

## IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS CAUSAS DE ESTABILIDADE DE UM MURO DE CONTENÇÃO NA MARGEM ESQUERDA DO ARROIO MONJOLO

Edwin Iván Namicela Gualán<sup>57</sup>  
 Sara del Rocio Ochoa Averos<sup>58</sup>  
 Liliana Cristina Cruz Salvador<sup>59</sup>  
 Julio César Bizarreta Ortega<sup>60</sup>

**Eixo Temático IV:** Dinâmica do Sistema Terra, geotecnologias e ensino de geografia Física

**Resumo:** O arroio Monjolo que atravessa o Centro da Cidade de Foz do Iguaçu, praticamente na forma de um canal subterrâneo coberto por uma forte impermeabilização de concreto e asfalto, mas no cruze entre a Av. Marechal Floriano e Av. Jorge Sanwais, é possível apreciar uma parte dele descoberto ao ar. No mencionado local existe um muro de contenção com sinais de instabilidade, com possíveis riscos de ruptura e potenciais danos associados. O presente artigo tem como objetivo identificar potenciais causas da instabilidade do mencionado muro, visando a proteção do arroio. Para a mencionada análise foi selecionada uma seção do muro com sinais de deslocamentos no topo e deterioro de suas estruturas. Foram coletadas amostras de água e solo, e realizada às medições dos deslocamentos verticais e horizontais. Os resultados mostram a existência de instabilidade física do sistema solo-muro, pela ausência de drenagem interna atrás do muro que propicia o represamento das águas subterrâneas e a proximidade das cargas no topo do muro (pavimentos, veículos e pedestres). Os estudos das águas de chuva e subterrânea resultaram um pH ácido, o que pode ser uma das possíveis causas do deterioro nos elementos estruturais (concreto e aço). Finalmente concluímos que a principal causa de instabilidade do muro é o contato de suas estruturas de reforço com as águas ácidas, se prevê uma diminuição gradativa de suas propriedades no tempo.

**Palavras-chave:** Arroios urbanos; instabilidade de margens de arroios; instabilidade de muro de contenção próximo aos arroios; águas subterrâneas ácidas.

### Introdução

O Arroio Monjolo pertence à bacia do Paraná, tem uma extensão de três quilômetros passando em seu maior trajeto na região urbana do município de Foz do Iguaçu. É

<sup>57</sup> Discente. ILATIT-UNILA. edwin.gualan@aluno.unila.edu.br.

<sup>58</sup> Discente. ILATIT-UNILA. sara.averos@aluno.unila.edu.br.

<sup>59</sup> Discente. ILATIT-UNILA. liliana.salvador@aluno.unila.edu.br.

<sup>60</sup> Professor. ILATIT-UNILA. julio.ortega@unila.edu.br.



preocupação dos gestores municipais e entidades privadas, a preservação dos rios, arroios e córregos urbanos com a finalidade de combater a poluição ambiental, visual e sonora; e desenvolvimento de projetos e ações destinadas a dotar a fisionomia urbana de embelezamento paisagístico (FOZ DO IGUAÇU, 2010, Art. 37).

A situação atual do Arroio Monjolo é que parte de este se localiza sobre o centro da cidade, sendo difícil observar sua dinâmica do seu leito. Estruturas de contenção tipo muro de contraforte são utilizados para habilitação das margens e aproveitamento do espaço. Contudo, é necessária a instalação de sistemas de drenagem interna para reduzir o acúmulo de águas subsuperficiais atrás do muro, assegurando a estabilidade do mesmo (ex: MARCHETTI, 2008).

