

ANÁLISE DE DESLIZAMENTO DE MURO DE ARRIMO PROVOCADO POR FALHA NO PROJETO

Charles Ferreira de Oliveira¹
charles.engenheirocivil@gmail.com

**2.º Luiz Antônio Melgaço Nunes
Branco²**
luizmelg@gmail.com

3.º Karine Almeida Tavares³
karinegeovanna@gmail.com

ÁREA: REABILITAÇÃO

Resumo

No Brasil, ao se iniciar o período de chuvas, surgem notícias de sinistros provocados por falhas construtivas em muros de arrimos e contenções. Devido às impreteríveis falhas involuntárias e imperícias, pode-se observar que várias estruturas, mesmo acompanhadas por profissionais qualificados, acabam por demonstrar desempenho insatisfatório, neste contexto este artigo busca apresentar critérios para avaliação e análise de deslizamento de muros de arrimos provocados por vício no projeto executivo, tendo como objetivo apresentar o estudo de manifestações patológicas provocadas por deslocamento de muro de flexão, no qual apresenta um estudo de caso de uma obra pública construída no norte de Minas Gerais. Para se conhecer os problemas e apresentar soluções, analisou-se o projeto executado, a topografia, a sondagem do terreno e verificou-se a estabilidade geotécnica por meio de aferição matemática dos fatores de segurança. Para avaliar e quantificar os desníveis realizou-se o monitoramento através de anotações das movimentações observadas. A sondagem demonstrou existência de solo sedimentar de baixa resistência, que não suportava as cargas atuantes sobre a contenção. Como primeira ação de recuperação efetuou-se alteração no projeto, porém não se obteve êxito. As análises mostraram que os fatores de segurança mínimos exigidos pela norma da ABNT NBR 11682:2009 (estabilidade de encostas) para condição de deslizamento e capacidade de carga da fundação não foram atendidos. Como terapia foram desenvolvidas três propostas para reestabelecer a estabilidade da obra e para elevar as forças resistentes e o fator de segurança, optando por executar o reforço estrutural por meio de microestacas.

Palavras-chave: Muro de arrimo
Reforço estrutural
Microestacas

¹ Mestrando em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Materiais e Construção.

² Doutor em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Materiais e Construção.

³ Graduanda em Engenharia Civil - Faculdade Promove de Sete Lagoas/MG

ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTO DE CONTENCIÓN PROVOCADO POR FALLAS EN EL PROYECTO

Charles Ferreira de Oliveira¹
charles.engenheirocivil@gmail.com

**2.º Luiz Antônio Melgaço Nunes
Branco²**
luizmelg@gmail.com

3.º Karine Almeida Tavares³
karinegeovanna@gmail.com

AREA: REHABILITACIÓN

Resumen

En Brasil, al iniciarse el período de lluvias, surgen noticias de siniestros provocados por fallas constructivas en muros de contención. Debido a las impredecibles fallas involuntarias e impericidades, se puede observar que varias estructuras, incluso acompañadas por profesionales calificados, acaban por demostrar desempeño insatisfactorio, en este contexto este artículo busca presentar criterios para evaluación y análisis de deslizamiento de muros de contención provocados por vicio en el proyecto con el objetivo de presentar el estudio de manifestaciones patológicas provocadas por desplazamiento de muro de flexión, en el que presenta un estudio de caso de una obra pública construida en el norte de Minas Gerais (Brasil). Para conocer los problemas y presentar soluciones, se analizó el proyecto, la topografía, el sondeo del terreno y se verificó la estabilidad geotécnica por medio de la medición matemática de los factores de seguridad. Para evaluar y cuantificar los desniveles se realizó el monitoreo a través de anotaciones de los movimientos observados. El sondeo demostró existencia de suelo sedimentario de baja resistencia, que no soportaba las cargas actuantes sobre la contención. Como primera acción de recuperación se realizó cambio en el proyecto, pero no se obtuvo éxito. Las análisis mostraron que los factores de seguridad mínimos exigidos por la norma de la ABNT NBR 11682:2009 (estabilidad de laderas) para condición de deslizamiento y capacidad de carga de la fundación no fueron atendidos. Como terapia se desarrollaron tres propuestas para reestablecer la estabilidad de la obra, optando por ejecutar el refuerzo estructural por medio de micropilotes.

