

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL NA RENATURALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS: ESTUDO DE CASO NO RIO BACACHERI

Matheus Ferreira Sonego¹; Marcelo Sefrin Nascimento Pinto²; Elvidio Gavassoni Neto³.

Resumo – Rios, em condições naturais, são sistemas em equilíbrio dinâmico. Entretanto, o crescimento desordenado das cidades e o descaso do poder público e da sociedade fazem com que muitos dos rios urbanos do Brasil estejam degradados. Parte disso é resultado da ocupação inadequada e impermeabilização de suas margens, além das formas tradicionalmente utilizadas para minimizar a ocorrência de enchentes, que afetam o equilíbrio dos cursos d'água. Se adequadamente manejados, os ambientes fluviais podem servir para promoção de lazer, além da contenção de cheias. Por conta disso, algumas cidades têm desenvolvido projetos para restabelecer condições mais naturais aos rios urbanos. Uma das abordagens adotadas é o emprego de técnicas de Engenharia Natural, nas quais são utilizadas plantas vivas, associadas a materiais inertes, como elemento construtivo e estrutural na estabilização de processos fluviais, erosivos e geotécnicos. Além do mais, pela capacidade regenerativa das plantas, essas intervenções são, em geral, mais econômicas que as alternativas tradicionais da Engenharia Civil. Desse modo, o objetivo deste artigo é apresentar o andamento do estudo de viabilidade técnica e socioeconômica para a renaturalização de um trecho do Rio Bacacheri inserido dentro do Parque General Iberê de Mattos, no município de Curitiba, Paraná. Para isso, foram levantadas inicialmente as características da bacia hidrográfica, bem como do local de estudo. Com base nisso, será elaborado um projeto conceitual de renaturalização do trecho, que consistirá de um novo traçado para o rio, emulando suas condições naturais, e da definição das técnicas de Engenharia Natural adequadas para a estabilização do canal.

Abstract – Rivers, under natural conditions, are systems in dynamic equilibrium. However, the disorderly growth of the cities and the government and society neglect make the majority of Brazilian urban rivers to be degraded. Part of that is result of the inadequate occupation and impermeabilization of its banks, in addition to the traditional methods used to minimize the floods' occurrence, which affect the streams' balance. If properly managed, the fluvial environments can be used to provide leisure, besides the containment of floods. Due to this, some cities have been developing projects to reestablish more natural conditions to urban rivers. One of the approaches is the usage of Natural Engineering techniques, in which living plants, associated to inert materials, are used as building and structural elements in the stabilization of fluvial, erosive and geotechnical processes. Furthermore, because of plants' capability to regenerate, those methods are, in general, more economical than traditional alternatives of Civil Engineering. Thereby, the objective of this article is to present the progress of the study of technical and socioeconomic viability to the renaturalization of a Bacacheri River's stretch, placed on General Iberê de Mattos Park in Curitiba, Paraná. For this, the characteristics from the drainage basin and from the area of study were firstly analysed. Based on this, it will be elaborated a conceptual project of renaturalization of the stretch, which will consist of a new path to the river, emulating its natural conditions, and of the definition of the techniques that will be used to stabilize the stream.

Palavras-Chave – Bioengenharia de Solos; sistemas fluviais; recuperação de áreas degradadas.

¹ Estudante de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, (41) 99654-6749, sonogo.mf@gmail.com

² Estudante de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, (41) 99700-3241, marcelosefrin@gmail.com.br

³ Prof. Dr. do Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, gavassoni@ufpr.br

