



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
*CAMPUS AÇAILÂNDIA*  
CENTRO DE CIÊNCIA HUMANAS, SOCIAIS, TECNOLÓGICAS E LETRAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

**DENILSON PIMENTEL DOS REIS**

**ESTABILIZAÇÃO E CONTENÇÃO DE VOÇOROCAS** – Um estudo de caso da voçoroca  
localizada no bairro Terra Bela da cidade de Buriticupu-MA

Açailândia-MA

2025

**DENILSON PIMENTEL DOS REIS**

**ESTABILIZAÇÃO E CONTENÇÃO DE VOÇOROCAS** – Um estudo de caso da voçoroca localizada no bairro Terra Bela da cidade de Buriticupu-MA

Artigo apresentado ao Curso Engenharia Civil Bacharelado do Centro de Ciência Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, *campus* Açailândia, como requisito parcial para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Leonardo Telles de Souza Pessoa Filho

Açailândia-MA

2025

R375e

Reis, Denilson Pimentel dos

Estabilização e contenção de voçorocas: um estudo de caso da voçoroca localizada no bairro Terra Bela da cidade de Buriticupu - MA / Denilson Pimentel dos Reis. – Açailândia: UEMASUL, 2025.

26 f. : il.

Artigo (Curso de Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Açailândia, MA, 2025.

Orientador: Prof. Esp. Leonardo Telles de Souza Pessoa Filho.

1. Erosão. 2. Voçorocas. 3. Contenção. I. Título.

CDU 631.4(812.1)

**DENILSON PIMENTEL DOS REIS**

**ESTABILIZAÇÃO E CONTENÇÃO DE VOÇOROCAS** – Um estudo de caso da voçoroca localizada no bairro Terra Bela da cidade de Buriticupu-MA

Artigo apresentado ao Curso Engenharia Civil Bacharelado do Centro de Ciência Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, *campus* Açailândia, como requisito parcial para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Leonardo Telles de Souza Pessoa Filho

Aprovado em 15/07/2025

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Esp. Leonardo Telles de Souza Pessoa Filho (Orientador(a))  
Especialista em Infraestrutura de Transportes e Rodovias.  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão.

---

Profa. Ma. Rachel de Andrade Avelar da Silva  
Mestra em Ciências dos Materiais.  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão.

---

Prof. Me. Leonardo de Sousa Leal  
Mestre em Ensino de Física.  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão.

**ESTABILIZAÇÃO E CONTENÇÃO DE VOÇOROCAS – Um estudo de caso da voçoroca localizada no bairro Terra Bela da cidade de Buriticupu-MA**

***STABILIZATION AND CONTAINMENT OF GULLIES – A case study of the gully located in the Terra Bela neighborhood in the city of Buriticupu-MA.***

**DENILSON PIMENTEL DOS REIS**

- <sup>1</sup> Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Açailândia/ MA, BRASIL. Email: denilsonreis.20190007143@uemasul.edu.br  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8630-4157>
- <sup>2</sup> Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Açailândia/ MA, BRASIL. Email: Leonardo.filho@uemasul.edu.br  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0004-3894-2316>

**Resumo:** O objetivo do presente Artigo é analisar as soluções técnicas e sustentáveis aplicáveis à estabilização e contenção da voçoroca localizada no bairro Terra Bela, na cidade de Buriticupu-MA. A formação dessa voçoroca representa um grave problema ambiental e social, ocasionado principalmente por processos erosivos acelerados, influenciados por fatores naturais e pela ocupação desordenada do solo. Por meio de levantamento de dados in loco, revisão bibliográfica e análise técnica, foram identificadas as principais causas da erosão e avaliadas alternativas de controle baseadas em práticas de engenharia e recuperação ambiental. Os resultados apontam para a viabilidade de soluções como barragens de contenção, revegetação e drenagem controlada, que contribuem significativamente para a mitigação dos impactos ambientais, sociais e econômicos. Além disso, o estudo ressalta a importância da participação comunitária e da atuação do poder público para a efetividade das ações de contenção. A pesquisa contribui com conhecimentos técnicos para projetos de intervenção em áreas degradadas, promovendo a qualidade de vida da população afetada e a preservação do meio ambiente.

**Palavras-chave:** Erosão, Voçorocas, Contenção.

**Abstract:** This article aims to analyze technical and sustainable solutions for the stabilization and containment of the gully located in the Terra Bela neighborhood, in the city of Buriticupu, Maranhão, Brazil. The development of this gully represents a serious environmental and social issue, mainly caused by accelerated erosion processes, influenced by natural factors and unplanned land occupation. Through field surveys, bibliographic review, and technical analysis, the main causes of erosion were identified, and control alternatives were evaluated based on engineering and environmental recovery practices. The results demonstrate the feasibility of solutions such as containment dams, revegetation, and controlled drainage, which significantly contribute to mitigating environmental, social, and economic impacts. Furthermore, the study highlights the importance of community involvement and government action to ensure the effectiveness of containment strategies. This research provides technical support for intervention projects in degraded areas, promoting the safety of affected communities and environmental preservation.

