



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

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

DIEGO FREITAS DE SOUSA

ANÁLISE DE SISTEMA DE CONTENÇÃO PARA MUROS DE ARRIMO:

Estudo de caso em edifício educacional na cidade de Açailândia, Maranhão.

Açailândia - MA

2025



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

DIEGO FREITAS DE SOUSA

ANÁLISE DE SISTEMA DE CONTENÇÃO PARA MUROS DE ARRIMO:

Estudo de caso em edifício educacional na cidade de Açailândia, Maranhão.

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

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

Coorientador(a): Prof. Esp. Ana Caroline Pereira Nolasco

Açailândia - MA

2025



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

S725a

Sousa, Diego Freitas de

Análise de sistema de contenção para muros de arrimo: estudo de caso em edifício educacional na cidade de Açailândia, Maranhão / Diego Freitas de Sousa. – Açailândia: UEMASUL, 2025.

31 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.

Coorientadora: Profª. Esp. Ana Caroline Pereira Nolasco.

1. Muro de arrimo. 2. Contenção. 3. Engenharia geotécnica. I. Título.

CDU 624.012+625.737



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

DIEGO FREITAS DE SOUSA

ANÁLISE DE SISTEMA DE CONTENÇÃO PARA MUROS DE ARRIMO:

Estudo de caso em edifício educacional na cidade de Açailândia Maranhão.

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 para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

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.

Profª. Ma. Janaína Lima Borges
Mestra em Ciência e Engenharia de Materiais.
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão.

Análise de sistema de contenção para muros de arrimo: Estudo de caso em edifício educacional no município de Açailândia Maranhão.

Analysis of containment system for retaining walls: Case study in an educational building in the municipality of Açailândia, Maranhão.

Diego Freitas de Sousa¹; Leonardo Telles de Souza Pessoa Filho²; Ana Caroline Pereira Nolasco³

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Açailândia/MA, Brasil.
Email: diegosousa.20190008178@uemasul.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6063-9258>

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Açailândia/MA, Brasil.
Email: leonardo.filho@uemasul.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3894-2316>

³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Açailândia/MA, Brasil.
Email: carolnolascoengcivil@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7770-9822>

Resumo: Este artigo apresenta a análise de um sistema de reforço para muro de arrimo em edifício educacional localizado no município de Açailândia/MA. O estudo teve como intuito principal investigar possíveis causas das manifestações patológicas observadas na estrutura construída, avaliando as condições geotécnicas e de drenagem que contribuíram para sua movimentação. A metodologia aplicada envolveu revisão bibliográfica, observação direta, análise documental e entrevistas com profissionais da obra. Verificou-se que as principais causas estavam associadas à deficiência na drenagem e à ausência de estrutura adequada para resistir aos empuxos atuantes. Como solução, foi projetado e executado uma nova estrutura de muro de arrimo, objetivando a contenção em concreto armado, associado a um sistema de drenagem eficiente, assegurando a estabilidade, eficiência e segurança do entorno. Os resultados obtidos confirmaram a relevância de um estudo geotécnico detalhado, do dimensionamento correto e da execução conforme normas técnicas, assegurando a vida e funcionalidade da obra.

Palavras-chave: Muro de arrimo; Contenção; Engenharia Geotécnica.

Abstract: This work presents the analysis of a reinforcement system for a retaining wall in an educational building located in the municipality of Açailândia/MA. The main aim of the study was to investigate possible causes of the pathological manifestations observed in the constructed structure, assessing the geotechnical and drainage conditions that contributed to its movement. The methodology applied involved literature review, direct observation, documentary analysis, and interviews with project professionals. It was found that the main causes were associated with deficiencies in drainage and the absence of an adequate structure to withstand the acting pressures. As a solution, a new retaining wall structure was designed and executed, aimed at containment with reinforced concrete, coupled with an efficient drainage system, ensuring the stability, efficiency, and safety of the surrounding area. The results obtained confirmed the importance of a detailed geotechnical study, proper sizing, and execution according to technical standards, ensuring the durability and functionality of the work.

Keywords: Retaining wall; Containment; Geotechnical engineering.

1. INTRODUÇÃO

A evolução histórica no âmbito de empreitadas civis, trouxe consigo evoluções e tecnologias no que tange o objeto de pesquisa do presente artigo, as construções, dimensionamentos e a construção adequada de muros de arrimo é fundamental para garantir a estabilidade de terrenos e edificações, principalmente em áreas com inclinação ou solos pouco firmes. Este estudo busca de maneira abrangente explicar os conceitos e práticas envolvidos na concepção, projeto e manutenção dessas estruturas. A fundamentação teórica, indispensável para compreender os princípios e métodos aplicados, é explorada em detalhes ao longo deste trabalho. (Queiroz, 2016).

A parte dedicada à base teórica, está estruturada em diferentes seções, cada uma delas direcionada para aspectos fundamentais do assunto. Preliminarmente, são explorados os princípios essenciais da geotecnia que se aplicam às estruturas de contenção, como a análise das pressões exercidas pelo solo e a estabilidade de encostas. Aborda-se também, a influência de variáveis a serem previamente estudadas, para garantir a melhor abordagem e viabilidade e solução para solos incomuns, que possuem circunstâncias ambientais nas escolhas de projeto.

Em seguida, são analisados os sistemas de drenagem, baseado na pesquisa de (Vertematti, 2016), que são indispensáveis para a eficácia e durabilidade dos muros de arrimo, considerando tanto drenagem interna quanto externa.

A classificação e as características das infinitas possibilidades de muros de arrimo, como muros de concreto armado e muros de gravidade, também são analisadas, discutindo-se as vantagens e limitações de cada tipo, bem como suas funções nas práticas.

