

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/187

Caracterização geotécnica de movimento de rastejo no município de Ouro Preto, Quadrilátero Ferrífero (MG)

Arthur Campos Palhares

Graduando, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, arthur.palhares@aluno.ufop.edu.br

Luis de Almeida Prado Bacellar

Professor, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, bacellar@ufop.edu.br

Thayanne Barbosa Teixeira –

Mestranda, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, thayanne.teixeira@aluno.ufop.edu.br

Hugo Alvarenga de Souza

Graduando, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, hugo.alvarenga@aluno.ufop.edu.br

Lucas Deleon Ferreira

Professor, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, lucas@ufop.edu.br

RESUMO: Desde o final do século XVII, a região de Ouro Preto, no Quadrilátero Ferrífero (MG), tem sido ocupada, inclusive em áreas suscetíveis a movimentos de massa. Estes movimentos têm causado instabilidade nas encostas, afetando diretamente benfeitorias e as vidas dos habitantes. Este estudo se concentra nos movimentos do tipo "rastejo" (*creep*), caracterizado pela baixa velocidade e pela grande magnitude e por serem influenciados pela precipitação pluviométrica e desencadeados por condições geológico-geotécnicas específicas e por atividades antrópicas, como cortes e aterros. A área de estudo é um talude no bairro São Cristóvão, zona urbana de Ouro Preto, onde se situa uma escola, interdita em decorrência do elevado grau de instabilidade. Na área afloram filitos da Formação Cercadinho, do Supergrupo Minas. A caracterização geotécnica envolveu a interpretação de imagens orbitais multitemporais, sondagens a trado e a percussão SPT, levantamentos geofísicos (eletrorresistividade) e instrumentação (piezômetros e marcos topográficos). O talude apresenta um perfil envolvendo rocha sã (impenetrável ao SPT) coberta por manto inconsolidado, envolvendo solos residuais, parcialmente transportados. Os piezômetros instalados na base do saprolito mostraram-se secos durante a estiagem, mas com níveis d'água crescentes durante o período chuvoso, reduzindo o fator de segurança e explicando a instabilização do talude.

PALAVRAS-CHAVE: movimento de massa; filito; Quadrilátero Ferrífero; monitoramento

ABSTRACT: Since the end of the 17th century, the Ouro Preto region, in the Iron Quadrangle (MG), has been occupied, including in areas susceptible to mass movements. These movements have caused instability on the slopes, directly affecting buildings and the lives of inhabitants. This study focuses on "creep" movements, characterized by low speed, large magnitude and influenced by rainfall and triggered by specific geological-geotechnical conditions and human activities, such as cuts and embankments. The study area is a slope in the São Cristóvão neighborhood, urban area of Ouro Preto, where a school was closed due to the high degree of instability. Phyllites from the Cercadinho Formation, Minas Supergroup, outcrops in the area. The geotechnical characterization involved the interpretation of multi-temporal orbital images, SPT auger and percussion surveys, geophysical surveys (electro resistivity) and instrumentation (piezometers and topographic landmarks). The slope has a profile involving sound rock (impenetrable to the SPT) covered by an unconsolidated mantle, involving residual soils, partially transported. The piezometers installed at the base of the saprolite were dry during the drought, but with increasing water levels during the rainy season, reducing the safety factor and explaining the instability of the slope.

KEYWORDS: Mass movements, phyllite, Iron Quadrangle; monitoring

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Ouro Preto, sudeste do Quadrilátero Ferrífero – QF (MG), é de grande importância histórica e cultural, mas também sítio de alta suscetibilidade a movimentos de massa (Carvalho, 1982; Sobreira, 1992; Fontes, 2011). Atualmente, há centenas de registros de movimentos de massa nas 333 áreas de risco geológico cadastradas no município de Ouro Preto (Defesa Civil, 2024), proporcionando danos significativos à infraestrutura e à população local. Os movimentos mais recorrentes na cidade são os escorregamentos planares, rotacionais, quedas e rolamentos de matacões. Menos conhecidos e estudados, mas não desprovidos de relevância pelas dimensões que ocupam em áreas densamente ocupadas, como no centro histórico da cidade, são os rastejos (*creep*). Por serem de movimentação gradual e sazonal, os rastejos não são facilmente identificáveis, passando uma falsa impressão de segurança aos moradores (Guidicini e Nieble, 1984). Chuvas intensas e duradouras frequentemente desencadeiam rastejos pela subida da superfície freática (Guidicini & Nieble, 1984; Cruden & Varnes, 1996), situação comum em regiões serranas com rochas do embasamento cristalino do sudeste do Brasil (Lacerda, 2004) e, mais raramente, em taludes com filitos (Erlich et al, 2018). Outros fatores, como cortes na base do talude, sobrecarga no topo e aumento do peso específico do solo pela infiltração de água, podem acelerar as taxas de rastejo, com possibilidade de desencadear movimentos de massa mais críticos, como escorregamentos, que podem evoluir remontantemente (Chang et al, 2008). Pairam ainda dúvidas sobre a resistência de solos e rochas ao rastejo, mas sabe-se que o aumento do grau de saturação, o empastilhamento dos filitos por ciclagem (Guidicini & Nieble, 1984), o tempo de aplicação de esforços e até a intensidade de fraturamento de maciços rochosos são fatores capazes de reduzir os parâmetros de resistência em relação aos ensaios rotineiros laboratoriais de determinação de resistência ao cisalhamento (Glamheden, & Hoekmark, 2010; Chang et al, 2008).