Palabras clave: Muro de contención
Refuerzo estructural
Micropilotes

Introdução

Este trabalho visa identificar as manifestações patológicas, suas origens e apresentar um diagnóstico de amplo espectro, com soluções para mitigar e restaurar a integridade física e estrutural de um muro de arrimo que sofreu deslocamentos em função de falhas no projeto e devido à movimentação do solo na base das fundações.

A NBR 11682 (ABNT, 2009)⁽¹⁾ é a norma que fixa as condições exigíveis no estudo e controle da estabilidade de taludes e componentes de encostas naturais ou resultantes de cortes, recomenda ainda as condições para planejamento, execução e conservação de obras de estabilização, estabelecendo os níveis de segurança compatível com a utilização do local, destacando a relação entre os riscos que podem envolver seres humanos e edificações. Esta norma, ainda preconiza a importância de se avaliar o desempenho da obra em período teste e recomenda que se efetue observação e correção dos sistemas implantados, devendo ser consideradas as condições especiais a cada tipo de solução, o grau de segurança necessário ao local e o tipo da instabilidade, sendo que a avaliação do desempenho ou comportamento deve ser feita através de monitoramento por inspeção ou instrumentação e da interpretação dos dados levantados, sendo que no caso de se reconhecer desempenho insatisfatório é preciso fazer as correções ou a recomposição da obra.

Segundo Souza & Ripper (1998)⁽²⁾, a cada dia acelera-se o crescimento da construção civil, o que provoca a necessidade de inovações em todo mundo, proporcionando uma latente aceitação de riscos durante as construções. Estes riscos devem ser aceitos dentro de certos limites, a evolução do desenvolvimento tecnológico passou a ganhar força com o aumento do conhecimento sobre estruturas e materiais, em particular através do estudo e análise dos erros observados nas deteriorações precoces e acidentes. Não obstante, devido às imprevisíveis falhas involuntárias e imperícias pode-se observar que várias estruturas, mesmo acompanhadas por profissionais qualificados, acabam por demonstrar desempenho insatisfatório se comparadas às finalidades funcionais previstas na fase da concepção dos elementos técnicos. É preciso entender que a concepção de uma obra segura e durável requer medidas que garantam que a estrutura e os materiais utilizados exerçam um satisfatório desempenho para se garantir a durabilidade e a vida útil da construção.

Este artigo apresenta o estudo sobre as manifestações patológicas provocadas por deslocamento de muro de flexão, por meio de um estudo de caso que permitiu avaliar as possíveis causas e consequências provocadas pelo deslizamento da base do muro de arrimo de concreto armado, ocasionado por falhas no projeto executivo e recalques provocados pela acomodação do solo. Trata-se da análise de uma obra, em que os primeiros sintomas surgiram um ano após sua conclusão, e se mostraram de grandes proporções com o aparecimento de fissuras e trincas ao longo da contenção e próximo ao piso da edificação construída, culminando em um grande deslocamento do muro. As sondagens do terreno identificaram o solo como sedimentar, e demonstraram que este, na cota de arrasamento da fundação, possui baixa resistência para suportar grandes cargas.

Durante as análises preliminares o prognóstico mostrou que os fatores de segurança mínimos exigidos pela norma da ABNT NBR 11682:2009 (estabilidade de encostas) para condição de deslizamento e capacidade de carga da fundação de muro de arrimo não estavam sendo atendidos.

Devido às condições de instabilidade observada e aos riscos que as condições proporcionavam à edificação e a sua vizinhança foi necessário executar uma obra de reforço estrutural para garantir a solidez dos muros de arrimo. Como terapia foram desenvolvidas três propostas para reestabelecer a estabilidade da obra e para elevar as forças resistentes e o fator de segurança, optando por executar o reforço estrutural por meio de microestacas.

Referencial Teórico

Problemas patológicos por falta de cuidados na compactação do solo, e do projeto estrutural tem-se tornado recorrentes, muitas das vezes os primeiros sintomas surgem antes das conclusões das obras e agravam ainda mais nas épocas chuvosas.

Conforme apresentado por Melo⁽³⁾ *et al.* (2014), o controle geotécnico é de suma importância para que não haja recalque ou rupturas em construções executadas sobre solos compressíveis.

