

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÃO TÉCNICA PÓS-DESASTRE

Barra do Corda, MA

REALIZAÇÃO

**DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL
DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA**

2024

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Inácio Melo

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Julio Cesar Lana

Execução

Jean Ricardo da Silva do Nascimento

Francisco Rubens de Sousa

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÃO TÉCNICA

PÓS-DESASTRE

Barra do Corda - MA

AUTORES

Jean Ricardo da Silva do Nascimento

Francisco Rubens de Sousa



Teresina

2024

APRESENTAÇÃO

As ações promovidas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial (DEGET) e Departamento de recursos Hídricos (DEHID), envolvem a coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico voltados à conservação ambiental, ordenamento territorial e prevenção de desastres e hidrologia básica.

Neste contexto, Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) tem papel fundamental na condução de estudos, projetos e programas, cujo foco principal é produzir instrumentos técnicos capazes de subsidiar os gestores públicos na formulação, aprimoramento e execução de políticas direcionadas à mitigação dos danos causados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, quedas de blocos de rocha, erosões, inundações, dentre outros.

As atividades desenvolvidas pelo DEHID/DEGET e pela DIGEAP incluem, ainda, ações de fomento à disseminação do conhecimento geocientífico, por meio da promoção de cursos de capacitação voltados aos agentes públicos e à sociedade em geral.

Assim, com esse espírito de inovação e com a responsabilidade de fomentar a ocupação segura e sustentável do território, o SGB-CPRM espera que as informações contidas no presente relatório possam ser empregadas em prol do bem-estar da sociedade brasileira.

Inácio Melo
Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho
Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de uma avaliação técnica realizada no município de Barra do Corda-MA, entre os dias 09 e 10 de maio de 2024, em decorrência de do rompimento por processos erosivos de uma avenida na cidade de Barra do Corda-MA. Os resultados mostram que um grave processo erosivo, provocado por um possível problema no projeto estrutural aliado com a falta de manutenção das estruturas, danificou severamente parte da Avenida Pedro Neiva de Santana, causando sérios danos a sociedade do município de Barra do Corda.

Palavras-chave: risco geológico; prevenção de desastres; ordenamento territorial.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	1
3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO	1
4. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	2
5. CARACTERIZAÇÃO DO EVENTO	3
6. ASPECTOS HIDROLÓGICOS E CONSTRUTIVOS.....	4
7. RESULTADOS	11
8. CONCLUSÕES	12

1. INTRODUÇÃO

Em Atendimento à solicitação da prefeitura de Barra do Corda, feita por meio de uma solicitação direta à Presidência da CPRM, o Serviço Geológico do Brasil, apresenta neste trabalho os resultados da vistoria técnica realizada, entre os dias 09 e 11 de maio de 2024.

Os levantamentos de campo foram realizados pelos profissionais listados no quadro 1.

Quadro 1 - Profissionais que participaram dos levantamentos de campo.

Nome	Cargo ou função	Instituição
Jean Ricardo da Silva do Nascimento	Chefe da REDE/ Hidrologo	Serviço Geológico do Brasil (SGB)
Francisco Rubens de Sousa	AST-DGM-RETE/ Geólogo	Serviço Geológico do Brasil (SGB)

2. OBJETIVOS

Este estudo objetiva:

- Registrar e caracterizar as áreas habitadas indicadas pelo prefeito municipal de Barra do Corda-MA que foram recentemente afetadas por movimentos de massa, enchentes, inundações ou enxurradas;
- Subsidiar os administradores e órgãos públicos na tomada de decisões voltadas à prevenção, mitigação e resposta a desastres provocados;
- Contribuir com a definição de critérios para disponibilização de recursos públicos destinados ao financiamento de intervenções nas áreas afetadas por eventos geológicos adversos;
- Apontar para meios de se solucionar o problema, apoiados nas análises de engenharia.

