

Estudo de Patologias em Estruturas de Contenção

Study of Pathologies in Containment Structures

DOI:10.34117/bjdv7n11-527

Recebimento dos originais: 12/10/2021

Aceitação para publicação: 29/11/2021

Daniela Paraguassú Coelho

Graduanda em Engenharia Civil

Centro Universitário Redentor

BR 356, n° 25, Cidade Nova, Itaperuna, RJ. CEP 28300-000

E-mail: dani26paraguassu@hotmail.com

Débora Paraguassú Coelho

Graduanda em Engenharia Civil

Centro Universitário Redentor

BR 356, n° 25, Cidade Nova, Itaperuna, RJ. CEP 28300-000

E-mail: deboraparaguassu@hotmail.com

Franklim Gualberto Barbosa

Graduanda em Engenharia Civil

Centro Universitário Redentor

BR 356, n° 25, Cidade Nova, Itaperuna, RJ. CEP 28300-000

E-mail: franklimgualberto@outlook.com

Rômulo Rodrigues Coelho Delfino Souza

Especialista em Engenharia de Estruturas

Centro Universitário Redentor

BR 356, n° 25, Cidade Nova, Itaperuna, RJ. CEP 28300-000

E-mail: engenheiroromulocoelho@gmail.com

Muriel Batista de Oliveira

Doutora em Educação

Rua Antônio Lisboa Sader Garcia, 51, Cidade Nova, Itaperuna, RJ. CEP 28300-000

E-mail: muriel1078@gmail.com

RESUMO

Com o passar do tempo o homem deixou de ser nômade, estabelecendo moradias fixas, o que levou a necessidade do desenvolvimento de técnicas construtivas que aliadas a materiais diversos fossem capazes de resistir às intempéries fornecendo abrigo. A maior parte das comunidades, no Brasil, se fixaram próximas a corpos hídricos em áreas baixas, contudo, a necessidade de expansão devido ao crescimento populacional fez com que as áreas mais altas fossem habitadas. Atendendo as necessidades inerentes a expansão habitacional, foi necessário, como ainda é, realizar cortes em elevações para a realização de vias e residências. Os maciços de solo cortados apresentam necessidade de algum tipo de proteção, pois são menos estáveis e resistentes, principalmente na presença de água. A utilização de muros de arrimo é a forma utilizada para contenção dos maciços, oferecendo segurança aos usuários das áreas próximas aos taludes, bem como

possibilitando obras de engenharia. Como toda obra de engenharia, os muros de contenção são passíveis de falhas, apresentando patologias, que não tratadas, podem levar ao desastre. O trabalho busca reunir o conceito dos muros de contenção, apontando suas principais deficiências e possíveis métodos para reverter problemas, apresentando o método geral de dimensionamento para essas estruturas, juntamente com análise sintetizada em quadros explicativos.

Palavras-chave: Estruturas de contenção, Muro de Arrimo, patologia

ABSTRACT

Over time, the man stopped being a nomad, establishing fixed dwellings, which led to the need to develop construction techniques that combined with different materials suitable to resist the weather resulting from shelter. Most communities in Brazil settled close to water bodies in low-lying areas, however, the need for expansion due to population growth meant that higher areas became inhabited. Given the needs inherent to housing expansion, it was necessary, as it still is, to cut elevations to build roads and residences. Cut soil blocks need some kind of protection, as they are less stable and resistant, especially in the presence of water. The use of retaining walls is the way used to contain massifs, offering safety to users in areas close to the slopes, as well as enabling engineering works. Like any engineering work, retaining walls are prone to failure, untreated technologies can lead to disaster. The work seeks to bring together the concept of retaining walls, fulfill its main deficiencies and possible methods to reverse problems, this general design method for these structures, together with the analysis summarized in explanatory tables.

Keywords: Containment Structures, Retaining Wall, Pathology

1 INTRODUÇÃO

Como inferência da grande expansão territorial e conseqüentemente a ocupação de encostas para construção não apenas de residências com alto risco de colapso, mas também de malhas viárias desastrosas, o Brasil noticia recorrentemente grandes acidentes decorrentes de deslizamentos de encostas. Em vista disso, fica evidente que o panorama atual traz à tona a necessidade de obras que sejam eficazes na contenção dos maciços de terra, para que se torne possível a construção de uma malha viária mais eficiente e moradias mais seguras.

Como resultado da necessidade de estabilização destes maciços, diferentes técnicas surgiram ao longo do tempo. Tendo como mais usuais e seguras os diferentes tipos de muros de arrimo. Muros são estruturas corridas de contenção de parede vertical ou quase vertical, apoiadas em uma fundação. Podem ser construídos em alvenaria ou em concreto. Os muros de arrimo se dividem em duas vertentes: muros de gravidade e muros de flexão.