Importante salientar que, no campo da engenharia civil, é necessário garantir a eficiência das construções dos muros de arrimo e, ainda, é de suma importância analisar as manifestações patológicas frequentes, suas causas, e os métodos de correção e prevenção. O presente artigo, descreve as técnicas e ferramentas usadas no dimensionamento dessas estruturas, incluindo cálculos de estabilidade e utilização de softwares especializados. Além disso, são apresentados tipos de práticas para assegurar a efetividade duradoura das estruturas, bem como a segurança da construção (Fernandes, 2021).

A presente pesquisa, busca examinar as condições geotécnicas e de drenagem que afetaram diretamente no desempenho da construção de estrutura de muro de arrimo, em edifício educacional localizado no município de Açailândia/MA. Durante o estudo, foram

avaliados os padrões e superveniências que diretamente afetaram a construção, acarretando em manifestações patológicas que resultaram na movimentação do muro existente.

Posteriormente a pesquisa *in loco*, do detalhamento minucioso do solo do edifício construído e do sistema de drenagem, infere-se que a solução mais viável e eficaz para que fossem corrigidas as problemáticas encontradas, seria a construção de reforço estrutural, sendo optado pela intervenção de um muro de contenção, objetivando a contenção e sendo feito em concreto armado, que possibilitaria garantir a estrutura estabilidade e segurança para o seu entorno.

2. METODOLOGIA

O presente artigo, foi elaborado através de pesquisa *in loco*, com estudo de caso aliado a revisão bibliográfica, objetivando avaliar aspectos geotécnicos, estruturais e construtivos, utilizados no sistema de contenção com muro de arrimo, sendo utilizado como estudo de caso, um edifício educacional localizado no município de Açailândia/MA.

Os objetivos propostos, possuíram como princípio basilar, pesquisa *in loco*, através de visitas técnicas supervisionadas no edifício educacional, análise de documentação de projetos, além de entrevistas com profissionais especializados e diretamente ligados á obra. Na metodologia supracitada, para garantir a fidedignidade da pesquisa, foi realizado o levantamento dos fundamentos teóricos sobre geotecnia, estabilidade de taludes, além de pesquisa a respeito de manifestações patológicas em estruturas de contenção, que serviram como fundamento para as análises de maneira técnica e consistente.

2.1. Revisão de Literatura

A construção do desenvolvimento metodológico, incluiu a revisão de publicações acadêmicas e técnicas relacionadas ao tema. Foram analisados conteúdos sobre geotecnia, sistemas de drenagem e, dimensionamento em muros de arrimo, bem como as manifestações patológicas que acometem esse tipo de estrutura. As fontes consultadas envolveram plataformas como Google Acadêmico, Scielo, Scopus, além de livros disponíveis na biblioteca virtual Pearson, na biblioteca física da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) e nas normas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2.2. Classificação da Pesquisa

Considerando os objetivos delineados, a presente pesquisa enquadra-se como exploratória e descritiva. O caráter exploratório possibilitou a compreensão aprofundada do problema estudado, auxiliando na formulação de hipóteses e no direcionamento do trabalho.

Com isso, a pesquisa descritiva buscou detalhar informações já disponíveis na literatura e demonstrar, através do estudo de caso *in loco*, as soluções podem ser adotadas na prática. Conforme destacado por (Robaina *et al.* 2021), esse tipo de investigação envolve etapas como observação direta, coleta sistemática de dados e análise imparcial, viabilizando que os resultados possuam potencial para serem utilizados em projetos futuros ou em intervenções similares.

2.3. Coleta de dados

Além disso, o material utilizado na elaboração deste trabalho é classificado como primário, por reunir dados obtidos diretamente em normas, e também como secundário, por englobar a consulta a livros, artigos, monografias, teses e dissertações. O trabalho contou ainda com o acompanhamento diário da execução do muro de contenção e troca de informações diretas com a equipe responsável pela execução, permitindo uma compreensão mais técnica sobre o tema.

2.4 Análise *in loco*

O estudo de caso, foi produzido através de análise *in loco* em um edifício pré moldado de 3 pavimentos localizado na cidade de Açailândia, Maranhão, na qual possui 6.584 m² de área construída, tratando-se de uma obra privada, para o cuidado da imagem da empresa, não será abordado endereço ou imagem do edifício. O critério que levou à escolha deste edifício foi imperiosamente a constatação de existência de manifestações patológicas no muro de arrimo, devido a estrutura apresentar sinais de movimentação, conjuntamente com desprendimento da estrutura do prédio.

A pesquisa qualitativa concentra-se na interpretação de dados que não podem ser expressos numericamente, justamente por abranger aspectos amplos e complexos. Esse método possibilita explorar o tema em diferentes dimensões, permitindo compreender relações subjetivas entre conceitos, situações práticas, teorias e demais elementos que constitui o estudo (Robaina *et al.*, (2021).

Durante a realização deste trabalho, foram feitas visitas técnicas ao local para acompanhar as etapas de construção e entender melhor as condições reais da área, além de ouvir as opiniões e percepções dos profissionais que atuaram na obra. Esse acompanhamento incluiu ainda a análise de relatórios de execução e inspeções no muro de arrimo, visando confirmar a eficácia da solução escolhida para resolver o problema encontrado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a análise das condições geotécnicas e do sistema de drenagem do muro de arrimo no município de Açailândia/MA, foram identificadas correlações significativas com orientações presentes na literatura técnica mais atual. Conforme relatado por (Herrero *et al*, 2024), em estudo aplicado a um muro de contenção gravitacional, “*a drenagem apropriada [...] ajuda a diminuir a pressão da água presente sobre a estrutura*”. Esse achado justifica a escolha de um concreto armado, que permite incorporar drenos e elementos de escoamento com mais eficácia.