Segundo Marcelli⁽⁴⁾ (2010), ainda é comum encontrar aterros executados sem controle de qualidade e por essa razão é indicado que não se execute fundações diretas sobre este tipo de solo, exceto quando o aterro for dimensionado e analisado para este fim.

É importante fazer o estudo do solo para identificar seu comportamento quando solicitado pelas cargas da estrutura, isto contribui para evitar o surgimento de assentamento do solo, pois nestas áreas podem surgir fissuras decorrentes de recalque, desta fora é preciso corrigir o problema do assentamento do solo para diminuir a expansão das fissuras, no qual se recomenda uma estabilização do solo após uma avaliação geotécnica, devendo ainda fazer uma análise sobre quais estruturas estão sendo afetadas para que sejam reforçadas adequadamente e aumentada sua durabilidade. (Neto⁽⁵⁾ *et al.*, 2017).

Segundo Brust⁽⁶⁾ (2015), as revisões dos cálculos estruturais de uma edificação, a análise do perfil de sondagem do terreno e as estimativas de recalques das fundações são fundamentais para a obtenção de um diagnóstico confiável de uma contenção.

Existem diversos tipos de contenções para suportar a carga de aterros e de utilização, sendo os muros de arrimos de flexão um dos mais comumente utilizados, estes muros resistem a empuxos por flexão, são construções que utilizam do peso próprio da terra que está sendo contida para se manter de pé e deve ser dimensionado como um muro de gravidade e com maior critério nas verificações de estabilidade estrutural. (ABNT NBR 11682, 2009)⁽¹⁾.

Segundo a NBR 11682 (ANBT, 2009)⁽¹⁾, ao executar um muro de arrimo, devem ser tomadas precauções com o terreno durante as escavações para que não haja alterações futuras, os reaterros devem ser feitos com materiais adaptáveis, resistentes e devem ser bem compactados, sendo primordial a previsão de um sistema de drenagem interna com drenos e filtros.

Metodologia

Para se conhecer os problemas apresentados e sugerir solução para sanar definitivamente as falhas observadas, descreveu-se um breve histórico dos acontecimentos, no qual foram analisados o levantamento topográfico da área, os boletins de sondagens e as verificações das estabilidades do ponto de vista geotécnico com aferição matemática dos fatores de segurança.

Para avaliar e quantificar os desníveis dos muros foi proposto o monitoramento por meio de aferições e anotações das movimentações observadas. Por fim, analisaram-se as causas e apresentou possíveis propostas de solução.

Cronologia dos acontecimentos

Trata-se de uma edificação pública construída no município de São João da Ponte, no norte de Minas Gerais, devido o terreno possuir topografia acidentada, com caimento para os fundos, na implantação da obra foi necessária a construção de muros de arrimo de flexão com o objetivo de suportar o aterro e nivelar o terreno. Após a execução destes muros observou-se o surgimento de grandes deslocamentos, fissuras e trincas ao longo destes e próximo ao piso.

As primeiras sondagens do terreno foram feitas em julho de 2009, foram executados 5 (cinco) furos por meio do ensaio padrão de penetração dinâmica (SPT), totalizando 62,10 m de prospecções, nesta ocasião não se identificou o nível do lençol freático.

A obra foi iniciada em dezembro de 2012, após um ano de construção surgiram os primeiros problemas nos muros. Durante a execução, em janeiro de 2013, observou-se algumas diferenças de nível entre os valores de projeto e os valores de campo, sendo que as laterais do terreno apresentavam valores superiores em relação às referências registradas, desta forma ocorreu uma vistoria conjunta no local, dos responsáveis pela execução e elaboração do projeto de fundação e contenções, nesta vistoria constatou-se que o projeto de contenção proposto inicialmente não teria altura suficiente para vencer o aterro. De posse dessas informações e com os dados levantados no local, o calculista apresentou novo projeto condizente com a diferença de nível observada, dando prosseguimento na obra e no aterro previsto.