**Keywords:** Erosion, Gullies, Containment.

## 1. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental causada pela formação de voçorocas é um problema significativo que afeta diversas regiões do Brasil, especialmente naquelas com solos vulneráveis, solos que estão sujeitos a processos de degradação como a erosão, e sofrem à ação intensiva das chuvas. Voçorocas ou boçoroca, é a formação de grandes buracos causado por intemperismos, principalmente a chuva, o solo afetado por esse tipo de erosão por sua vez tem uma vegetação precária que não faz mais a proteção que o solo necessita contra as enxurradas, que carregam as partículas do solo. O acontecimento dessa erosão é em áreas com declividade acentuada, com a desproteção do solo a água escoando causando danos no solo, essa desproteção é causada por agricultura inadequada ou atividade humana Crea-rj (2024).

As voçorocas rurais geralmente são causadas pelas chuvas concentradas em locais onde o solo está sem proteção, sem cobertura vegetal, o que é comum em margens de estradas ou caminhos resultantes da compactação do solo provocada pela pecuária. Também podem se formar a partir de valas deixadas por atividades de mineração. Além das ações humanas que favorecem a concentração do escoamento das águas das chuvas, a intensidade das precipitações, influenciada por variações climáticas, também contribui para o avanço das voçorocas Bueno (2023).

No Brasil uma das cidades mais afetadas por processos erosivos é a cidade de Buriticupu, localizada no estado do Maranhão, sofrendo grandes problemas ambientais e socioeconômicos causada pelas voçorocas, são cercas de 26 voçorocas existentes na cidade. Esse tipo de erosão ameaça a qualidade de vida dos moradores e o desenvolvimento sustentável da cidade. Preocupando bastante os moradores e as autoridades locais, que buscam soluções eficazes para a contenção do crescimento das voçorocas, assim de forma a extinguir os impactos causados Carvalho (2024). A formação de voçorocas em Buriticupu está associada a diversos fatores, entre eles, a alta pluviosidade, o tipo de solo predominante, a topografia acidentada e, principalmente, as atividades humanas que alteram a cobertura vegetal e o uso do solo. As práticas agrícolas inadequadas, a urbanização desordenada e a falta de planejamento ambiental contribuem significativamente para a intensificação do processo erosivo Schmidt (2023). Diante disso, a contenção das voçorocas torna-se uma prioridade para evitar a degradação ambiental e promover a recuperação das áreas afetadas.

O objetivo geral é estudar e analisar formas de contenção das voçorocas localizadas em Buriticupu-MA, com um estudo de caso no bairro Terra Bela. O tema do trabalho tem como

justificava a importância da contenção das voçorocas, por meio de métodos que irão controlar as erosões, com o objetivo de promover a recuperação e a conservação ambiental, melhorando a qualidade de vida dos moradores afetados por esses processos erosivos. Nesse estudo de caso foi proposto a análise dos métodos de contenção das voçorocas.

Sendo abordado neste trabalho pontos como revisão bibliográfica sobre processos de erosão e métodos de contenção de voçorocas. Aspectos do solo, tipo de erosão, intervenção realizada na área e avaliar os resultados esperados e obtidos. Espera-se que as informações derivadas deste estudo sejam utilizadas como referência para outras regiões que possuem problemas semelhantes, contribuindo para a divulgação de práticas sustentáveis e conservação do solo.

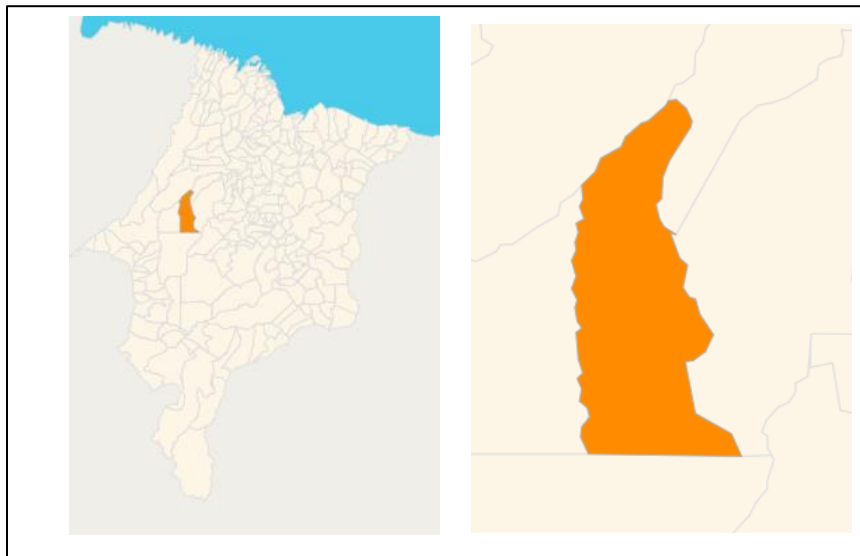
Após a análise feita no estudo de caso no bairro Terra Bela da cidade de Buriticupu-MA, possibilitou identificar práticas eficazes e lições aprendidas que podem ser implementadas em diferentes localidades que sofrem com o mesmo problema do processo erosivo. Por fim, o presente trabalho pretende contribuir com o debate acadêmico e científico sobre a contenção de voçorocas. Tendo como local de estudo o bairro Terra Bela da cidade de Buriticupu do estado do Maranhão, serve como base e exemplo de que a ciência e a tecnologia, aplicadas juntas, são aliadas na mitigação dos problemas ambientais mais complexos, ligando o conhecimento obtido na teoria com a prática.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia adotada neste estudo envolveu etapas qualitativas e quantitativas, conforme descritas a seguir:

