



III SIMPÓSIO DE REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS

21 e 22 de outubro de 2020 – IPH/UFRGS

CARACTERIZAÇÃO E LEVANTAMENTO DE FENÔMENOS EROSIVOS EM CANAL DE DRENAGEM NÃO REVESTIDO PARA ORIENTAR A SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL

Cleyton Stresser da Silva⁽¹⁾; Elvidio Gavassoni Neto⁽²⁾; Larissa de Brum Passini⁽³⁾

⁽¹⁾ Universidade Federal do Paraná, cstresser@ufpr.br

⁽²⁾ Universidade Federal do Paraná, gavassoni@ufpr.br

⁽³⁾ Universidade Federal do Paraná, larissapassini@ufpr.br

RESUMO

A Engenharia Natural combina material de construção inerte e plantas para estabilização de margens e controle de processos erosivos, possuindo diversas vantagens ambientais e econômicas, quando comparadas com técnicas de enrocamento e canalizações tradicionais aplicadas a cursos de água urbanos. Nos projetos de estabilização de um curso d'água são importantes os levantamentos de campo e mapeamento da origem de fenômenos erosivos. Este trabalho apresenta o levantamento de campo e mapeamento das condições hidráulicas e geotécnicas de um canal de drenagem no bairro Vitória Régia II e III, em Curitiba-PR. Apresenta-se também algumas técnicas de Engenharia Natural para canais e uma classificação baseada na quantidade de material inerte utilizado. Os 754 m de canal foram classificados em três classes, levando em consideração os processos de erosão na margem e leito e sinais de instabilidade geotécnica. Através do mapeamento e da hierarquização dos níveis de intervenção, é possível se obter o tipo de estrutura mais adequada para cada trecho do canal, ainda em uma etapa de pré-dimensionamento, permitindo uma análise econômica e de viabilidade, além de otimizar as próximas etapas do projeto.

Palavras-chave: Processos erosivos; Levantamentos de campo; Mapeamento.

1 INTRODUÇÃO

O manejo de bacias hidrográficas é uma questão de grande importância dentro do planejamento de uma cidade. Enxurradas e inundações são ocorrências comuns em períodos chuvosos, ganhando visibilidade devido aos prejuízos socioeconômicos gerados. Silveira (2002) cita que a impermeabilização do terreno e o uso de sistemas de drenagem com concepções higienistas são fatores que aumentam os estragos e prejuízos causados por enxurradas. Essas concepções são baseadas em canalizações e escoamento rápido da água coletada e se mostram inadequadas, em muitas aplicações urbanas. Soluções alternativas baseiam-se no convívio com corpos hídricos em condições mais naturais e no aumento das taxas de infiltração da bacia. Um curso d'água natural, sem revestimento, propicia menor pico de descarga para jusante; requer menos manutenção e permite a criação de áreas verdes e recreativas (Diogo, 2017).

Nos cursos d'água sem revestimento, a ocorrência de processos erosivos é uma questão a ser levada em consideração. A erosão urbana é um fator associado ao crescimento das cidades e parcelamento do solo: nos loteamentos e construções, a camada superficial do solo tem sua estrutura alterada, devido à retirada da cobertura vegetal e movimentações de terra, tornando-se

mais suscetível a ser movimentada por agentes erosivos (Tucci & Collischonn, 1998). Com a chuva, as partículas carreadas nos lotes se depositam em rios ou canais, assoreando a seção e reduzindo a capacidade de escoamento. Guy (1970) cita que os sedimentos nas áreas urbanas são gerados majoritariamente em lotes particulares, tornando-se um problema público quando atingem o sistema de drenagem.

Para o controle de processos erosivos em cursos d'água, sejam naturais ou artificiais, um material que pode exercer um importante papel é a vegetação. A camada vegetal reduz significativamente o material carreado pela minimização do impacto das gotas de chuva no solo, redução da velocidade e do volume do fluxo superficial e capacidade de ancoramento do solo (Gyssels, et al., 2005).