3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO

Este trabalho pode ser utilizado para:

- Subsidiar o poder público na seleção das áreas prioritárias a serem contempladas por ações destinadas à prevenção dos desastres;
- Contribuir para a elaboração de projetos de intervenção estrutural em áreas de risco;
- Embasar a elaboração de planos de contingência;
- Auxiliar a construção de sistemas de monitoramento e alerta de desastres;
- Direcionar as ações da Defesa Civil;
- Fomentar ações de fiscalização com objetivo de inibir o avanço da ocupação nas áreas de risco mapeadas e em terrenos com condições topográficas e geológicas similares.

Este trabalho não deve ser aplicada para:

- Qualquer aplicação incompatível com a escala cartográfica de elaboração (1:1.000-1:2.000);
- Substituir análises de estabilidade de taludes e encostas;
- Substituir projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais em áreas de risco;
- Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;

- Substituir estudos censitários específicos para indicar o número e a característica socioeconômica dos habitantes das áreas de risco;
- Indicar quando ocorrerão eventos adversos nas áreas de risco;
- Determinar a energia, alcance e trajetória de movimentos de massa, enxurradas e inundações.

É importante ressaltar que os resultados expostos no presente relatório representam as condições observadas no momento da visita de campo, as quais podem se alterar ao longo do tempo. Além disso, cabe enfatizar que este estudo não constitui um mapeamento das áreas de risco geológico existentes no município, mas sim uma caracterização das áreas recentemente afetadas por eventos adversos de natureza geológica, conforme indicações feitas pela Prefeitura Municipal. Desta forma, não se descarta a possibilidade de existirem no município outras áreas de risco geológico não incluídas neste trabalho.

4. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O município de Barra do Corda está inserido nos domínios da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Na área do município, o Grupo Balsas está representado pela formação Sambaíba (T12s), Triássico; o Grupo Mearim, pela formação Mosquito (J1βm), Jurássico; o Cretáceo, pelas formações Sardinha (K1βs), Grajaú (K1g), Codó (K1c) e Itapecuru (K12it).

A Formação Grajaú (K1g) foi inicialmente usada para designar arenitos amarelos friáveis e Carneiro (1974) sugeriu contemporaneidade deposicional entre as formações Codó e Grajaú.

A Formação Corda é constituída essencialmente de arenitos esbranquiçados a amarelos pálidos, finos a conglomeráticos, predominantemente limpos, friáveis, com estratificação cruzada acanalada e também silicificados. Intercalam-se nos arenitos raras camadas de argilitos vermelhos, arroxeados, marrons e amarelos pálidos, parcialmente silicificados e/ ou ferruginosos e é de origem flúvio-deltática e afossilífera.

No local do rompimento a avenida possui uma pavimentação asfáltica que acompanha um morro, constituído essencialmente de arenitos finos com matriz argilosa, de coloração amarelada e as vezes esbranquiçados gerando um solo também friável. Intercalações de camadas de argilitos cinza claro foram observadas, são friáveis, devido principalmente ao seu baixo grau de compactação (Foto 1).