A área de estudo, no bairro São Cristóvão, em Ouro Preto, foi progressivamente ocupada com o prolongamento da Avenida Padre Rolim, hoje o principal acesso à cidade, e com a construção de edificações que margeiam esta via, todas feitas com cortes na base do talude. Nesta área há um histórico de acidentes com movimentos de massa envolvendo filitos, registrados especialmente após a construção no topo do talude da Escola Padre Carmélio em 2002, fundada sobre aterro. Em decorrência destes acidentes - intensificados nos verões de 2011/2012 e 2021/2022 -, e que impactaram não só na estrutura da escola, mas também as construções a jusante, junto a avenida, foi contratada uma empresa para avaliar o risco geológico-geotécnico e propor soluções (Hidros, 2017). Nesse estudo, foi identificada a ocorrência de rastejo e escorregamentos na base do aterro, além de erosão superficial desencadeada por sistema de drenagem insuficiente. Uma sondagem à percussão SPT, executada na lateral sudoeste do aterro onde a escola foi construída, evidenciou um nível d'água a 1 m de profundidade em abril de 2014. Comprovou-se então o elevado grau de instabilidade do talude e propuseram-se soluções para estabilizá-lo, como a implantação de muros de gabião na base dos taludes de corte junto à avenida, regularização do talude do aterro da escola com aterros reforçados e com muros de gabião, e implantação de sistema de drenagem superficial. Desconhece-se a execução de alguma estrutura de contenção no aterro, mas parte dos muros de gabião levantados na base do talude encontram-se atualmente deformados.

A instabilização do talude por rastejo ainda persiste, oferecendo grave risco, pois sua ruptura pode provocar fatalidades, destruir benfeitorias e até obstruir a principal via de acesso à cidade. Como ainda pairam grandes dúvidas sobre os fatores condicionantes deste rastejo, nesta pesquisa pretende-se avançar na caracterização da área, com métodos de investigação direta e indireta, com ensaios laboratoriais, além de monitorar o nível piezométrico e as deformações, de forma a incrementar o modelo geológico-geotécnico conceitual e, assim, propor soluções assertivas para estabilização desta área de risco elevado.

2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é um talude localizado na Avenida Padre Rolim 1650 (Figura 1), entre as coordenadas UTM E 654.675/ N 7.745.908 (Zona 23 K). O talude se localiza na vertente sul da Serra de Ouro Preto, que constitui a aba sul de uma megaestrutura denominada Anticlinal de Marina (Endo et al, 2019), no sudeste do QF. Neste talude afloram rochas da Formação Cercadinho, que integram o Grupo Piracicaba do Supergrupo Minas, de idade paleoproterozóica (Baltazar et al, 2005; Endo et al, 2019). A Formação Cercadinho é

constituída de basicamente de intercalações de filitos prateados e quartzitos ferruginosos, como foliação mergulhando entre 30 e 45 para sudoeste (Baltazar et al, 2005). O talude estudado apresenta área de aproximadamente 20.000 m², verte para sul, com 140 m de comprimento, amplitude topográfica de 44 m (Figura 1).

O clima local é do tipo Cwb de Koppen, com períodos úmidos e mais quentes, entre outubro e março, alternados com períodos mais frios e secos, entre abril e setembro. Segundo dados fornecidos pela Defesa Civil de Ouro Preto, a precipitação média anual entre 2000 e 2023 foi de 1540 mm, com mínima de 953.5 mm em 2014, e máxima de 1977 mm em 2009.