A utilização de vegetação para contenção de processos erosivos é uma técnica bastante antiga, com primeiros relatos de utilização datados de vários séculos atrás (Evette, et al., 2009). Conhecida como Engenharia Natural, pode ser definida como a combinação de técnicas que utilizam elementos vivos como material de construção, através do conhecimento da suas propriedades mecânicas e biológicas (Rey, et al., 2019). A vegetação pode ser associada a outros elementos inertes, podendo ser biodegradáveis (madeira, biomantas), ou não (alvenaria, concreto, pedras). O objetivo dessa associação é criar condições iniciais para o desenvolvimento da vegetação e durante esse estágio garantir a estabilização do local. No caso de estruturas suscetíveis à degradação do ambiente, a função de estabilização é transferida função para as plantas quando estas atingem o período de maturação, não sendo necessária a sua reposição (Fernandes & Guiomar, 2016).

De maneira a criar um projeto adequado, são importantes levantamentos de campo e conhecimento das características envolvidas. Um levantamento de sinais de processos erosivos em uma área a ser tratada pode auxiliar na escolha da solução, aplicando-se a solução mais correta em cada trecho do local de interesse, gerando uma eficiência na estabilização, redução do emprego de material inerte desnecessário, auxiliando nas especificações de quantidade de plantas por área, redução de retrabalho e economizando recursos.

1.1 Objetivos

Este trabalho apresenta um levantamento de campo de processos erosivos no canal de drenagem artificial da Rua Cyro Correia Pereira, no bairro Vitória Régia, em Curitiba-PR. Além do levantamento na forma de mapa dos processos erosivos, apresenta-se uma conceituação de técnicas de Engenharia Natural para controle de processos erosivos. Uma classificação das intervenções, baseadas na quantidade de material ou tipo utilizado, é proposta no trabalho. O levantamento e as informações da classificação são utilizados para definir o tipo de estrutura necessária a cada trecho do canal em uma etapa preliminar de projeto.

2 TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL PARA CONTROLE DE PROCESSOS EROSIVOS NAS MARGENS E CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Fazendo um comparativo entre técnicas tradicionais de estabilização e o uso da Engenharia Natural, a Figura 1 mostra uma estabilização de canal com um gabião caixa (técnica tradicional) e uma técnica de Engenharia Natural do tipo esteira de ramos para um canal de drenagem. Pode-se observar que há um melhor aspecto estético e harmonia com o ambiente do entorno na solução em Engenharia Natural. Para se assegurar que a vegetação estabilize a margem, são necessárias técnicas construtivas. Essas técnicas visam a criação de condições adequadas para o crescimento da vegetação, evitando que deslizamentos, erosões ou fluxos d'água retirem a vegetação. Essas técnicas podem ser responsáveis por uma estabilização apenas a curto prazo, resistindo aos esforços enquanto a vegetação se desenvolve, ou permanentes, com a utilização de materiais de longa vida útil (Holanda & da Rocha, 2011).



[a] Estabilização com muro vertical de gabião. Fonte: Maccaferri (2020)

[b] Estabilização de margem de canal com esteira de ramos, técnica de Engenharia Natural. Fonte: Antão (2010)

Figura 1 – Comparativo entre técnicas tradicionais e de Engenharia Natural para estabilização de uma margem

De maneira a empregar as técnicas com sucesso, atingindo os fins para que elas foram designadas, é importante observar todas as características e etapas de projeto. Para a estabilização de margens ou taludes, deve-se considerar os aspectos geológico-geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos e ecológicos. Um projeto passa por levantamentos de campo, ensaios em laboratório, análises hidráulico-hidrológica, dimensionamento de componentes e verificação das etapas legais de implantação (Maffra, 2014). Um projeto conceitual, um projeto básico e um executivo são geralmente as três etapas de uma solução, abordando desde a parte da discussão de possibilidades e seleção de técnicas construtivas até um detalhamento a nível executivo.

As técnicas de construção podem ser classificadas conforme a finalidade buscada ou tipo de material utilizado, podendo ser divididas em: [a] caso de não intervenção, onde não são necessárias medidas de controle; [b] estabilização apenas com o plantio de vegetação, sem uma estrutura de suporte, em geral em locais com baixa suscetibilidade à erosão, laminar ou linear; [c] emprego de vegetação e materiais biodegradáveis para construções de estabilização, cobertura e redução da erosão, como por exemplo o uso de banquetas ou coberturas com geotêxteis; [d] estruturas de suporte de madeira, tendo como exemplos as contenções tipo paliçada viva, tranças vivas e paredes krainer, que estabilizam o terreno de maneira imediata e [e] intervenções mais pesadas, com elementos inertes para a estabilização, como enrocamentos, gabiões ou colchões reno, construídos de pedra. Essas estruturas são associadas com vegetação nos retroaterros e interior da estrutura, para aliar uma função ambiental e melhorar os aspectos estéticos (Fernandes, 2011; Holanda & da Rocha, 2011).