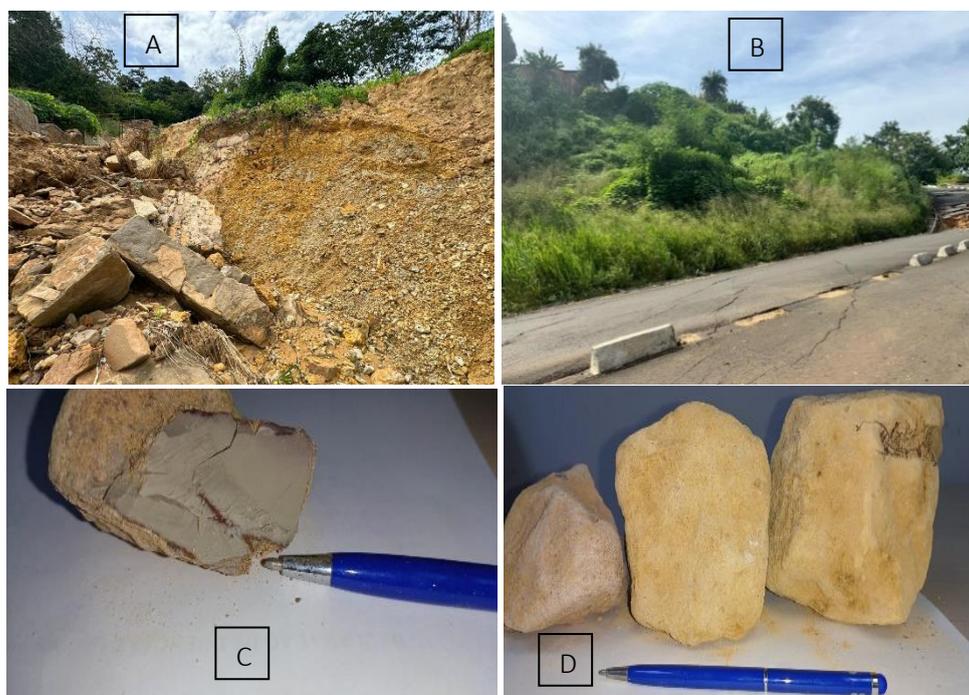


Foto 1 – A e B, aspectos do relevo em áreas de rompimentos; C e D aspectos do argilito e arenito, respectivamente.

5. CARACTERIZAÇÃO DO EVENTO

Os principais problemas observados e que devem ter concorrido para o rompimento da rodovia estão relacionados às características do terreno, Foto 2, camada de solo espessa e solo friável, e as intervenções estruturais para canalização das linhas de água por sob a rodovia que foram muito mal dimensionadas (veja largura do leito da linha de água e a dimensão das galerias muito inferior) não sendo suficiente para dar vazão ao volume de água que chegou até este ponto, Foto 3. Com baixa capacidade de vazão, o represamento a montante da rodovia encharcou o terreno gerando instabilidade nas camadas de leito, subleito, base e sub-base o que contribuiu para um estado de umidade elevada do terreno que, nota-se, também foi mal compactado.



Foto 2 – Espessura solo em relação ao pavimento asfáltico.



Foto 3 – Galeria pluvial subdimensionada.

Nota-se que antes do local de rompimento o leito da rodovia encontrava-se com muitas rachaduras e afundamento, indicativos de movimentação das camadas em estado intermediário entre os estados plásticos e líquidos, Foto 4. As estruturas externas das galerias apresentam fissuras indicativas de construção inadequada para este tipo de terreno.

Observa-se uma perfeita inadequação entre o dimensionamento das galerias instaladas sob a rodovia e o volume de água da região, pois se trata de uma área de floresta, com vale encaixado. Deve-se optar por uma relação adequada quando ao dimensionamento das galerias e o volume de água para evitar estrangulamento da linha de água por sob o leito da rodovia.