1. INTRODUÇÃO

Durante o desenvolvimento das civilizações humanas, os rios proporcionaram subsistência e facilidade no transporte. Em consequência disso, os primeiros assentamentos ocorreram às margens de cursos d'água. Entretanto, a partir da Revolução Industrial, o crescimento urbano desenfreado levou a um tratamento abusivo das cidades com os rios. No Brasil, o crescimento urbano se deu, a partir da década de 50, em função do êxodo rural decorrente da mecanização agrícola e da melhora das condições de vida nas cidades (PLÁ, 2013). Na década de 70, mais de 50% da população já era urbana, sendo este valor superior aos 80% a partir de 2000. O processo de explosão demográfica foi acompanhado da desvalorização e negligenciamento das áreas no entorno dos rios, sendo estas ocupadas por populações de baixa renda (ALMEIDA, 2010). Somado a maior ocupação dessas regiões, o adensamento urbano está diretamente associado à diminuição da cobertura vegetal e à impermeabilização do solo, causando a redução da infiltração das águas pluviais e o aumento do escoamento superficial nas bacias hidrográficas desses cursos d'água (TUCCI, 1999). Como consequência, eventos naturais extremos, como enchentes e inundações, estão cada vez mais intensos e frequentes (TUCCI, 1999), gerando perdas econômicas e sociais. Além disso, rios passaram a ser vistos como um problema de saúde pública, pois a poluição fez desses ambientes vetores de doenças, colocando em risco o bem estar da população. Tendo em vista o cenário descrito, tornou-se necessária a criação de uma infraestrutura que disponibilizasse recursos para a população e segurança contra catástrofes (TRAVASSOS, 2010). Fundamentalmente, essa intervenção, dita higienista, deu-se por meio de obras de retificação, aprofundamento da calha e impermeabilização dos rios, bem como pela criação de galerias subterrâneas e barragens. Esta abordagem tem se mostrado ineficaz, pois, muitas vezes, impede que os rios adquiram novas configurações de equilíbrio frente aos fenômenos naturais extremos, uma vez que os sistemas fluviais são enrijecidos e as causas dos processos, como o transporte de sedimentos e a erosão, não são corretamente tratadas. No caso de Curitiba, os rios estão sujeitos a muitas das intervenções citadas, sendo boa parte desses retificados e/ou canalizados, além de apresentarem uma alta densidade demográfica junto a suas margens.

Sendo assim, faz-se necessária uma nova abordagem, buscando medidas que possibilitem o restabelecimento do equilíbrio dinâmico dos cursos d'água urbanos de forma natural. Dessa forma, destaca-se as intervenções baseadas na renaturalização, que tem como principais objetivos a reabilitação dos rios, aproximando-os ao máximo da biota natural, e a preservação das áreas de inundação, impedindo usos que comprometam tal função. Esta recuperação se dá pelo manejo regular ou com planos de renaturalização (BINDER, 2002). Em conjunto essa metodologia, podem ser incorporadas intervenções de Engenharia Natural, que consiste em utilizar plantas (elementos vivos) na constituição de componentes estruturais para estabilização de estruturas geotécnicas (LEWIS, 2000). Essas técnicas são empregadas para proteção contra a erosão superficial, como no caso da hidrossemeadura, biomantas e geomantas, e para estabilização de movimentos de massa superficiais (incluindo estacarias vivas, feixes vivos e entaçados vivos) e profundos, com o uso de muros de suporte vivo e paredes kramer (FLORINETH⁴, 2004 apud MAFRA, 2014). A aplicação dessas técnicas é bastante compatível com esses projetos, principalmente quando aplicada nas margens dos corpos hídricos, uma vez que é composta pela flora nativa, contribuindo para a regeneração do ambiente.

Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e socioeconômica da renaturalização de rios urbanos com o uso de técnicas de Engenharia Natural. Para isso, foi realizado um estudo de caso em um curso d'água da cidade de Curitiba, elaborando um projeto conceitual de renaturalização. Segundo Maffra (2014), essa é etapa inicial de um projeto de Engenharia, e visa a delimitação dos seus principais objetivos e opções de abordagem, além de definir quais informações devem ser obtidas para a elaboração de estudos complementares.