Com base nessa descrição, o presente trabalho apresenta uma classificação conforme a quantidade e tipo de material utilizado. Essa classificação parte da situação de não intervenção até a estabilização com estruturas inertes e tradicionais. A finalidade é o comparativo com o levantamento de erosão de campo, para definir as melhores técnicas em cada trecho e se obter informações nos aspectos econômicos e de disponibilidade de material. Sendo assim, a classificação dos níveis de intervenção é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 Tipos e hierarquização de intervenções biotécnicas.

Identificação	Tipo
[a]	Nenhuma intervenção;
[b]	Apenas plantio de vegetação sem estrutura de apoio;
[c]	Estabilização com banquetas, biorrolos ou geomantas, sem mudanças na inclinação;
[d]	Construções de suporte em Engenharia Natural, podendo ser paliçadas, grades vivas, esteiras vivas ou paredes krainer;
[e]	Construções inertes associadas à vegetação (gabião vegetado, colchão reno).

3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O bairro Vitória Régia, localizado na zona Sul da cidade de Curitiba - PR, é composta por três loteamentos, com área total de cerca de 127,14 ha. O local fica em uma área de cheia do rio Barigui, afluente do Rio Iguaçu. O rio Barigui é um dos principais rios da capital paranaense, que corta 18 bairros da cidade. No processo de urbanização e loteamento do Vitória Régia, datado de 2002, foram construídos canais de drenagem em suas ruas principais, que servem como elementos de drenagem do próprio bairro e emissários (de forma inadequada) de algumas residências. O conjunto de canais é completado com um canal principal, dito extravasor na Figura 2, paralelo à calha do rio Barigui na extensão do bairro, que serve para conduzir as águas coletadas pelos outros canais e abrigar eventuais cheias extravasantes da calha do Rio Barigui.

A Figura 2 apresenta a localização dos três loteamentos que formam o bairro, e o sistema de Drenagem da região. Ao todo há 3.102 m de canais, que passam pelos canteiros centrais das ruas Arthur Tambosi, Cyro Correia Pereira, Lourdes Betezek, Major Victor Feijó e Giuseppe Covacci Jr, além do canal principal paralelo à rua José Laurindo de Souza. A ocupação da área é predominantemente residencial e classificada como Setor Especial de Habitação de Interesse Social (SE-HIS). As informações geográficas e da ocupação foram obtidas no plano diretor da cidade (Curitiba, 2015).

