




SOBRE A FALHA E REFORMA DE ANCORAGEM INTERMEDIÁRIA DE FIXAÇÃO DO CABO DE AÇO DA VIA FERRATA CEPI

Federação de Esportes de Montanha do Estado do Rio de Janeiro - FEEMERJ

Documento:	FEEMERJ: n.º STM-2024/01
Tipo:	Segurança e Técnica de Montanhismo (STM)
Autor:	Grupo de trabalho para manutenção e estudo de melhorias em vias ferratas (GT Via Ferrata)
Local:	Via CEPI - Pão de Açúcar (Urca, Rio de Janeiro)
Data criação:	15 de julho de 2024
Revisão:	-
N.º da revisão:	0
N.º Páginas:	9
Data da revisão:	-
Nota:	Versão para validação do Conselho Técnico
Entidades filiadas:	Associação de Guias, Instrutores e Profissionais de Escalada do Estado do Rio de Janeiro (AGUIPERJ), Centro Excursionista Brasileiro (CEB), Centro Excursionista Friburguense (CEF), Centro Excursionista Guanabara (CEG), Centro Excursionista Petropolitano (CEP), Centro Excursionista Rio de Janeiro (CERJ), Centro Excursionista Teresopolitano (CET), Clube Excursionista Carioca (CEC), Clube Excursionista Light (CEL), Clube Niteroiense de Montanhismo (CNM) e Grupo Excursionista Agulhas Negras (GEAN).
Filiada à:	 CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE MONTANHISMO E ESCALADA



A Federação de Esportes de Montanha do Estado do Rio de Janeiro (FEEMERJ) tem por missão organizar e difundir o montanhismo e a escalada, bem como promover sua prática responsável e sustentável no Estado do Rio de Janeiro. Conscientes de seu papel não só na organização do esporte, mas também como entidade envolvida na busca de um meio ambiente ecologicamente equilibrado e na manutenção do patrimônio cênico natural fluminense, a FEEMERJ tem empreendido esforços de conservação, mínimo impacto ambiental e manejo da visitação em áreas naturais.

Criada em 2000, a FEEMERJ é composta por onze entidades, é membro fundador e participa ativamente da Confederação Brasileira de Montanhismo e Escalada (CBME), que por sua vez é registrada no Ministério dos Esportes e é filiada à União Internacional de Associações de Alpinismo (UIAA¹), a entidade internacional de regulação das práticas de montanhismo.

A FEEMERJ faz parte, atualmente, de Conselhos Consultivos em diversas unidades de conservação, como: os Parques Nacionais da Tijuca, de Itatiaia e da Serra dos Órgãos; Monumento Natural do Arquipélago das Cagarras; Parques Estaduais dos Três Picos, da Pedra Selada, da Serra da Tiririca, e da Pedra Branca; e do Monumento Natural dos Morros do Pão de Açúcar e da Urca, entre outras.

¹ Union Internationale des Associations d' Alpinisme

1. INTRODUÇÃO

Em 10 de abril de 2024, na via ferrata CEPI, localizada no Pão de Açúcar (Figura 1), a primeira ancoragem intermediária que mantém o cabo de aço alinhado no trecho vertical no início da via falhou durante uma ascensão. Esta ancoragem não é um elemento de segurança substancial para os escaladores desta via, entretanto, garante a estabilidade vertical do cabo em um dos pontos mais críticos da via ferrata, localizado na P1. O cabo de aço em si é fixado em outro conjunto de ancoragens redundantes no ponto mais alto de cada trecho, garantindo a segurança dos escaladores.

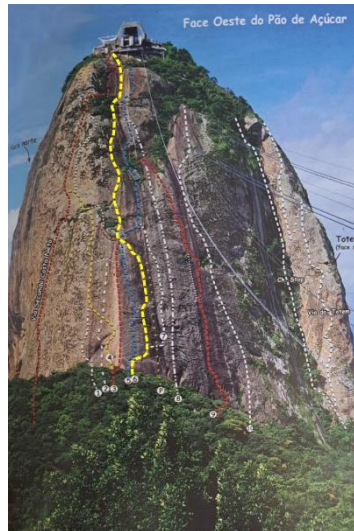


Figura 1 – Traçado (destacado em amarelo) da via ferrata CEPI na face oeste do Pão de Açúcar
Fonte: Guia de Escaladas da Urca, 7ª Edição, 2023.