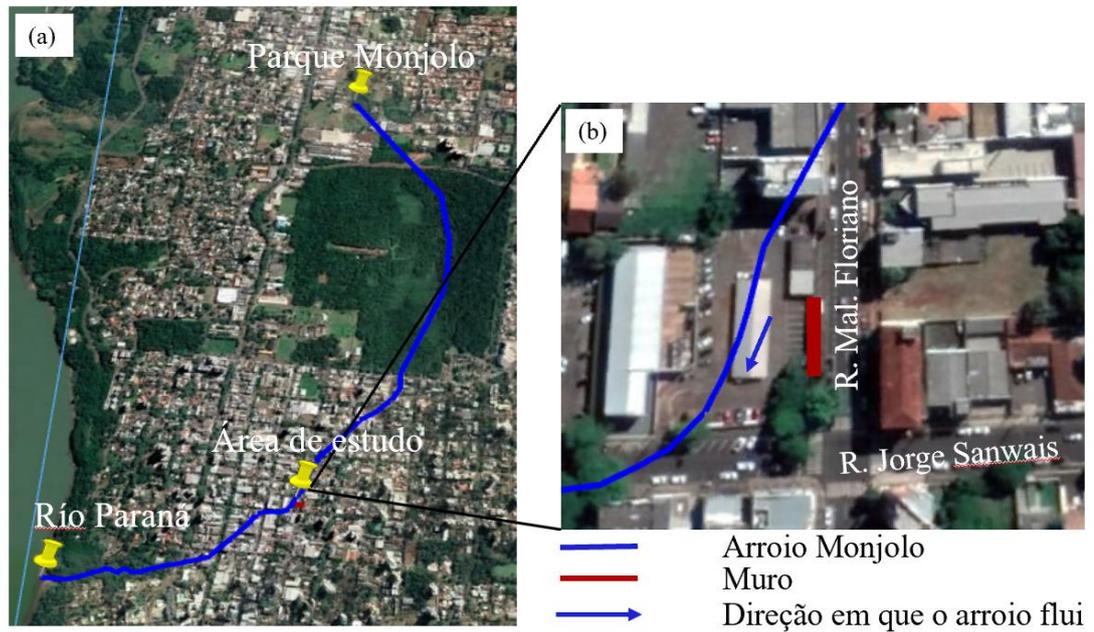
No ano de 2016 foi realizada uma visita de campo realizada pelos autores e detectados deslocamentos horizontais, afundamento em partes do muro próximo ao Arroio Monjolo dentro do sistema urbano, o que motivou o presente estudo.

O objetivo do trabalho é identificar as possíveis causas de instabilidade do muro de contenção no intuito de proteger o arroio. Essa situação torna-se de vital importância pelos potenciais danos associados, devido sua proximidade do muro com uma importante avenida da Cidade (com fluxo veicular e de pedestres) e com um tramo curto do Arroio Monjolo.

## **Localização da área da bacia e esquematização do problema**

A área de estudo está localizada no cruzamento entre a avenida Marechal Floriano e a rua Jorge Sanwais no centro de Foz de Iguaçu, uma região urbana densamente povoada, por onde cruza o arroio Monjolo, como se pode observar na Figura 1a. O muro de contenção está localizado na margem esquerda do arroio Monjolo, como se detalha na Figura 1b.

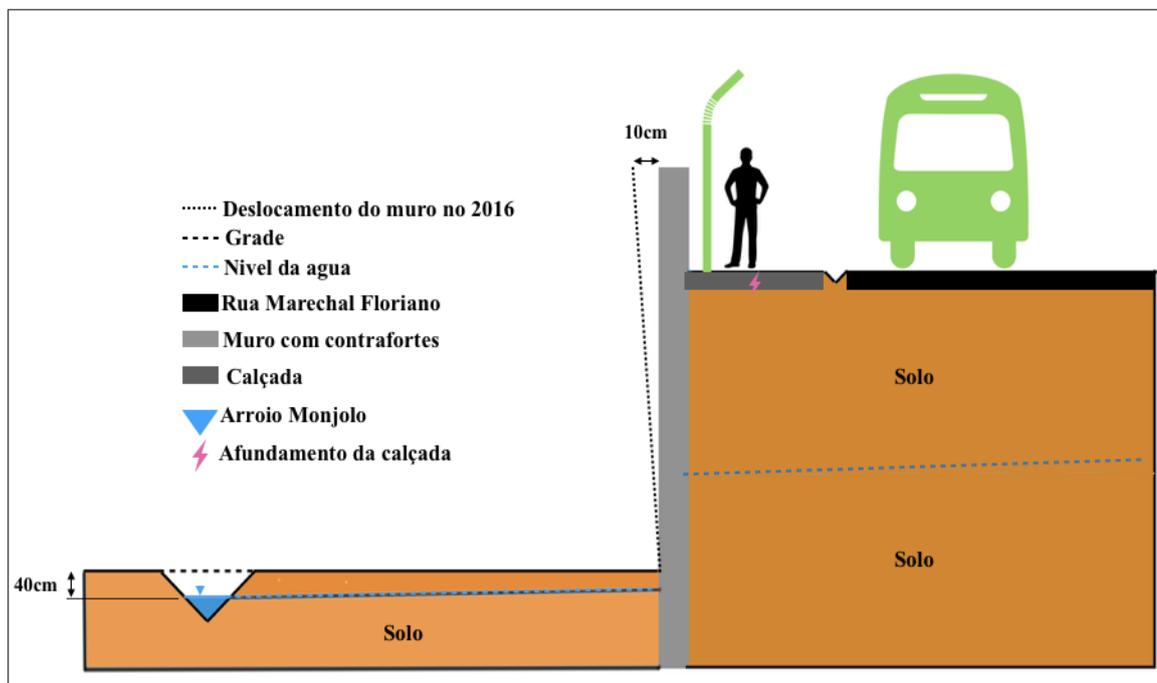
**Figura 1:** Localização hidrográfica do arroio Monjolo e o local da instabilidade.



