

Inspeção Geotécnica sobre uma Estrutura de Concreto Atirantada – Estudo de Patologias e Providências Corretivas

Sérgio Gonçalves Pena

Engenheiro Civil, FGS Geotecnia, Nova Lima, Brasil, pena@fgs.eng.br

Felipe Gobbi

Engenheiro Civil, FGS Geotecnia, Porto Alegre, Brasil, felipe@fgs.eng.br

Alvaro Pereira

Engenheiro Civil, FGS Geotecnia, Porto Alegre, Brasil, alvaro@fgs.eng.br

Pedro Aurélio F. Coutinho

Engenheira Civil, VALE S.A, Nova Lima, Brasil, pedro.aurelio@vale.com

Roberta Carolina Alves

Engenheira Civil, VALE S.A, Nova Lima, Brasil, roberta.alves@vale.com

RESUMO: O presente estudo apresenta critérios técnicos para inspeções periódicas visuais de estruturas de contenção ativas com paramento em concreto armado. Para o presente artigo foi avaliada uma estrutura de contenção, composta por painéis verticais e duas vigas atirantadas, localizada em um ambiente de mineração, em Nova Lima, Minas Gerais. Esta inspeção periódica, conforme preconizado pela NBR ABNT 5629 (ABNT, 2018), tem por objetivo estabelecer diretrizes de manutenção a fim de assegurar o desempenho adequado da estrutura, durante a vida útil do projeto implementado. Todavia, a norma não define detalhadamente os parâmetros para avaliação, sendo os critérios deste artigo baseados em trabalho de tema semelhante (Sachetti et. al, 2022) e experiência dos autores. Não foi disponibilizado manual do proprietário. Os tirantes foram numerados e avaliados individualmente, de maneira visual, não sendo realizados testes de cargas dos elementos. Os respectivos trechos de painéis foram avaliados conjuntamente. Foram verificadas anomalias na estrutura dos painéis (trincas e infiltrações) e cabeça de tirantes permanentes, além de deficiências sobre drenagem interna e superficial (sarjetas de crista e pé). A partir dos desvios levantados foram propostas providências e metodologias para realização dos reparos.

PALAVRAS-CHAVE: inspeção, patologias, tirantes, estruturas de concreto, manutenção.

ABSTRACT: This study presents technical criteria for periodic visual inspections of active containment structures with reinforced concrete parameters. For this article, a containment structure was designed, composed of vertical panels and two tiebacks beams, located in a mining environment, in Nova Lima, Minas Gerais. This periodic inspection, as recommended by NBR ABNT 5629 (ABNT, 2018), aims to establish maintenance guidelines to ensure the adequate performance of the structure, during the useful life of the implemented project. However, the norm does not define in detail the parameters for evaluation, and the criteria of this article are based on work on a similar topic (Sachetti et. al, 2022) and the authors' experience. No owner's manual was made available. The tiebacks were numbered and evaluated individually, visually, and no load tests were performed on the elements. The respective pain sections were evaluated together. Anomalies were found in the structure of the panels (cracks and leaks) and the heads of permanent tiebacks, in addition to internal and surface drainage deficiencies. Based on the pathologies identified, measures and methodologies were proposed for carrying out the repairs.

KEYWORDS: inspection, pathologies, tiebacks, concrete structure, maintenance.

1 INTRODUÇÃO

Foi inspecionada uma cortina atirantada localizada a montante de uma edificação administrativa, localizada em uma Mina em processo de descomissionamento. Trata-se de uma inspeção periódica e visual

que tem por objetivo a identificação de eventuais manifestações patológicas e suas respectivas medidas de correção, visando, desta forma, a garantia de um desempenho adequado durante a vida útil da estrutura. Destaca-se que para este elemento não se encontrava disponível o projeto executivo, manual de manutenção ou mesmo registros de inspeções pregressas, situação que exige um acompanhamento mais regular da região.

Conforme Sachetti (2022), além de estruturas antigas, cortinas atirantadas com problemas de investigação geotécnica, projeto ou execução também são alvos de uma análise criteriosa do seu comportamento frente as solicitações impostas. Neste cenário, a avaliação de campo de estruturas de contenção se faz importante, tanto para cortinas com idade elevada, quanto estruturas recentes, com objetivo de identificar inicialmente indícios de manifestações patológicas ou movimentações as quais podem ser identificadas e rapidamente solucionadas através de projetos de recuperação geotécnicos e estruturais.