Dessa forma, o desenvolvimento inicial do trabalho se deu pela caracterização básica da hidrografia de Curitiba para embasar a definição do curso d'água a ser estudado, sendo escolhido o trecho do Rio Bacacheri no Parque General Iberê de Mattos. O local, conhecido popularmente como Parque Bacacheri e inaugurado em 1988, possui cerca de 152 mil m² e conta com um lago,

⁴ FLORINETH, F. (2004), "*Pflanzen statt Beton. Handbuch zur ingenieurbilogie und vegetationstechnik*". Berlin, Hannover: Patzer Verlag.
16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

pista de caminhada, canchas de areia e um pequeno bosque (CURITIBA, 2008). No trecho, o curso d'água é retificado em um canal de concreto e recebe a contribuição de um pequeno afluente. Feito isso, realizou-se um levantamento mais amplo sobre a Bacia do Rio Bacacheri, incluindo aspectos sobre sua geologia, uso do solo e parâmetros morfométricos, bem como sobre as medidas estruturais e não estruturais previstas no Plano Diretor de Drenagem (PDD) de Curitiba, de 2012, que impactam diretamente a área. Ademais, foram feitas visitas ao parque para verificar a situação do Rio Bacacheri e do local de estudo, sendo efetuadas batimetrias e outras medições de campo. As informações obtidas servirão como parâmetros para o dimensionamento hidráulico preliminar do novo traçado e seção transversal e para a definição das possíveis técnicas de Engenharia Natural para a renaturalização do trecho do Rio Bacacheri no Parque General Iberê de Mattos. Visando aproximar a proposta de uma condição mais nativa do curso d'água, buscou-se um trecho do rio menos impactado pela ação antrópica. O ponto escolhido localiza-se cerca de 3,2 km à jusante do parque, no Bosque Irmã Clementina, também em Curitiba.

2. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

2.1 ANÁLISE DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM

Os estudos referentes ao rio Bacacheri foram iniciados com a análise do Plano Diretor de Drenagem (PDD) de Curitiba de 2012 no tomo que se refere à Bacia do Rio Atuba, a qual o Rio Bacacheri faz parte, e que integra a rede de drenagem da cidade. O documento foi analisado qualitativamente, dando prioridade à reflexão quanto às medidas estruturais já realizadas por toda a bacia, assim como os problemas mapeados ainda recorrentes e que precisam de novas intervenções.

Também foram analisadas estruturas sugeridas no PDD, buscando pontos de compatibilidade ou não com a metodologia de renaturalização, além de identificar pontos que podem ser beneficiados com a implantação desse tipo de intervenção. As estruturas sugeridas no plano são basicamente ampliações das ações já adotadas pelo município ou aumento da quantidade de estruturas de contenção, por exemplo: para alguns trechos do Rio Atuba são planejadas o aumento da calha, que já se encontra retificado, além da construção de novas lagoas de acumulação no seu entorno. O PDD apresenta ainda uma análise econômica dos benefícios e prejuízos que as medidas podem trazer, bem como o custo necessário para executar novas obras.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO BACACHERI

De acordo com levantamento feito pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC), a área total da Bacia do Rio Bacacheri é de 31,167 km² (IPPUC, 2013a). apresentada na Figura 1. Encontra-se na região nordeste de Curitiba, ocupando boa parte do trecho da Bacia do Atuba neste município. Segue, prioritariamente, no sentido de nor-noroeste a sudeste, até desaguar no Rio Atuba. O canal principal da bacia, de quinta ordem, possui 12,5 km de comprimento, enquanto o principal afluente, o Rio Bacacheri-Mirim, tem 4,5 km (RIBEIRO, 2007).