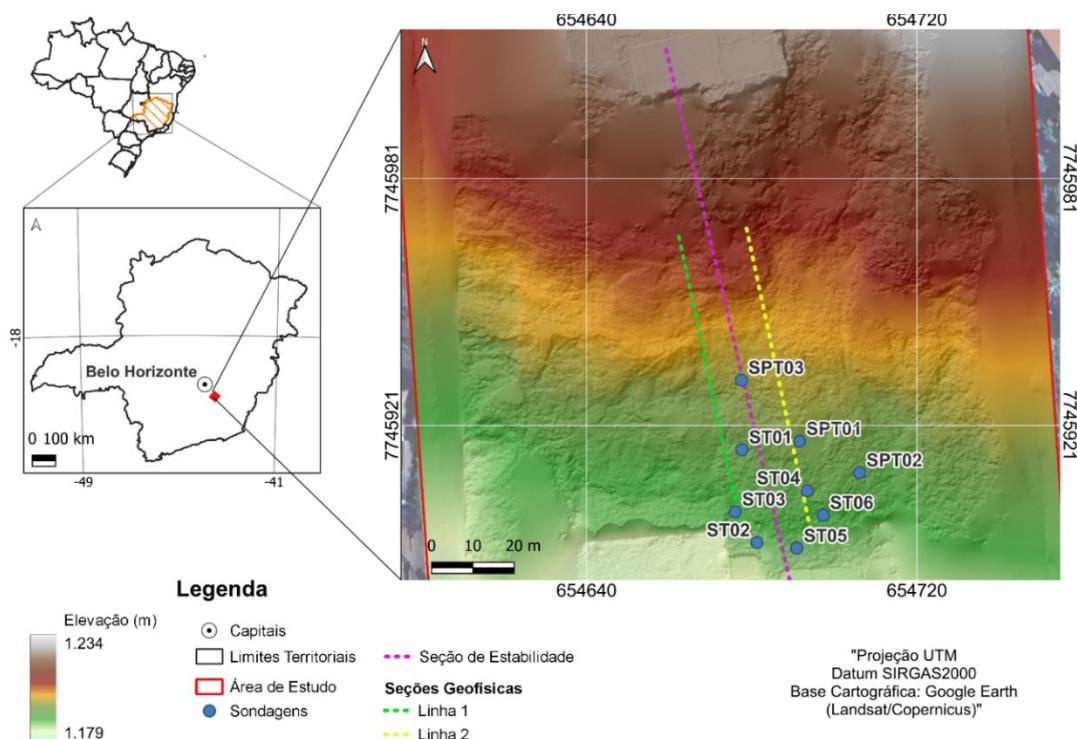


Figura 1. Localização da área de estudo, com modelo digital do terreno, localização das sondagens à trado (ST) e à percussão (SPT), das linhas geofísicas de eletrorresistividade e da seção crítica., onde foi feita a análise de estabilidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

Foi feito um levantamento aéreo com drone para confecção do modelo digital do terreno com resolução de 0,3 m. No campo, foram determinados os tipos de rochas e solos, as estruturas geológicas e os principais processos de instabilização no talude. Entrevistas com moradores, profissionais da Defesa Civil de Ouro Preto e pesquisa bibliográfica relacionada ao local permitiram estabelecer o histórico de ocupação e os processos ocorrentes na área.

Foram feitos dois levantamentos de eletrorresistividade no sentido longitudinal ao talude, com arranjo dipolo-dipolo, com espaçamento intereletrodos de 4 m (seção 1, em 13/06/23) e de 2 metros (seção 2, em 17/11/23), com cinco níveis de investigação. Os dados brutos de campo foram invertidos numericamente com o software Res2Dinv (Geotomo Software), objetivando obter seções de eletrorresistividade em profundidade.

A partir destes levantamentos foram locados: 3 pontos para perfuração com trado mecânico, finalizadas em junho de 2023; e 3 pontos para sondagens à percussão SPT, completadas em dezembro de 2023. Em alguns dos furos de sondagem foram instalados piezômetros de Casagrande, com as características listadas na Tabela 1. Os piezômetros foram feitos com tubos de PVC de 2 polegadas, com 1 m de comprimento, ranhurado e envolto em geotêxtil não tecido, sendo o conjunto envolto por pré-filtro arenoso. A câmara piezométrica foi

isolada hidráulica por ao menos 1 m de argila bentonítica. O nível piezométrico tem sido medido com periodicidade semanal.

Tabela 1. Características dos piezômetros de Casagrande (cotas e profundidades em metro).