Os muros de gravidade são estruturas que se opõem aos empuxos horizontais pelo próprio peso. Geralmente, são utilizadas para conter desníveis pequenos ou médios, inferiores a 5 metros de altura. Os muros de gravidade podem ser construídos de pedra ou concreto, gabiões ou ainda, pneus usados.

Muros de flexão são estruturas mais esbeltas possuindo seção transversal em forma de “L”, com uma laje de fundo e outra vertical, resistem aos empuxos por flexão utilizando parte do peso próprio do maciço para manter-se em equilíbrio. São executados em concreto armado com ou sem contraforte, podendo ser ancorados por tirantes ou chumbadores.

Como toda obra de engenharia, os muros de arrimo estão sujeitos a diversas etapas em seu processo de execução. De forma geral, os estágios construtivos de muros de contenção se dividem em planejamento, projeto e execução. Não é incomum o surgimento de disfunções, originadas por problemas em alguma dessas etapas. Essas patologias surgem a partir das mais diversas origens e raramente possuem apenas um fator de gatilho, além disso, podem se manifestar após anos de utilização e até mesmo ocasionar a ruptura da estrutura, provocando acidentes e afetando estruturas próximas. Visto isso, é necessário que ao longo desses processos, principalmente do projeto e execução, se tenha um maior nível de atenção, especialmente à fundação e drenagem, uma vez que um sistema falho de drenagem é capaz de corromper toda a estrutura.

O presente trabalho possui como objetivo principal analisar as estruturas de contenção de maciços de terra, com foco no estudo das patologias de cada uma, apontando suas causas, consequências e métodos de recuperação possíveis, culminando em um manual, que no futuro poderá ser usado por alunos e profissionais como fonte de pesquisa, e posteriormente em um artigo científico.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PATOLOGIA EM MUROS DE CONTENÇÃO

Muros de solo reforçado possuem como elementos de sua composição sistemas de drenagem e reforços por geossintéticos ou metálicos, esses são os responsáveis pelo aparecimento das principais patologias. O efeito de fluência e relaxamento presente nos geossintéticos com o passar do tempo, por exemplo, pode gerar uma deformação excessiva do maciço e até chegar à ruptura, por outro lado, quando usados reforços metálicos, esses podem apresentar sintomas de corrosão caso entrem em contato com umidade (OLIVEIRA, 2019).

A melhor forma de prevenir o aparecimento dessas patologias é levar em consideração o tipo de solo e a resistência desejada para a escolha do tipo de reforço. Além disso é necessário que um sistema de drenagem eficiente seja instalado e que sua manutenção seja feita periodicamente. Em casos em que a estrutura já esteja sofrendo com a patologia, o indicado é a retirada do reforço e posterior troca, levando em consideração o que causou o problema, para que o mesmo não ocorra novamente (OLIVEIRA, 2019).

Os muros de alvenaria de pedras quando executados sem argamassa podem apresentar problemas com a estabilização quando os blocos não apresentarem dimensões regulares, uma vez que a variação dessas dimensões gera um aumento no atrito dessas pedras (LUIZ, 2014; SÁ, 2006; FLORES; BRITO, 2005).

Outro problema recorrente nessas contenções é a ruptura por deslizamento no contato muro-fundação (Figura 1), para que isso não aconteça, é necessário que o muro seja projetado com uma base podendo variar de 0,5 a 1,0 metros de largura além de estar apoiado a uma cota menor que a do talude. Para melhoria na situação de casos que já estejam sofrendo com o problema, um reforço e reparação do terreno de fundação é uma opção que se mostra eficiente e viável (LUIZ, 2014; SÁ, 2006; FLORES; BRITO, 2005).

Figura 1: Trincas Devido à Instabilidade Muro-Fundação



Fonte: Castro et al, (2012)

Em muros de alvenaria de pedra com uso de argamassa, uma atenção especial precisa ser dada para o sistema de drenagem para evitar que patologias envolvendo infiltração de água na estrutura sejam recorrentes, mantendo sua resistência ao cisalhamento e sua estabilidade. Para a eliminação do problema, a melhor opção é a substituição do material afetado, juntamente com a proteção do novo utilizado (LUIZ, 2014; SÁ, 2006; FLORES; BRITO, 2005).

Nos muros de concreto ciclópico é durante o processo de projeto ou implantação de um sistema de drenagem que surgem as patologias mais comuns. Os problemas nessas estruturas aparecem quando, pela falta de drenagem, a água, principalmente de origem pluvial, acumula, acarretando um aumento considerável do empuxo que havia sido considerado no projeto. Por isso é indispensável a presença de um sistema de drenagem, que muitas vezes é ignorado e considerado dispensável (LOBO; FERREIRA; RENOFIO, 2003).

A identificação em casos como esse pode ser, primeiramente, visual. Será feita quando for observado o surgimento de deformações causadas pelo acréscimo de carga. O tratamento da patologia será definido de acordo com o caso, se a estrutura estiver muito danificada pode ser necessária a demolição e construção de uma nova contenção (CORADI *et al*, 2017).