Desta forma, este tipo artigo visa auxiliar o engenheiro geotécnico a realizar as vistorias de campo, de maneira a utilizar uma metodologia de avaliação visual, visando facilitar o gerenciamento destas estruturas e a tomada de decisões. Ilustra-se esta proposição através da observação destas estruturas em cortes rodoviários com a aplicação de uma metodologia de vistoria a qual separa em quatro grupos as possíveis manifestações patológicas que possam vir a ocorrer, condições geotécnicas, condições estruturais, condição dos tirantes e condição do sistema de drenagem interno e externo.



Figura 1. Estrutura de Contenção Inspeccionada.

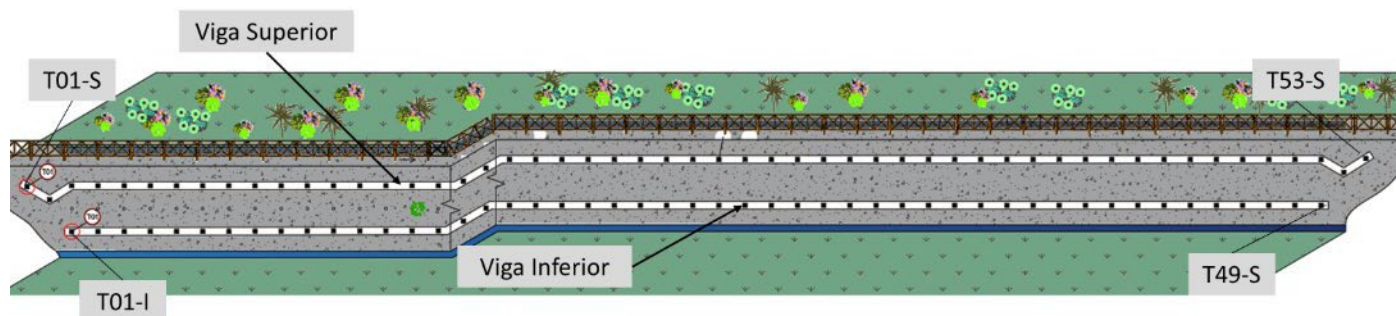


Figura 2. Vista Frontal por Desenho Auxiliado por Computador.

2 INSPEÇÃO DE CAMPO

A estrutura geotécnica possui um paramento vertical em forma de cortina e apresenta duas vigas atirantadas. Ao todo, a estrutura é composta por 102 tirantes, sendo 53 distribuídos para a viga superior e 49 para a viga inferior. Durante a inspeção foram identificadas algumas patologias, ou indícios, nestas estruturas, sendo estas constatações apresentadas no decorrer deste capítulo.

2.1 Estudo de Patologias

Para a realização da inspeção foram avaliadas as condições dos painéis verticais, juntas horizontais e verticais, drenagem superficial (sarjetas) e interna (DHP's e barbacãs), além dos capacetes de concreto de proteção da cabeça dos tirantes. Dentre as patologias observadas, citam-se como as principais e mais recorrentes a (1) obstrução dos dispositivos de drenagem interna da estrutura (barbacãs) e (2) cabeças de tirantes com proteção contra corrosão comprometida e (3) eflorescência sobre o painel de concreto.

Ressalta-se que esta inspeção foi realizada em uma data sem ocorrência de precipitações recentes, onde não foi possível ter grande assertividade quanto a surgência/infiltração de água sobre o paramento vertical de concreto, sendo somente a vegetação o indicativo para tal condição. A Tabela 1 apresenta as possíveis causas e consequências para as patologias levantadas em campo.

Tabela 1: Possíveis causadores e consequências – Patologias.