Em consonância com a (NBR 16920-1 2021), o projeto contemplou tanto sistemas de drenagem interna, como colchão drenante e drenos verticais, quanto drenagem externa, indispensáveis para reduzir o empuxo hidrostático. Essas diretrizes normativas ressaltam a urgência de escoar eficientemente a água acumulada, alinhando-se perfeitamente à solução adotada para o caso estudado.

Além disso, estudos recentes destacam que muros de alvenaria simples, desprovidos de estrutura adequada, torna a execução do projeto propenso a um maior percentual de falhas quando se está lidando com solos de baixa capacidade para suporte ou elevado teor de umidade. Em contraponto, (Herrero *et al*, 2024), reforça que a escolha do concreto armado assegura rigidez estrutural e resistência a empuxos elevados, refletindo diretamente no desempenho e durabilidade do sistema de contenção.

Portanto, a adoção por um muro de contenção em concreto armado, e reforçado por sistema de drenagem mais eficaz, manifestou-se, assim como aduz às recomendações técnicas e normativas mais recentes, como (NBR 16920). Dessa forma, foi adotada resolução mais adequada, que permitisse a estabilização, segurança e funcionalidade na edificação em Açailândia/MA.

As manifestações patológicas em estruturas de muros de arrimo, comumente têm como principais causas, problemas hidráulicos, como a drenagem inadequada, (o acúmulo de água na parte traseira do muro devido à ausência ou irregularidade de sistemas de drenagem, que pode causar o aumento drásticos das pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas no solo, que acabam empurrando o muro); questões geotécnicas, que incluem solo inadequado, recalques diferenciais e adensamento do solo; e também causas estruturais, como dimensionamento incorreto e fundações mal executadas, entre outras. Com base nas supracitadas considerações, o presente artigo, utilizando-se de estudo de caso *in loco*,

concentra-se em apresentar as características do local onde as patologias ocorreram e analisar os fatores que auxiliaram para a problemática. Além disso, serão exibidas imagens do local e, em seguida, a solução adotada para resolver a situação de forma eficiente.

3.1. Estudo de caso

As principais causas de manifestações patológicas em muros de arrimo que resultam em movimentação e desprendimento da estrutura estão frequentemente ligadas a falhas geotécnicas e hidráulicas. O excesso de carga sobre o aterro, seja por edificações mal dimensionadas, acúmulo indevido de materiais ou movimentação sucessiva de veículos pesados, possui elevado potencial para de superar a capacidade de suportar do solo, ocasionando falhas estruturais (NBR 11682:2009).

É importante salientar que, a presença de água representa um risco significativo, considerando que, sem um sistema de drenagem eficazes, como drenos ou barbacãs, acarreta com rapidez o aumento da pressão hidrostática atrás do muro, diminuindo a resistência ao cisalhamento do solo e acarretando a construção o comprometimento de sua estabilidade. Esse efeito, conhecido como empuxo da água, provoca a saturação do solo, diminuindo sua coesão e atrito interno, o que favorece deslizamentos e possíveis rupturas.

Outro fator que compromete a segurança do muro de arrimo são as erupções superficiais, causadas pelo escoamento desordenado das águas pluviais. Esse processo desgasta tanto a face quanto a fundação do muro, gerando recalques diferenciais que podem acarretar deslocamentos e fissuras na estrutura.

Para evitar tais problemas, é indispensável que todas as fases da construção sejam executadas e acompanhadas por profissionais qualificados, desde o projeto elaborado por um engenheiro até a execução cuidadosa pela equipe de obra. Além disso, o estudo aprofundado do terreno e das condições locais é fundamental para o êxito da construção. Caso surjam manifestações patológicas, é necessário investigar suas causas com profundidade para definir as medidas corretivas adequadas, incluindo, quando necessário, reforços estruturais, sempre considerando os fatores apontados a seguir.

3.1.1. Manifestações patológicas em muros de arrimo

Mesmo com os avanços tecnológicos no campo da construção civil, ainda existem falhas que impactam o desempenho das estruturas. Esses problemas são estudados pela patologia das construções, ramo da Engenharia que identifica as causas, sintomas e efeitos

das deteriorações, buscando compreender sua origem para corrigir os danos de forma eficaz. (Coelho *et al*, 2021)

É essencial analisar tais manifestações patológicas, não apenas para assegurar a qualidade dos processos construtivos, mas também para garantir a segurança e a vida útil das edificações. Investigar detalhadamente a origem de cada falha facilita a escolha das soluções mais adequadas, tanto para correção quanto para prevenção de problemas futuros. (Coelho *et al*, 2021)

Essa abordagem, permite interferências mais precisas e eficientes, assegurando a longevidade das estruturas. É imperioso compreender as diferenças entre patologia e manifestações patológicas, já que esses termos costumam gerar confusão. Patologia das construções refere-se ao estudo das causas e dos mecanismos que provocam problemas em estruturas, enquanto as manifestações patológicas são os danos visíveis, como deteriorações que podem aparecer durante a execução da obra ou ao longo de sua durabilidade. (Marinho e Arruda, 2021)

A durabilidade de uma estrutura está ligada à sua capacidade de manter as propriedades de resistência e funcionalidade previstas em projeto. Essa resistência depende não apenas do dimensionamento, mas também da conexão entre a estrutura, o ambiente em que está inserida e as condições de uso, manutenção e conservação (Novaes e Poznyakov,, 2020). Por isso, conhecer esses fatores é essencial para preservar a integridade e prolongar a durabilidade das construções.