Com as chuvas ocorridas no final de 2013, foram identificadas as primeiras movimentações em praticamente todos os muros, sendo que o muro M6 foi o que apresentou maior deslocamento, havendo a necessidade de nova vistoria do engenheiro calculista para avaliação, nesta oportunidade o calculista informou que não haveria necessidade de nenhuma intervenção por se tratar de uma simples acomodação natural do terreno, porém, com o passar do tempo, em novembro de 2014 constatou-se que as movimentações continuavam a ocorrer, colocando em risco a edificação e a vizinhança, conforme mostrado nas Figuras de 1 a 4.

Devido as acomodações, o muro M6 sofreu uma inclinação de aproximadamente 3,0 cm no topo e deslocamentos horizontais acima de 5 cm, apresentando ainda recalque de 2,0 cm na junta com o muro M7, com aparecimento de aberturas e trincas no piso próximo a este muro.



Figura 1: Trinca entre o piso e a construção e escoramento do arrimo – Fonte: os autores



Figura 2: Trinca e desnível do muro em relação à vertical – Fonte: os autores

Análises e verificações

Para melhor entendimento da questão, Demian e Braga (2015)⁽⁷⁾ elaboraram um Laudo Técnico para identificar as origens e causas das manifestações patológicas, bem como apresentar sugestões de terapias eficazes.

Análise da topografia e sondagem do terreno

O primeiro item analisado foi o levantamento planialtimétrico, porém este possuía pouca informação e não apresentava as cotas das curvas de nível nos locais previstos para a locação dos arrimos, no qual se observou que as diferenças entre as cotas eram de 2,0 m, bem abaixo do real existente no local que girava em torno de 5,0 m.

Em seguida foram analisados os boletins de sondagem do terreno, a priori, em 2009, foram feitos cinco furos (SP01 a SP05), totalizando 62,10 m de perfuração. Em dezembro de 2014, após a ocorrência das manifestações patológicas provocadas pelas movimentações dos muros, foram realizados mais dois novos furos nas proximidades do muro M6 (SP01 e SP02), desta vez foram 21,78m de perfuração. A Figura 3 apresenta o croqui do terreno, mostrando a posição dos muros e das sondagens executadas.

Na primeira sondagem as cotas se mostraram coerentes com o levantado de campo, com diferença de 2,50 m entre os furos SP01 e SP03. O furo SP03 foi feita no centro do terreno e mostrou um solo com baixa resistência até a profundidade de aproximadamente 4,0 m, não sendo localizado o nível da água (NA).

De acordo com a segunda campanha de sondagem (SP01 e SP02), realizada após a execução do aterro, os 3 (três) primeiros metros de profundidade apresentam $N_{SPT} \leq 5$ golpes, mostrando também que havia um solo de baixa resistência neste local, naquela profundidade. Nesta o N.A foi encontrado na profundidade de 4,32 m, provavelmente devido ao período chuvoso, o que poderia justificar uma leve queda dos índices de SPT.

O resultado das sondagens foi ilustrado no gráfico apresentado na Figura 4, realçando que não foi possível relacionar as cotas de boca dos furos entre si.

Os parâmetros geotécnicos adotados nas verificações foram apresentados na Tabela 1, estes foram estimados por meio de correlações com os resultados das sondagens à percussão realizadas no local e embasados na experiência com materiais similares.

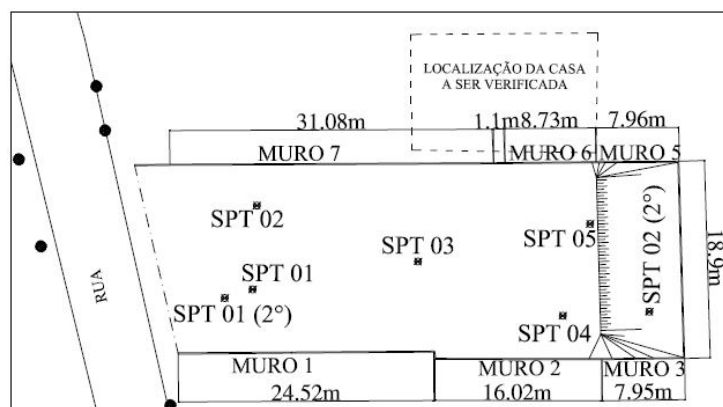


Figura 3: Croqui do terreno, posição dos muros e das sondagens (sem escala) – Fonte: os autores