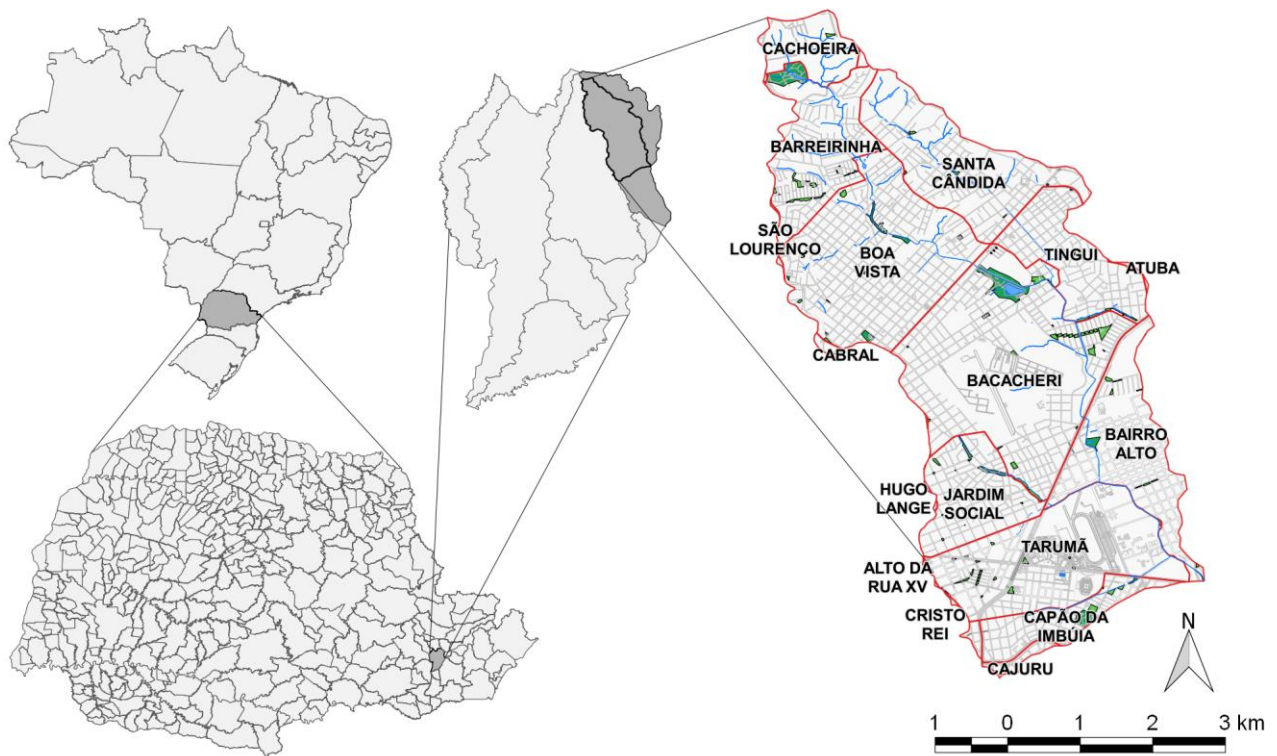


Figura 1. Localização da Bacia do Rio Bacacheri.

Fonte: Adaptado de IBGE (2013), ITCG (2017) e IPPUC (2013a, 2013b).

Nas áreas de menor declividade da bacia, os rios tendem a ser mais curtos, enquanto as declividades maiores acarretam em canais mais longos (RIBEIRO, 2007). Apesar da bacia ser caracterizada como alongada, ou seja, menos propícia à ocorrência de enchentes, Ribeiro (2007) aponta que isso não é uma garantia de que estas não acontecerão, pois existem outros fatores relacionados, incluindo a ocupação irregular do leito de inundação do rio, presença de áreas verdes na bacia, rugosidade do leito, entre outros. É destacável ainda que a bacia apresenta padrão subdendrítico de drenagem, densidade hidrográfica (5,87 rios/km²) e de drenagem (2,48 km/km²) médias e gradiente do canal principal (9,6 m/km) com declividade pouco acentuada (RIBEIRO, 2007).

A geologia da Bacia do Rio Bacacheri é composta por rochas do complexo gnáissico migmatítico e depósitos sedimentares recentes e da Formação Guabirota. No trecho norte da bacia, correspondente às áreas de nascentes, predomina o complexo rochoso, com a presença de morros e colinas (RIBEIRO, 2007). Nas planícies de inundação são encontrados os sedimentos recentes, principalmente no médio e baixo curso (RIBEIRO, 2007).