Patologia	Possíveis causadores	Consequências
Obstrução drenagem	Falta de inspeções periódicas ou deficiência executiva;	Fluxo interno de água sobre a estrutura é prejudicado, gerando excesso de umidade; Excessos de poropressões sobre o paramento vertical;
Corrosão Concreto e Eflorescência	Carbonatação do concreto;	Vulnerabilidade das armaduras a corrosão (despassivação do aço estrutural);
Vegetação, musgos ou lodo	Presença de água sobre paramento e drenos; Presença de umidade associada a concreto de porosidade elevada;	Obstrução dos drenos; Agressividade sobre as peças metálicas e concreto (diminuição da vida útil);
Surgência d'água	Mau funcionamento da drenagem interna; Juntas horizontais ou verticais mal executadas;	Vulnerabilidade das armaduras a ataques corrosivos (redução da vida útil e/ou colapso da estrutura)
Cabeças de concreto trincadas	Movimentação da cabeça do tirante, retração do concreto, impactos físicos, dilatação térmica;	Possibilita infiltração de umidade e gases agressivos, ocasionando a corrosão acelerada das estruturas metálicas internas ao capacete (placa, porca, anel de ângulo e cabeça tirante);
Lascas sobre concreto	Segregação ou desagregação do concreto;	Afeta as armaduras de forma precoce ao previsto em projeto, visto que o cobrimento de projeto pode não ser satisfatório ao longo da vida útil;
Exposição da placa	Erro construtivo da concretagem do capacete;	Processo corrosivo acelerado;

Cada capacete de proteção foi avaliado individualmente e o painel foi analisado em trechos. Apresenta-se pelos subitens a seguir a inspeção realizada através de uma vista frontal (obtida por geoprocessamento de imagens de VANT) com os respectivos registros de campo.

2.2 Avaliação Capacetes De Proteção

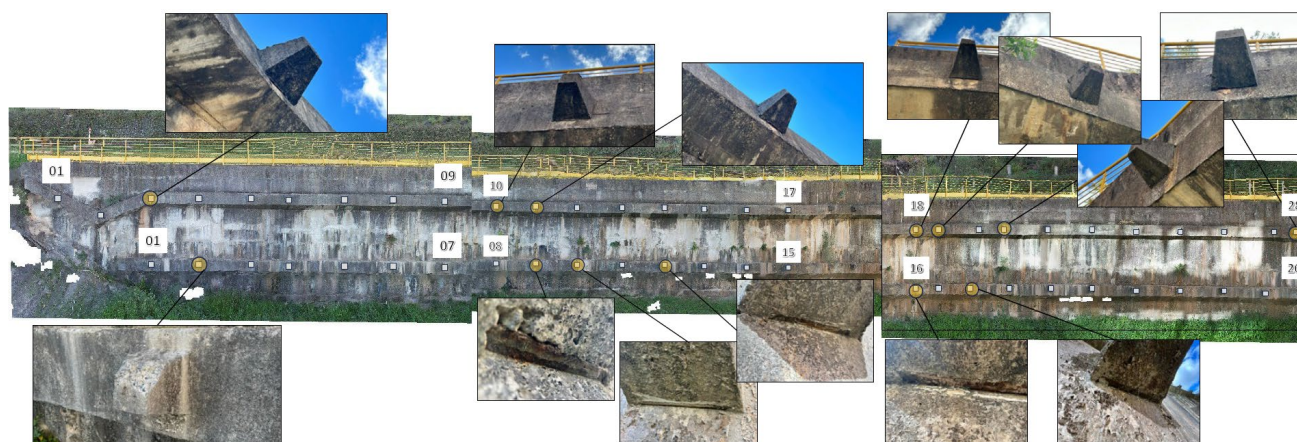


Figura 3. Avaliação Capacetes de Proteção (Tirantes 01 a 28 [Superior] e 01 a 26 [Inferior]).