Piezômetro	Sondagem	Cota base piezômetro	Profundidade do furo	Cota boca do furo
Pz1	SPT03	1198,2	2,4	1200,5
Pz2	SPT01	1193,4	5,1	1197,4
Pz3	SPT02	1191,6	4,2	1195,0
Pz4	ST06	1187,4	5,5	1192,3
Pz5	ST01	1188,7	8,5	1196,8

Foram ainda instalados marcos topográficos, para mensurar a evolução da massa rastejante. Contudo, tais dados não serão apresentados, pois não se dispõe de resultados num intervalo suficiente de tempo para identificar deformações.

2.2 Análise e discussão dos resultados

Os dados de campo, de sondagens e de eletrorresistividade foram integrados, para elaboração de um modelo geológico conceitual preliminar. No desenvolvimento de análises de estabilidade dos taludes, foram considerados resultados de trabalhos anteriores (Ventura e Bacellar, 2011; Hidros, 2017) como referência para a estimativa preliminar de parâmetros de resistência ao cisalhamento, e informações da piezometria dos instrumentos instalados. Para tal, empregou-se o software Slide 2D (Rocscience), com o método do equilíbrio-limite ao longo da seção crítica (Figura 1) com as soluções propostas por Spencer, Janbu e GLE-Morgenstern-Price (Duncan et al, 2014).

4 RESULTADOS

O modelo digital do terreno e o mapa topográfico mostram que o talude apresenta declividade média de 31% com caimento para sul e que seu topo está coberto por um aterro construído para a edificação da Escola Municipal Padre Carmélio (Figura 1)

Na área predominam filitos prateados, ricos em sericita (Figura 2a), com faixas enriquecidas em quartzo. A foliação é nítida e apresenta direções de mergulho entre 180 e 220, e mergulhos entre 25 e 43°. A análise em campo dos perfis de sondagem, conjuntamente com seções de eletrorresistividade, indicam que há um manto inconsolidado, com espessura variável, entre 3 e 6 e com N_{spt} variando entre 5 e 7. Este manto é constituído por saprolito (residual jovem), sobreposto por uma camada de até 1 m de espessura, sem foliação perceptível, denominado residual maduro. Quando exposto, o filito tende a empastilhar (Figura 2b) devido a ciclos de temperatura e de umedecimento/secagem. Este manto inconsolidado, quando se movimenta por rastejo, tende igualmente a formar blocos e pastilhas.

O principal processo de instabilização identificado em campo foi o rastejo, que envolve todo o talude, e provoca a deformação dos muros de gabião na base do talude (Figura 2c). Há também pequenos escorregamentos rotacionais, como o ocorrido na base do aterro da Escola Padre Carmélio, e escorregamentos planares, condicionados pela foliação do filito (Figura 2d). Ravinas provocadas pelo escoamento superficial são comuns na parte leste da área. O rastejo se manifesta por alguns degraus de abatimento com desníveis decimétricos a métricos (Figura 2e), sobretudo nos trechos do talude que sofreram cortes na base para a implantação de edificações à montante da Avenida Padre Rolim, aliados à sobrecarga causada pelo aterro no topo (Figura 2f). A montante de alguns degraus de abatimento, o filito é encontrado exposto, indicando que os degraus são condicionados em parte pela atitude da foliação (Figura 2c) e sugerindo que o rastejo parece estar evoluindo retrogressivamente.

A instabilização progressiva do talude pode ser acompanhada com a análise das imagens Google Earth (Figura 3). Na imagem de setembro de 2003 verifica-se áreas desmatadas e várias trilhas, provavelmente resultantes da construção da escola em 2002. Na imagem de maio de 2008 já há algumas feições de instabilização, como lineamentos subparalelos à direção do talude, que representam degraus de abatimento. Também é possível identificar que a massa de filito rastejante invadiu uma rampa e pisos de concreto na base

do talude. Na imagem de setembro de 2011 surgem novas trilhas, talvez utilizadas para acessar as novas edificações a oeste da área. Em setembro de 2018 identifica-se o escorregamento que atingiu a parte leste da escola no período chuvoso de 2011/2012. Nas imagens de maio de 2022 e junho de 2023 verifica-se o recrudescimento dos degraus de abatimento devido à grande acumulada de chuvas no verão de 2021/2022. Notar que algumas edificações junto a avenida Padre Rolim foram suprimidas depois do registro da imagem de maio de 2008 por problemas de instabilização geotécnica, segundo moradores locais.



Figura 2 – a) Detalhe do filito prateado; b) afloramento do filito em processo inicial empastilhamento; c) muro de gabião tombado pelo rastejo; d) afloramento de filito exposto em degrau de abatimento. e) Degráu de abatimento com mais de 1 m de amplitude; f) Foto oblíqua do talude, onde se observa a escola Padre Carmélio fundada em aterro (delimitado pela linha tracejada vermelha). Observar degraus de abatimento, indicadores de deformação retrogressiva, mais abundantes a montante de grandes cortes na base do talude.

