

Mapeamento do perfil de solos residuais presentes no Canal da Piracema de Itaipu Binacional

Josiele Patias

Doutora em Geotecnia, Engenheira Civil Sênior, Itaipu Binacional, Foz do Iguaçu, Brasil,
jpatias@itaipu.gov.br

Débora de Oliveira Fernandes

Mestre em Geotecnia, Geóloga, Fundação Parque Tecnológico Itaipu, Foz do Iguaçu, Brasil,
deboraf@pti.org.br

Rodrigo de Lima Rodrigues

Mestre em Geotecnia, Engenheiro Civil, Fundação Parque Tecnológico Itaipu, Foz do Iguaçu, Brasil,
rodrigo.lr@pti.org.br

RESUMO: O mapeamento do perfil de solos residuais em taludes é uma ferramenta importante para fornecer informações que podem ser utilizadas em análises de estabilidade, estudos de fluxo de água subterrânea, entre outros. Este levantamento permite uma compreensão aprofundada da geometria dos diferentes tipos de solo, além de auxiliar na definição de locais para coleta de amostras deformadas e indeformadas. O Canal da Piracema de Itaipu Binacional é um dispositivo de transposição de peixes para o permitir o fenômeno da piracema, que possui 10,3 km de extensão, sendo que dois terços correspondem ao leito do antigo rio Bela Vista e o restante é constituído de segmentos do tipo escadas, canais de concreto e lagoas artificiais. O presente estudo, tem como objetivo apresentar os procedimentos e resultados preliminares referentes ao mapeamento do perfil estratigráfico do solo residual do talude direito do referido canal, com objetivo de compreender melhor a composição do maciço que constitui a fundação da Barragem de Terra da Margem Esquerda (BTME) de Itaipu, localizada nas proximidades da tomada d'água deste canal, bem como da observância de afloramentos e fluxos de água a jusante. Por meio do mapeamento foi possível identificar o perfil de solo residual presente no referido talude. Identificou-se um perfil com presença de quatro camadas constituídas do topo para a base por solo orgânico, argila vermelha, saprólito e rocha alterada.

PALAVRAS-CHAVE: Investigação Geotécnica, Mapeamento Geológico, Barragem de Terra.

ABSTRACT: The mapping of residual soil profiles on slopes serves as a crucial tool for supplying data important to stability analyses, groundwater flow studies, and other investigations. It enables a comprehensive understanding of the geometric characteristics of different soil types, while also aiding in determining suitable locations for collecting both disturbed and undisturbed soil samples. The Piracema Channel of Itaipu Binacional is a fish passage device designed to allow the migration of fish. Spanning a length of 10.3 kilometers, two-thirds of its route aligns with the course of the former Bela Vista riverbed. The remaining portion consists of stair segments, concrete channels, and artificial lagoons. This study aims to present the procedures and preliminary results concerning the mapping phase of the residual soil stratigraphic profile of the Left Bank Earth Dam (BTME), along with the observation of outcrops and downstream water flows. Through mapping, it was identified the residual soil profile covering 2/3 of the Piracema Channel's height, encompassing the upper and intermediate benches.

KEYWORDS: Geotechnical Investigation, Geological Mapping, Earthfill Dam.

1 INTRODUÇÃO

A barragem de Itaipu possui aproximadamente 8 km de extensão, sendo que aproximadamente 65% desse comprimento corresponde às barragens de terra e enrocamento. A Barragem de Terra da Margem Esquerda

(BTME) possui aproximadamente 2 km de extensão e faz o fechamento entre a barragem de enrocamento e o terreno natural na ombreira esquerda da estrutura, onde está localizado o Canal da Piracema.

Além do monitoramento e manutenção convencionais para barragens de aterro, a BTME tem sido objeto de diversos estudos voltados a análises de fluxo (2D e 3D) e a estabilidade, com o objetivo de avaliar as condições atuais, considerando os parâmetros obtidos de amostras retiradas recentemente na barragem e na sua fundação. O estudo foi dividido em duas fases, sendo que a primeira consiste no mapeamento do perfil estratigráfico do solo de fundação da BTME, bem como da observância de afloramentos e fluxos de água a jusante. Para esse fim, foi selecionado o talude direito do Canal da Piracema. A segunda fase consiste na retirada de amostras deformadas e indeformadas tanto do maciço compactado como da fundação desta estrutura, para realização de ensaios de laboratório, considerando as condições atuais dos solos e técnicas mais modernas de testes, como a abordagem de solos não saturados e análises probabilísticas. O presente estudo, tem como objetivo apresentar os procedimentos e resultados preliminares referentes à fase de mapeamento do perfil estratigráfico do solo residual de fundação da Barragem de Terra da Margem Esquerda de Itaipu.