### **2.1 Área de estudo**

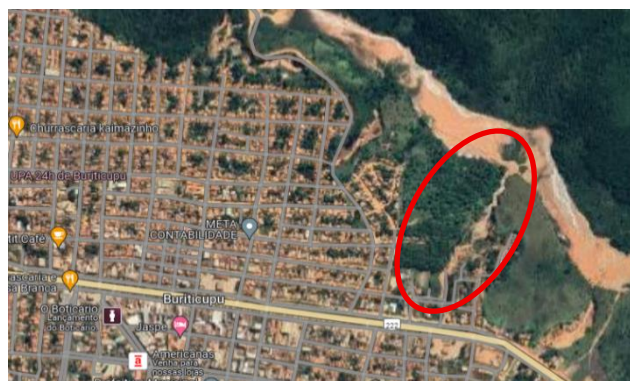
Buriticupu é uma cidade do estado do Maranhão, localizada nas coordenadas com Latitude: 4° 20' 34" Sul, Longitude: 46° 24' 6" Oeste. O município se estende por 2 545,6 km<sup>2</sup>, a uma distância de 395 Km da capital, fazendo parte da mesorregião Oeste Maranhense e da microrregião do Pindaré. O município de Buriticupu faz divisa ao norte com os territórios de Alto Alegre do Pindaré e Bom Jardim; ao sul, com a cidade de Amarante do Maranhão; a leste, com as cidades de Santa Luzia e Bom Jardim; e a oeste, com as cidades de Bom Jardim e Bom Jesus das Selvas.



*Figura 1: Localização do município de Buriticupu-MA*

*Fonte: IBGE (2025)*

O trabalho é voltado para a análise da contenção da voçoroca localizada no bairro Terra Bela, aonde se iniciaram as obras de contenção de uma das voçorocas existente neste local. Este bairro, situado no município de Buriticupu, possui uma área total de 11.553 hectares, em 2017 foram tituladas 239 famílias no bairro, sendo fundada em 02/08/1995.



*Figura 2: Voçoroca no bairro terra Bela*

*Fonte: GOOGLE EARTH (2025)*

## **2.2 Materiais e Métodos**

### **2.2.1 Revisão técnica e bibliográfica**

A etapa inicial da pesquisa constitui na realização da revisão literaria, se baseando em livros, artigos científicos, legislações regentes à recuperação de áreas danificadas e à estabilização de voçorocas e em especial a ABNT NBR 11682:1991 – Estabilidade de Encostas, que estabelece os critérios fundamentais para a análise da estabilidade de encostas naturais e taludes escavados ou construídos em solo ou rocha.. Essa fase foi importante para proporcionar a base teórica necessária para compreender as estratégias aplicáveis ao caso em questão.

### **2.2.2 Levantamento de dados**

O levantamento de campo foi realizado para reunir dados práticos e específicos da região. Essa etapa inclui observações diretas de campo, um mapeamento geográfico do espaço. As informações obtidas permitiram a compreensão dos impactos e das razões pelas quais a voçoroca se formou.

### **2.2.3 Propostas de contenção**

Para este trabalho foram propostas técnicas de contenção de erosão, elaborada com base em boas práticas de engenharia geotécnica, drenagem e recuperação ambiental. As propostas contemplam soluções integradas de estabilização física e biológica, sendo aplicável em áreas urbanas ou rurais com presença de voçorocas em desenvolvimento ou já consolidadas.

O retaludamento é um método de contenção de voçorocas que no seu processo deixa o talude mais compacto, oferecendo uma maior resistência para conter o avanço da erosão. Usado para controle de drenagem, proteção da superfície do solo e estabilização, comumente em solos que já tem um risco de maior erosão. Sendo feitos através de cortes ou aterros, com uso de equipamento mecânicos adequados para o serviço, com o intuito de deter o avanço da erosão. A geometria do talude é alterada nesse processo, pois ocorre o corte da parte superior e o aterro na parte inferior do talude, diminuindo as cargas atuantes na crista do talude e transferindo para base de forma compactada, para que seja mitigada o avanço da erosão Koerner (2024).



*Figura 3: Talude depois do processo de Retaludamento*  
*Fonte: GOOGLE IMAGENS (2025)*

Muro de gabiões são estruturas modulares construídas com malhas metálicas em forma de caixas ou colchões, preenchidas com pedras britadas ou seixos, utilizadas para obras de contenção de encostas, controle de erosão, dissipação de energia da água, entre outras finalidades em obras de engenharia civil e ambiental. Eles são amplamente utilizados por sua flexibilidade, permeabilidade e resistência Tondo (2024).



*Figura 4: Muro de Gabião*  
*Fonte: GOOGLE IMAGENS (2025)*

As obras de drenagem, que tem por finalidade direcionar as águas superficiais, para um destino que não venha a causar mais danos. As vezes somente a drenagem é suficiente para a contenção do avanço da erosão, caso contrário, é utilizada como um método adicional. Deve ser feito um estudo prévio do local para poder dimensionar as obras de drenagem. Depois de dimensionadas e executadas, devem ser feitos a manutenção e vistoria periódica nos sistemas de drenagem, por motivos de ocorrer obstruções nos canais de drenagem com muita frequência, estando associado a maioria dos acidentes de escorregamentos em taludes. Alguns exemplos de obras de drenagem são as canaletas, as escadas hidráulicas e valas de escoamento Maciel, Carvalho e Braga (2022).



*Figura 5: Escada Hidráulica*  
*Fonte: GOOGLE IMAGENS (2025)*

Outra forma de contenção é a revegetação do solo que se torna uma estratégia amigável e eficaz para a proteção contra a erosão do solo, estabilizando a terra, reduzindo o escoamento superficial e prevenindo perdas de terra, trazendo benefícios a longo prazo para as comunidades locais e para o meio ambiente, benefícios como melhoria da estética, do ecossistema e trazendo uma melhor sustentabilidade. A cobertura de vegetação é uma proteção natural do solo, sem ela o solo fica desprotegido contra intemperismo que podem causar erosões, por isso, deve ser feita a manutenção adequada e contínua para que se torne eficaz. A vegetação é um tipo de barreira física, que reduz o impacto tanto da chuva quanto do vento, formando uma camada orgânica na superfície do solo Verdum, Vieira e Caneppele (2016).



*Figura 6: Talude em processo de revegetação*  
*Fonte: GOOGLE IMAGENS (2025)*

### 2.2.4 Análise de viabilidade econômica

Segue abaixo uma tabela de preço unitário, da eficiência e indicação das técnicas de contenção, utilizando referências, do ano de 2025, do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) e EDIF, adaptada por composição e considerando os serviços de retaludamento, muro de gabião, obras de drenagem (escada hidráulica) e revegetação:

*Tabela 1: Tabela de preços unitários dos serviços de contenção*

<b>TABELA UNITÁRIA</b>					
<b>Serviço</b>	<b>Código</b>	<b>Unidade</b>	<b>Preço Unitário (R\$)</b>	<b>Eficiência Técnica</b>	<b>Indicação de Uso</b>
<b>Regularização manual de taludes de cortes e aterros</b>	4413985 (SICRO)	m <sup>2</sup>	28,02	Alta	Reconfiguração de taludes instáveis, primeira etapa da contenção
<b>Corte e aterro compactado</b>	1003002 (EDIF)	m <sup>2</sup>	19,70		
<b>Muro de gabião</b>	92747 (SINAPI)	m <sup>3</sup>	698,16	Muito alta	Áreas críticas com fluxo de água ou risco à base do talude
<b>Revegetação de taludes</b>	105522 (SINAPI)	m <sup>2</sup>	9,05	Média no curto prazo, alta no médio/longo prazo	Recuperação ecológica, estabilização superficial dos taludes
<b>Escada Hidráulica</b>	103925 (SINAPI)	m <sup>3</sup>	1891,81	Muito Alta	Taludes inclinados onde a água desce com velocidade; evita erosão com degraus

*Fonte: SINAPI, SICRO e EDIF (2025)*

Os serviços de Regularização manual de taludes e cortes e aterros e o serviço de Corte e aterro compactado, são serviços que compõem o processo de retaludamento. O uso integrado das técnicas de contenção representa uma abordagem sinérgica e altamente eficaz no controle e estabilização de voçorocas. Quando aplicadas de forma conjunta e planejada, essas técnicas se

complementam, unindo características estruturais, hidráulicas e ambientais, promovendo tanto a contenção física da erosão quanto a recuperação ecológica da área degradada Verdum, Vieira e Caneppele (2016).

O retaludamento costuma ser a primeira etapa do processo, pois consiste na remodelação do terreno instável, suavizando a inclinação das encostas laterais da voçoroca. Essa ação é fundamental para eliminar cortes verticais e taludes com ângulos além do limite de estabilidade, reduzindo o risco de novos deslizamentos. No entanto, por si só, o retaludamento não impede o avanço da erosão caso não sejam tratadas as águas pluviais que escoam na superfície Koerner (2024).

É nesse ponto que entra a atuação do muro de gabião, que pode ser utilizado na base da voçoroca para conter o avanço da frente erosiva e dissipar a energia da água, funcionando como uma barreira física e drenante. Os gabiões são especialmente úteis onde há concentração de fluxo hídrico, como no fundo do canal ou na entrada de água da voçoroca, evitando o aprofundamento do sulco e protegendo a estrutura do talude remodelado Tondo (2024).

A água da chuva que escoam superficialmente ou infiltra-se no solo tende a provocar a desagregação das partículas, favorecendo a erosão laminar e, com o tempo, a formação de sulcos e voçorocas. Além disso, em taludes inclinados, o acúmulo de água pode causar aumento de peso próprio e diminuição da resistência ao cisalhamento do solo, condições que favorecem rupturas. As obras de drenagem superficial, como canaletas trapezoidais, sarjetas, calhas e escadas hidráulicas, têm como objetivo captar e conduzir adequadamente o escoamento pluvial, impedindo que ele atinja diretamente o talude Cavalcante (2017).

Após feito o retaludamento, as obras de drenagem e a contenção física com gabiões, a revegetação é aplicada como uma solução de médio e longo prazo para restaurar a estabilidade superficial do solo. Espécies vegetais nativas, capins e pequenos arbustos são empregados na formação de uma camada de vegetação que atua na proteção do solo contra a ação direta das chuvas, contribui para o aumento da infiltração hídrica e diminui de maneira expressiva o escoamento superficial. A revegetação também contribui para a retenção de partículas do solo, além de restaurar o equilíbrio ecológico da área, promovendo benefícios ambientais importantes como sombreamento, biodiversidade e melhoria do microclima Melo, Medeiros e Alves (2014).

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Estudo de caso

A cidade de Buriticupu, localizada no oeste do Maranhão, enfrenta uma grave crise ambiental provocada pelo avanço de voçorocas de grandes proporções. De acordo com o Mpmma (2025) o fenômeno, que aumentou nos últimos anos, levou ao surgimento de mais de 23 voçorocas ativas, algumas com profundidade superior a 70 metros e extensão que ultrapassa os 800 metros. A situação se agravou especialmente durante o período chuvoso de 2023, quando o prefeito decretou estado de calamidade pública, após o avanço de uma das voçorocas em mais de 50 metros em poucos dias, ameaçando bairros inteiros. De acordo com levantamentos da Defesa Civil e do Serviço Geológico do Brasil (SGB), cerca de 1.200 pessoas estão em risco direto, e mais de 250 residências já foram afetadas ou condenadas devido à instabilidade do solo.



*Figura 7: Voçoroca do bairro Terra bela*

*Fonte: Autor (2025).*

Segundo publicação do G1 Maranhão (2025) a situação levou o Ministério Público do Estado a acionar a Justiça, que determinou a adoção de medidas emergenciais, como sinalização das áreas de risco, concessão de aluguel social para as famílias em perigo e apresentação de um plano, em até 120 dias, para a contenção. A prefeitura também articula junto ao governo federal a liberação de recursos da ordem de R\$ 32 milhões para obras estruturais, além dos valores já recebidos em anos anteriores. A erosão segue ativa, exigindo intervenções urgentes para evitar maiores tragédias e perdas humanas e materiais.



*Figura 8: Talude da Voçoroca*

*Fonte: Autor (2025).*



*Figura 9: Talude que sofreu processo erosivo após intensas chuvas*

*Fonte: Autor (2025).*

Segundo o Mpma (2025) devido às intensas chuvas ocorridas na cidade de Buriticupu e em toda a região durante o ano de 2025, as obras de contenção de voçorocas foram temporariamente paralisadas. A suspensão das atividades foi motivada pelos riscos à integridade física dos trabalhadores e pela inviabilidade técnica de execução dos serviços em condições climáticas adversas. Até o momento, não há previsão oficial para o reinício das intervenções, em decorrência das fortes precipitações, houve avanço significativo das voçorocas, o que resultou na

destruição parcial das estruturas de contenção já executadas na voçoroca localizada no bairro Terra Bela, agravando ainda mais a situação de instabilidade na área.

### 3.2 Contenção da Voçoroca

A ABNT NBR 11682:1991 – Estabilidade de Encostas orienta sobre medidas de estabilização e prevenção, como o retaludamento (redução da inclinação do talude), a implantação de sistemas de drenagem superficial e subterrânea, o uso de revegetação para proteção contra a erosão, e a construção de estruturas de contenção, como muros de arrimo, cortinas atirantadas, solo grampeado, entre outros. Essas medidas devem ser dimensionadas e justificadas tecnicamente com base nos estudos geotécnicos e nas análises de estabilidade, assegurando a viabilidade e a segurança da intervenção.

O primeiro processo de contenção da voçoroca a ser feita é o retaludamento, após esse processo o talude passa por uma transformação significativa em termos de estabilidade, geometria e funcionalidade. Pode-se perceber essa transformação na figura 10 abaixo, aonde na parte superior do talude, vemos que o solo está mais estável e compactado e com vegetação, já na parte da base do talude, devido as forte chuvas, houve uma formação de sulcos.



*Figura 10: Talude após processo de Retaludamento*

*Fonte: Autor (2025).*

Essa técnica consiste basicamente em reconfigurar a inclinação do terreno, reduzindo seu ângulo original para uma forma mais suave e estável Koerner (2024). A mudança visa

minimizar as tensões internas no solo, aumentar a área de contato com a base e permitir a implantação de medidas complementares de contenção, como drenagem e revegetação.

A revegetação é aplicada geralmente após o retaludamento do terreno, com o novo perfil do solo torna-se possível a aplicação de técnicas como hidrossemeadura, enleivamento com sementes e biomantas, ou até o plantio direto de espécies gramíneas, leguminosas e arbustivas nativas, que possuam sistemas radiculares profundos e densos. Essas plantas atuam na retenção das partículas do solo, impedem a formação de sulcos e contribuem com a recuperação do ecossistema local Richter e Soares (2022). Neste caso as vegetação utilizada foram de especies gramíneas, como mostrada nas figuras abaixo.



*Figura 11: Revegetação do talude*

*Fonte: Autor (2025).*



*Figura 12: Revegetação do talude*

*Fonte: Autor (2025).*

A escada hidráulica é uma estrutura fundamental no sistema de drenagem de voçorocas, especialmente em regiões com forte declividade e grande volume de escoamento superficial. Sua principal função é conduzir a água da chuva de forma controlada ao longo do talude ou da encosta, vencendo desníveis por meio de patamares sucessivos, o que reduz a velocidade e a energia do fluxo, evitando a erosão progressiva do solo Maciel, Carvalho e Braga (2022). Nas figuras abaixo mostram a escada hidráulica construída no talude para o escoamento da água.



*Figura 13: Escada hidráulica*

*Fonte: Autor (2025).*



*Figura 14: Escada hidráulica*

*Fonte: Autor (2025).*

Na contenção de voçorocas, os gabiões são normalmente empregados na base dos taludes, onde a ação da água é mais intensa e há maior risco de deslizamento e escorregamento do solo. A grande vantagem dessa estrutura é sua flexibilidade diferente dos muros de concreto, os gabiões se adaptam a deformações do terreno sem romper, o que é essencial em áreas sujeitas a recalques ou saturação do solo. Eles também são permeáveis, permitindo a passagem controlada da água, o que reduz significativamente a pressão hidrostática que acontece atrás da estrutura é uma das principais causas de falhas em contenções rígidas Arames (2024).. Nesta caso os gabiões não foram utilizados, mas segue como proposta para melhorar a eficiência da contenção da voçoroca.

As obras de contenção encontram-se atualmente paralisadas em decorrência das intensas chuvas que atingem a região. No entanto, as intervenções executadas até o momento demonstraram eficiência parcial na contenção do avanço da voçoroca, contribuindo para a redução da preocupação dos moradores das áreas adjacentes. Essa voçoroca, situada no bairro Terra Bela, é a única com acesso facilitado, o que possibilita a realização de vistorias técnicas e o monitoramento constante. Em contrapartida, as demais voçorocas identificadas no município encontram-se em áreas de difícil acesso, com condições que tornam extremamente limitadas ou inviáveis a realização de inspeções detalhadas e o registro fotográfico para fins de documentação técnica e acompanhamento.



*Figura 15: Voçoroca do bairro Terra Bela*

*Fonte: Autor (2025).*

Com a execução das intervenções de contenção já realizadas, foi possível observar uma melhora significativa na estabilidade da área diretamente afetada pela voçoroca, sobretudo no trecho localizado no bairro Terra Bela. A desaceleração do processo erosivo nessa região demonstra a efetividade das medidas adotadas, mesmo diante das limitações impostas pelas condições climáticas adversas. A resposta favorável do terreno e a estabilização parcial já transmitem uma sensação ampliada de segurança à população residente nas proximidades, além de demonstrar a eficácia técnica das medidas adotadas, como o retaludamento dos taludes, a implantação de sistemas de drenagem, a cobertura vegetal e a utilização de estruturas em gabião.

### **3.3 Estimativa de orçamento para os serviços de contenção**

A área estimada da voçoroca localizada no bairro Terra Bela é de 21.433,04 m<sup>2</sup>, com um comprimento aproximado de 479,99 metros, largura com uma media aproximada de 82,87 metros, profundidade média de 60 metros. Com base nesses dados obtidos por meio de análise espacial no Google Earth, torna-se possível a elaboração de um orçamento preliminar, com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica dos serviços necessários para a contenção e estabilização da área degradada. Segue abaixo a tabela orçamentária.