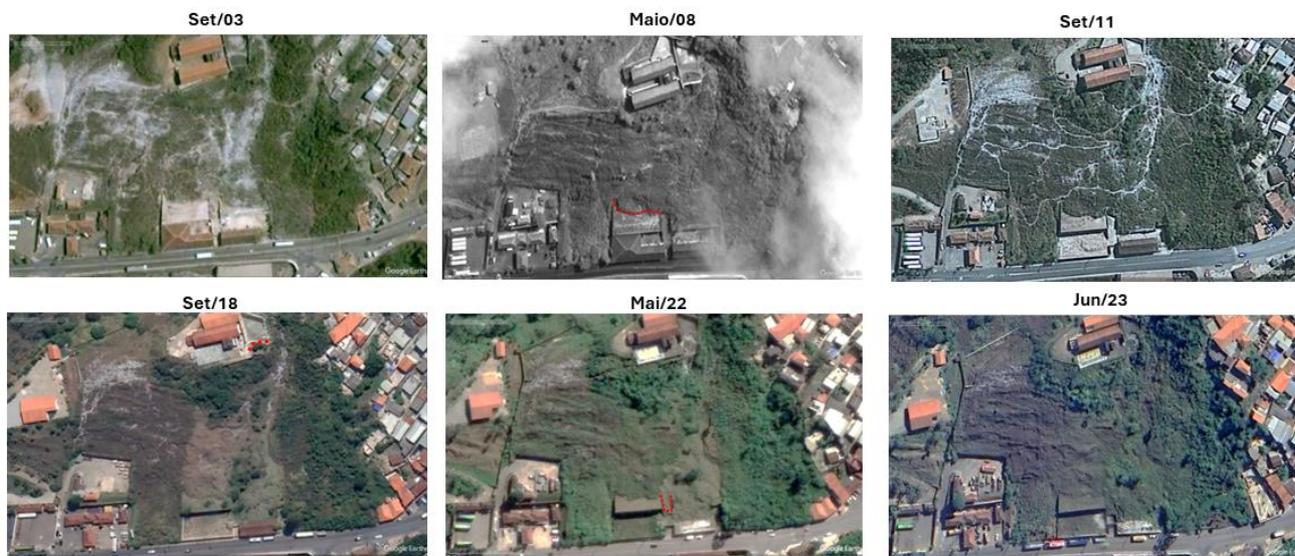


Figura 3 – Imagens multitemporais de satélite Google Earth. Explicação no texto.

Segundo Defesa Civil de Ouro Preto, o talude se instabilizou de forma mais intensa nos verões de 2011/2012 e 2021/2022, períodos que coincidem com o máximo de precipitação na estação chuvosa (Figura

4a). Os furos de sondagem a trado e percussão feitos entre junho e a primeira quinzena de dezembro de 2023 não identificaram água subterrânea. Quatro dos cinco piezômetros de Casagrande instalados na base do saprolito de alguns destes furos possibilitaram o registro de água no dia 20/01/24 (Figura 4b), data em que as mensurações foram retomadas em 2024. Por dificuldades logísticas, não foram feitas mensurações entre 15/12/23 (piezômetros ainda secos) e esta data, impossibilitando estabelecer quando a água subterrânea apareceu em cada instrumento. Mas como as chuvas aumentaram de frequência e intensidade a partir de 21 de dezembro (Figura 4b), é possível que a água tenha surgido no manto inconsolidado a partir desta data.