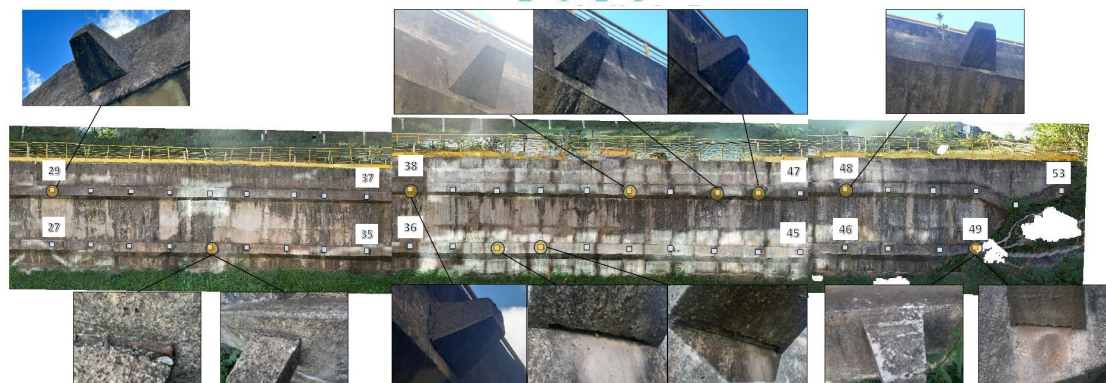


Figura 4. Avaliação Capacetes de Proteção (Tirantes 29 a 53 [Superior] e 27 a 49 [Inferior]).

2.3 Avaliação Painel (Cortina) De Concreto E Drenagens

Para os painéis entende-se que há um problema generalizado de água sobre a porção esquerda, em vista frontal, conforme apresentado pela Figura 5 e Figura 6.

Constatada sobre a face do paramento a ocorrência de fungos, musgos, lodo e plantas, sendo estas plantas, de maneira específica, do tipo pteridofitas (samambaia) e arbustos herbáceos. O desenvolvimento dessa vegetação ocorre devido à presença de água (através das trincas/juntas horizontais ou drenos barbacãs) associado ao transporte de nutrientes devido ao fluxo de água subsuperficial. Desta forma, gera-se um ambiente suficiente para o desenvolvimento destas plantas. Além da condição supracitada, também ocorre infiltração de águas devido a porosidade do concreto, que por sua vez facilita o desenvolvimento de fungos, musgos e lodo sobre a face do paramento.

Na região de montante a este trecho do paramento, há uma saída de BSTC em transição com a drenagem superficial no topo do paramento de concreto, a qual é constituída por uma drenagem em meia cana com diâmetro de 40cm. Este fluxo d'água pode ser um dos fatores contribuintes no desenvolvimento de infiltrações, e das vegetações pteridófitas observadas durante a inspeção.

Interpreta-se que há ocorrência mecanismos de deterioração relativos à armadura através da despassivação por carbonatação sobre diversos trechos do painel. Este processo se inicia sobre a superfície do concreto, onde é formada a frente de carbonatação, avançando em profundidade até atingir as armaduras. O concreto normalmente possui meio alcalino entre 12,6 e 13,5; e o "pH pode reduzir para próximo de 8,5 quando o processo de carbonatação é iniciado, o que acarreta a despassivação do aço, corrosão das barras da armadura, podendo a longo prazo gerar colapso da estrutura" (POLITO, 2006). A carbonatação acontece quando o hidróxido de cálcio se transforma em carbonato de cálcio (Metha e Monteiro, 2008).

Foram observados trechos em que possivelmente foram realizados reparos anteriormente. Os círculos destacados em vermelho são pontos em que devem ser confirmados os processos de carbonatação através de ensaios, conforme será descrito no capítulo seguinte.

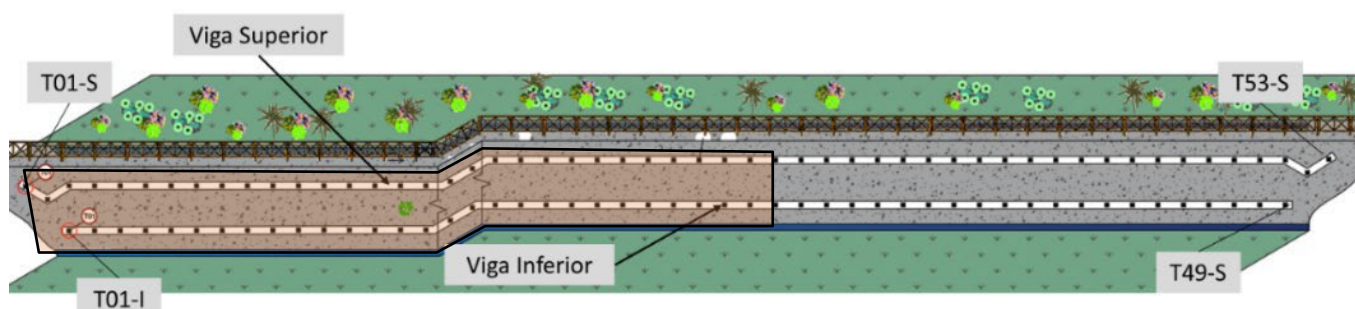


Figura 5. Região com Presença de Água sobre o Paramento.

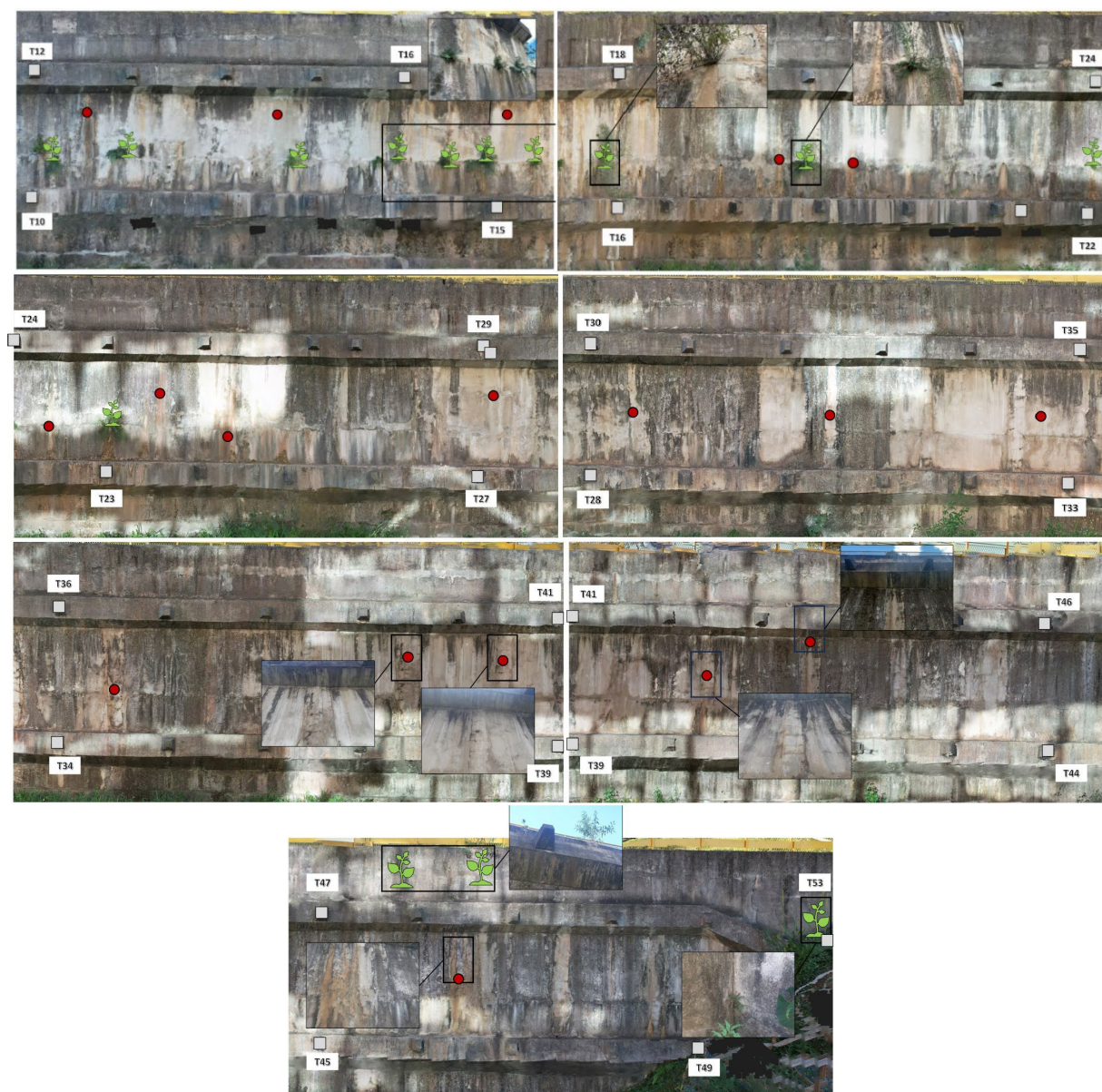


Figura 6. Avaliação Painel/Laje Vertical (Tirantes 01 a 53 [Superior] e 01 a 49 [Inferior]).