Fonte: Google Earth

Na Figura 2 apresenta-se os elementos que interferem diretamente na estabilidade física do muro. Para o momento resistente considera-se o peso do muro, e para o momento solicitante considera-se como carga pontual o ponto de ônibus, passagem de ônibus, calçada, nível da água entre outros. Tendo como resultado um fator de segurança menor a 1, com isso concluímos que a estabilidade do muro depende dos elementos estruturais como o contraforte e pilar para evitar o tombamento dele.

**Figura 2:** Esquemática do problema.



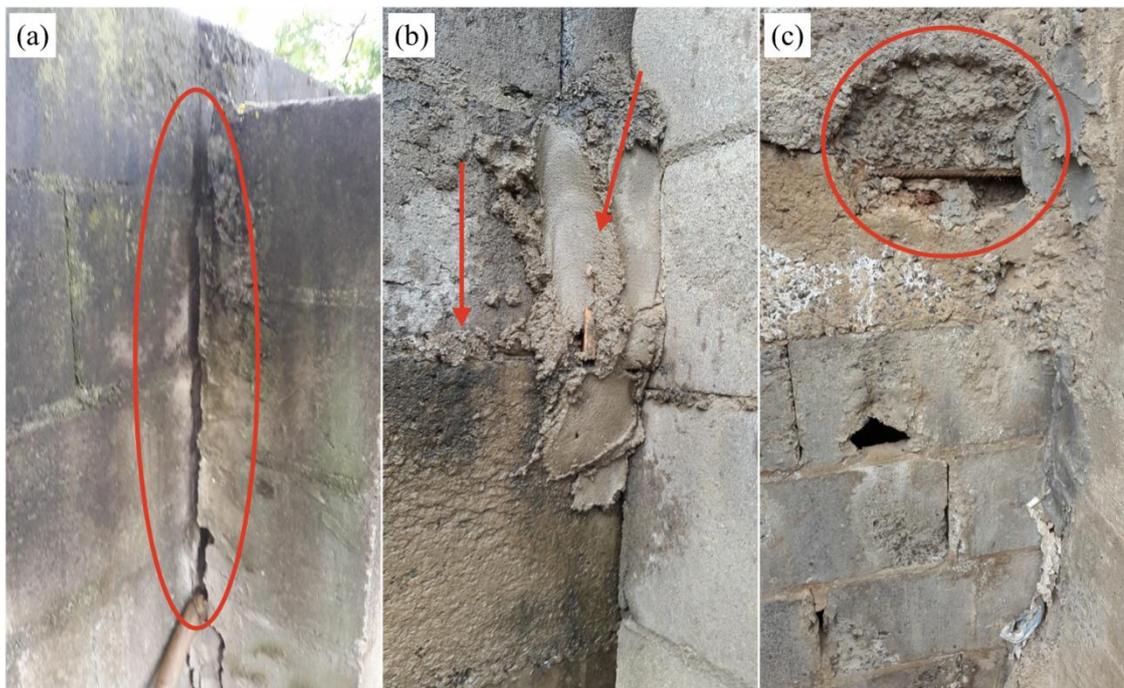
Fonte: Autores

## Problemas de estabilidade do sistema solo-muro

O muro apresenta fissuras estruturais e infiltração da água em 25,45m de comprimento, porém, as análises foram realizadas na zona com maior deslocamento lateral sendo definida como zona crítica. Nesta zona foi medido um deslocamento de 0,1m no ano 2016.

As evidências de instabilidades em campo podem ser geradas por problemas estruturais, construtivos e químicos. O primeiro problema encontra-se ao existir uma diferença de 0,05m entre o muro e os contrafortes (Figura 3a). O segundo foi ao colocar concreto na infiltração da água na estrutura (Figura 3b) como medida provisória. Na Figura 3c, mostra-se a barra de aço com interação direta no ambiente, sendo uma possível causa de corrosão na estrutura. Os fatores anteriormente mencionados geram diminuição na resistência do muro.

**Figura 3:** Problemas no muro com contrafortes. (a) Abertura de fissura entre o muro e o contraforte de 1 cm, (b) problema de infiltração da água de chuva, (c) corrosão do aço.

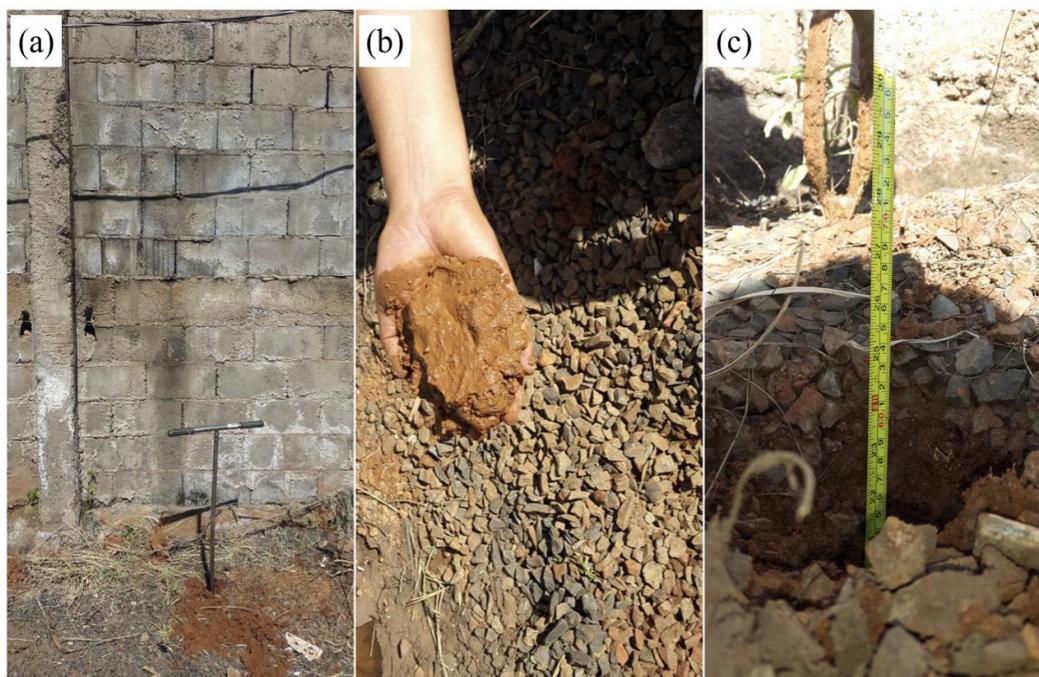


Fonte: Acervo dos autores, 2016

Para o solo de fundação do muro foram realizados os seguintes ensaios: pH, umidade, limite de liquidez, limite de plasticidade e permeabilidade. Ensaios realizados de acordo à associação brasileira de normas técnicas (ABNT). As amostras foram coletadas de um furo realizado no pé do muro, como se observa na Figura 4.

Na análise de pH foram tomadas duas amostras da água: a primeira foi da água da chuva e a segunda foi extraída em um furo a uma profundidade de 40cm. Para a análise de pH da amostra subterrânea, foi realizado o processo de separação dos lipídios com papel filtro para evitar contaminação dela. O pH da água da chuva foi de 5,60 e da água subterrânea 5,66, pelo qual ambas são ácidas. Os ataques químicos da água ácida nas estruturas armadas do muro (contraforte, coluna), se dá pela ação da chuva e as águas subterrâneas, o que explicaria a corrosão eletroquímica dos elementos de concreto, que leva a perda da aderência entre o concreto e o cimento, e com isso a diminuição da resistência da estrutura.

**Figura 4:** Extração de amostras e medição do nível de água. (a) Trado utilizado para perfuração do solo, (b) amostra de solo extraída, (c) leitura do nível de água com trena



Fonte: Acervo dos autores, 2016

Na caracterização do solo foram analisadas duas amostras: saturada abaixo do nível freático e saturada por capilaridade acima do nível freático, ambas as extraídas pelo trado, a primeira a uma profundidade de 20 cm aproximadamente e a outra a 40cm. A umidade ( $w$ ) das amostras são: 47,133% e 45,290%. Para a análise da saturação ( $S$ ) e índice de vazios ( $e$ ) foi adotado um peso específico relativo dos sólidos ( $G_s$ ) de 2,74 ao ser um solo argiloso com valores típicos de peso específico de 2,7 a 2,8 (BOWLES, 1980). Contudo isso foi estimado o peso específico dos solos ( $\gamma$ ).

**Tabela 1:** Caracterização do solo.

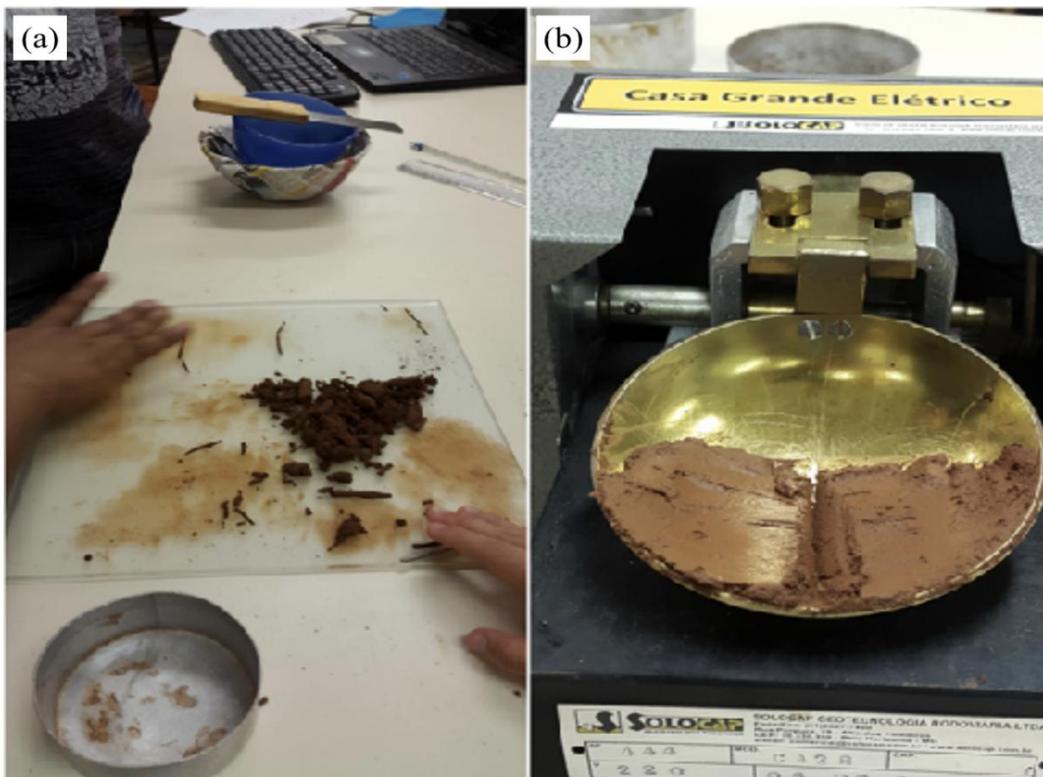
Parâmetros	Amostras do solo	
	Su perfície	40cm abaixo
$G_s$	2, 74	2,74

w	0, 471	0,453
S	1	0,961
e	1, 291	1,292
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	17 ,262	17,042

Fonte: Acervo dos autores, 2016

Ao realizar os ensaios de limite de Atterberg pela norma NBR 7180 (2016) e NBR 6459 (2017) como se mostra nas Figuras 5a e 5b, classifica-se ao solo como uma argila inorgânico de baixa plasticidade, classificado como CL pelo Sistema Unificado de classificação de Solos (SUCS). O valor da permeabilidade determinada de acordo a NBR 14545 (2000) foi de  $k = 1,92 \cdot 10^{-6}$  cm/s, um valor baixo para este tipo de solos. Estas propriedades índice permitiram escolher os parâmetros para os análises da estabilidade física.

**Figura 5:** Limites de Atterberg. (a) Limite de plasticidade, (b) Limite de liquidez.



Fonte: Acervo dos autores, 2016

## Considerações Finais

O muro de contenção estudado cumpre a função de proteger o arroio Monjolo de uma possível colmatagem, que pode estar vinculada posteriormente com problemas de inundações. O mencionado arroio na atualidade está baixo uma zona densamente povoada, com sua morfologia fluvial praticamente recoberta pelo aterro, concreto, aço e asfalto. No entanto, no local de estudo se apresenta aberta ao ar livre por um curto tramo, na zona destinada ao estacionamento e lava-jato. Está ponto pode ser aproveitado como um ponto de controle da água para diferentes estudos sobre o arroio.

As possíveis causas de instabilidade do muro de contenção podem ser resumidas em:

- Ausência de sistemas de drenagem no muro, gerando represamento das águas subterrâneas;
- Falta de controle tecnológico na construção do muro;
- Deterioração das estruturas por falta de manutenção;
- Medidas construtivas errôneas;
- Nível da água próximo a superfície (40cm) devido ao desvio do curso do arroio Monjolo, fonte hídrica que fica na margem esquerda da estrutura de contenção.

Os deslocamentos laterais do muro levaram ao proprietário colocação de contrafortes e pilares para evitar sua ruptura estrutural. No entanto as mencionadas estruturas de reforço (concreto e aço) em contato com as águas ácidas da chuva e subsuperficiais mostram ser vulneráveis a ações químicas como a corrosão do aço e perda de aderência no concreto.

Outros estudos podem ser realizados para verificar a situação atual da zona já estudada, avaliando os problemas ambientais a partir dos indicadores que foram apresentados. Ao encontrar-se no centro da cidade o colapso do muro causaria também impactos: ambientais, sociais e econômicos.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez.** Rio de Janeiro, p. 5. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade.** Rio de Janeiro, p. 3. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14545: Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável.** Rio de Janeiro, p. 12. 2000.
- BOWLES, Joseph E.. Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil. **McGRAW-HILL BOOK Co.**, 1980. p.465
- FOZ DO IGUAÇU. Lei nº 3697, de 17 de maio de 2010. Dispõe sobre reestruturação organizacional da prefeitura do Município de Foz do Iguaçu, estado de Paraná, e dá outras providências. Foz do Iguaçu: Câmara municipal. Disponível em:  
<https://leismunicipais.com.br/a/pr/f/foz-do-iguacu/lei-ordinaria/2010/369/3697/lei-ordinaria-n-3697-2010-altera-e-acresce-dispositivos-na-lei-n-3025-de-18-de-janeiro-de-2005-alterada-pelas-leis-n-s-3-264-de-19-de-setembro-de-2006-3-477-de-14-de-agosto-de-2008-e-3-655-de-21-de-dezembro-de-2009-que-dispoe-sobre-a-reestruturacao-organizacional-da-prefeitura-do-municipio-de-foz-do-iguacu-estado-do-parana-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 26 de set. 2019.
- MARCHETTI, Osvaldemar. Muros de Arrimo. **Blucher**. ISBN 8521204280, 1º Edição, Jan. 2008.