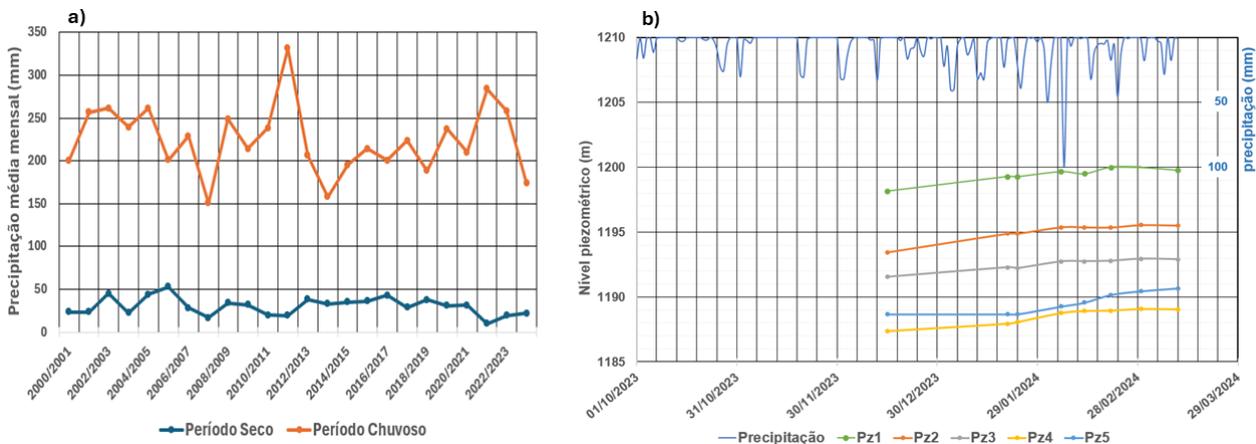


Figura 4 – a) Média semestrais de precipitação do período chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro) para a cidade de Ouro Preto entre os anos de 2000 e 2023 (dados da Defesa Civil de Ouro Preto)¹. b) Dados de nível piezométrico e de precipitação diária².

As duas seções de eletrorresistividade, subparalelas entre si, ilustram duas situações muito distintas do talude, pois foram levantadas em datas diferentes, a seção 1, em junho de 2023, e a seção 2, em novembro de 2023, com chuvas acumuladas nos 30 dias anteriores de 5.5mm e 172.8mm, respectivamente. Contudo, em ambas é possível identificar resistividades superiores a 7.783 Ohm.m, que possivelmente representam o filito são (impenetrável à sondagem à percussão) e aqueles com resistividade inferior a 2.544 Ohm.m, que possivelmente delimitam o manto inconsolidado. Na seção 1, há uma zona em subsuperfície, abaixo da estaca de posição 25m, com resistividade inferior a 91,7 Ohm.m. Esta zona encontra-se saturada em água, por estar protegida da evapotranspiração pela laje de concreto coberta atualmente pelo material rastejante. Esta anomalia de baixa resistividade certamente interferiu nos valores de resistividade entre as estacas 25 e 45, que ficaram inferiores ao esperado. Esta interpretação é corroborada quando se analisa a seção 2, subparalela à primeira, mas levantada fora da área de laje soterrada. Como esta seção foi adquirida no início do período chuvoso, aqui a resistividade torna-se bem contrastante entre aquela superior a 7.783 Ohm.m no filito e inferior a 2.544 Ohm.m no manto inconsolidado, onde a resistividade encontra-se reduzida pela saturação parcial pelas águas infiltrantes. Cabe destacar que quando a seção 2 foi levantada, os piezômetros ainda não registravam água subterrânea neste material.

Com os dados de campo, construiu-se uma seção geológica envolvendo desde o aterro construído sob a escola, até a base do talude, permitindo a definição seção crítica em que a estabilidade foi analisada (Figura 1). Assumindo-se que o rastejo pode evoluir até desencadear um escorregamento (Chang et al, 2008), optou-se por analisar a estabilidade deste talude com o método do equilíbrio-limite. Empregando-se parâmetros de resistência ao cisalhamento já adotados para os filitos da Formação Cercadinho da área (Hidros, 2007, Tabela 2). Analisou-se a estabilidade com três soluções clássicas (Janbu, Spencer e GLE) para três situações distintas de campo (Tabela 2 e Figura 6): (i) cobertura inconsolidada seca; (ii) cobertura inconsolidada com o nível piezométrico máximo medido no verão 2023/2024 (Figura 4); (iii) e com nível piezométrico máximo possível, na superfície, em períodos de chuva acumulada mais intensa. Para a escola construída sobre o aterro no topo

¹ Notar que as maiores acumuladas de chuva ocorreram nas estações úmidas de 2011/2012 e 2021/2022;

² As setas indicam a primeira data de medida em que o nível d'água foi inicialmente identificado nos piezômetros. Os valores de datas anteriores representam a base dos piezômetros que se encontravam secos, indicando uma possível altura máxima do nível d'água.

do talude foi imposta uma sobrecarga linear de 30kN/m², seguindo recomendação de Hidros (2007).