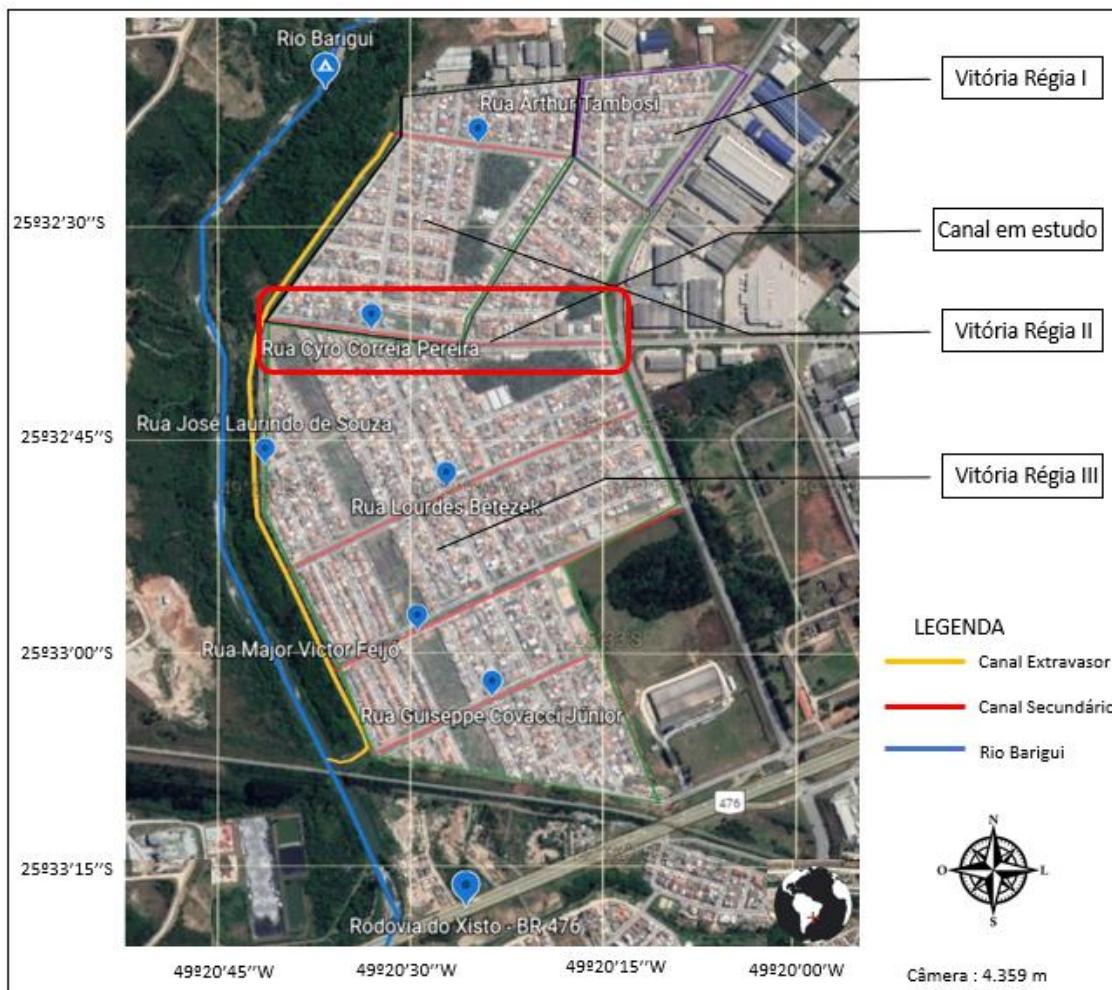


Figura 2 – Localização do bairro Vitória Régia e dos canais de drenagem das ruas principais. Fonte: Os autores, 2020, utilizando imagens do Google Earth, (2020)

A região encontra-se na sub bacia sul do rio Barigui, que por sua vez faz parte da bacia do Alto-Iguaçu. O bioma das porções de mata nativa vizinhas ao bairro Vitória Régia é classificado como Mata Atlântica - Floresta Ombrófita Mista, com presença de espécies típicas de climas

úmidos, vegetação ripária e araucárias (*Araucaria angustifolia*) (Fróes, 2019). O clima da cidade de Curitiba é ameno, com índice pluviométrico de cerca de 1575 mm anuais (INMET, 2019). A região encontra-se em um terraço aluvionar, com solos de elevada fração arenosa e erodibilidade média a alta.

Os canais de drenagem do Vitória Régia apresentam processos erosivos, perda de seção de vazão e verticalização das margens. Como o bairro encontra-se em uma região de planície, com baixas variações de altitude, a água precipitada no bairro encontra dificuldades para escoar rapidamente, tanto nos lotes quanto nos canais de drenagem. Apesar da baixa impermeabilização, as inundações são um risco na região, além do transporte de sedimentos para dentro dos canais.

Dentro do bairro, a região de estudo é o canal da rua Cyro Correia Pereira, marcada pelo retângulo vermelho na Figura 2, que inicia-se de maneira não revestida na coordenada geográfica -25°32'38"S e -49°20'14"O e finaliza no ponto de coordenada -25°32'36"S e -49°20'40"O. Ao longo do seu percurso de cerca de 754 m, existem vários sinais de processos erosivos, desprendimento de vegetação, assoreamento e danos no pavimento da rua. O canal drena uma área de aproximadamente 84,3 ha.

Alguns exemplos de processos erosivos que estão ocorrendo no canal da rua Cyro Correia Pereira são apresentados na Figura 3. Existem movimentações de materiais e perdas de seção útil, merecendo destaque a Figura 3[a], onde há movimentos de massa e desprendimento de material; a Figura 3[b] onde existem subsidências causadas por perdas de material do fundo e a Figura 3[c], que apresenta um trecho de canal onde existem árvores inclinadas e margem verticalizadas.