2. DIVULGAÇÃO DO FATO

No dia 11 de abril de 2024, a FEEMERJ publicou em sua página no Instagram um alerta a respeito da falha ocorrida (Figura 2).

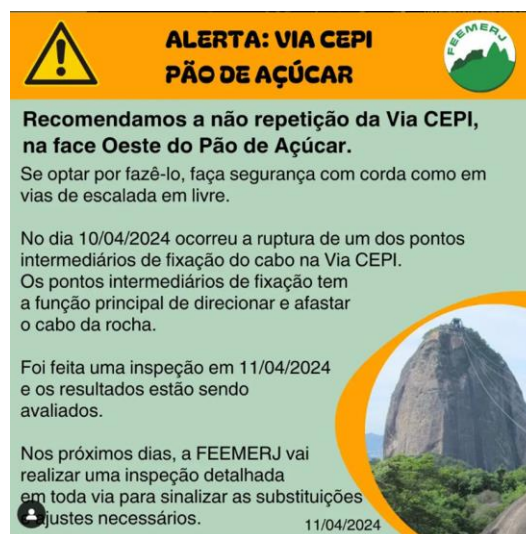


Figura 2 – Postagem no Instagram da Feemerj alertando sobre a falha e recomendando a não repetição da Via CEPI.

Disponível em: [Federação de Esportes de Montanha do Estado do Rio de Janeiro \(@feemerj\) • Instagram photos and videos](#).

3. CARACTERÍSTICAS DA MONTAGEM DO CEPI

É importante destacar que, não existe um padrão reconhecido de instalação de ancoragens de cabo de aço para via ferrata, como o que existe para ancoragens fixas para escalada em rocha, provido pela norma UIAA-123. Cada região, na melhor das intenções, aplica e documenta soluções específicas para cada tipo de via ferrata.

O CEPI é uma via ferrata de grau de dificuldade extremo devido à verticalidade e à ausência de degraus. A via já passou por diversas soluções de fixação do cabo ao longo de sua história, em função de corrosão, problemas na montagem e inclusive pela falha do cabo, que resultou na última fatalidade². É possível observar locais da via com mais de cinco marcas de reformas desde a sua inauguração em 1952.

Na última reforma, realizada em 2015, optou-se por utilizar componentes industriais, como olhais de suspensão e cliques específicos para fixação de cabos de aço, visando padronizar e manter rastreabilidade dos materiais, evitando o uso de fabricações artesanais. Nesta montagem, o olhal, que serve de ancoragem para o cabo com o clipe, foi inserido de forma parcial para espaçar a montagem do cabo do contato com rocha (Figura 3), deixando, porém, o tarugo em balanço. Este posicionamento cria um adequado vão entre o cabo e a rocha, evitando o contato do cabo com a rocha úmida.



Figura 3 - Típica montagem do olhal como ancoragem do cabo de aço da via CEPI

Não se esperava que essa solução de montagem do olhal, diante das cargas repetidamente aplicadas no cabo devido ao grande fluxo na via, transmitisse esforços nas ancoragens a ponto de, aproximadamente 10 anos depois, esse ponto específico, vertical e longo, falhar no tarugo do olhal em balanço.

A análise da falha, detalhada a seguir, revelou que a configuração escolhida para evitar o contato do cabo com a rocha inadvertidamente introduziu um ponto de vulnerabilidade nos críticos trechos verticais. A tração dinâmica no cabo exercida pelos escaladores sobrecarregou o tarugo do olhal, culminando na falha. Isso destaca a necessidade da publicação deste artigo, para revisitar e atualizar as soluções de instalação, garantindo a longevidade e a segurança das ancoragens neste importante via ferrata, especialmente em condições de uso intenso.