2 ÁREA DE ESTUDO

O Canal da Piracema possui 10,3 km de extensão, sendo que dois terços correspondem ao leito do antigo rio Bela Vista e o restante é constituído de segmentos do tipo escadas, canais de concreto e lagoas artificiais. A tomada d'água do canal localiza-se a aproximadamente 100 m da extremidade da BTME. Para construção desse trecho foi realizada uma escavação com profundidade variada, sendo que nas proximidades da BTME o canal possui em média 10 metros de profundidade, em bancadas com aproximadamente 3,5 metros de altura. Devido à proximidade do canal com a BTME, entende-se que é possível atribuir o perfil de solo residual de basalto que aflora no canal ao da fundação da BTME. A Figura 1 apresenta a visualização da Barragem de Itaipu, por meio de imagem de satélite, com destaque para a BTME e o trecho mapeado.



Figura 1. Localização da região mapeada.
Fonte: GoogleEarth (2024).

A área mapeada possui aproximadamente 230 m de extensão. O canal possui 3 bancadas, sendo aqui denominadas por: bancada superior, intermediária e inferior. A superfície das bancadas normalmente, apresenta vegetação rasteira, que foi suprimida para permitir a visualização e o mapeamento dos materiais.

3 METODOLOGIA APLICADA

Para o mapeamento foi realizado um caminhamento que iniciou na bancada superior, no sentido montante para jusante. Para cada faixa limpa, foi elaborado um croqui de campo com a geometria do talude e a indicação do tipo de material exposto, presença de fluxo de água ou variação visual na umidade do solo, bem como características estruturais, presença de raízes e outras informações. As coordenadas e cotas do topo e da base das rampas de cada trecho, foram obtidas por topografia. A Figura 2 apresenta uma representação das informações geométricas mapeadas para cada trecho. A Figura 3 apresenta o registro da realização do mapeamento em um dos trechos da bancada superior com o afloramento da camada de argila vermelha.