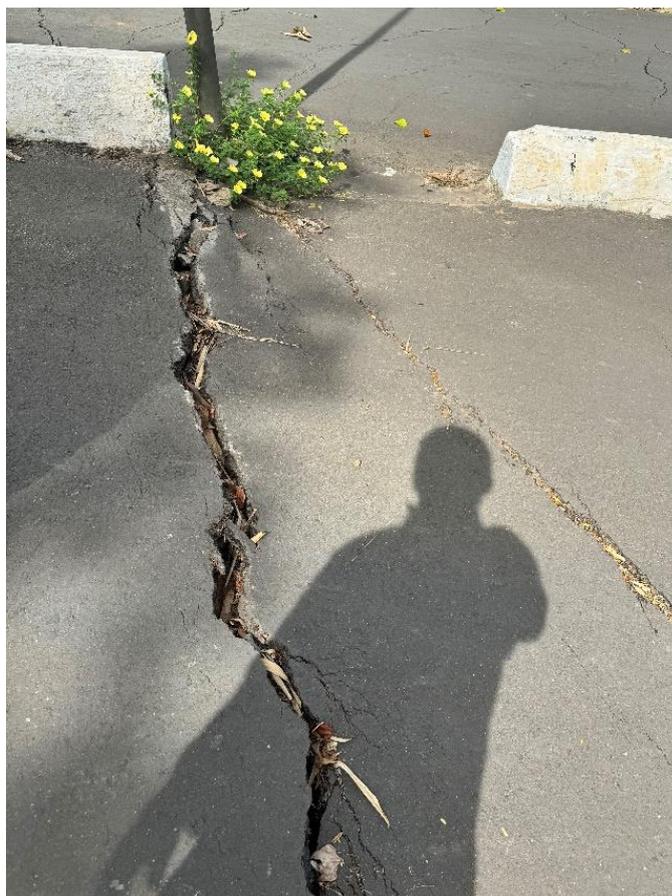


Foto 4 – Rachaduras com indicativa de movimentação do solo.

6. ASPECTOS HIDROLÓGICOS E CONSTRUTIVOS

O ponto crítico e objeto de estudo deste trabalho consiste em trecho da Avenida Pedro Neiva de Santana de aproximadamente 150 metros de extensão, altura média de 25 metros acima do nível do rio Corda, e sobre uma encosta com um ângulo médio de inclinação aproximado de inclinação de 60°. Este trecho passou recentemente por um stress hídrico em virtude das fortes chuvas que assolaram o município de Barra do Corda – MA nos meses iniciais do ano de 2024. Isso fez com que esse trecho ora citado, fosse destruído, engolido por um forte processo erosão conforme Imagem 1 e Foto 5.



Imagem 1 - Vista aérea da seção 1 de ruptura da estrada.



Foto 5 - Vista aérea da seção 2 de ruptura da estrada.

Dentre os fatores primordiais que justificam solucionar este problema em caráter de urgência, é possível enfatizar:

a) O risco à integridade física e às vidas humanas que ali residem ou mesmo trafegam, assim como a proteção de seus bens materiais;

b) O avanço da erosão sobre o talude e sobre a Avenida Pedro Neiva de Santana, comprometendo a estabilidade dos mesmos ao longo do tempo;

c) Os pontuais transtornos à mobilidade urbana quando da ocorrência de movimentos desta massa de solo, sendo a via um meio de ligação importante dentro do município, e mais ainda por tratar-se de um trecho inserido no perímetro urbano.

Conforme abordado inicialmente, todo o caso ocorreu durante período de intensa precipitação, onde se observou na investigação in loco:

1 – A água encontrou condições favoráveis para penetrar nas camadas abaixo da pavimentação asfáltica, pois o material que compõe a base não seria o mais indicado para esse tipo de obra, além da má compactação desse material, o que favoreceu a abertura de fissuras no pavimento, conforme pode ser observado nas Fotos 5 e 6.



Foto 6 - Má compactação da base e fissuras no pavimento asfáltico.

2 - Desmoronamentos das paredes laterais no canal de drenagem superior à via, fazendo com que a vazão a montante da citada via passasse a escoar, também, por fora do canal.



Foto 7 - Desgastes nas paredes do canal de drenagem superior.

3 - O incremento de vazão que correu por fora do canal de drenagem somado com a vazão que fluiu pelo pavimento asfáltico à montante, de regime de escoamento laminar, supostamente passou a resultar num regime de escoamento turbulento nesse ponto exortório (Foto 8), e que provavelmente deu condições suficiente para desencadear rapidamente o processo de colapso da via (Imagem 2).



Foto 8 - Entrada de água por sobre a via sem passar pelos dispositivos de drenagem.

