XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/93

Influência do Fluxo Subsuperficial na Instabilidade do Talude da Bica dos Quatro Cantos: Uma Reavaliação Geotécnica em Olinda–PE

Vinícius Dias Ferreira
Engenheiro Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, vdf@poli.br

Pedro Eugênio Silva de Oliveira
Professor Adjunto, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, pedro.oliveira@poli.br

Andréa Batista de Farias Dias
Professora Adjunto, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, abfd1@poli.br

Alexandre Duarte Gusmão
Professor Adjunto, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, gusmao.alex@poli.br

RESUMO: O trabalho analisa o talude localizado próximo à Bica dos Quatro Cantos, no Sítio Histórico de Olinda, área de alta relevância geotécnica e hidrogeológica, já investigada por Amorim (2007), Gusmão (2018) e, mais recentemente, por Gusmão, Dias e Oliveira (2025). A bica é formada por quatro muros de arrimo — um principal e três secundários — que configuram uma caixa rebaixada com fluxo contínuo de baixa vazão. A análise geomorfológica identificou que a bica está a jusante de um talude com inclinação aproximada de 45°, morfologia côncava e vegetação rasteira, funcionando como área de contribuição direta da surgência. Vistorias nas edificações vizinhas apontaram trincas superiores a 20 mm e tendência de deslocamento das casas, compatíveis com o regime hídrico local e com os solos arenosos da Formação Barreiras. Estudos anteriores (FADE, 2007; Gusmão, 2021) já indicavam linhas de fraqueza associadas à água subterrânea. A reavaliação realizada entre 2024 e 2025 confirmou esse padrão e identificou ao menos cinco linhas de drenagem na microbacia, convergindo para a Rua da Bica e a Rua Coronel Joaquim Cavalcanti, evidenciando fluxo subsuperficial estruturado, condicionado por camadas menos permeáveis e recarga das áreas mais elevadas. As análises de estabilidade realizadas no Slide2 (equilíbrio limite) e no RS2 (elementos finitos), com parâmetros geotécnicos clássicos da Formação Barreiras descritos por Gusmão Filho, indicaram estabilidade considerando apenas a geometria da encosta. Entretanto, ao incorporar o fluxo subsuperficial, houve redução significativa do Fator de Segurança, demonstrando que a água é o principal agente desestabilizador. Conclui-se que avaliações baseadas apenas em declividade e litologia são insuficientes. Recomenda-se a execução de sondagens mistas e instrumentação para determinar o topo rochoso e o regime de fluxo, essenciais para uma análise mais robusta e para o projeto de estabilização.

PALAVRAS-CHAVE: Fluxo Subsuperficial, Sítio Histórico de Olinda, Análise Geotécnica.

ABSTRACT: The present study analyzes the slope located near the Bica dos Quatro Cantos, in the Historic Site of Olinda, an area of high geotechnical and hydrogeological relevance previously investigated by Amorim (2007), Gusmão (2018), and more recently by Gusmão, Dias, and Oliveira (2025). The spring structure consists of four retaining walls—one main and three secondary—forming a recessed box below street level, with a continuous low-discharge flow. The geomorphological analysis showed that the spring is situated downstream of a slope with an inclination of approximately 45°, concave morphology, and low vegetation, functioning as a direct contribution area to the spring discharge. Inspections of nearby buildings revealed cracks wider than 20 mm and a tendency for the houses to shift, consistent with the local hydrological regime and the sandy soils of the Barreiras Formation. Previous studies (FADE, 2007; Gusmão, 2021) had already identified weakness lines associated with groundwater presence. The reassessment conducted between 2024 and 2025 confirmed this pattern and identified at least five drainage lines within the micro-basin, converging toward Rua da Bica and Rua Coronel Joaquim Cavalcanti, indicating a well-structured subsurface flow controlled by less permeable soil layers and recharge from higher elevations. Slope stability analyses performed using Slide2 (limit equilibrium method) and RS2 (finite element method), based on classical geotechnical parameters of the

Barreiras Formation described by Gusmão Filho, indicated stable conditions when considering only the slope geometry. However, when subsurface flow was incorporated, a significant reduction in the Factor of Safety was observed, demonstrating that groundwater action within the soil mass is the primary destabilizing agent affecting both the slope and surrounding buildings. It is concluded that traditional risk assessment methods based solely on slope angle and lithology are insufficient to capture the complexity of the subsurface flow. Therefore, mixed borehole investigations and instrumentation are recommended to determine bedrock depth and groundwater regime, which are essential for a robust analysis and the design of stabilization measures.