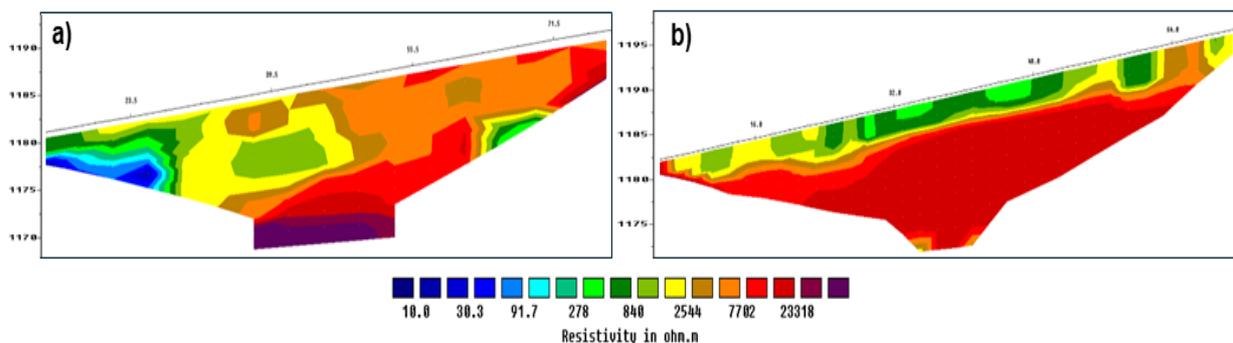


Figura 5 – Seções de resistividade elétrica, com medidas do posicionamento (estacas) e de profundidade em metros (localização na figura 1): a) Seção 1; b) Seção 2.

Tabela 2: Parâmetros de resistência ao cisalhamento (Hidros, 2017) e resultados dos fatores de segurança.

	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Fator de segurança			
				Método	Seco	NA medido	NA máximo
Aterro	16	9	32				
Residual maduro	19	6	23	Janbu	1,8	1,3	1,1
Residual jovem	20	10	25	Spencer	1,8	1,3	1,1
Filito	23	150	35	GLE	1,8	1,3	1,1

* γ = peso específico natural, c' = coesão efetiva, ϕ' = ângulo de atrito efetivo.

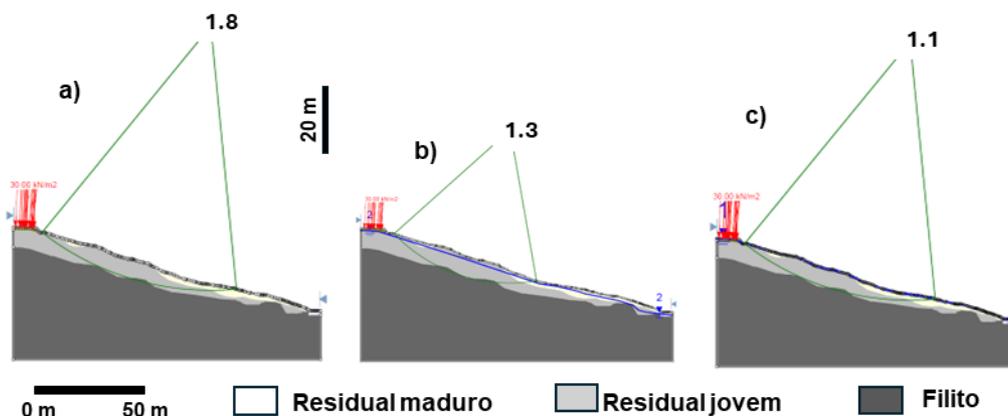


Figura 6 – Exemplo de resultados das análises de determinação de fator de segurança por equilíbrio-limite com o método de busca *auto-refine* para diversas situações do manto inconsolidado: a) seco; b) nível d'água máximo medido no verão 2023/2024; c) nível d'água máximo possível,

Os resultados mostram que o fator de segurança se reduz até próximo de 1,0 para as três soluções consideradas na situação limite, com nível piezométrico na superfície do terreno. Isto comprova que o talude pode ser considerado de alto risco, com suscetibilidade para o rastejo desencadear um escorregamento de grandes proporções e com considerável dano social e econômico. Uma possível ação mitigadora, a ser futuramente avaliada, é a adoção de drenos horizontais profundos ou valas para impedir a subida do nível d'água. Contudo, é importante destacar que pairam muitas dúvidas quanto à acurácia dos parâmetros de resistência adotados nesta análise. O ideal seria desenvolver a análise de estabilidade com parâmetros de resistência determinados em laboratório para amostras indeformadas coletadas em campo. Contudo, deve-se considerar que os parâmetros de resistência para aceleração do rastejo, que ocorre sob tensões aplicadas num intervalo de tempo maior, tendem a ser inferiores à resistência de pico e maiores que a resistência residual determinada em ensaios laboratoriais (Chang et al, 2008). A pesquisa prevê como atividades futuras: a

determinação destes parâmetros bem como ampliar o volume de dados em subsuperfície (sondagens, eletrorresistividade, piezometria) para incrementar o modelo conceitual para obter resultados mais assertivos.