[a] Movimentos de massa em trecho do canal; [b] Subsidências em trechos erodidos; [c] Inclinação de árvores e verticalização da margem;

Figura 3 – Sinais de processos erosivos que estão ocorrendo nas margens do canal de drenagem da rua Cyro Correia Pereira. Fonte: Os autores, 2020

Como metodologia do presente trabalho, toda a extensão do canal foi percorrida, anotando-se as coordenadas geográficas dos locais com ocorrência de fenômenos erosivos e o tipo. Posteriormente, as ocorrências foram agrupadas, classificando cada trecho do canal em que duas ruas transversais o atravessam (quadras) com uma categoria. As categorias consideradas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Identificação das ocorrências de processos erosivos no mapeamento dos canais.

Grupo	Ocorrências que caracterizam
Danos baixos	Desprendimento de vegetação, arraste de material da base
Danos intermediários	Danos em calçada, ausência de vegetação na margem, corrosão perceptível na margem;
Altura de margem grande e vários danos	Taludes fluviais com altura superior a 2 m, ruptura de taludes, verticalização da margem ou assoreamento da seção;
Danos em contenções e estruturas de drenagem	Categoria especial para identificar danos em contenções ou descarga de bocas de lobo das ruas

4 LEVANTAMENTO REALIZADO E RESULTADOS

O levantamento de campo das ocorrências de processos erosivos com cadastro via GPS dos pontos observados permitiu a criação de um mapa com as manifestações de erosão pontuais. Foi utilizado uma imagem de satélite do software Google Earth (2020), com demarcações dos pontos e delimitação dos polígonos que correspondem a cada categoria demarcadas no próprio software. A Figura 4 apresenta os resultados do mapeamento realizado e algumas imagens do canal.