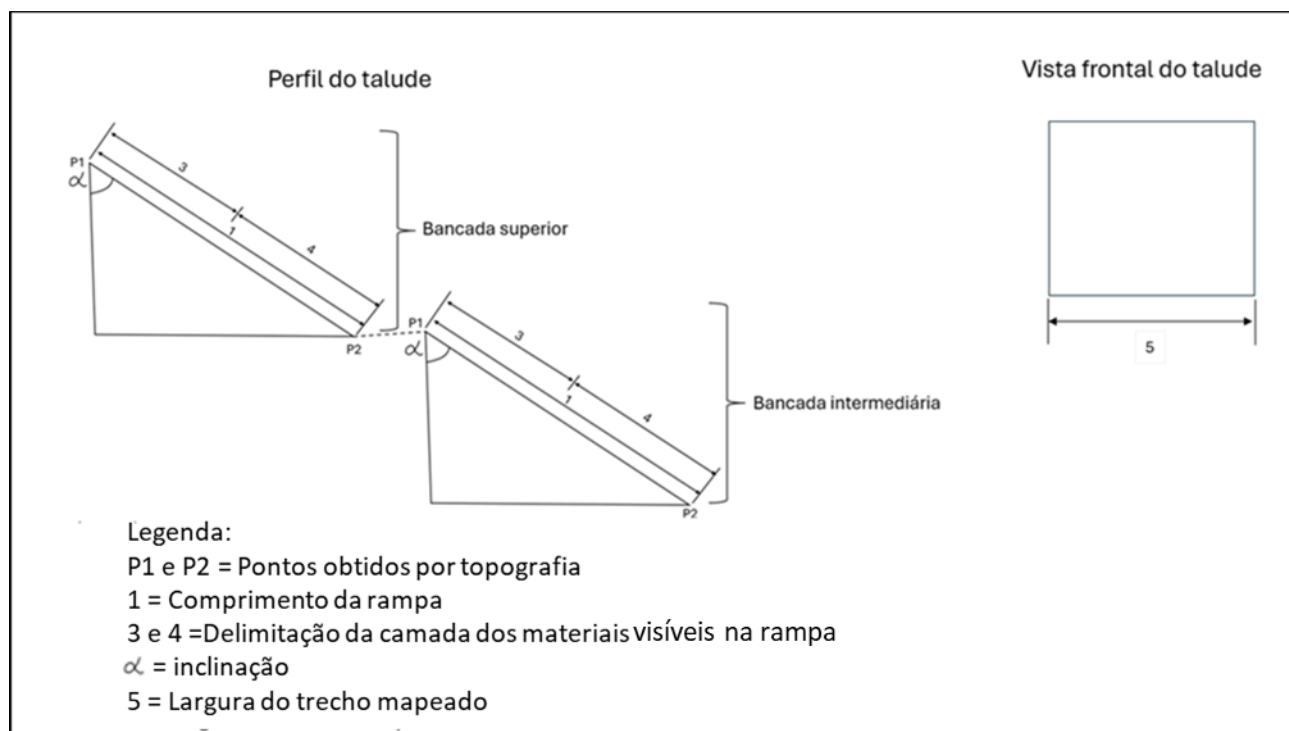


Figura 2. Ilustração com a indicação das informações obtidas em campo.

Para auxiliar na identificação das áreas mapeadas, foi elaborada uma codificação por meio da combinação da letra T, seguida do número representativo da ordem de mapeamento, mais a identificação da bancada: superior, intermediária ou inferior. Um detalhe importante é que o sentido do mapeamento foi diferente para cada bancada, sendo montante/jusante para a bancada superior e jusante/montante para a bancada intermediária. Por consequência, a nomenclatura também seguiu essa sequência. A Figura 4 apresenta uma vista do trecho do canal que foi mapeado, com as três bancadas preparadas para o mapeamento e um exemplo da indicação da codificação elaborada.

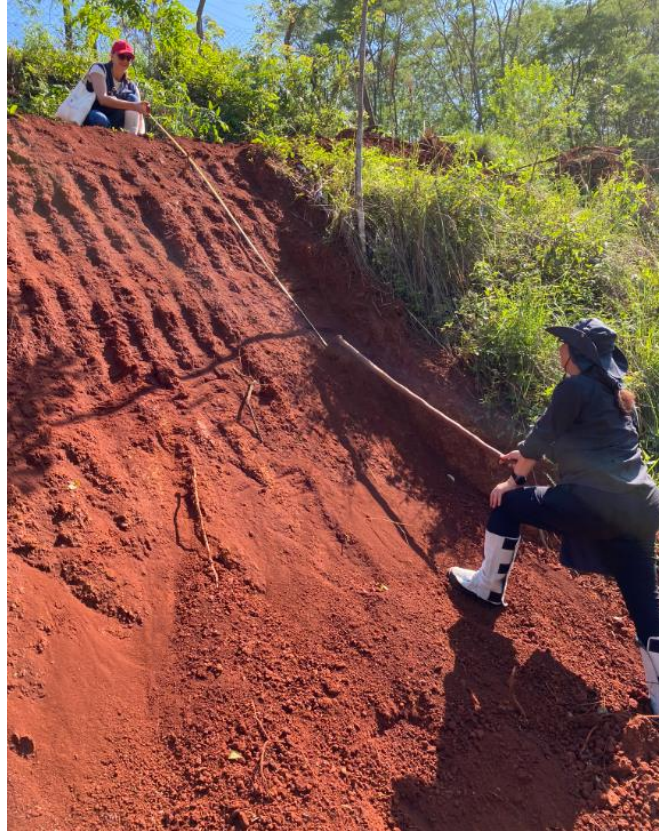


Figura 3. Registro fotográfico de um dos taludes da bancada superior mapeados. Observar a presença da argila vermelha



Figura 4. Vista do trecho do canal da Piracema mapeado, com as bancadas preparadas para o mapeamento e exemplo da codificação aplicada.

4 RESULTADOS

As observações realizadas em campo foram inseridas em um documento digitalizado em ambiente CAD. Cada trecho mapeado gerou um perfil do talude e a sua visualização frontal. De acordo com visualizações realizadas a distância, na camada inferior, provavelmente, há o contato do saprólito com a rocha alterada, com predomínio dessa última.

O perfil de solo obtido com o mapeamento, apresenta quatro materiais distintos, caracterizados de cima para baixo, quais sejam: solo superficial, argila vermelha, saprólito e rocha alterada.

A camada superficial é constituída por solos orgânicos com presença de raízes e restos de plantas, com espessura máxima de 10 centímetros. Na sequência é observada a camada de argila vermelha, que apresenta até 10 metros de espessura, estando presente em toda a extensão da bancada superior e estendendo-se até o topo da bancada intermediária. A Figura 5a apresenta o registro fotográfico dos materiais representativos do mapeamento na bancada superior, e a Figura 5b apresenta o registro dos materiais mapeados na bancada intermediária.

A argila encontrada na região da Barragem de Itaipu é dividida em dois grupos, tais como: argila altamente porosa, com plasticidade variando entre média a alta; e argila com coloração mais escura, com maior plasticidade e elevada umidade natural. Ensaios laboratoriais estão em fase de realização para identificar o tipo da argila observada nas bancadas em estudo.