4 CONCLUSÕES

O filito encontrado no talude em questão, da Formação Cercadinho, é um tipo de rocha branda de reconhecida baixa resistência, formando maciços sujeitos a empastilhamento, que favorece ainda mais movimentos do tipo rastejo. Conseqüentemente, o manto de material inconsolidado no talude tem rastejado nos últimos anos de forma lenta e sazonal, proporcionando um risco geológico considerável. O nível d'água nos períodos chuvosos desenvolve uma superfície freática neste manto inconsolidado, que ao subir, gradativamente reduz o fator de segurança, podendo desencadear futuramente um escorregamento de maiores proporções, com potencial de danos muito maiores. A construção de escola sobre aterro no topo de talude e os cortes na base são fatores adicionais que incrementam a instabilidade local.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à FAPEMIG (projeto APQ 1613-22), ao CNPq (processo 313840/2021-0), à CAPES (código de financiamento 001) e ao REAGEO/CNPq e à UFOP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baltazar, O.F., Baars, F. J., Lobato, L.M., Reis, L.B., Achtschin, A.B., Berni, G.V., Silveira, V.D. (2005) Mapa Geológico Ouro Preto na Escala 1:50,000 In : Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com nota explicativa, CODEMIG, Belo Horizonte.
- Carvalho, E.T. (1982), *Carta geotécnica de Ouro Preto*, Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 95 p.
- Chang, M., Chiang, G.M., Chen, S.D., Zhang, Y.S., Liu, H.C., Wu, C.F. (2008) Investigation on Mechanism of Creep Deformation of Slopes in Woo-Wan-Chai Landslide Area, Taiwan, *International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*, 30.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996) Landslide types and processes, In A, Turner, & R, L, Schuster (Eds.), *Landslides: investigation and mitigation* (Vol, 2, pp, 36-75), Washington, Transportation Research Board,
- Duncan, J. M., Wright, S.G., Brandon, T.L. (2014) *Soil Strength and Slope Stability* (John Wiley & Sons, New York.
- Endo, I., Delgado, C.E.R., Oliveira, M.M.F., Zapparoli, A.C., Carlos, D.U., Galbiatti, H.F., Castro, P.T.A., Suita, M.T., Barbosa, M.S.C., Lana, C.E., Moura L.G.B. (2019) Estratigrafia e Arcabouço Estrutural do Quadrilátero Ferrífero: Nota Explicativa, Escala 1:150.000, Ouro Preto, UFOP.
- Ehrlich, M., Costa, D.P., Silva, R.C. (2018) Behavior of a Colluvial Slope Located in Southeastern Brazil, *Landslides Journal*, Springer Berlin Heidelberg, 19 p.
- Fontes, M.M. (2011) *Contribuição para o desenvolvimento da metodologia de análise, gestão e controle de riscos geotécnicos para a área urbana da cidade de Ouro Preto*, Dissertação de Mestrado, UFOP.
- Glamheden, R., Hoekmark, H. (2010) Creep in jointed rock masses, State of knowledge, Technical Report, Sweden, ISBN: ISSN 1402-3091; TRN: SE1208097.
- Guidicini, G., Nieble, C.M. (1984) *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*, São Paulo: Edgard Blücher - Ed, da Universidade de São Paulo.
- HIDROS (2017) *Projeto básico bairro São Cristovão*, Ouro Preto, MG. Relatório interno, 69p.
- Lacerda, W.A. (2004) The Behavior of Colluvial Slopes in a Tropical Environment, Keynote Lecture, *Landslides – Advances in Evaluation and Stabilization, Proceeding of the Ninth International Symposium on Landslides*, Rio de Janeiro, v, 2, p, 1315-1342.
- PMOP (2024) Cadastro de áreas de risco de Ouro Preto, Prefeitura Municipal de Ouro Preto, Defesa Civil de Ouro Preto, Site, Acessado em 15/03/2024.
- Sobreira, F.G. (1992) Urban landslide as a consequence of old mining in Ouro Preto, Brazil, In: *International Symposium Of Landslides*, 6th, Christchurch, Proceedings, Christchurch: IAEG, p,1419-1422.
- Ventura, L.C., Bacellar, L.A.P. (2011) Influência de filitos no padrão de fluxo e na estabilidade de taludes de cavas a céu aberto, *Geotecnia* nº 121 11 – pp, 71-88.