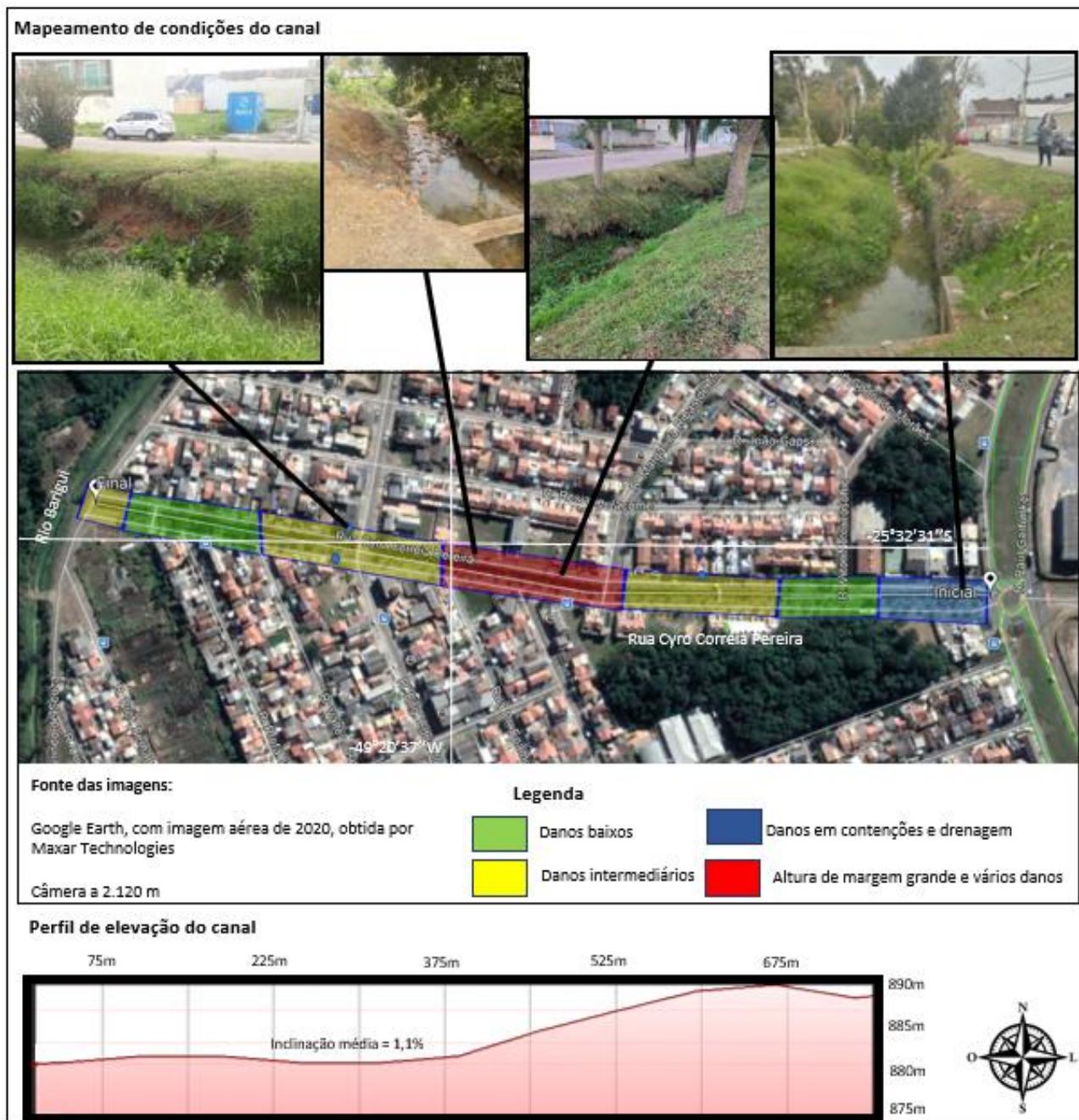


Figura 4 – Mapeamento dos sinais dos processos erosivos que estão ocorrendo no canal de drenagem em estudo. Fonte: Os autores, 2020

Na região crítica do levantamento, com comprimento de 150 m, o canal apresenta uma parte da margem quase vertical, com grande desprendimento de material, inclinação das árvores do entorno e danos no pavimento. Essa região pode necessitar uma intervenção maior, com o uso de

estruturas inertes tipo [e] da Tabela 1. Esse tipo de estrutura também deve ser empregado região de início do canal, marcada em azul na Figura 4, onde já existe um gabião danificado.

As regiões demarcadas em amarelo na Figura 4 podem ser recuperadas com estruturas de contenção em Engenharia Natural, como paliçadas vivas. Ao todo existem cerca de 400 metros de canal nessa condição. Para a produção do projeto, necessita-se a verificação da capacidade da seção para escoar a vazão do canal e a tensão de arraste no fundo e nos elementos, dentre outras verificações. O trecho final da rua possui um projeto já em desenvolvimento, com uma solução em paliçada viva associada à recuperação do entorno e das saídas de drenagem.

Já a região demarcada em verde na Figura 4, com comprimento de cerca de 189 metros, apresenta uma seção bem delimitada, com vegetação fixa e poucos sinais de processos erosivos. Alguns obstáculos, na forma de troncos transversais ao fluxo d'água, foram inseridos no canal, para redução da energia da água no trecho. Porém, com a correção dos demais trechos, esta região pode desenvolver sinais de erosão. Estruturas de contenção de erosão fluvial, como biorrolos e banquetas (tipo [c] da Tabela 1) podem ser empregadas para manter as condições existentes. Como resumo, a Figura 5 apresenta o tipo de estrutura selecionada para cada trecho do canal segundo a metodologia proposta.