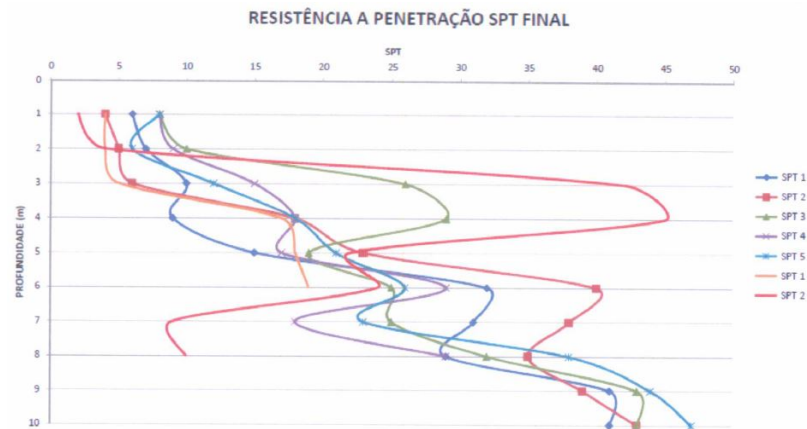


Figura 4: Gráfico de interpretação da Sondagem

Verificação da Estabilidade do Ponto de Vista Geotécnico

A memória de cálculo dos muros não foi fornecida para ser analisada, desta forma a verificação das estabilidades em relação à estabilidade global, ao tombamento, ao deslizamento, à capacidade de carga da fundação e à estabilidade estrutural foram embasadas nos projetos disponibilizados pelo proprietário da obra.

Tabela 1: Parâmetros de Resistência adotados.

Material	Parâmetros de Resistência		
	γ (KN/m ³)	c' (KPa)	ϕ' (°)
Solo fundação e aterro	17,0	10	20

Fator de segurança

Em concordância com o preconizado na norma técnica NBR 11682:2009, os fatores de segurança mínimos devem ser iguais ou superiores aos listados na Tabela 2.

É importante salientar que para definir o fator de segurança para estabilidade global é preciso verificar em que condições as contenções se classificam em relação à perda de vidas humanas, danos materiais e danos ambientais. As contenções objeto deste trabalho foram consideradas como nível de segurança alto contra a perda de vidas humanas e contra danos materiais e ambientais.

Tabela 2: Requisitos mínimos para estabilidade de muros de contenção.

Verificação da segurança	Fatores de Segurança mínimo
Estabilidade	1,5
Tombamento	2,0
Deslizamento	1,5
Capacidade de carga da Fundação	3,0

Análises e Resultados das Verificações

As sondagens mostraram a presença de solo frágil nas primeiras camadas, o que ressalta a possibilidade do solo não está suportando a carga atuante sobre ele. Durante a elaboração do projeto deveria ter sido previsto a remoção completa da argila de baixa resistência antes da execução do aterro, desta forma, nestas áreas deveria ter sido prevista a remoção de dois metros de material, fato que não ocorreu.

Visto que o muro M6 é o muro de maior altura, e conseqüentemente o que apresentou maiores deslocamentos, todos os cálculos foram feitos considerando suas dimensões conforme demonstrando na Figura 5.

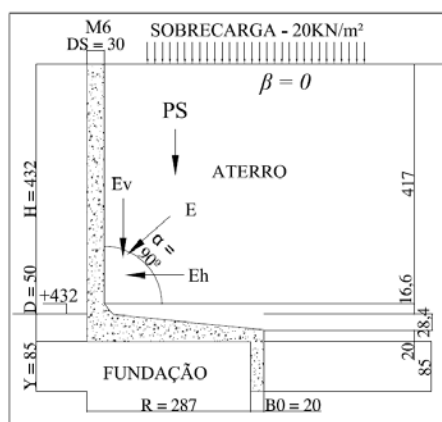


Figura 5: Dimensões do muro M6 para os cálculos - sem escala - Fonte: Demian e Braga (adaptado)

Conforme recomendado pela NBR 11682:2009, todo projeto que considera a utilização de obras de contenção deve adotar uma sobrecarga mínima acidental de 20 kN/m², uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno superior à contenção.