A Formação Guabirota, principal unidade geológica da bacia, é composta por “depósitos argílicos pouco consolidados, areias arcossianas, depósitos rudáceos com matriz areno-argilosa, lentes de areias quartzosas e depósitos carbonáticos restritos” (SALAMUNI, 1998, p. 43). Sua ocorrência é predominante nas áreas de média e baixa altitude próximas ao Rio Bacacheri (RIBEIRO, 2007). A argila mais comum nesta formação pertence ao grupo das esmectitas, que são expansivas, higroscópicas e, por consequência, altamente retrativas e sujeitas à erosão, sendo prejudicial às obras de Engenharia Civil (FELIPE, 2011).

A Bacia do Rio Bacacheri apresenta praticamente toda a sua área com algum tipo de modificação decorrente de ação antrópica. Na região, são predominantes as ocupações urbanas de alta e média densidade (SUDERHSA, 2002). As poucas áreas verdes restantes se limitam principalmente à região de montante da bacia, aos parques, bosques e praças e em áreas na proximidade do aeroporto e do quartel do Bacacheri. Apesar de existir poucas indústrias na bacia, estas localizam-se próximas às margens do Rio Bacacheri. Há ainda a presença de ocupações irregulares nas planícies de inundação da bacia, implicando na poluição dos rios e erosão de suas margens (RIBEIRO, 2007).

Tal ocupação contribui para a diminuição da permeabilidade da bacia, já que há diminuição da cobertura vegetal e aumento das áreas construídas. Outro agravante é a presença de argilas da Formação Guabirota, altamente impermeáveis. Além disso, a retificação realizada pela Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC) em alguns trechos do rio e de seus afluentes acarreta no aumento da velocidade das águas, intensificando as enchentes e a erosão à jusante (RIBEIRO, 2007).

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO RIO BACACHERI

Durante as visitas realizadas ao Parque Bacacheri e ao Bosque Irmã Clementina, foram efetuadas medições batimétricas e a caracterização da seção transversal em um ponto do rio em cada local, conforme a Figura 2. A mensuração foi feita com o auxílio de dois cabos de madeira, linha de pedreiro, mangueira de nível, uma trena de fibra de vidro de 50 m e uma trena metálica de 5 m com um peso de comprimento conhecido unido à ponta. Primeiro, foram fixados os cabos nas extremidades do canal, nos quais foram amarrados a linha, garantindo-se seu nivelamento pela utilização da mangueira com água. Feito isso, mediu-se a altura do fio em relação ao chão nos dois lados. Foram escolhidos pontos de relevância para a mensuração, como os de mudança de inclinação, das extremidades e do ponto mais profundo da lâmina d'água, por exemplo. As distâncias horizontais foram obtidas com a trena de 50 m, enquanto as verticais foram medidas do chão à referência de nível pela trena com o peso. Os valores foram anotados e as seções foram traçadas posteriormente com o software AutoCad.



Figura 1. Imagem de satélite com destaque para o Rio Bacacheri e para áreas de estudo e foto das seções em que foram realizadas as batimetrias.

Fonte: Google Earth (2018) e autores (2018).

A inclinação média do rio no parque foi obtida do levantamento topográfico do local, fornecido pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba, como a diferença das cotas de entrada e de saída do rio, dividido pelo seu comprimento total no parque. A inclinação do curso d'água da outra área foi avaliada in loco, de forma semelhante às medições citadas anteriormente. Ademais, as sinuosidades de ambos os trechos estudados foram analisada a partir de dados georreferenciados disponibilizados pelo IPPUC (2013a), e calculadas pela Equação 1.

$$S = \frac{L}{L_t} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

S - sinuosidade;

L - comprimento do rio (km);

L_t - distância entre o ponto inicial e final do rio (km);

A vazão foi estimada inicialmente para o tempo de recorrência de um ano e meio, por representar o intervalo médio em que o canal do rio recebe uma vazão que atinge sua seção completa, de acordo com Leopold, Wolman e Miller (1964). Os autores apontam ainda que os processos fluviais de erosão ocorrem principalmente no intervalo entre o mínimo escoamento que exerça tensões trativas superiores à resistência das margens e a vazão completa de canal. Dessa forma, a vazão foi obtida pela fórmula de Manning para cálculo de velocidade em escoamentos permanentes e uniformes, apresentada na Equação 2. Foram adotados valores para coeficientes de Manning comparando-se as características dos locais com as definições apresentadas por Porto (2006). Todos os cálculos foram realizados com a utilização de planilhas eletrônicas, tanto do Excel como do Google Planilhas.