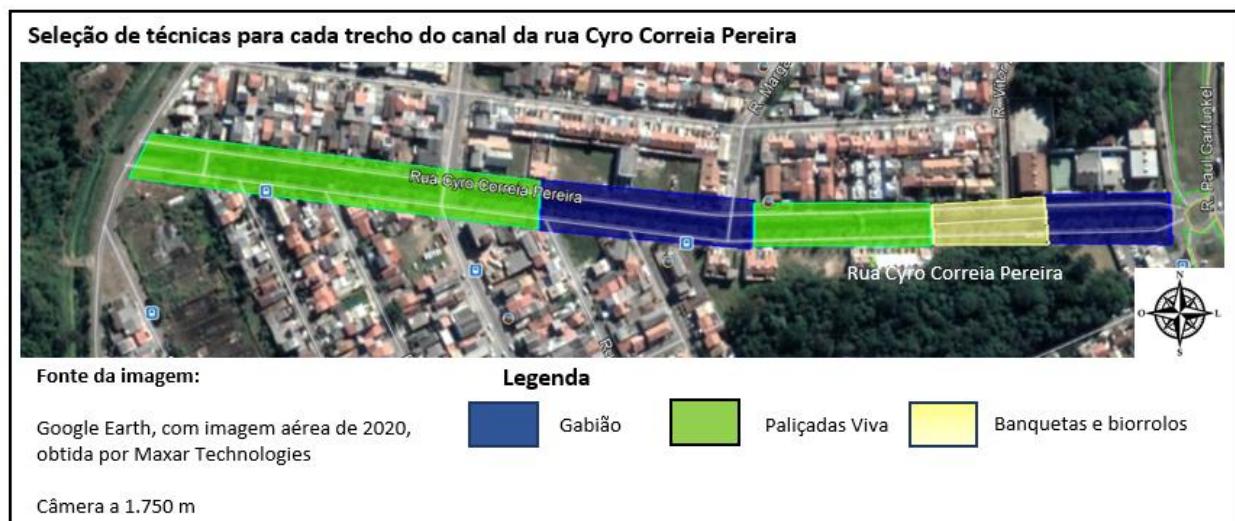


Figura 5 – Seleção de técnicas no canal da rua Cyro Correia Pereira a partir do levantamento de campo.
Fonte: Os autores, 2020

5 CONCLUSÕES

Os problemas do canal da Rua Cyro Correia Pereira se repetem nos demais canais do Vitoria Régia. A baixa declividade de todo o bairro, associada a falta de manutenção dos canais e ausência de estruturas de controle de erosão estão como fatores causadores dos problemas. Os efeitos erosivos são potencializados pelo solo erodível que compõe as margens. O levantamento de processos erosivos no canal em estudo permitiu a identificação de semelhanças e trechos críticos, sendo importantes no planejamento e nas etapas posteriores do projeto. Também foi possível definir qual tipo de solução seria mais adequada para cada trecho. Essa proposta de levantamento de campo, de maneira associada à classificação de tipos de intervenções, pode permitir a seleção da técnica mais adequada para cada trecho.

Essa discussão conceitual do projeto permite otimizar a criação de estimativas financeiras e a apresentação das concepções aos gestores públicos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antão, C. F. (2010). Seleção e dimensionamento de estruturas de proteção de margens de rios. Aplicações práticas. Universidade do Porto, Porto.
- Curitiba. (2015). Plano Diretor da Cidade, Prefeitura de Curitiba.
- Diogo, F. J. (2017). Canal aberto de drenagem. Acesso em 06 de setembro de 2020, disponível em: <http://www.sinicesp.org.br/materias/2017/bt06a.htm>
- Evette, A., Labonne, S., Rey, F., Liebault, F., Jancke, O., & Girel, J. (2009). History of bioengineering techniques for erosion control in rivers in Western Europe. *Environmental Management*, 43, 972.
- Fernandes, J. P. (2011). Introdução à engenharia natural. Évora, Portugal: EPAL.
- Fernandes, J. P., & Guiomar, N. (2016). Simulating the stabilization effect of soil bioengineering interventions in Mediterranean environments using limit equilibrium stability models and combinations of plant species. *Ecological Engineering*, 88, 122–142.
- Fróes, A. C. (2019). Ideologia ambiental no planejamento e produção do urbano em Curitiba: estudo de caso do Projeto Viva Barigui, Dissertação de Mestrado, UFPR, Curitiba.
- Google Earth. (2020). Acesso em 14 de abr de 2020, disponível em Google Earth: <https://www.google.com.br/earth/>
- Guy, H. P. (1970). Sediment problems in urban areas. Washington, USA: US Geological Survey.
- Gyssels, G., Poesen, J., Bochet, E., & Li, Y. (2005). Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Progress in physical geography*, 29, 189–217.
- Holanda, F. S., & da Rocha, I. P. (2011). Streambank soil bioengineering approach to erosion control. Pisa, Italy: IntechOpen.
- INMET. (2019). Clima de Curitiba. Acesso em 17 de outubro de 2019, disponível em Instituto Nacional de Meteorologia: <https://portal.inmet.gov.br/>
- Maccaferri. (2020). Maccaferri atua em projeto de canalização na cidade de Campinas. Jundiaí-SP.
- Maffra, C. R. (2014). Metodologia para projetos de engenharia natural em obras de infraestrutura. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria.
- Rey, F., Bifulco, C., Bischetti, G. B., Bourrier, F., De Cesare, G., Florineth, F., . . . Phillips, C. (2019). Soil and water bioengineering: Practice and research needs for reconciling natural hazard control and ecological restoration. *Science of the total environment*, 648, 1210–1218.
- Silveira, A. (2002). Problems of modern urban drainage in developing countries. *Water Science and Technology*, 45, 31–40.
- Tucci, C. E., & Collischonn, W. (1998). Drenagem urbana e controle de erosão. Em VI Simpósio Nacional de Controle da Erosão. Presidente Prudente, SP.: ABGE.