² <https://feemerj.org/wp-content/uploads/FEMERJ-COM-2012-03-Acidente-CEPI.pdf>

4. ANÁLISE INICIAL DA FALHA

A ancoragem é constituída por um olhal com tarugo forjado em peça única, em que o tarugo é parcialmente inserido na rocha e fixado com adesivo químico (Apêndice 1). A parte rompida do tarugo permaneceu fixa na rocha, enquanto o olhal partido permaneceu fixo ao cabo (Figura 4a). Isso permitiu uma clara observação de duas trincas iniciais: uma na parte superior e outra na parte inferior do plano de carga do olhal.

O mecanismo dessa fratura sugere um início simétrico das trincas no plano de flexão devido à fadiga, evidenciado pela zona de oxidação com desgaste por atrito. Mais profundamente, no plano longitudinal, pode-se observar que a falha do material foi dúctil³ à medida que se tornou incapaz de suportar a carga solicitada. Por fim, no centro, a região transversal com um tom diferente de cinza representa a zona da fratura final catastrófica (Figura 4b).

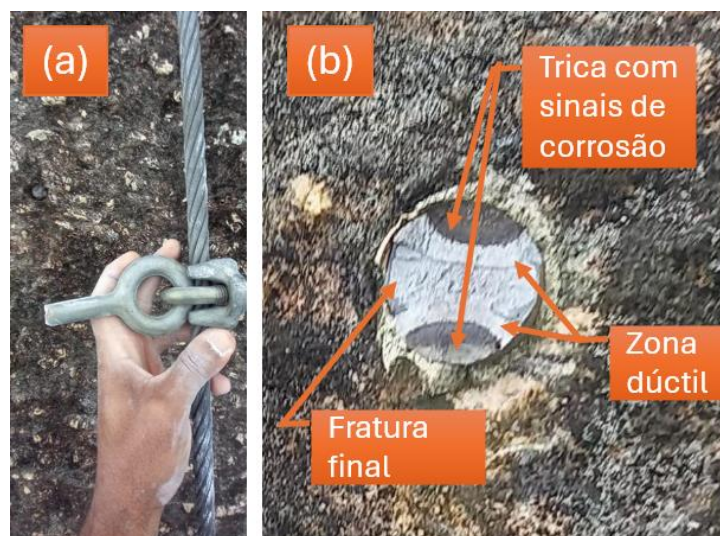


Figura 4 - (a) estado da ancoragem após falha. (b) detalhe da fratura.

5. INVESTIGAÇÃO PARA DETECÇÃO DE TRINCAS EM OUTRAS ANCORAGENS

Para uma análise do alcance da falha, foi escolhida uma ancoragem similar na via para testes de detecção de trincas. Realizou-se no dia 11/05/2024 um ensaio de líquido penetrante, uma técnica não destrutiva usada para detectar trincas superficiais em materiais metálicos (Figura 6). Este ensaio é particularmente útil para identificar falhas ainda em estágios iniciais e que não são visíveis a olho nu.

O resultado do ensaio⁴ foi negativo, indicando que, naquele momento, não havia trincas presentes na ancoragem testada. No entanto, isso não garante que trincas não possam se formar no futuro, especialmente se as condições de carregamento e estresse permanecerem as mesmas.

³ Dúctil refere-se à capacidade de um material de sofrer deformação sem se romper, sendo especialmente importante em contextos de ancoragem e fixação para garantir resistência e durabilidade.

⁴ Apenas para referência, o ensaio de LP foi realizado com base em procedimento qualificado por inspetor N3 pelo SNQC, conforme a norma Petrobras N-1596J.



Figura 6 - Etapa final de revelação do ensaio de líquido penetrante em ancoragem similar.

6. ANÁLISE COM USO DE ELEMENTOS FINITOS

Dando seguimento à investigação da falha, foi conduzida uma análise por elementos finitos (Finite Element Analysis - FEA), uma técnica computacional usada para prever a resposta de um objeto a forças, vibrações, calor e outros efeitos físicos. No contexto do CEPI, essa aplicação - mesmo que simplificada - de FEA possibilitou avaliar se o olhal estava sendo submetido um carregamento acima dos limites previstos para a aplicação.

Detalhes do olhal: Olhal de Suspensão Longo 5/8", material declarado pelo fabricante: SAE 1020 forjado.