$$Q = V \cdot A = \left(\frac{1}{n_e} \cdot R_h^{2/3} \cdot I_o^{1/2} \right) \cdot A \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

Q - vazão calculada (m³/s);

V - velocidade calculada (m/s);

A - área (m²/s), obtida da batimetria;

n_e - coeficiente de Manning equivalente, calculado pela Equação 2 (s/m^{1/3})

R_h - raio hidráulico, obtido pela razão entre a área molhada e o perímetro molhado (m);

I_o - declividade média do fundo do canal no trecho (m/m).

$$n_e = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot n_i^{3/2})}{P} \right]^{2/3} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

n_e - coeficiente de Manning equivalente;

P_i - perímetro molhado do trecho i da seção transversal;

n_i - coeficiente de Manning do trecho i da seção transversal;

P - perímetro molhado total da seção transversal.

Posteriormente serão realizadas novas batimetrias, para garantir maior confiabilidade dos resultados. Esses dados serão usados como parâmetros no dimensionamento da seção transversal

e do traçado a serem sugeridos para a renaturalização do trecho do Rio Bacacheri no Parque General Iberê de Mattos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a visita ao Parque General Iberê de Mattos foi notada a falta de manutenção da calha do rio. As peças de concreto pré-fabricadas utilizadas na retificação, em formato de “U”, se encontram quebradas no leito em diversos pontos dos quase 780 m do curso d’água que cortam o local, com telas de aço, geossintéticos e a base em brita aparentes. Também são frequentes os pontos onde há acúmulo de entulho. A água tem coloração e odor que indicam a presença de efluentes domésticos e industriais, além de diversos pontos de lançamento de drenagem com manchas abaixo da tubulação, possivelmente em decorrência de despejo irregular de efluentes. Do lado oposto das pistas de caminhada e ciclovia, paralelas ao rio, é perceptível o acúmulo de água no solo, demonstrando a ineficiência na drenagem no parque, uma vez que não foi registrada chuva na semana da visita, mesmo em locais acerca de 20 m do leito do rio. Não foram identificados pontos de erosão nas margens, que são protegidas, em grande parte, pelas placas de concreto.

Na visita do trecho situado no Bosque Irmã Clementina, o odor e coloração da água também indicaram a presença de esgoto. Foi possível identificar lixo depositado nas margens do rio e também em seu leito. A calha natural é formado basicamente por cascalho e as margens por terreno argiloso. Os taludes laterais são cobertos com vegetação densa de pequeno a médio porte. São identificados vários pontos de erosão e de instabilização geotécnica onde a vegetação não está presente, tornando as margens bastante íngremes, como pode ser observado na Figura 3. Também são perceptíveis marcas na vegetação que indicam a ação de vazões superiores às ocorridas no dia da visita.