KEYWORDS: Subsurface Flow, Historic Site of Olinda, Geotechnical Analysis.

1 INTRODUÇÃO

No dia 30 de outubro de 2024, foi realizada a primeira visita técnica para o reconhecimento do cenário do entorno da Bica dos Quatro Cantos. Ao chegar ao local, observou-se que a estrutura da bica é composta por uma associação de muros de arrimo, sendo um muro principal, onde está localizada a fonte da bica, e três muros secundários. Juntos, esses muros formam uma caixa escavada situada em uma cota inferior à da rua que leva o mesmo nome.

2 INSPEÇÃO DO LOCAL

A bica é composta por uma associação de quatro muros de arrimo, sendo um principal e três secundários, conformando uma caixa rebaixada em relação ao nível da rua e apresentando fluxo contínuo (Figura 1).



Figura 1. Vista lateral da Bica dos Quatro Cantos.

A fonte da bica é materializada por uma saída de água por gravidade, conduzida por um tubo de aço/ferro fundido com extremidade em ângulo de noventa (90º) graus. Durante a visita, verificou-se que a saída de água apresentava um fluxo contínuo, embora de baixa vazão, indicando a presença de um lençol freático ativo ou de um sistema de drenagem natural na área (Figura 2). Esse fato pode ser explicado por uma forte heterogeneidade do perfil de solo, onde provavelmente existe uma camada de solo menos permeável conduzindo o fluxo por seu topo, ou por entre os vazios da camada mais permeável superior.



Figura 2. Vista frontal da Bica dos Quatro Cantos.

Durante a vistoria, foram verificadas inúmeras manchas de umidade distribuídas sobre a superfície da estrutura (Figura 3). Em uma vista frontal da bica, observa-se maior concentração dessas manchas no lado esquerdo, indicando possíveis pontos de infiltração ou fluxo de água na região.



Figura 3. Tubulação de drenagem da bica, em funcionamento na data da vistoria. Detalhe para a mancha de provável ascensão capilar abaixo da saída do tubo.

Além disso, foram identificadas famílias de fissuras nas paredes laterais esquerda e direita, muitas delas acompanhadas por manchas de umidade em seu entorno. Essas fissuras sugerem movimentações possivelmente relacionadas à ação da água ou a processos de instabilidade no solo. No piso da cavidade da estrutura, as manchas de umidade apresentam-se mais desenvolvidas, com a formação de lodo em algumas áreas. Essas manchas estendem-se em direção à tubulação de saída de água, indicando um fluxo de água ascendente do solo em direção à fonte da bica. Fato que corrobora a hipótese do fluxo sub-superficial.

Durante a vistoria, foram identificadas manifestações grafadas na fachada principal da bica, com a inscrição "não ao lixo" (Figura 4). Essa mensagem reflete a preocupação da comunidade com a preservação do local.



Figura 4. Apesar da mensagem “não ao lixo” foram identificados resíduos (a) na frente, (b) na lateral e (c) por trás da bica.

No tardoz do muro principal, foi observada uma caixa de passagem/drenagem que, aparentemente, apresentava vazamentos no momento da visita. A região ao redor da caixa exibia manchas de umidade, além de folhas e roupas usadas, indicando acúmulo de detritos. O odor fétido característico de matéria orgânica em decomposição era perceptível, sugerindo a presença de água estagnada e a falta de manutenção adequada do sistema de drenagem.

Ainda nessa direção, observa-se um talude superior com inclinação estimada em aproximadamente 45º e altura inferior a 3 metros. O perfil do talude apresenta uma morfologia côncava, com vegetação predominantemente rasteira e a presença de três árvores de médio porte. Essa configuração sugere um cenário de bacia de contribuição para o regime hídrico da bica, onde a topografia e a cobertura vegetal desempenham um papel importante na captação e no direcionamento da água em direção à estrutura (Figura 5).



Figura 5 - Talude superior por trás da Bica dos Quatro Cantos.