<https://qualityfix.com.br/wp-content/uploads/2020/01/quality-fix-olhal-de-suspensao-longo-tipo-parafuso.pdf>

Situação avaliada: No trecho vertical, com o olhal projetado cerca de 50 mm para fora do plano da rocha, um escalador de 80 kg, com os pés firmemente apoiados na rocha, aplica uma força dinâmica para subir no cabo, equivalente ao seu próprio peso somado à carga estática. Estimamos uma força de 1,6 kN na ponta do olhal, paralela ao plano da rocha. Outros carregamentos, como a tensão no cabo quando o escalador está entre duas ancoragens e puxa o cabo para fora do plano da rocha, são possíveis, mas não foram analisados por simplicidade.

Resultado: Esse carregamento prevê tensões no tarugo em balanço da ordem de 380 MPa (Mega Pascal), acima do limite de escoamento do material (tipicamente entre 300-350 MPa), visto em cor vermelha na Figura 7. Isso suporta a hipótese de falha por fadiga.

- Movimento do olhal pelo modelo: > 1 mm
- Tensões pelo modelo: próximas ao limite esperado para o escoamento do material.

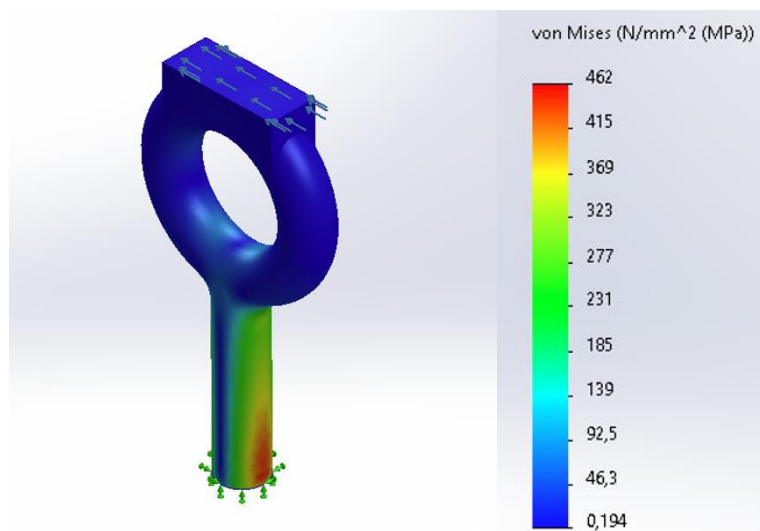


Figura 7 - Imagem do resultado da análise, na cor vermelha, o ponto de concentração de tensão no tarugo em balanço rente a rocha.

7. PROPOSTA PARA A SOLUÇÃO PARA O PONTO DA FALHA

A proposta para solucionar a falha pontual visa equilibrar o menor impacto de reformas, mantendo o uso do olhal atual, porém com uma nova instalação aplicando o completo embutimento do tarugo. Agora com a inserção do tarugo, e até parte do olhal (Figura 8), elimina-se o efeito de alavanca sobre o tarugo (tarugo em balanço). Além disso, essa abordagem permite manter a homogeneidade dos materiais já utilizados nas demais ancoragens, beneficiando-se do baixo custo associado ao olhal. Esse embutimento do olhal segue um procedimento semelhante ao usado com grampos de titânio.

As análises de FEA da solução implementada indicam que essa técnica aumenta significativamente o fator de segurança, assegurando que a ancoragem suporte efetivamente as cargas aplicadas.

No Conselho Técnico da FEEMERJ, foram discutidas outras soluções, como o uso de ancoragens para trabalho em altura, como a AconPro da Bonier Equipamentos, que exigiriam uma revisão completa na forma de instalação do cabo. Essa alternativa não deve ser descartada para futuras reformas, considerando soluções industriais para linhas verticais de trabalho em altura, porém ressaltando e mantendo o conceito esportivo, além de respeitar o direito ao risco em vias de escalada, como o CEPI.

8. APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO

A reforma foi realizada em 09/07/2024, de forma organizada em único dia, além da nova solução de instalação, a montagem foi reposicionada próximo ao ponto da falha. Em vez de reinstalar uma ancoragem no mesmo ponto, foram implementadas duas novas ancoragens, uma acima e outra abaixo, para dividir a carga do cabo de maneira mais eficaz. Essa nova configuração aproveitou a forma natural da rocha no local, garantindo que o cabo não toque na rocha, mesmo com a distância entre o cabo e a rocha reduzida pela nova forma de instalação.