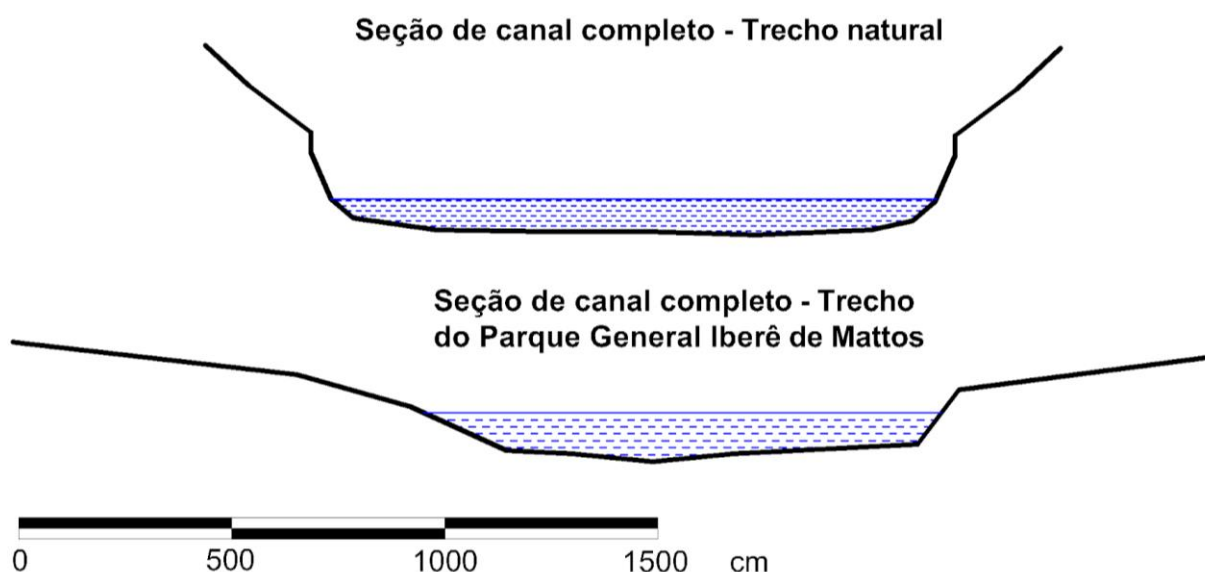


Figura 3. Seção do trecho natural e do trecho do Parque General Iberê de Mattos para vazão com tempo de recorrência de um ano e meio.

Fonte: Os autores (2018).

Com a análise quantitativa, chegou-se a uma sinuosidade de 1,03 e 1,21 para o parque e para o trecho natural, respectivamente, indicando que ambos os casos o rio tende a ser retilíneo. A velocidade obtida pela fórmula de Manning para a seção do bosque foi de 2,33 m/s, atingindo uma vazão de 23,07 m³/s em uma área de 9,90 m². Estes resultados foram aplicados na seção transversal do parque, para estimar inicialmente se esta é capaz de comportá-la, como apresentado na Figura 3.

Visando realizar uma intervenção de Engenharia Natural dentro do parque, serão sugeridas obras de modificação do curso do rio e construção de estruturas estabilizadoras. Em relação ao percurso do rio, será propiciada a meandrização do leito, implicando no aumento do seu comprimento e sinuosidade. Já as estruturas estabilizadoras irão auxiliar na manutenção desse curso, estabilizando os processos fluviais, geotécnicos e erosivos. Enrocamentos vegetados, paredes Krainer e banquetas vegetadas são alguns exemplos de técnicas possíveis de serem utilizadas, e que serão definidas considerando as características de cada trecho do novo traçado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise do Plano Diretor de Drenagem de Curitiba, nota-se a tendência de permanência dos mesmos métodos de contenção de cheias usados há mais de 50 anos: alargamento das calhas e construção de bacias de acumulação ao longo do rio. No entanto, a Bacia do Rio Bacacheri possui pouco espaço restante para a implantação de novas lagoas de acumulação. Além disso, tais soluções não são ecologicamente amigáveis, por prejudicar o ecossistema e o equilíbrio dinâmico do rio. Logo, as alternativas apresentadas neste trabalho são de interesse do poder público, uma vez que se propõem a solucionar múltiplos problemas, além de proporcionar a melhoria da qualidade de vida da população no entorno.

De acordo com a análise preliminar da seção transversal do Rio Bacacheri no Parque General Iberê de Mattos, a calha atual comporta a vazão com tempo de recorrência de um ano e meio, além de possuir espaço suficiente para a implantação de obras de Engenharia Natural. O novo traçado será elaborado de forma a se aproximar a uma geometria característica da situação natural, diminuindo sua declividade e velocidade de escoamento. Por fim, serão definidas quais as técnicas utilizadas para garantir a estabilização das margens, buscando-se as mais adequadas para as características do local.