*Tabela 2: Estimativa de orçamento dos serviços a serem feitos na voçoroca*

<b>Serviços</b>	<b>Und.</b>	<b>Quant.</b>	<b>Custo Unit. (R\$)</b>	<b>Fonte</b>	<b>Código</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
<b>Regularização manual de taludes de cortes e aterros</b>	m <sup>2</sup>	21,433,04 m <sup>2</sup>	28,02	SICRO	4413985 (SICRO)	600.553,79
<b>Corte e aterro compactado</b>	m <sup>2</sup>	21,433,04 m <sup>2</sup>	19,70	EDIF	1003002 (EDIF)	422.230,89
<b>Muro de gabião</b>	m <sup>3</sup>	200 m <sup>3</sup>	698,16	SINAPI	92747 (SINAPI)	139.632,00
<b>Revegetação de taludes</b>	m <sup>2</sup>	21,433,04 m <sup>2</sup>	9,05	SINAPI	105522 (SINAPI)	193.969,02
<b>Escada Hidráulica</b>	m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	1891,81	SINAPI	103925 (SINAPI)	56.754,30
					<b>TOTAL</b>	<b>1.413.111,00</b>

*Fonte: Autor (2025)*

Para a estimativa orçamentária apresentada, foi utilizada a área total da voçoroca, obtida por meio de análise espacial no Google Earth. Essa área serviu como base de cálculo para os serviços de regularização manual de taludes de cortes e aterros, corte e aterro compactado e revegetação de taludes, cujos custos foram estimados multiplicando-se os valores unitários pelos respectivos quantitativos de área. O muro de gabião foi dimensionado preliminarmente com medidas de 10 m de comprimento, 10 m de altura e 2 m de largura, considerando-se que sua aplicação se dará apenas em áreas críticas da base da voçoroca, e não ao longo de toda a comprimento do talude. Ressalta-se que esse dimensionamento é apenas uma estimativa inicial, sendo necessário um estudo técnico mais aprofundado para definição precisa de suas dimensões e posicionamento. Em relação às escadas hidráulicas, foi considerado um modelo com 1 m de largura, 0,50 m de altura por degrau e 60 m de comprimento, abrangendo verticalmente a totalidade

do talude. Para esta estimativa, foi considerada a implantação de apenas uma escada, no entanto, para garantir maior eficiência no escoamento superficial e controle de erosão, recomenda-se a instalação de múltiplas estruturas, a serem definidas conforme estudo hidráulico detalhado da bacia de contribuição.

Pode-se perceber que a etapa de retaludamento é a mais cara, pois é uma operação robusta devido ao corte e aterros do solo, necessitando de maquinários pesados, mas em contrapartida é um serviço que vai garantir a estabilidade do talude e com a combinação e execução bem feita de todos os serviços citados a voçoroca será contida e estabilizada, garantindo assim a segurança dos habitantes da região e a valorização da área.

#### **4. Considerações finais**

Essa combinação de técnicas permite a criação de um sistema integrado de contenção, no qual o retaludamento prepara e estabiliza o terreno, os gabiões oferecem resistência estrutural nos pontos críticos, as obras de drenagem permite o escoamento da água evitando que atinja diretamente o talude e a revegetação assegura a proteção superficial contínua. Do ponto de vista técnico e econômico, essa estratégia integrada é altamente vantajosa, pois distribui os custos entre soluções imediatas e de longo prazo, evitando desperdícios e reduzindo a necessidade de manutenções constantes. Além disso, estudos de caso demonstram que intervenções que utilizam essas três técnicas em conjunto apresentam maior durabilidade, menor risco de reativação da erosão e melhores resultados ambientais, principalmente quando acompanhadas de um bom plano de drenagem.

Em resumo, a aplicação integrada das estratégias de contenção não só potencializa a eficácia de cada método isoladamente, como também proporciona uma alternativa mais resistente, ambientalmente adequada e com melhor custo-benefício para a estabilização de voçorocas. Essa abordagem integrada é amplamente recomendada por especialistas em engenharia geotécnica, ambiental e hidráulica, sobretudo em áreas urbanas ou rurais onde a ocupação humana e a conservação ambiental coexistem.

Espera-se que, com a conclusão integral das obras, esta intervenção se consolide como um modelo de referência para o tratamento de outras voçorocas do município, inclusive daquelas localizadas em áreas de difícil acesso. A replicação das técnicas e metodologias adotadas poderá não apenas mitigar o avanço da erosão em diferentes pontos da cidade, mas também promover a recuperação ambiental, a valorização do solo e o uso sustentável do território. Além disso, a conclusão do processo de contenção contribuirá diretamente para a preservação da infraestrutura urbana, a proteção da vida humana e a melhoria das condições socioambientais locais, fortalecendo a capacidade de resiliência da cidade frente aos riscos geotécnicos.