De modo geral, as verificações ao tombamento, ao deslizamento e a capacidade de carga estão apresentadas na Tabela 3 e os dados do muro M6 e os resultados obtidos nos cálculos estão apresentados na Figura 6.

Tabela 3: Verificações de cálculo: tombamento, deslizamento e capacidade de carga

Verificações de cálculo			
Tombamento	Momento atuante (M_a)	Momento resistente (M_R)	$M_R/M_a=2,47>2$ → atendido
	203,34 kN/m	501,52 kN/m	
Deslizamento	Força Atuante (F_a)	Força Resistente (F_R)	$F_R/F_a=0,99<1,5$ → não atendido
	120,07 kN	119,53 kN	
Capacidade de carga	Tensão máxima ($q_{m\acute{a}x}$)	Tensão admissível (q_{adm})	$q_{adm}<q_{m\acute{a}x}$ → não atendido
	245,72 kN/m²	124,40 kN/m²	
Estabilidade Global	Fator de Segurança mínimo = 1,50	Fator de Segurança encontrado = 1,53	$FS_{encontrado}>FS_{min}$ → atendido

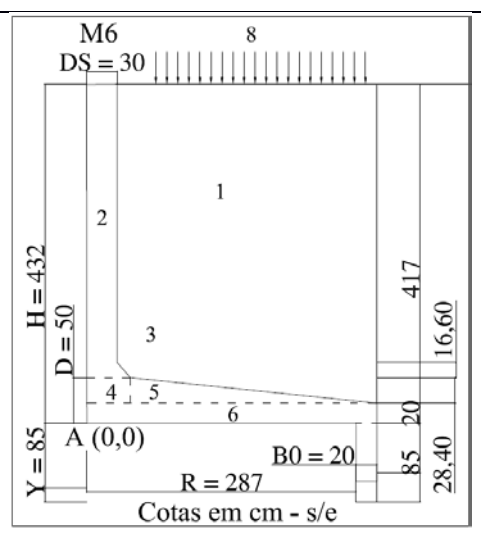
Empuxo ativo (E_a)	77,73 kN/m²	
Empuxo devido à sobrecarga (E_{aq})	42,34 kN/m²	
Empuxo passivo (E_p)	12,53 kN/m²	
Momento atuante (M_a)	203,34 kN/m	
Momento resistente (M_R)	501,52 kN/m	
Força atuante (F_a)	120,07 kN	
Força Resistente (F_R)	119,53 kN	
Excentricidade (e)	0,55	
Extensão comprimida (B')	2,64 m	
Taxa de tração da base da fundação	8,0 %	
Tensão admissível (q_{adm})	124,40 kN/m²	
Tensão máxima ($q_{m\acute{a}x}$)	245,72 kN/m²	
Altura do muro M6 (H)	4,32 m	
Peso específico (γ)	17 kN/m³	
Ângulo α	90°	
Ângulo β	0°	
Ângulo φ'	20°	

Figura 6: Dados e resultados das verificações no muro M6 – Fonte: Demian e Braga (adaptado)

Tabela 4: Verificações de cálculo: tombamento, deslizamento e capacidade de carga

Verificações de cálculo			
Tombamento	Momento atuante (M_a)	Momento resistente (M_R)	$M_R/M_a=2,47>2$ → atendido
	203,34 KN/m	501,52 KN/m	
Deslizamento	Força Atuante (F_a)	Força Resistente (F_R)	$F_R/F_a=0,99<1,5$ → não atendido
	120,07 KN	119,53 KN	
Capacidade de carga	Tensão máxima ($q_{m\acute{a}x}$)	Tensão admissível (q_{adm})	$q_{adm}<q_{m\acute{a}x}$ → não atendido
	245,72 KN/m ²	124,40KN/m ²	
Estabilidade Global	Fator de Segurança mínimo = 1,50	Fator de Segurança encontrado = 1,53	$FS_{encontrado}>FS_{min}$ → atendido

Terapia adotada

Com os resultados obtidos verificou-se a necessidade de se elaborar o projeto de reforço estrutural para conter as movimentações das contenções, desta forma, foram propostas três soluções para serem executadas.

A primeira proposta para reforço dos muros de contenção foi por meio de construção de retângulos e microestacas, porém a empresa executora apresentou inúmeras dificuldades técnicas para executar o reforço conforme proposto, sendo solicitada uma revisão e apresentação de novo projeto que fosse exequível no local.