2.4 Drenagens Superficiais

Os dispositivos de drenagem não se encontram obstruídos, todavia, há vegetação rasteira que se encontra sobre a seção hidráulica do dispositivo em alguns trechos. Necessária a verificação quanto a capacidade hidráulica dos dispositivos de drenagem existentes no topo do paramento de concreto, compatibilizando com a área de contribuição de drenagem que esta área absorve. O trecho em que apresenta maior problemas generalizados em virtude do fluxo d'água (conforme apresentado no item 3.3) está diretamente relacionado a transição de dispositivos de drenagem de forma perpendicular, possibilitando uma probabilidade elevada do extravasamento dos dispositivos de drenagem superficiais e subdimensionamento destas estruturas.

3 RESULTADOS E MEDIDAS DE CORREÇÃO

Conforme apresentado pelos itens anteriores, foram observados diversos trechos com desenvolvimento de vegetação sobre a estrutura de concreto e drenagem, seja entre juntas horizontais ou barbacãs, além da recorrência de patologias sobre capacetes de proteção.

Entende-se que o não funcionamento da drenagem interna pode causar patologias sistêmicas que podem vir a afetar toda a estrutura geotécnica. Não foi possível avaliar os drenos de maneira detalhada visto que atividade não foi realizada em acesso por corda, impossibilitando o acesso a estes elementos.

Pelos subitens a seguir serão apresentadas as intervenções necessárias para correção das patologias levantadas. A Tabela 2 apresenta as possíveis causas e consequências para as patologias levantadas em campo, sugeridas pelo artigo de Sachetti et al. (2022):

Tabela 2. Possíveis causadores e medidas de correção mitigadoras – Patologias.

Patologia	Possíveis causadores	Medidas Mitigadoras
Obstrução drenagem	Falta de inspeções periódicas ou deficiência executiva	Remoção da vegetação; Desobstrução e limpeza das drenagens superficiais e subsuperficiais;
Corrosão Concreto ou Eflorescência	Dissolução e transporte do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) do cimento <i>Portland</i> .	Materiais impermeabilizantes sobre substratos com argamassa de revestimento sem cal;
Vegetação, musgos ou lodo	Presença de umidade associada a concreto de porosidade elevada	Desobstrução e limpeza de drenos subsuperficiais;
Surgência d'água	Mau funcionamento da drenagem	Desobstrução e limpeza de drenos subsuperficiais;
Cabeças de concreto trincadas	Movimentação da cabeça do tirante, retração do concreto, impactos físicos, dilatação térmica	Reexecução do capacete de concreto;
Lascas sobre concreto	Segregação ou desagregação do concreto	Reexecução do capacete de concreto;
Exposição da placa	Erro construtivo da concretagem do capacete	Avaliação e possível substituição da placa e anel compensador; Reexecução da protensão e do capacete de concreto;

3.1 Capacetes

Foram identificados 23 capacetes com necessidade de demolição e reexecução (destacados em vermelho). Para os tirantes em que o capacete será demolido é imprescindível uma avaliação das condições das placas e anel de ângulo (caso possua) no que se refere ao nível de corrosão, sendo recomendada a substituição para os casos em que a corrosão se encontre em nível avançado.

Considerando a demolição dos capacetes, indica-se que sejam executados os ensaios de carga nos tirantes, conforme recomendados em norma (a cada 5 anos) para verificar a situação destes, conforme será comentado abaixo, no item 3.3. Ainda, previamente a concretagem dos capacetes reexecutados, todos estes devem ser verificados quanto aos cobrimentos laterais, para o valor mínimo de 5,0cm (ABNT, 2018), de forma a se evitar reincidência das patologias em tempo futuro.

3.2 Paramento Vertical (Cortina)

No que se refere as patologias observadas no paramento vertical (cortina), as medidas são abrangentes e devem ser realizadas sobre todo o paramento. Sendo assim, as seguintes medidas devem ser tomadas:

- I. Remoção de toda vegetação desenvolvida em drenos barbacãs e juntas horizontais no concreto;
- II. Limpeza interna de todos os drenos da estrutura (barbacãs e DHP's);
- III. Limpeza para remoção de líquens e/ou musgos através de jatos de água comprimida em toda a superfície;
- IV. Execução de aspersão de fenolftaleína para ensaio colorimétrico e qualitativo no que se refere a carbonatação. Deve ser avaliada a profundidade e se a carbonatação atinge o aço estrutural. Em caso positivo um reparo sobre o local deve ser realizado. Os ensaios devem ser realizados conforme os trechos com círculos vermelhos dos registros apresentados pelo item 2.3, totalizando 23 pontos.