Para o sucesso integral do projeto de renaturalização, terão que ser executadas outras intervenções além das propostas referentes ao parque. A principal delas é a coleta e tratamento do esgoto em toda a Bacia Hidrográfica do Rio Bacacheri, que deve ser feita para proporcionar a melhoria da qualidade da água. Além disso, visando o longo prazo e contemplar o rio em sua totalidade, torna-se necessário o investimento em desocupação das áreas de várzea, o que demandaria um custo muito elevado. Para uma primeira intervenção, o Parque General Iberê de Mattos se apresenta como um local adequado, por não precisar de desocupações para a realização das obras. Assim, o sucesso de uma intervenção local pode servir como incentivo para futuros projetos e intervenções ao longo do rio e para demais locais do município.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Paraná, por proporcionar a realização da pesquisa; à Fundação Araucária pelo fomento à pesquisa e pelas bolsas de iniciação científica; e à Secretaria Municipal de Meio Ambiente, por fornecer o levantamento topográfico do Parque General Iberê de Mattos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. Q. de (2010), “*Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos*”, 311 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (SP).
- BINDER, W. (2002), “*Rios e córregos. Preservar - conservar - renaturalizar*”, 4. ed, Rio de Janeiro: SEMADS.
- CURITIBA (2008), Secretaria Municipal do Meio Ambiente, “*Plano de manejo do parque natural municipal de lazer “General Iberê de Mattos” – Bacacheri*”. Disponível em: <<http://multimedia.curitiba.pr.gov.br/2010/00085330.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- FELIPE, R. da S. (2011) “*Características geológico-geotécnicas na Formação Guabirotuba*”. Curitiba: Mineropar. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/Caract_Geol_Geot_formacao_Guabirotuba.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013), “*Unidades da Federação*”.
- IPPUC, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (2013a) “*Hidrografia - shapes*”. Disponível em: <ippuc.org.br/geodownloads/sirgas/HIDROGRAFIA_SHP.ZIP>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- IPPUC, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (2013b) “*Limites legais - shapes*”. Disponível em: <ippuc.org.br/geodownloads/sirgas/LIMITES_LEGAI_SHP.ZIP>. Acesso em: 14 dez. 2017.
- ITCG, Instituto de Terras, Cartografias e Geociências (2017), “*Divisão político-administrativa do Paraná - 2017*”. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Dados_2017/municipios_pr_2017_UTM_SIRGAS2000.7z>. Acesso em: 12 dez. 2017.
- LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. (1964), “*Fluvial processes in Geomorphology*”. 522 p. W. H. San Francisco: Freeman and Company.
- LEWIS, L. (2000), “*Soil Bioengineering: An alternative for roadside management - A practical guide*”. 44 p. San Dimas: United States Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.wsdot.wa.gov/publications/fulltext/Roadside/SoilBioEng.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2017.
- MAFFRA, C. R. B. (2014), “*Metodologia para projetos de Engenharia Natural para obras de infraestrutura*”. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- PLÁ, J. V. A. (2013), “*Industrialização e transição demográfica no Brasil*”. Revista Economia & Tecnologia, v. 9, n. 1, p. 61–78.
- PORTO, R. de M. (2006), “*Hidráulica Básica*”. 4. ed., São Carlos, SP: EESC-USP.
- RIBEIRO, N. C. (2007) “*Avaliação da impermeabilização e ocorrência de inundações na Bacia do Rio Bacacheri*”. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/13904/Neiva%20Cristina%20Ribeiro...?sequence=1>>. Acesso em: 05 fev. 2018.
- SALAMUNI, E (1998) “*Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR)*”. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro. Disponível: <<http://www.neotectonica.ufpr.br/grupo-teses/tese-salamuni.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2018.
- SUDERHSA, Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002), “*Plano diretor de drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba*”.
- TRAVASSOS, L. R. F. C. (2010), “*Revelando os rios: Novos paradigmas para a intervenção em fundos de vale urbanos na Cidade de São Paulo*”. 243 p. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TUCCI, C. E. M. (1999), "*Água no meio urbano*", In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). *Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras.