoto, entretanto o tempo que são atendidos por esse serviço varia de acordo com sua localização no bairro.

Quando perguntado aos moradores quais problemas poderiam ser identificados em relação ao córrego, os principais estavam relacionados ao descarte irregular de resíduos sólidos, presença de animais e a ocorrência

---

<sup>1</sup> Trechos em itálico entre aspas são trechos das entrevistas retiradas das transcrições. Entre colchetes são observações que auxiliam na compreensão das falas ou do contexto. Para manter o anonimato das informações foi atribuído um código a cada entrevistado, portanto (Ei) significa entrevistado número i.

de inundações. Há uma quantidade exagerada de resíduos sólidos no local. Foi perguntado aos moradores quem lançava aqueles resíduos, sendo informado que os responsáveis são tanto moradores quanto pessoas de outros locais: *“O pessoal joga aí. Joga de tudo. Não tem consciência não. Todo mundo joga, o pessoal daqui e gente que vem de outros lugares para jogar. De vez em quando chega uns caminhões e jogam coisas aí”*<sup>(E7)</sup>.

Dentre as soluções apontadas pelos entrevistados para melhorar a situação do córrego, apontam-se: limpeza da área, coleta dos resíduos sólidos e remoção do lançamento de esgotos no curso d'água, como pode ser observado na fala da moradora: *“Seria bom terminar o asfalto, passar a avenida. Tirar esses entulhos e lixos. Limpar a região”*<sup>(E7)</sup>. Ao perguntar se prefeririam que o córrego fosse canalizado ou que fosse revitalizado, a maioria optou por canalizar o córrego, pois não acreditam na capacidade da prefeitura e moradores de manter o local preservado, como pode ser observado na fala da moradora: *“Melhor canalizar, porque a prefeitura não cuida. Deixar aberto e limpo era o ideal, mas se deixar aberto, a prefeitura não vai cuidar, as pessoas vão começar a lançar coisas aí de novo e vai continuar sujo”*<sup>(E7)</sup>.

## CONCEPÇÃO DE ALTERNATIVAS

De acordo com o objetivo de intervenção proposto, com as condições ambientais, fluviais e urbanas levantadas no diagnóstico, e considerando os anseios e expectativas da população entrevistada, foram sugeridas quatro alternativas de intervenção para o Trecho 2 do córrego Olhos D'Água (viés urbanístico e ambiental), além de uma alternativa hipotética de canalização do canal, apenas para comparação, uma vez que essa não condiz com o objetivo de intervenção. Assim, tem-se as seguintes alternativas:

- Alternativa #1: proteção de taludes utilizando o plantio de estacas + pista de caminhada as margens do córrego + reflorestamento;
- Alternativa #2: proteção de taludes utilizando o plantio de estacas + academia à céu aberto + reflorestamento;
- Alternativa #3: proteção de taludes utilizando faxinas + pista de caminhada as margens do córrego + reflorestamento;
- Alternativa #4: proteção de taludes utilizando faxinas + academia à céu aberto + reflorestamento;
- Alternativa # 5: galeria em concreto.

A concepção das quatro alternativas, consideradas ideais, tiveram como foco o cumprimento do objetivo de intervenção. Todas tiveram como premissa a mínima intervenção sobre o uso do solo no entorno, a preservação ambiental, a contenção de áreas de erosão e a compatibilização entre áreas verdes e criação de espaços de lazer para os moradores da região. Além disso, vale reforçar que a proposição da quinta alternativa hipotética não condiz com o objetivo apresentado, mas foi desejada pela população.

## ANÁLISE GLOBAL DAS ALTERNATIVAS

Apresenta-se, na Tabela 1, o resultado final da análise das cinco alternativas em relação aos objetivos da intervenção, impacto e custos. De forma a auxiliar na interpretação dos resultados, foi necessário adequar a escala de valores para permitir a visualização e comparação dos índices em um mesmo gráfico (Figura 4), transformando todos os índices em valores percentuais (Tabela 2).

**Tabela 1: Resultado da análise das alternativas de intervenção para o córrego Olhos D'Água.**

Alternativa	Índices de Análise		
	Objetivos	Impacto	Custos (\$)
# 1	83	211	204.345,41
# 2	85	259	153.459,39
# 3	72	241	205.099,88
# 4	73	289	154.213,87
# 5	0	-186	1.130.748,30

Tabela 2: Resultado percentual dos índices de análise de intervenção para o córrego Olhos D'Água.

Alternativa	Índices de Análise		
	Objetivos	Impacto	Custos (\$)
# 1	83%	55,5%	75,1%
# 2	85%	68,2%	100,0%
# 3	72%	63,4%	74,8%
# 4	73%	76,1%	99,5%
# 5	0%	-48,9%	13,6%

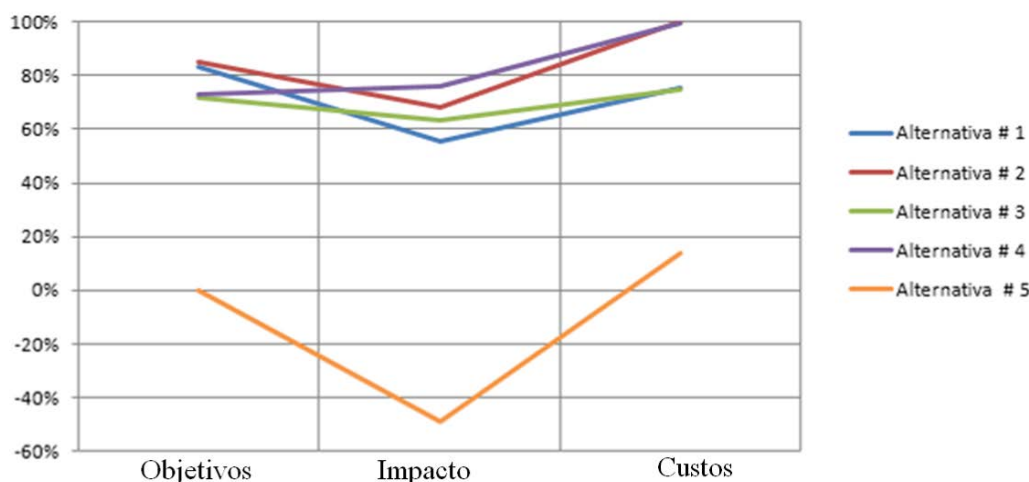


Figura 4: Comparação de alternativas de intervenção no córrego Olhos D'Água quanto aos critérios de atendimento aos objetivos, impacto e custos.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A bacia do córrego Olhos D'Água reflete o resultado da causa e consequência da urbanização desordenada. O curso d'água, parte canalizado e parte em leito natural, encontra-se degradado, em decorrência da ausência de infraestrutura e planejamento do uso do solo, com ocupação irregular nas proximidades do seu leito, com focos erosivos ao longo das suas margens, presença de lançamentos de esgotos domésticos sem tratamento e depósito de resíduos sólidos diretamente em seu leito. Tais ações, além de degradar a qualidade da água e alterar o regime natural de escoamento geram uma estética desagradável, odor e degradação da qualidade de vida da população das áreas de entorno.

Conforme relatado nas entrevistas, apesar de a maioria dos moradores serem contrários a restauração do trecho em leito natural, entende-se que isso seja em decorrência de uma realidade distante para a população, a qual optou pela canalização, prática comumente aplicada aos córregos urbanos. Desta forma, partiu-se da situação hipotética de que o poder público provesse condições mínimas para a manutenção da área. Assim, a partir das entrevistas, os seguintes pontos devem ser considerados para a proposição de soluções e técnicas: é necessário considerar que alguns imóveis estão no nível do curso d'água; há múltiplas nascentes na região, que necessitam de preservação; qualquer intervenção realizada no local necessita de apropriação dos moradores, além de aspectos comuns que devem ser realizados, independentemente da alternativa: (1) universalização dos serviços de saneamento na bacia, (2) remoção das ligações clandestinas de esgoto na rede pluvial; e (3) remoção de todo "lixo" e resíduos de construção civil ao longo dos trechos.

A partir da análise da Figura 4 é possível excluir a alternativa 5, pois a mesma não atende aos objetivos da intervenção, além de ser a pior nos outros dois índices analisados. Dentre as quatro restantes, a alternativa 1 foi a que apresentou o menor percentual referente aos impactos positivos, e, portanto, deve ser evitada. Na mesma lógica, entre as três restantes, a alternativa 3 é a que possui menor atendimento aos objetivos da intervenção, ao índice de impacto e ao índice de custos. Portanto, as alternativas mais adequadas seriam a 2 e a 4. Pode-se dizer que, as alternativas 2 e 4 apresentam índices de custo similares, entretanto a alternativa 2 possui maior



índice de atendimento aos objetivos da intervenção e a alternativa 4 maior índice de impactos positivos. Desta forma, como foram soluções com índices bem próximos, seria interessante o envolvimento da população para a escolha da intervenção a ser implantada.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Em consonância com o levantamento realizado na etapa de diagnóstico, buscou-se, junto a metodologia de análise adotada, a partir do conjunto de indicadores - no tocante ao seu impacto, custos e grau de atendimento aos objetivos - a melhor alternativa de intervenção para o Trecho 2 do córrego Olhos D'Água. Foram selecionados e atribuídos valores aos fatores/indicadores que eram pertinentes de acordo com o cenário de estudo. Percebeu-se que a composição de uma equipe multidisciplinar, para a condução desse tipo de estudo, mostra-se imprescindível para que a discussão seja ampla e possibilite a validação das análises qualitativas realizadas. Cabe ressaltar que, propostas de intervenções em áreas urbanas exigem considerar uma série de variáveis (sociais, ambientais, políticas, econômicas, tecnológicas, entre outras) devido à complexidade de possíveis cenários.