3.3 Desempenho Dos Tirantes

Pela inspeção realizada se tratar de uma vistoria unicamente visual não foram verificadas as condições de protensão dos tirantes. A garantia de carga e proteção dos elementos de aço e concreto estão entre as principais condições a serem observadas através da inspeção própria para tal (quebra dos capacetes de concreto e posicionamento de macaco hidráulico para verificação da carga incorporada), pois garantem o funcionamento efetivo e vida útil da estrutura.

Dito isto, deve ser avaliado pelo cliente o atendimento da norma NBR 11682 – Estabilidade de Encostas (ABNT, 2009), onde é recomendado que para estruturas com mais de 100 tirantes se deve ensaiar 20% do total de tirantes existentes na obra, em uma recorrência de **cinco anos**. Logo, para a estrutura geotécnica escopo do presente trabalho, que possui um total de 102 tirantes, faz-se necessário ensaiar e verificar a integridade de 21 tirantes (caso o intervalo de cinco anos seja atendido).

3.4 Drenagens Superficiais

As drenagens das águas superficiais de crista e pé da contenção avaliada não se encontram obstruídas, todavia, há elevada quantidade de vegetação adjacente sobre a seção hidráulica do dispositivo, portanto, recomenda-se a roçagem e remoção desta vegetação. Há necessidade de verificação e validação da área de abrangência (contribuição) e avaliar a compatibilidade com os dispositivos de drenagem existentes, além de constatar a influência do comportamento hidráulico em relação aos dispositivos de transição.

Esta situação é particularmente importante para a porção esquerda da cortina (em vista frontal), onde em função da existência de um tubo de concreto de diâmetro de 1,0 metros, está direcionando, perpendicularmente à drenagem de crista da cortina através de uma canaleta com capacidade hidráulica bem inferior à do tubo.

Esta situação pode resultar no extravasamento do fluxo de água da canaleta de crista e consequente saturação do maciço no tardo da cortina.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou aspectos técnicos que devem ser avaliados em uma vistoria de cortinas de concreto armado com tirantes ancorados no terreno.

Foram identificadas uma série de patologias, com predominância de processos causados pela deficiência da drenagem interna da estrutura, além de desconformidades executivas sobre os capacetes de concreto, que causaram aceleração dos processos erosivos sobre placas e porcas, além da cabeça de tirantes.

Entende-se que a metodologia observacional de campo não é assertiva, mas permite um direcionamento para uma avaliação mais criteriosa. Em relação aos os pontos de maior criticidade, permitindo-se o avaliador uma avaliação completa com elevado grau de detalhamento de intervenções recomendadas. Como por exemplo, para verificações estruturais sobre as estruturas de concreto, onde se fazem necessária aberturas de janelas de inspeções e execução de testes de corrosão sobre aço.

Apesar de não ter sido verificado indicio de dano severo na estrutura avaliada neste trabalho, caso o avaliador julgue necessário, um plano de monitoramento geotécnico é uma boa prática que permite a quantificação de deslocamentos (através de inclinômetros e marcos topográficos) e dados de poropressão (piezômetros) sobre a estrutura, permitindo uma avaliação mais abrangente no que se refere ao desempenho da contenção avaliada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alisson Silveira Sachetti; Anderson Fonini; Felipe Gobbi. Critérios Técnicos para Inspeção de Cortinas de Concreto Armado com Tirantes Ancorados no Terreno. In: ANAIS DO XX COBRAMSEG, 2022, Campinas. Anais eletrônicos, Galoá, 2022. Disponível em: <<https://proceedings.science/cobramseg-anc?lang=pt-br>>. Acesso em: 10 Jul. 2025.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 5629: Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2018. 38 páginas.



Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 11682: Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro, 2009. 39 páginas.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 3. ed. São Paulo: IBRACON. 674 p, 2008.

POLITO, G. Principais sistemas de pinturas e suas patologias. Dissertação de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2006. 66 p.