Sotopostos às argilas vermelhas observam-se saprólitos formados a partir de brechas basálticas e basaltos. Os saprólitos, provenientes das brechas basálticas, exibem a composição heterogênea, herdada da rocha fonte. Sua textura é caótica e a coloração é variegada, apresentando manchas que podem oscilar entre tons amarelados, avermelhados e até esbranquiçados. Esse material apresenta uma resistência considerável à escavação manual. Já os saprólitos provenientes de basalto apresentam-se mais homogêneos em sua composição e coloração. Ambos os saprólitos podem ser encontrados na região inferior da bancada intermediária e, possivelmente, estende-se ao longo de todo topo da bancada inferior. A rocha alterada, conforme, tratado acima, está presente na bancada inferior, próximo do nível d'água do canal.

Não foram observadas surgências provenientes do fluxo interno no maciço nas bancadas mapeadas (superior e intermediária). Foram observadas em locais isolados, pequenas variações no teor de umidade do solo, o que provavelmente foi ocasionado pela umidade relativa ao sombreamento irregular causado pela vegetação ao longo da área de estudo.



Figura 5. Registro fotográfico representativo dos materiais mapeados: a) bancada superior, com presença de argila vermelha em todos os taludes mapeados; b) bancada intermediária, apresentando o contato entre a argila vermelha e o saprólito.

A Figura 6 mostra um exemplo dos resultados parciais obtidos neste mapeamento, bem como as informações das trincheiras T09, T10, T11 e T12, das bancadas superior e intermediária, localizadas na região central do mapeamento. Cabe ressaltar que o padrão identificado se repete para as demais trincheiras.

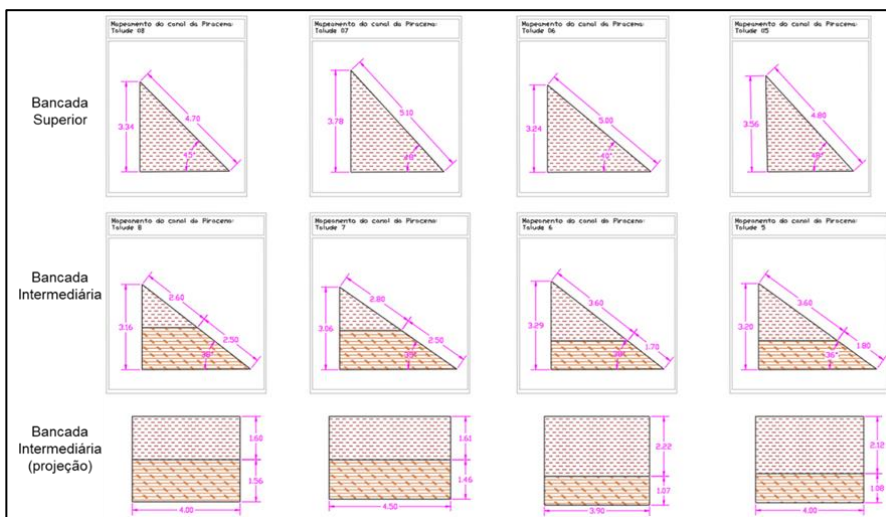


Figura 6. Exemplo dos resultados parciais obtidos pelo mapeamento do perfil de solos residuais presentes no Canal da Piracema.

O resultado do mapeamento, associado ao levantamento topográfico possibilitou uma comparação com os dados de sondagens e perfis de instrumentos da BTME. Na T15, localizada na direção do eixo, o contato entre argila e saprolito foi mapeado na bancada intermediária na Elevação 221,47 m, no perfil de instalação do instrumento PZ-L-11 (medidor de nível de água), localizado entre a barragem e a T15, a aproximadamente 15 m da T15, o contato entre argila e saprolito ocorre na Elevação 220,49 m. A Figura 7 apresenta o perfil de instalação do instrumento e o resultado do mapeamento.