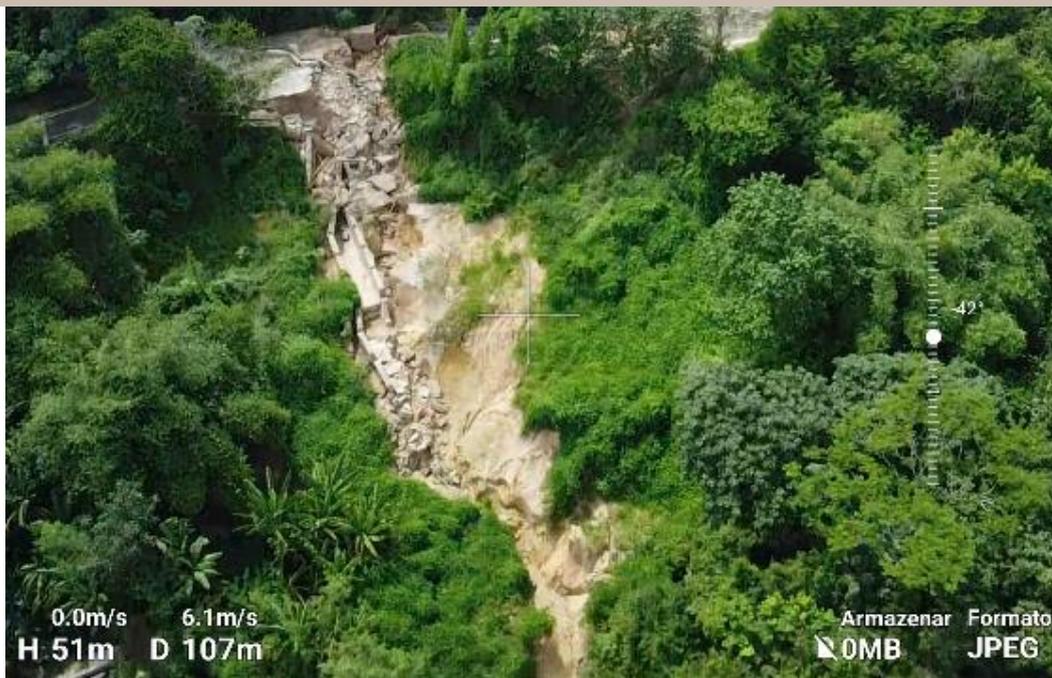


Imagem 2 - Entrada de água por sobre a via sem passar pelo dispositivos de drenagem.

4 – Observou-se que provavelmente os deslizamentos ocorreram devido a falta de manutenção adequada das obras de drenagem (Foto 7) e, talvez, de um subdimensionamento das passagens de água por sob Avenida Pedro Neiva de Santana nos pontos de colapsos, conforme Imagem 3.



Imagem 3 - Manutenção precária do trecho afetado (Google Earth 2024).

6 – Tipo de solo nessa região é um tipo de friável quando exposto à umidade, ou seja, um solo que quando comprimido tende a se romper devido às forças de coesão (atração entre partículas de mesma natureza) e adesão (atração entre partículas diferentes) serem praticamente iguais Foto 9.



Foto 9 - Solo na condição friável extremamente saturado.

7 – Materiais construtivos inadequados para o tipo de obra em encosta de morro, haja visto os esforços que atuam tanto por forças das águas, quanto pela natureza da obra (Foto 10).



Foto 10 - Materiais inadequados e ferragens oxidadas por exposição ao ar.



Foto 11 - Ponto crítico decorrente de processo erosivo acelerado.

8 – Os processos erosivos em encostas são comuns em ambientes de formação geológica argilosa ou arenosas desprovidos de cobertura vegetal. As encostas urbanas são as feições que ocupam grande porção da superfície terrestre. No caso da área em apreço, foco deste relatório, as encostas foram modificadas, pela apropriação sem um planejamento e projetos adequados, levando a retirada da cobertura vegetal original, e realização de cortes nos taludes para construção da Avenida, acarretando em modificação morfológica na dinâmica anterior ali existente, originando alguns deslizamentos de pequeno porte conforme observado (Foto 12).



Foto 12 - Deslizamentos de pequenos portes.