3. HISTÓRICO DE MOVIMENTAÇÕES

Para avaliar o cenário do entorno da bica, foram analisados dados geotécnicos anteriores, especialmente o Relatório Técnico nº 01-0321-R0, elaborado pelo Grupo de Pesquisa Ambitec da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (outubro de 2021). O documento descreve visita técnica realizada em 02 de setembro de 2021, pelo Prof. Alexandre Gusmão e equipe da Secretaria Executiva de Patrimônio da Prefeitura Municipal de Olinda, com o objetivo de realizar avaliação geotécnica preliminar em quatro imóveis na Rua da Bica dos Quatro Cantos (entre a Rua do Amparo e a Rua Coronel Joaquim Cavalcante), em Olinda/PE. A vistoria identificou patologias estruturais, como fissuras em paredes e pisos, indicativas de possíveis movimentações do terreno (Figura 6).

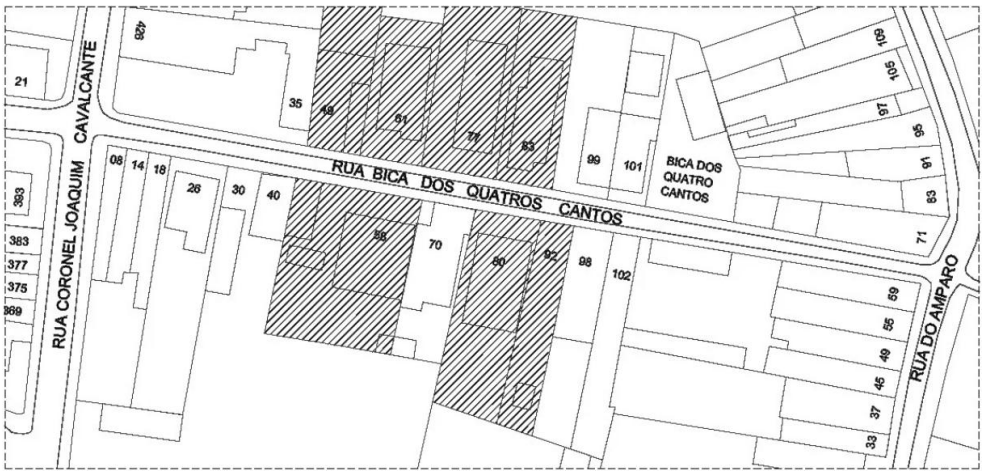


Figura 6. Locação dos imóveis visitados em 2021.

Durante a vistoria, observou-se que a rua apresentava deposição irregular de lixo e restos de poda vegetal, evidenciando a falta de manutenção adequada do local. A Bica dos Quatro Cantos estava com fluxo de água canalizado para a rede de drenagem da rua, indicando um sistema de escoamento ativo, porém com possíveis deficiências. Além disso, foi identificada uma caixa de passagem de esgoto entupida, que causava vazamento de águas servidas na rua, contribuindo para o acúmulo de umidade e a degradação do ambiente. Foram detectados indícios de movimentação lateral do terreno, com direção das casas do lado ímpar para o lado par, especialmente no trecho entre as casas 83 e 61 (lado ímpar) e 80 a 58 (lado par), onde há uma área de mata nos fundos das casas. Essa movimentação tende a "separar" as casas em duas partes, resultando no surgimento de trincas subverticais, como observado na parede da casa número 80, e no piso da casa 83 (Figura 7).



Figura 7. Trincas (a) na parede da casa número 80 e (b) no piso da casa 83.

Vale ressaltar que um relatório mais antigo, Diagnóstico da Situação Existente no Sítio Histórico de Olinda/PE (ZPC-1), foi desenvolvido pelo professor Washington Amorim em 2007. Na ocasião, foram visitadas 620 residências, além de monumentos históricos no perímetro tombado. Contudo, focando especificamente da Rua do Amparo, nas proximidades da Bica dos Quatro Cantos (Figura 8), foram verificadas fissuras contínuas ao longo da rua formando uma linha que passa a cerca de 17 metros da fachada, locadas no teto, piso e paredes (Figura 9).

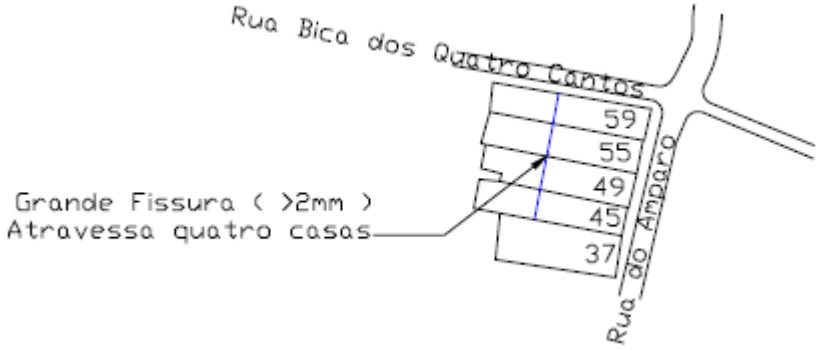


Figura 8. Esquema de fissura próximo a Rua Bica dos Quatro Cantos (FADE, 2007).