Por fim, conclui-se que as alternativas mais adequadas para a restauração do Trecho 2 do córrego Olhos D'Água seriam as de número 2 (a proteção de taludes utilizando o plantio de estacas + academia à céu aberto próximo à ocupação Dandara + reflorestamento) e 4 (a proteção de taludes utilizando faxinas + academia à céu aberto próximo à ocupação Dandara + reflorestamento), por apresentarem pontuações muito próximas. Portanto, sugere-se a realização de processos participativos, para que a população local possa escolher a solução que considere mais adequada. Vale ressaltar que, questões de outras naturezas, não contempladas neste estudo, também podem ser consideradas na tomada de decisão, como, por exemplo, o orçamento disponível, cronograma de implantação, avaliação política, entre outras.

Conclui-se também, que a restauração de córregos urbanos representa um grande desafio às políticas públicas, ao planejamento urbano e à ciência, devido a diversidade de contextos em que os mesmos estão inseridos e aos diversos interesses envolvidos. No entanto, a restauração com viés urbanístico/paisagístico do córrego Olhos D'Água apresentou-se como uma grande possibilidade de aproximar a cidade dos seus cursos d'água, melhorando a qualidade do ambiente urbano e a qualidade de vida da população da área de entorno.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, I. B.; RAMOS, R. F.; BERTOLINE, A. R.; SILVA, A. J. *Estudos Hidrográficos da Bacia da Pampulha*. MundoGEO, 2010. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2010/12/12/estudos-hidrograficos-da-bacia-da-pampulha/>>. Acesso em: 27 set. 2016.
2. BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. *Rios e Cidades: uma longa e sinuosa história*. Revista UFMG, 20 (n.2 jul./dez), p. 124-153, 2013.
3. BAPTISTA, M. B.; LARA, M. M. *Fundamentos de Engenharia Hidráulica*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012.
4. BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Ed. rev. e atual. Lisboa: Edições 70, 2009. 281p
5. BRASIL. Lei nº 7.166 de 27/08/1996. Estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município de Belo Horizonte.
6. BEATO, D. A. C.; MEDEIROS, M. J.; DREWS, M. G. P.; DUTRA, G. M. *Impactos urbanos em águas subterrâneas – Bacia da Lagoa da Pampulha, Belo Horizonte - MG*. Rev. Águas Subterrâneas n.17, 2003.
7. CARDOSO, A. S. Desenvolvimento de metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas. Belo Horizonte, 2008. Dissertação de mestrado-Escola de Engenharia-Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.
8. CARDOSO, A. S. Proposta de metodologia para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água em áreas urbanas. Belo Horizonte, 2012. Tese de doutorado - Escola de Engenharia-Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.
9. ESCARAMEIA, M. *River and Channel Revetments - A Design Manual*. Londres: Thomas Telford Publications, 1998.
10. FRIESE, K.; SCHMIDT, G.; LENA, J. C. D.; NALINI JR, H. A.; ZACHMANN, D. W. *Anthropogenic influence on the degradation of an urban lake – The Pampulha reservoir in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil*. Limnologia 2010; 40:114-125.

11. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Monitoramento da qualidade das águas superficiais da Bacia da Pampulha. Relatório Trimestral*. 3º Trimestre de 2013. Belo Horizonte, 2014.
12. MANZINI, E. J. *A entrevista na pesquisa social. Didática*, São Paulo, v. 27, p. 149-158, 1991.
13. MINAYO, M. C. S. *Construção dos instrumentos e exploração de campo*. In: *Minayo MCS. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. São Paulo: Hucitec, p. 189-199, 2006.
14. OLLERO, A. O. *Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG em la cuenca de Ebro: Guía metodológica*. 93 p., Zaragoza, 2009.
15. PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. *Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo - Contagem. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*: v. 7, n.3, 2012.
16. PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE - PBH. *Base cartográfica com delimitação de manchas de inundação para Belo Horizonte: Regional Pampulha, 2009*. Carta de inundações: Disponível em: <<http://www.rmbh.org.br/pt-br/repositorio/municipios/belo-horizonte/carta-de-inunda-es-de-belo-horizonte>>. Acesso em: 06 abr. 2017.
17. PREFEITURA DE BELO HORIZONTE - PBH. *Mapa compilado da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo de Belo Horizonte (Lei 7.166/96 e alterações), 2014*. Disponível em: <<portalpbh.pbh.gov.br>>. Acesso em: 06 abr. 2017.
18. REYNOSO, A. G; MUÑOZ, L. H.; COHEN, M. P.; SAENZ, I. Z. *Rescate de ríos urbanos: Propuestas conceptuales y metodológicas para la restauración y rehabilitación de ríos*. 1. ed. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.
19. TRAVASSOS, L. R. F. C. *Revelando os rios: novos paradigmas para a intervenção em fundos de vale urbanos na cidade de São Paulo*. São Paulo, 2010. Tese de doutorado - Universidade de São Paulo, 2010.
20. USEPA. *Principles for the ecological restoration, of aquatic resources*. Office of water United States environmental protection agency, 2000. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov>>. Acesso em: 01 nov. 2016.
21. VIDE, J. P. M. *Ingeniería Fluvial*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 1997.