Figura 8 - À esquerda, a preparação do furo para embutimento. À direita, o olhal instalado. Fotos do dia reforma 09/07/2024.

Aproveitando-se o contexto da reforma, foi realizado um teste de aplicação de zinco a frio, como técnica para prevenção de corrosão (Apêndice 2).

9. EXTENSÃO DA SOLUÇÃO

Igualmente ao ponto melhorado próximo ao local da falha, o trecho horizontal inicial da via foi intermediado para reduzir as cargas cíclicas de fadiga entre o longo trecho entre ancoragem (Figura 9).



Figura 9 - Nova ancoragem no trecho horizontal inicial.

Está planejado atuar preventivamente em outros pontos similares verticais, reformando pontualmente pontos críticos e adicionando ancoragens intermediárias. Essas medidas têm o objetivo de reforçar a segurança, prolongar a vida útil do sistema e mitigar os riscos de fadiga.

APÊNDICE 1 - SOBRE O ADESIVO UTILIZADO



O adesivo químico de injeção utilizado nesta reforma foi o de vinil éster híbrido (epóxi acrilato), fabricado na Alemanha pela Fischer, modelo FIS VL 300T. Esse adesivo é usado com sucesso por outras federações⁵, possui baixo custo quando comparado a outras soluções como o Hilti HT-RE 500 v3 (de cor vermelha) em epóxi puro, pode ser aplicado com dispensador padrão de adesivo bi-componente em cartucho coaxial de 300ml, sendo um dos tipos de adesivo de referência para indústria petroquímica⁶ em área aberta com atmosfera salina e temperaturas de até 120 °C.

As principais vantagens são a maior viscosidade para melhor preenchimento do canal de embutimento, cor e textura similar a rocha e rápido tempo de cura, permitindo a remontagem de cabo no mesmo dia da aplicação do adesivo.

É importante destacar que o tempo de manuseio (tempo antes do início da cura) deste adesivo mostrou-se consideravelmente curto para o planejamento de utilizar o mesmo bico misturador nos furos preparados anteriormente, o que dificultou a instalação da segunda ancoragens, de cima para baixo, durante a reforma do trecho vertical.

Esse problema foi agravado pela baixa vazão de adesivo fornecida pelo aplicador utilizado, resultando no início do processo de cura (endurecimento) do adesivo no fundo do furo antes da completa inserção do olhal. Isso impediu o escoamento adequado do adesivo no fundo do furo pelo espaço entre o tarugo e o diâmetro do furo. O tarugo foi instalado conforme esperado, por movimentos de giro e empurrão, contudo, o tarugo ficou perfeitamente embutido como previsto, porém não parte do olhal. Embora uma manutenção corretiva seja viável neste ponto, decidiu-se que a configuração atual é satisfatória.

Como conclusão: a solução utilizando adesivo de vinil éster híbrido, como o FIS VL (ou da mesma linha modelo V ou V Plus), aliada ao baixo custo dos bicos misturadores necessários para ter tempo de instalar uma ancoragem por vez, demonstrou ser viável e eficaz, especialmente devido ao rápido tempo de cura que oferece essa solução.

APÊNDICE 2 - PRESERVAÇÃO CONTRA CORROSÃO

Para recuperar a proteção de zinco inicialmente aplicada em fábrica, um teste com aplicação de zinco a frio foi realizado com sucesso. Foram empregadas etapas de limpeza, descontaminação e aplicação de spray de zinco. A primeira ancoragem da via foi escolhida como ponto piloto e será a organizada a aplicação em toda a via.

Um procedimento completo em forma de prática recomenda será publico pela federação.



Figura 10 - Reposição de zinco a frio.

⁵ <https://www.thebmc.co.uk/media/files/Gear/TCN1802%20Anchor%20testing%20seacliffs.pdf>

⁶ PHAM, H. Q.; MARKS, M. J. Epoxy Resins. Em: **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**. [s.l.] John Wiley & Sons, Ltd, 2005.