Figura 9. Fissuras na alvenaria do imóvel n° 49 da rua do Amparo, próximo a Rua das Quatro Bicas (FADE, 2007).

No aludido trabalho, foi citado ainda que a região compreendida entre a casa nº 59 e a casa nº 03 da Rua do Amparo localiza-se entre dois caminhos de água: a captação da água da Bica dos Quatro Cantos e a captação das águas pluviais da Rua do Amparo, parte da Rua 13 de Maio e trecho da Rua Prudente de Morais. Na Rua Bica dos Quatro Cantos, as casas localizadas próximas à bica também apresentam danos e algumas surgência de água no solo. Dessa forma, é mister destacar que essas patologias recorrentes reforçam a necessidade de intervenções técnicas para a estabilização do terreno e a mitigação dos riscos associados às movimentações geotécnicas.

4. A HIPÓTESE DO FLUXO SUBSUPERFICIAL

As inclinações dos taludes no entorno da Bica dos Quatro Cantos são relativamente baixas, inferiores a 30º, o que, em princípio, não sugere problemas de estabilidade relacionados à geometria do terreno. No entanto, o Professor Alexandre Gusmão levantou a hipótese de que as movimentações observadas

nas encostas podem estar associadas a um fluxo de água através do talude, influenciado, principalmente, pela presença de camadas de baixa condutividade hidráulica no subsolo. Essas camadas poderiam direcionar o fluxo hídrico, aumentando a pressão da água no interior do maciço e contribuindo para a instabilidade do solo.

Para a confirmação das premissas levantadas, o relatório de 2021 recomendou a realização de um levantamento topográfico detalhado na área, visando mapear com precisão as cotas e inclinações do terreno. Além disso, foram sugeridas sondagens do tipo mista, combinando métodos de percussão e rotativa, para investigar as camadas do subsolo e identificar possíveis estratos impermeáveis que possam influenciar o fluxo hídrico.

A retirada de amostras indeformadas também foi indicada, permitindo a realização de ensaios laboratoriais para a caracterização do solo.

Segundo relatos do representante da Defesa Civil de Olinda, o órgão não dispõe de informações sobre a realização dos ensaios recomendados no relatório de 2021, como levantamento topográfico, sondagens mistas e coleta de amostras indeformadas. Essa ausência de dados complementares limita a capacidade de compreensão do cenário geotécnico da Bica dos Quatro Cantos em 2021 e dificulta a avaliação de possíveis alterações até 2024.

A literatura técnica tradicional apresenta poucos relatos de problemas de estabilidade associados a fluxos subsuperficiais. A maioria dos casos documentados está relacionada a grandes volumes de água infiltrada durante períodos chuvosos, mas não necessariamente a fluxos contínuos através de encostas, como citado por Nouwakpo et al, 2018.

Elsenbeer (2001), que descreve o fenômeno de fluxo subsuperficial em florestas tropicais com solos que apresentam gradiente de permeabilidade vertical. Nesse estudo, o autor destaca como a variação na permeabilidade do solo ao longo do perfil vertical pode direcionar o fluxo de água, criando condições propícias para a instabilidade de encostas. Contexto semelhante ao esperado para as encostas de Olinda. A seguir foi aplicado esse conceito para a bica dos quatro cantos (Figura 11).