3.1.2. Principais causas de manifestações patológicas em muros de contenção

3.1.2.1. Falhas hidráulicas (drenagem)

Um dos aspectos indispensáveis no projeto e execução de muros de arrimo, é a drenagem, como destaca (Vertematti, 2016). Essas estruturas estão sujeitas ao acúmulo de água, proveniente tanto de chuvas quanto de infiltrações do lençol freático, o que pode elevar a pressão hidrostática atrás do muro e comprometer sua estabilidade, gerando deslizamentos ou rupturas.

Visando minimizar esses riscos, são implantados sistemas de drenagem internos, como tubos perfurados, popularmente chamados de drenos franceses, instalados na base do muro e envoltos por materiais granulares e geotêxteis. Esses elementos em conjunto, têm a função de absorver e encaminhar a água infiltrada para fora, reduzindo a pressão exercida pelo solo saturado. (Vertematti, 2016)

De acordo com (Miguez e Rezende, 2021), a eficácia do sistema de contenção está diretamente relacionada à qualidade do sistema de drenagem, que pode incluir soluções superficiais e internas. No caso de drenagens internas, costuma-se adotar camadas filtrantes compostas por materiais permeáveis, como brita e geotêxteis, posicionadas atrás do muro.

As camadas filtrantes, objetivam deixar que a água, seja de origem pluvial ou subterrânea, seja conduzida adequadamente aos sistemas de drenagem, evitando o acúmulo indesejado e garantindo a segurança da estrutura interna e reduzindo os efeitos adversos do acúmulo de água sobre a estabilidade do muro. Externamente, a drenagem é abordada através de valas escavadas ao longo da face externa do muro, preenchidas com material permeável, que coletam e conduzem a água superficial, impedindo que ela exerça pressão adicional sobre a estrutura. (Fonseca, 2023)

Conforme (Correa E Tanno, 2023), as canaletas são frequentemente instaladas na parte superior do muro para capturar e direcionar a água da chuva longe da estrutura. A combinação de sistemas de drenagem e dispositivos de proteção na superfície do talude, como canaletas transversais, canaletas longitudinais, dissipadores de energia e caixas coletoras, é essencial para o projeto. Manter esses sistemas em bom estado é crucial, o que inclui a limpeza regular de drenos, valas e canaletas para evitar obstruções que possam comprometer a drenagem e a estabilidade dos muros.

Uma implementação cuidadosa e uma manutenção correta são cruciais para garantir a longevidade e segurança das estruturas de contenção em distintos ambientes e condições geotécnicas. (Fonseca, 2023)

3.1.2.2. Falhas geotécnicas

De acordo com (Queiroz, 2016), ao realizar um talude de escavação ou de aterro, deve-se considerar a inclinação que garanta o equilíbrio de forças no interior do maciço com um fator de segurança. Se essa inclinação interferir na ocupação do terreno, tornando necessário um talude quase vertical, é preciso utilizar uma estrutura de contenção.

No projeto e dimensionamento dessas estruturas, é fundamental considerar todas as variáveis que atuam sobre estruturas de contenção, principalmente os empuxos exercidos pelo solo. O empuxo corresponde à força que o terreno aplica sobre construções em contato direto com ele, sendo determinante no dimensionamento de muros de arrimo, cortinas de estacas-pranchas, paredes diafragma e encontros de pontes.

Segundo (Queiroz, 2016), para projetar corretamente esse tipo de estrutura, é necessário analisar não apenas o empuxo de terra, mas também todas as forças que incidem sobre ela e as condições ambientais do local. Para isso, são empregados métodos analíticos

e numéricos, além de ensaios realizados em campo e laboratório, que traz facilidade no direcionamento detalhado do comportamento do solo.

Um fator essencial para garantir a estabilidade e o bom desempenho dessas construções é a análise detalhada do solo onde o muro será edificado. É necessário avaliar tanto o terreno que será contido quanto o solo que servirá de base para a fundação, observando características como a estratigrafia, o peso específico, a coesão, o ângulo de atrito interno, a aderência entre o solo e a estrutura, além da presença de água. De acordo com (Fernandes, 2021), somente com esses dados geotécnicos é possível dimensionar a estrutura de contenção de forma segura. Quando não se realiza um estudo aprofundado do solo antes da construção de obras de contenção, podem surgir graves problemas estruturais, comprometendo não apenas a obra, mas também a segurança de toda a área ao redor.

A falta de informações precisas sobre o comportamento do terreno pode fazer com que o projeto não contemple corretamente os esforços que o muro ou talude irá suportar, favorecendo o surgimento de recalques diferenciais, deslizamentos de terra e em casos graves, o colapso integral das estruturas, podem ocorrer quando não há um estudo geotécnico adequado. (Morais e Silva, 2021) destaca-se que a falta de atenção na investigação do solo pode provocar instabilidades sérias, resultando na falência parcial ou total do sistema de contenção.

Além disso, um estudo deficiente compromete a escolha e implantação de soluções de drenagem eficientes, aumentando o risco de problemas estruturais devido a grande quantidade de água no terreno. (Morais e Silva, 2021)

3.1.3. Tipos de muros de contenção

As soluções aplicadas em muros de arrimo, geralmente se dividem em duas categorias principais: muros de gravidade e muros de concreto armado. Para que consigam suportar as pressões laterais do solo, é necessário que as forças verticais atuantes sejam pelo menos o dobro do empuxo exercido. Esse equilíbrio pode ser obtido tanto pelo peso próprio do muro quanto por parte da carga do solo que atua lateralmente, conforme abordado por (Cruz *et al*, 2022).