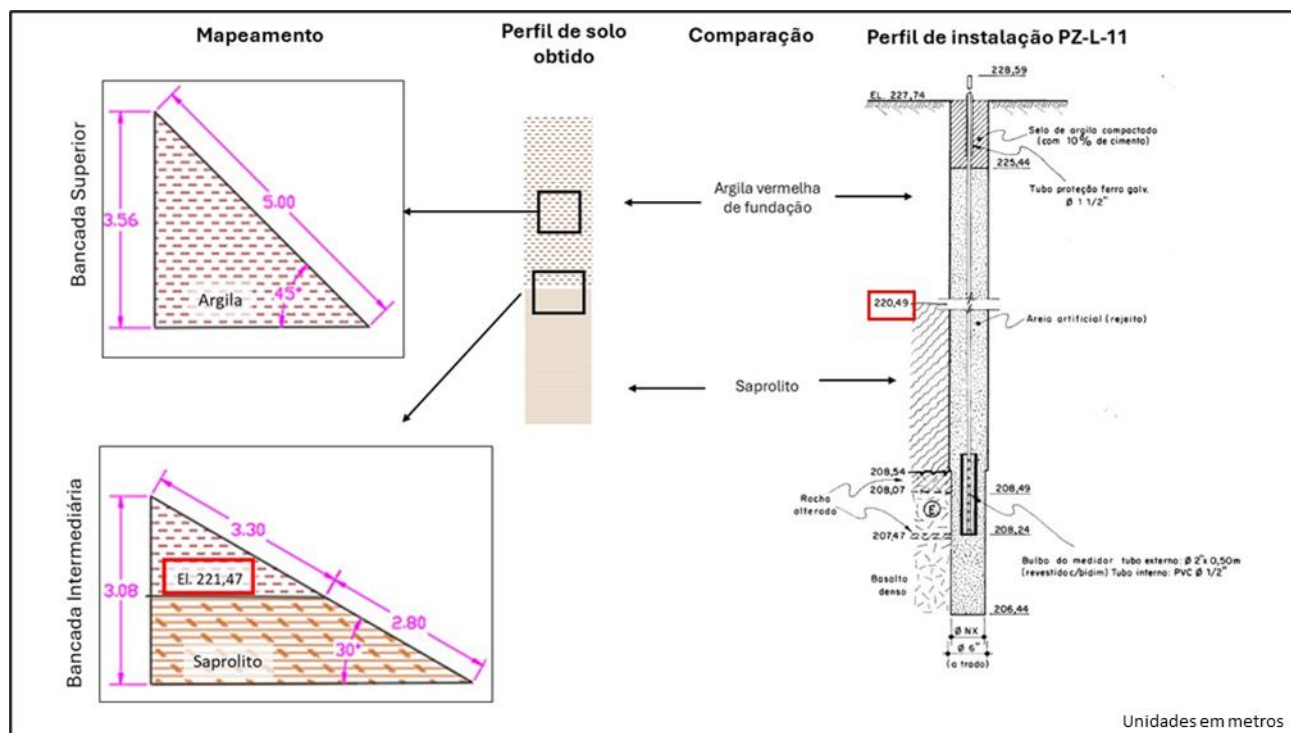


Figura 7 – Perfil do instrumento PZ-L-11 instalado próximo a T15.

5. CONCLUSÃO

Por meio do mapeamento apresentado foi possível identificar quatro materiais presentes no Canal da Piracema, quais sejam: solo orgânico; argila vermelha; saprolito e; rocha alterada. Esses materiais, por sua vez, são

compatíveis com os materiais apresentados nas investigações da BTME, localizada em seu ponto mais próximo a aproximadamente 100 m do local mapeado.

Assim, os materiais mapeados a partir do talude direito do Canal da Piracema, além de importantes para entendimento da geologia local, nortearão a coleta de amostras deformadas e indeformadas para a realização de ensaios e a caracterização atual dos materiais que compõem a fundação da BTME, permitindo obter maiores informações sobre a variabilidade de tais materiais para entendimento de alguns comportamentos indicados por instrumentos instalados na fundação desta estrutura. Ressalta-se que há registro de grande quantidade de informações obtidas durante o período construtivo, mas atualmente dispõe-se de novos tipos de ensaios e abordagens de estudo que necessitam coleta de material para aprofundar os estudos e monitoramento do comportamento do maciço.

Não foram encontradas umidades ou surgências provenientes de fluxos internos do maciço terroso nas bancadas estudadas até o momento (superior e intermediária).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Itaipu Binacional e à Fundação Parque Tecnológico Itaipu pelo apoio e incentivo à pesquisa aplicada em segurança de barragens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Itaipu Binacional. (1982). *Perfil de instalação do medidor de nível de água, PZ-L-11*. Divisão de Geologia Mecânica das Rochas e Instrumentação, Foz do Iguaçu.

Itaipu Binacional (1976). *Investigação geotécnica do capeamento de solo a montante da Barragem de Terra*. Foz do Iguaçu.

Secretaria do Estado do Paraná (1996). *Parque da Barragem, Anexo 2: Geologia do terreno – Sondagens*. Foz do Iguaçu.