## **Agradecimentos**

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança durante toda essa jornada acadêmica.

Aos meus pais e familiares, principalmente minha madrinha/mãe Esmeralda de Brito Pimentel, por todo o apoio, incentivo e amor incondicional, fundamentais para a concretização desta etapa da minha vida.

Ao meu orientador(a), Leonardo Telles de Souza Pessoa Filho, pela orientação, paciência, disponibilidade e valiosas contribuições técnicas e acadêmicas ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do curso, pela dedicação e pelos conhecimentos transmitidos ao longo da graduação, os quais foram essenciais para a minha formação.

Aos colegas e amigos Diego, Fabíola, Bárbara, Larissa e entre outros que, de alguma forma, contribuíram com palavras de apoio, discussões e troca de experiências durante esse percurso e por todos os momentos de alegria proporcionados durante esse período do curso.

E, por fim, a todos que, direta ou indiretamente, participaram da realização deste trabalho. A cada um, minha sincera gratidão.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682: Estabilidade de encostas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ARAMES, Belgo. Gabiões em escadas de dissipação. **Geotech | Belgo**, 4 de junho de 2024, Disponível em: <<https://geotech.belgo.com.br/blog/gabioes-em-escadas-de-dissipacao/>>. Acesso em: 26 jun. 2025.

BUENO, Alyson Francisco. As boçorocas urbanas e rurais no Brasil. **GeoTextos**. Salvador, v. 19, n. 1, p. 169-187, jul. 2023.

CARVALHO, Catarina. Voçorocas: entenda o fenômeno que está "engolindo" casas no Maranhão. **Terra**, Rio de Janeiro, 14 de maio de 2024. Disponível em: <https://www.terra.com.br/planeta/meio-ambiente/vocorocas-entenda-o-fenomeno-que-estaengolindo-casas-no-maranhao,18bdd9859b5fdd84370c783fb5b0091a8duycenp.html>. Acesso em: 15 jan. 2025.

CAVALCANTI, Mayara Matos. **Estabilização de encostas com proteção superficial e drenagem superficial e profunda**. 2017. Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 53-56. 2017.

CREA-RJ. O que é voçoroca?. **CREA-RJ**. Disponível em: <<https://www.crea-rj.org.br/o-que-e-vocoroca/#:~:text=Uma%20vo%C3%A7oroca%2C%20tamb%C3%A9m%20conhecida%20como,suscet%C3%ADvel%20de%20carregamento%20por%20enxurradas>>. Acesso em: 15 jan. 2025.

G1 MARANHÃO. Voçorocas voltam a engolir casas em Buriticupu, no Maranhão; cidade decretou calamidade pública. **G1**, São Luís, 14 fev. 2025. Seção Maranhão. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2025/02/14/vocorocas-voltam-a-engolir-casas-em-buriticupu-no-maranhao-cidade-decretou-calamidade-publica.ghtml>>. Acesso em: 26 jun. 2025.

KOERNER, Tatiana Thaiza. **Comparativo técnico-econômico de obras de estabilização para taludes rodoviários: estudo de caso da BR-476**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil de Infraestrutura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville, Joinville, 24 jun. 2024.

MACIEL, Jussara Socorro Cury; CARVALHO, Raissa Brasil; BRAGA, Leilane Jovina do Nascimento. Estudo sobre voçorocas e alternativas de contenção em Manaus. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, São Paulo, v. 11, n. esp., p. 145–159, out. 2022.

MELO, Frances Ley de; MEDEIROS, Natália Karla de; ALVES, Leonardo de Lima. Vegetação como instrumento de proteção e recuperação de taludes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 116–124, 2014. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1991>. Acesso em: 21 jun. 2025.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO MARANHÃO (MPMA). Buriticupu – Justiça condena Município a adotar medidas para conter voçorocas. **MPMA**, São Luís, 07 fev. 2025. Seção Notícias. Disponível em: <https://www.mpma.mp.br/buriticupu-justica-condena-municipio-a-adotar-medidas-para-conter-vocorocas/>. Acesso em: 26 jun. 2025.

RICHTER, Leticia Andressa; SOARES, Juliana Ferreira. Recuperação de voçoroca com técnicas de bioengenharia. **XIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Teresina, p. 1–7, nov. 2022.

SCHMIDT, Sarah. Falhas de planejamento urbano, chuvas fortes e solo frágil agravam voçorocas pelo país. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, Maio, ed. 327, p. 44-47, 20 abril 2023.

TONDO, Vinícius Pereira. **Análise paramétrica de muros de gabiões**. 2024. Dissertação de Mestrado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Bragança, p. 75-81. 2024.

VERDUM, Roberto; VIEIRA, Carmem Lucas; CANAPPELE, Jean Carlos Gessi. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo**. Porto Alegre. IGeo/UFGRS, 2016.