3.1.3.1. Muros de gravidade

Os muros de gravidade se mantêm estáveis principalmente devido ao seu peso, sem a necessidade de elementos de ancoragem ou apoio adicional no solo à frente. Costumam ser construídos com materiais pesados, como concreto ciclópico ou alvenaria de pedra. Um exemplo comum é o muro de gabião, composto por caixas de arame galvanizado preenchidas com pedras. Além de serem estruturas flexíveis e com excelente capacidade de drenagem,

apresentam baixo custo, são ambientalmente viáveis e não exigem equipamentos sofisticados para sua execução (Cruz *et al* 2022).

3.1.3.2. Muros de concreto armado

Já os muros de concreto armado aliam o peso da estrutura à resistência oferecida pelas armaduras, possibilitando suportar os esforços de flexão gerados pelas pressões laterais do solo. Essa solução é a mais utilizada em projetos de engenharia devido à sua eficiência estrutural e capacidade de adaptação em diferentes situações (Santos *et al.* (2024).

3.1.3.3. Muros pré-moldados em concreto armado

Os muros pré-moldados de concreto armado são apropriados para locais que exista a problemática de restrição de espaço, pois ocupam menor área em planta. No entanto, apresentam custos mais elevados e limitações quanto à altura, que para garantir a eficácia e segurança da construção, é necessário empregar contrafortes em estruturas acima de 5 metros para garantir a estabilidade. Também podem ser ancorados com chumbadores ou tirantes na base, aumentando sua segurança e eficiência.

Ao escolher o tipo estrutura de muro de arrimo, é crucial considerar tanto o peso do muro quanto a contribuição do solo adjacente. A decisão entre uma estrutura maciça ou elástica dependerá das características específicas do projeto e das necessidades de resistência e estabilidade (Cruz *et al.*, 2022).

3.2. Solução adotada para solucionar o estudo de caso

Na primeira visita para investigar as manifestações patológicas, além do deslocamento do muro de arrimo, foi possível também constatar consequências direta dessa movimentação, o piso apresentava rachaduras significativas como mostradas na Figura 1. Esse tipo de manifestação patológica é típico de estruturas que estão sofrendo movimentações não previstas em projeto, e exige atenção imediata, pois pode evoluir para danos severos.



Figura 1: Mostra o deslocamento do muro em relação ao piso, evidenciado por rachaduras no piso causadas por movimentações estruturais.

Fonte: Autor (2024).

O local apresenta fissuras e sinais de deslocamento, indicando a necessidade de um projeto de recuperação estrutural. Além disso, será fundamental redistribuir as cargas para assegurar a estabilidade da construção.

3.3. Projeto da estrutura de contenção.

O tipo de contenção adotada para fazer o reforço foi o muro de concreto armado, já que ele garante uma estabilidade mais segura que as demais opções, e diante disso foi realizado o projeto demonstra as figuras 2 e 3.

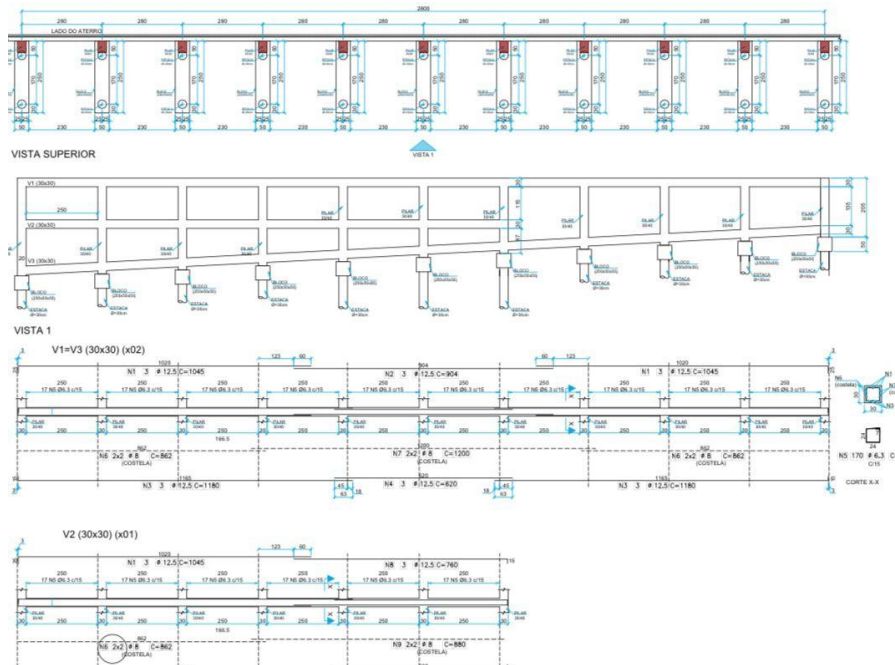


Figura 2: Mostra um detalhamento referente a contenção e reforço estrutural.

Fonte: Autor (2024).

O intuito do projeto é reforçar uma estrutura sendo instaladas estacas, blocos de fundação e pilares, garantindo estabilidade e solucionando a movimentação que o solo vinha sofrendo.

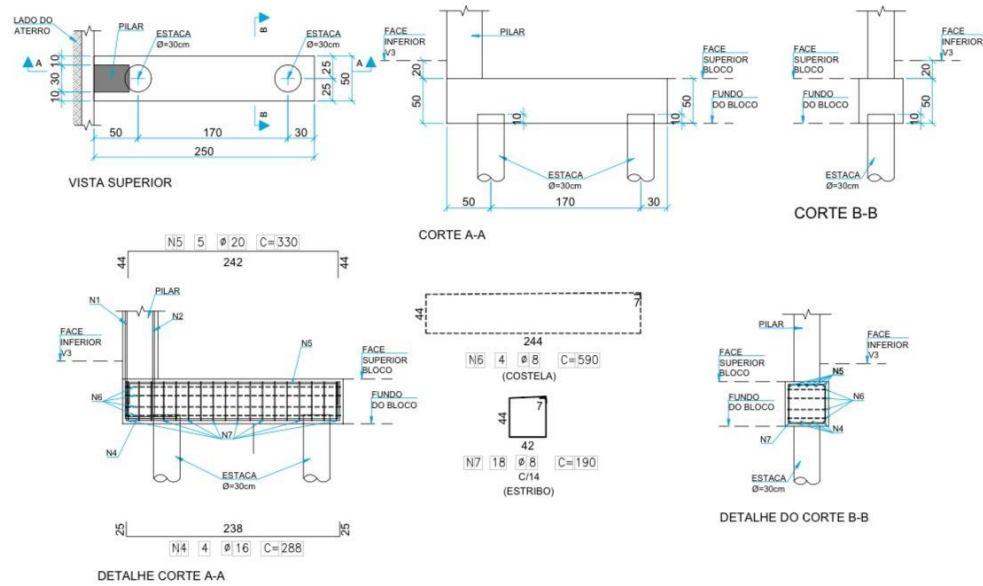


Figura 3: Os detalhes construtivos dos blocos de fundação, estacas e pilares.

Fonte: Autor (2024).

3.4. Do Processo de construção do muro de contenção

A primeira medida preventiva para conter o deslocamento do muro, foi colocar escoras (pode-se notar na figura 4), para que não acontecesse mais movimentações até o projeto está pronto.



Figura 4: A imagem mostra o muro que está sendo escorado com escoras metálicas inclinadas, indicando risco de instabilidade.

Fonte: Autor (2024)



Figura 5: Escavação de valas para execução de fundações.

Fonte: Autor (2024).

Durante a execução das valas destinadas às fundações da estrutura de concreto, foi documentado a implementação das valas através de a escavação, conforme recomenda a (NBR 6118:2023).

A norma destaca que o solo deve estar livre de materiais orgânicos, instáveis ou de baixa resistência, assegurando que a fundação tenha um apoio seguro e adequado ao projeto estrutural.

Na imagem registrada da obra, é possível analisar que as valas seguem o traçado e as dimensões previstas, permitindo a correta posição das armaduras e a futura concretagem. A execução seguiu as boas práticas para evitar riscos durante o trabalho e permitir a inspeção do fundo das valas antes da concretagem, atendendo às exigências da norma e do projeto.



Figura 6: Perfuração do solo com trado mecânico (perfuratriz).

Fonte: Autor (2024)



Figura 7: Perfuração de blocos de fundação da estrutura de contenção

Fonte: Autor (2024)

Na etapa de execução das fundações profundas da obra, optou-se pelo uso do método de hélice contínua monitorada, conforme recomendado pela (NBR 6122:2019), que trata de projetos e execuções de fundações.

Essa técnica utiliza uma perfuratriz para realizar a perfuração do terreno, equipada com uma hélice tubular contínua. Durante o processo, a hélice realiza a escavação enquanto garante a estabilidade das paredes do fuste, funcionando como uma forma provisória e evitando qualquer risco de colapso do solo ao redor. A perfuração ocorreu de forma controlada, esse método é apropriado para locais que exista a imposição de reduzir vibrações e impactos no solo, além de proporcionar maior segurança e qualidade no preenchimento da estaca.

Estacas escavadas com diâmetro $\varnothing = 30$ centímetros, profundidade de 6 metros e blocos de coroamento variando de 200x50x50 centímetros e 250x50x50 centímetros, dependendo da posição. As estacas são dispostas em pares dentro das escavações retangulares como mostra a figura 8.



Figura 8: Bloco de fundação perfurado

Fonte: Autor (2024)

Como mostra no projeto (figura 9), além das escavações das estacas, também foi preciso escavar para que fosse executado os pilares do muro de contenção, com mostra a figura 10, escavação feita de forma manual sendo delimitado as dimensões previstas no projeto.

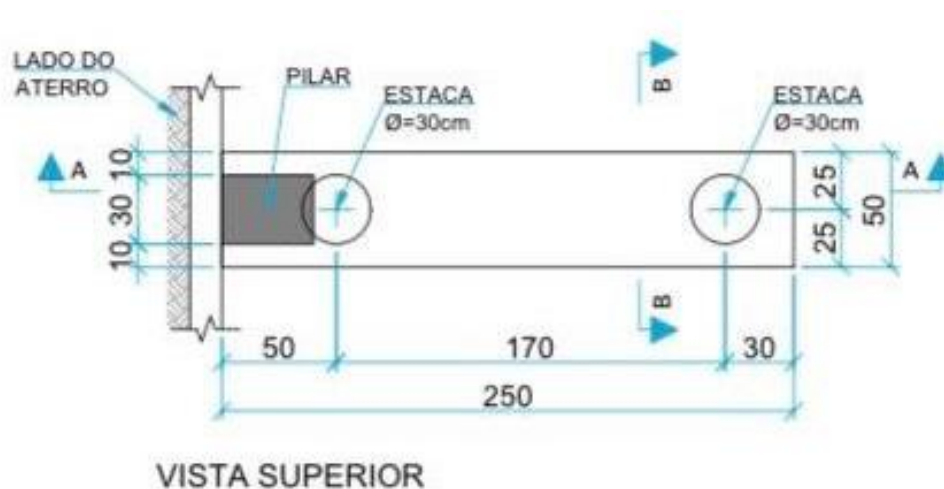


Figura 9: Vista superior para demonstrar a região dos pilares

Fonte: Autor (2024)



Figura 10: Escavação do pilar

Fonte: Autor (2024)

Com os blocos da fundação já escavados, a próxima etapa foi a montagem da estrutura metálica para enchimento dos blocos, como mostra a figura 11 e na figura 12 observa-se o conjunto de armaduras previamente montadas para as estacas escavadas e blocos de fundação, conforme detalhado no projeto.



Figura 11: Montagem das armaduras

Fonte: Autor (2024)



Figura 12: Armaduras montadas

Fonte: Autor (2024)

As armaduras das estacas e blocos de fundação foram montadas em aço CA-50, conforme o projeto e atendendo à (NBR 6118:2023). As peças foram preparadas com o devido cuidado para manter o alinhamento, o espaçamento e o cobrimento mínimo de 3 cm, necessário para assegurar a vida útil da estrutura em ambiente de solo instável.

O conjunto de estribos e barras longitudinais seguiu as dimensões e posicionamento indicados nos cortes do projeto.

Antes da concretagem, foi realizada a conferência das armações no local, checando o travamento das barras, o espaço dos estribos e o uso dos distanciadores. Essa verificação buscou garantir que as armaduras estivessem firmes e na posição correta conforme apresentado na figura 13, para evitar deslocamentos durante a concretagem como mostra a figura 14, assegurando a qualidade final da fundação e logo após, conforme as figuras 15 e 16, as armaduras de pilares e vigas estavam sendo instaladas.



Figura 13: Armadura colocada no bloco escavado

Fonte: Autor (2024)



Figura 14: Concretagem do bloco escavado

Fonte: Autor (2024)



Figura 15: Armaduras de pilares e vigas.

Fonte: Autor (2024)



Figura 16: Armadura de pilares e vigas.

Fonte: Autor (2024)

Na Figura 17, observa-se o processo de montagem das fôrmas de madeira e metálicas que serão utilizadas na concretagem de vigas e pilares da estrutura. Nesse momento, as fôrmas estão sendo posicionadas e escoradas adequadamente para assegurar a estabilidade e o alinhamento corretos antes da concretagem. No ambiente da obra, a equipe utiliza todos os equipamentos de proteção individual, como capacetes e luvas, garantindo a proteção no canteiro de obras. Na parte superior já estão posicionadas as armaduras das vigas

e pilares, preparadas conforme o projeto estrutural. Essas armações são fundamentais para a resistência e estabilidade da estrutura depois do concreto lançado, conforme orientações da (NBR 6118:2023).



Figura 17: Montagem das formas de madeiras para a concretagem

Fonte: Autor (2024)

Conforme foi visto na figura 1, o piso atrás do muro sofreu diversas manifestações patológicas em decorrência da movimentação do muro, e com a movimentação, enfraqueceu o piso, para solucionar esse problema, foi feito escavações como se ver na figura 18 e 19, para que também houvesse um reforço no solo e sanar essas manifestações patológicas.



Figura 18: Escavação para reforço do solo.

Fonte: Autor (2024).



Figura 19: Escavação para reforço do solo.

Fonte: Autor (2024).

Como é possível ver na figura 20, depois do reforço realizado no solo, foi executado um novo piso em cima do solo compactado e reforçado.



Figura 20: Piso e solo reforçado atrás do muro de contenção.

Fonte: Autor (2024).

Após a conclusão da estrutura de contenção, foi respeitado um período de cura de 28 dias antes da remoção das caixas de forma utilizadas na concretagem. Essa prática seguiu

as recomendações das normas (NBR 6118:2023) e (NBR 14931:2004), com o objetivo de assegurar o desenvolvimento adequado da resistência do concreto, garantindo eficiência e sendo fator decisivo para a estabilidade da edificação.

Embora o tempo mínimo para cura úmida, em condições normais, seja de 7 dias, optou-se por prolongar esse intervalo como uma medida preventiva, considerando as particularidades da obra e a importância de preservar a integridade do concreto antes da desforma. Conforme ilustrado nas figuras 21 e 22, o muro de contenção foi finalizado com sucesso, solucionando o problema apresentado.



Figura 21: Muro após 31 dias após a concretagem

Fonte: Autor (2024)



Figura 22: Obra finalizada.

Fonte: Autor (2024)

A intervenção realizada no muro de arrimo utilizou uma estrutura de contenção em concreto armado, que solucionou todas as manifestações patológicas identificadas. Além de

devolver a estabilidade à edificação, a execução atendeu aos critérios de desempenho exigidos pelas normas técnicas, garantindo a segurança e a integridade do edifício.

A obra foi conduzida com base nas boas práticas da engenharia civil, garantindo um resultado eficaz e duradouro para o local.

4. CONCLUSÃO

A execução deste trabalho possibilitou uma compreensão prática e sólida sobre a importância de integrar o estudo geotécnico ao dimensionamento, conjuntamente ao estrutural correto e ao planejamento eficiente do sistema de drenagem em muros de arrimo.

A análise do caso em questão evidenciou que os deslocamentos observados no muro estavam relacionados, principalmente, à ausência de um sistema de drenagem eficaz e à insuficiente capacidade do solo para suportar as cargas. Esses aspectos, quando desconsiderados, colocam em risco não apenas a estabilidade do muro, mas também a segurança geral da construção.

A opção adotada, que foi a construção de um muro de contenção em concreto armado junto a um sistema de drenagem adequado, demonstrou estar de acordo com as recomendações da literatura técnica e com as normas atuais, proporcionando maior rigidez, resistência e vida útil à estrutura. Vale ressaltar que cada etapa do projeto foi realizada seguindo as boas práticas de engenharia e atendendo rigorosamente às normas brasileiras, garantindo assim um resultado seguro e eficiente.