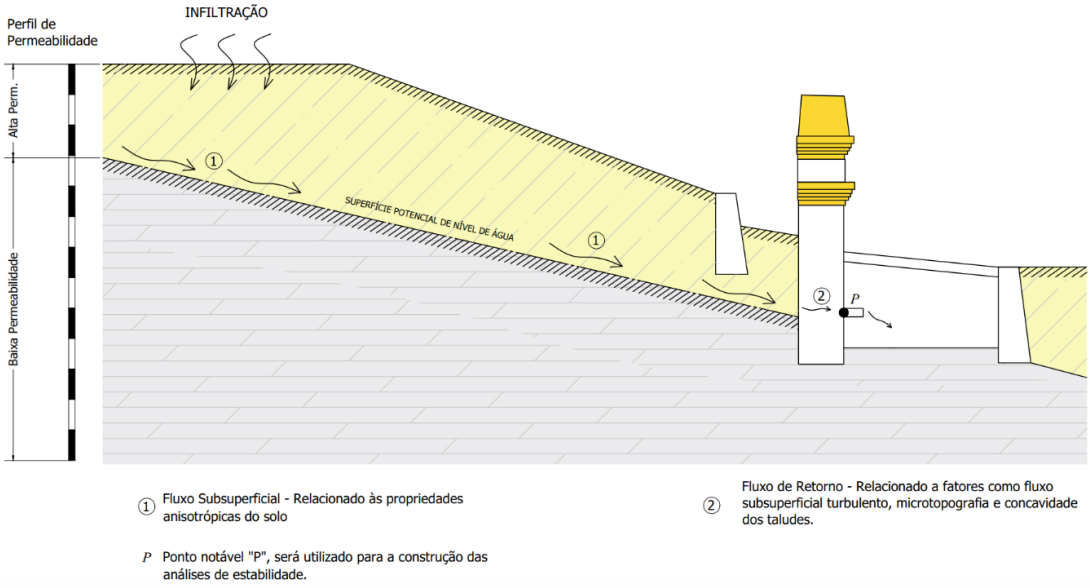


Figura 11 - Dinâmica de fluxo subsuperficial sugerida por Elsenbeer (2001), aplicado para a situação da bica dos quatro cantos. A figura apresenta o perfil de solo esperado, bem como o regime de fluxo esperado.

5. CONCLUSÃO

Os movimentos de massa de baixa velocidade são antigos conhecidos da comunidade geotécnica que estuda o Sítio Histórico de Olinda. Estudos anteriores realizados por referências técnicas na área como o Prof. Jaime Gusmão já relatam os problemas de rastejo que geraram manifestações patológicas em diversos construções históricas da cidade. Em trabalhos pregressos foram definidos os perfis geotécnicos, bem como os parâmetros de permeabilidade das camadas sedimentares que compõe a estratigrafia do subsolo da região. A partir dessa construção anterior é possível contiuar avançando no conhecimento assumindo que o perfil de subsolo seja semelhante na mesma microregião. Fato que deve ser comprovado a partir das campanhas de investigação geotécnicas, as quais servirão para confirmar as hipóteses levantadas ou adequaram a análise preliminar realizada até aqui. Ressalta-se que os aparatos públicos tendem a não apresentar agilidade suficiente para realizar campanhas dessa natureza em tempo hábil, por essa razão, muitas vezes a análise precisa ser realizada de forma a condensar os conhecimentos acumulados para servir a sociedade.

Recomenda-se o aprofundamento da investigação através de análises de estabilidade que considerem o efeito do fluxo subsuperficial , bem como modelagens geotécnicas para análise da descontinuidade de permeabilidade das camadas, para que seja possível a investigação completa do problema retratado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Elsenbeer, H. (2001), Hydrologic flowpaths in tropical rainforest soilscapes—a review. Hydrol. Process., 15: 1751-1759. https://doi.org/10.1002/hyp.237.

Fundação para o Desenvolvimento (FADE/UFPE). Diagnóstico da Situação Existente no Sítio Histórico de Olinda/PE (ZPC-1), 2° Produto, 2007.

Gusmão, A. D. Relatório 01-0321-R0 - Casas na Rua da Bica dos Quatro Cantos. Grupo de Pesquisa de Engenharia Aplicada ao Meio Ambiente (Ambitec), 2021.

Gusmão, A. D.; Dias, A. B. F.; Oliveira, P. E. S. *Consultoria solos: parecer técnico referente à avaliação geotécnica preliminar do Perímetro Tombado do Sítio Histórico de Olinda/PE (SHO)* [recurso eletrônico]. Recife: UFPE; IPHAN, 2025. 99 p.

Gusmão, Dias e Oliveira (2025)

Nouwakpo, S.K., Song, J.L., Gonzalez, J.M., 2018. Soil structural stability assessment with the fluidized bed, aggregate stability, and rainfall simulation on long-term tillage and crop rotation systems. Soil Tillage Res. 178, 65–71.