Etapas necessárias para reconstrução dos trechos da avenida que foram danificados

1 – Remoção de todos os destroços para se ter acesso às camadas inferiores ao pavimento asfáltico. Isso ajudará, inclusive, na observação de pontos potencialmente susceptíveis a colapsos futuros;

2 – Refazer a topografia do local a fim de se traçar os offsets e greide da avenida;

3 – Elaboração do projeto geométrico, contemplando-se pavimentação e drenagens;

4 – Terraplenagem com material adequado nos trechos afetados e com compactação desse material condizente com a situação de inclinação da rampa elevada;

5 – Manutenção do canal de drenagem que fica à montante da seção transversal da avenida, bem como a drenagem do talvegue por meio de bueiros. Provavelmente o indicado seria o bueiro celular em concreto armado de 3,00 x 3,00m, complementando-se com muro de arrimo ou gabião com maior resistência à montante;

6 – Construção e reconstrução da drenagem superficial tais como meio-fio, entradas e descidas de sarjetas, bem como a construção de valetas de proteção de Corte;

7 – A jusante pode-se fazer o reaproveitamento do material carregado pelas águas para recompor o que foi deixado descoberto e erodido, tomando-se o cuidado de se preencher todos os vazios a fim de se eliminar “caminhos preferenciais” no escoamento superficial e,

8 – Proteger os taludes da margem esquerda e direita ao canal de drenagem à jusante da avenida com o emprego de solo grampeado (Foto 13).

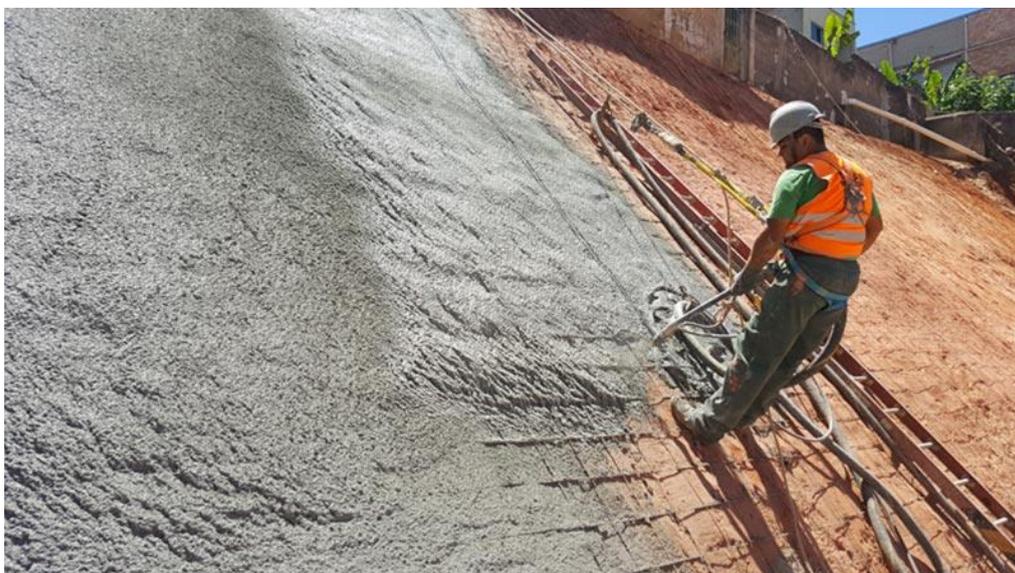


Foto 13: Solo grampeado (<https://jetconrevestimentos.com.br/servicos/solo-grampeado>).

7. RESULTADOS

O resultado obtido foi que, devido um grave processo erosivo, provocado por possíveis falhas no projeto estrutural e falta de manutenção dessas mesmas estruturas, danificou severamente parte da

Avenida Pedro Neiva de Santana, causando sérios danos a sociedade do município de Barra do Corda - MA.

8. CONCLUSÕES

Podemos concluir que ocorreu um significativo processo erosivo que afetou a estabilidade estrutural do pavimento e da infraestrutura subterrânea. As causas prováveis incluem drenagem inadequada e possíveis falhas no projeto estrutural bem como falta de manutenção das estruturas. As soluções imediatas envolvem a limpeza e reparação das áreas danificadas, enquanto as medidas preventivas incluem a estabilização do solo, melhorias na drenagem e revisões no projeto estrutural. O monitoramento contínuo e a manutenção preventiva são essenciais para evitar problemas futuros.



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