Dessa forma, pode-se afirmar que a elaboração cuidadosa do projeto, combinada com uma execução bem supervisionada por profissionais qualificados, é fundamental para evitar problemas patológicos em muros de arrimo, manter a estabilidade do terreno e prolongar a vida útil das edificações.

Este estudo salienta ainda a relevância do papel do engenheiro civil na avaliação detalhada das condições do solo, no planejamento correto do sistema de drenagem e no dimensionamento preciso das estruturas de contenção, sempre com foco na segurança e funcionalidade das obras.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, que esteve comigo em cada passo dessa jornada. Foi Ele quem me deu forças nos momentos de incerteza e dificuldade, trazendo serenidade para enfrentar os desafios e fé para acreditar que tudo se resolveria. Sou grato pela saúde, pela proteção e pela luz que guiou meu caminho ao longo dessa trajetória.

Sou imensamente grato à minha família, que foi o meu porto seguro. Mesmo sabendo das dificuldades que esse processo poderia trazer, nunca deixou de me apoiar. A paciência, o carinho e o incentivo de cada um foram cruciais para que eu pudesse me dedicar e seguir firme. A vocês, que acreditaram no meu potencial mesmo quando eu mesmo duvidava, meu muito obrigado por serem meu alicerce inabalável.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão ao corpo docente da UEMASUL, que proporcionou o ambiente e o conhecimento necessários para o meu desenvolvimento acadêmico. Em especial, agradeço ao professor Leonardo Telles e à professora Ana Caroline Nolasco, pela atenção, pela paciência e pelo suporte imprescindível durante toda a construção deste trabalho. O comprometimento e a dedicação de vocês foram decisivos para que eu pudesse superar obstáculos e alcançar este momento tão importante.

Agradeço também à banca examinadora, que gentilmente avaliou este estudo, trazendo contribuições valiosas que certamente enriqueceram o trabalho e me fizeram refletir sobre aspectos importantes para meu aprendizado e crescimento profissional.

Também sou muito grato aos meus colegas de curso, que estiveram comigo durante toda essa jornada. A troca de experiências, os momentos de descontração, as conversas e até as dificuldades enfrentadas juntos tornaram essa jornada muito mais leve e especial. Foi um privilégio crescer ao lado de pessoas tão dedicadas e inspiradoras.

Por último, quero agradecer de coração a todos que, de alguma maneira, fizeram parte dessa fase da minha vida. Cada palavra de encorajamento, cada demonstração de apoio e cada instante dedicado a me auxiliar foram fundamentais para que eu pudesse alcançar este momento.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2023** — Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122:2019** — Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 11682:2009** – Estabilidade de Taludes. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931:2004** — Execução de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16920-1:2021**. Muros e taludes em solos reforçados – Parte 1: solos reforçados. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16920-2:2021**. Muros e taludes em solos reforçados – Parte 2: solos grampeados. Rio de Janeiro, 2021.
- COELHO, Daniela Paraguassú, *et al.* **Estudo de Patologias em Estruturas de Contenção**. Brazilian Journal of Development , v. 7, n. 11, 2021.
- CORDEIRO, Eric Auday; CAMILO, João Victor. **"Manifestações Patológicas da Construção Civil: Causas, Prevenção e Tratamento"**. *Revista Unisaes*, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2023.
- CORREA, S. G.; TANNO, V. *Estruturas de Contenção: Muro de Arrimo*. 2023.
- CRUZ, R. B. C. et al. **Método para análise do risco em estruturas de arrimo em concreto armado**. *Engenharia Civil UM*, Guimarães, n. 57, p. 36-49, 2022.
- FERNANDES, Manuel de Matos. *Mecânica dos Solos: Introdução à Engenharia Geotécnica*. 3. ed. Porto: U.Porto Press, 2021.
- FONSECA, Lucas Magalhães de Castro da. *Sistemas de contenção e drenagem para obras de taludes: processo executivo de um trecho na BR 116*. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2023.
- GENÁRIO, Danila da Conceição Furtado, *et al.* **Estrutura de contenção: muro de arrimo por flexão para estabilização de encostas em Muriaé-mg**. *Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico* v. 5, nº 85. 2019.
- HERRERO, G. A. et al. **Muro de arrimo e drenagem: uma abordagem prática em engenharia civil**. *Revista DELOS*, Curitiba, v.17, n.61, nov. 2024.
- MARINHO, Jefferson Luiz Alves; ARRUDA, Francisco Carvalho de. *Manifestações Patológicas e Reabilitação de Estruturas*. São Paulo: ITHALA, 2021.
- MIGUEZ, Marcelo; REZENDE, Osvaldo; et al. *Drenagem Urbana: Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade*. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

MORAIS, Paulo Henrique da Silva; SILVA, André Luiz de Souza e. *Estudo de estabilidade de muros de contenção: análise de casos com diferentes características de solo*. Brasília: UnB, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/41021>. Acesso em: 20 jun. 2025.

NOVAES, M. M Isabella; POZNYAKOV, Karolina. Patologias em Estruturas de Concreto Armado. **Revista Boletim do Gerenciamento**. v. 22, n. 22, 2020.

QUEIROZ, Rudney C. **Geologia e geotecnia básica**: para engenharia civil. Editora Blücher Ltda, 2016.

ROBAINA, J. V. L. *et al.* **Fundamentos teóricos e metodológicos da pesquisa em educação em ciências**. Curitiba: Bagai, 2021.

SANTOS, Fábio José dos, *et al.* Estudo de manifestações patológicas em estruturas de concreto no município de Carlos Chagas: estudo de caso. **Revista observatório de la economia latinoamericana**, v. 22, n. 2, 2024.

VERTEMATTI, José Carlos (coord.). **Manual brasileiro de geossintéticos**. Editora Blücher Ltda, 2016.