A segunda proposta para reforço dos muros de contenção foi apresentada por meio de tirantes e microestacas, mas ao se apresentar o orçamento sintético da obra, observou que o valor para a execução apresentava-se muito elevado inviabilizando a execução. Assim, decidiu-se por elaborar novo projeto constituído apenas por microestacas. Pela facilidade de execução no local e pela boa relação custo-benefício, optou por executar o reparo previsto neste último projeto conforme apresentado na Figura 7.



Figura 7: Execução das microestacas e vista do local após a obra de reparo – Fonte: os autores

Considerações finais

O levantamento topográfico apresentado não correspondia a real topografia da área, alterações de projetos tiveram que ser realizadas com o mesmo já em andamento, inviabilizando grandes modificações.

Como as primeiras sondagens foram feitas em 2009 e a obra se iniciou apenas em 2012, novas sondagens deveriam ter sido feitas para confirmação da qualidade do solo, principalmente próximo aos muros, para confirmação geomorfologia do terreno.

Ficaram evidenciadas as falhas na elaboração do projeto executivo das contenções, a princípio, o erro estava nas contas e altura dos muros, pois as alturas previstas para os arrimos no projeto não estavam condizentes com a topografia e altura do aterro que seria executado no local, os problemas se agravaram após a primeira revisão do projeto das contenções que teve a

altura aumentada, mas não se ateu para a baixa resistência do solo que suportaria as bases das fundações. As verificações das estabilidades do ponto de vista geotécnico mostraram que o dimensionamento das contenções não atendia aos fatores de segurança mínimos para deslizamento e capacidade de carga da fundação.

De acordo com as análises de tombamento, deslizamento e capacidade das fundações, observa-se que houve um grande equívoco no dimensionamento dos muros, que pode ter sido ocasionado por diversos fatores tais como: cotas de boca das sondagens apresentavam elevações embasadas em pontos de referência não padronizados dificultando sua interpretação; não havia sondagens próximas às fundações de nenhum dos muros para confirmação de remoção de material de baixa competência para esta função; não teve acompanhamento tecnológico da execução do aterro, para aferir o grau de compactação e o teor de umidade; foram observadas movimentações nas estruturas em uma vistoria antes do término da obra e mesmo com estas evidências nenhuma medida para conter a movimentação foi tomada, já que o engenheiro responsável pelo cálculo alegou que se devia ao fato de acomodação do terreno. A ausência de um projeto de drenagem superficial pode ter contribuído para o comprometimento dos muros devido à elevação do empuxo ativo, se dada ao acúmulo de água.

Para solucionar o problema foi necessária a execução de reparo para restabelecer as condições de utilização da edificação e evitar maiores danos para a obra e para a vizinhança. Por fim, a execução dos reparos utilizando microestacas se mostrou eficiente e garantiu a estabilidade de toda a edificação.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao engenheiro Daniel Franco de Souza pelo fornecimento das informações, projetos e demais documentos utilizados na elaboração deste trabalho.

Bibliografia

- (1) ABNT. **NBR 11682 - Estabilidade de Encostas**. Rio de Janeiro, 2009.
- (2) SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.
- (3) MELO, M. A.; MARQUES, M. E.; CARNEIRO, L. A. **Caracterização do material cimentício de colunas de consolidação profunda radial**. *Concreto e Construções*. Vol. 74, São Paulo, Abr. – Jun., 2014, pp. 86-92.
- (4) MARCELLI, M. (2010). **Sinistros na Construção Civil - Causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2010.
- (5) NETO, F. C.; MESQUITA, E.; MARTINI, R. **Caracterização dos danos da Estação Ferroviária Doutor João Felipe**. *Anais do XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas*, Crato-CE, 07 a 09 de Setembro, 2017, pp. 199-207.
- (6) BRUST, D. **Manifestações patológicas causadas por recalque de fundação: diagnóstico do surgimento de fissuras na alvenaria de uma casa popular em Panambi/RS**. TCC, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2015.
- (7) DEMIAN, M.; BRAGA, R. G. **Lauda Técnico - Descrição dos problemas apresentado nos muros de arrimo**. São João da Ponte-MG, 2015.