As contenções de solo-cimento são construídas de forma simples e sem necessidade de mão de obra qualificada, contudo, é necessário que haja um cuidado na hora da fabricação dos blocos ensacados. Esses cuidados devem ser tomados na hora de verificar e escolher o tipo de solo que será utilizado na mistura, além disso, deve haver um cuidado na hora de determinar a dosagem da mistura. São os erros durante esse processo que levam as patologias, uma vez que a resistência a compressão será afetada diretamente (RAMOS *et al*, 2019).

Para tratamento da patologia, em casos onde a resistência foi fortemente afetada, pode ser necessário a demolição e construção de uma nova estrutura (CORADI *et al*, 2017). Em casos de menor gravidade, pode ser feita a troca dos elementos danificados.

Quando esse tipo de contenção tiver a finalidade de conter encostas de solo muito argiloso, deverá ser prevista a substituição de alguns sacos por geotêxteis ou de elementos de drenagem interna com intuito de promover a drenagem do maciço.

Uma das patologias observadas neste tipo de contenção, é o apodrecimento dos sacos, permitindo o contato do elemento estrutural (solo cimento) com o meio externo. Ao permitir o contato da estrutura interna dos sacos com as intempéries, poderá ocorrer erosão do muro de contenção, fragilizando sua macro estrutura, o que compromete o pleno exercício de sua função.

Para evitar a problemática acima descrita, após concluída a construção do muro, este deve receber revestimento, podendo ser em concreto magro ou solo vegetal, para sua adequada proteção contra as erosões.

A compactação não adequada, acaba por apresentar recalques indesejáveis, desconfigurando o assentamento dos pneus, acarretando uma descontinuidade no muro que compromete sua integridade estrutural, e por consequência sua função. Além disso, outro problema recorrente é ocasionado quando os pneus não são presos corretamente, ou usados pneus de tamanhos inconsistentes, podendo deslizar (Figura 1) com as fortes chuvas ou com as forças solicitantes não mensuradas em projeto, como por exemplo a carga exercida pelo acúmulo de água gerado por uma falha no sistema drenante.

Uma vez verificada a anomalia na estrutura, deve-se reparar o quanto antes para que seja evitado o rompimento da estrutura. Por ser constituídos por pequenas partes, como em um quebra cabeça, a estrutura de contenção solo-pneu pode ser recuperada parcialmente rearranjando seus elementos constituintes (pneus), porém em níveis altos de danos ou periculosidade, é necessário a reconstrução da estrutura por completo, atentando-se para uma boa compactação, assentamento dos pneus e um sistema drenante eficiente, que permita a percolação da água sem carreamento de materiais.

As principais características de uma estrutura em gabião, seja qual for sua aplicação final, são o fato de ser armada, monolítica, flexível, permeável e auto drenante. Por ter rochas naturais como principal componente material, é durável, tendo como principal foco de desgaste a malha metálica (PINI, 2006).

Contenções realizadas por muro de arrimo do tipo Gabião, são estruturas autodrenantes, que por falha de projeto podem apresentar problemas em sua drenagem, e como a influência da água é fator relevante na estabilização de maciços de solo, se faz preciso atentar-se ao projeto de drenagem, para que não ocorram problemas como a sobrecarga da estrutura.

Para evitar o entupimento do sistema drenante e não causar uma descontinuação na granulometria do solo contido, deve-se conter a fuga de finos do solo, sendo necessário utilizar filtro de material geotêxtil não tecido entre o solo e o gabião.

Para as estruturas danificadas, seja por ação do tempo ou ação humana, a recuperação se dá pela substituição das caixas de pedras, sendo reconstruída parcialmente a contenção. Caso a estrutura tenha colapsado ou tenha sofrido danos em áreas ou em grau irreversível, torna-se preciso a demolição de toda a estrutura e posterior reerguimento da mesma.

A contenção de concreto armado pode apresentar diferentes tipos de patologias, dentre elas: Aço exposto, fissura, desaprumo, infiltração do maciço e ninho de concreto. As principais causas são decorrentes de falhas de projetos, especificação inadequada de

materiais, detalhamento errado ou insuficiente, falhas na execução, falta de manutenção, ausência de drenos ou drenos obstruídos e até solos insuficientemente compactados (RIBEIRO et al, 2020).

Tendo como forma de identificação visual, na maioria das vezes, em alguns casos essa constatação precisa ser feita por ensaios. As principais maneiras de prevenir essas anomalias são, elaboração de projetos executivos que envolvam execução detalhada e manutenção, elaboração de projetos que sigam as normas e recomendações, fiscalização da execução, dimensionamento de sistemas de drenagem eficientes, uso de espessura de cobertura adequada a agressividade do ambiente, entre outros.

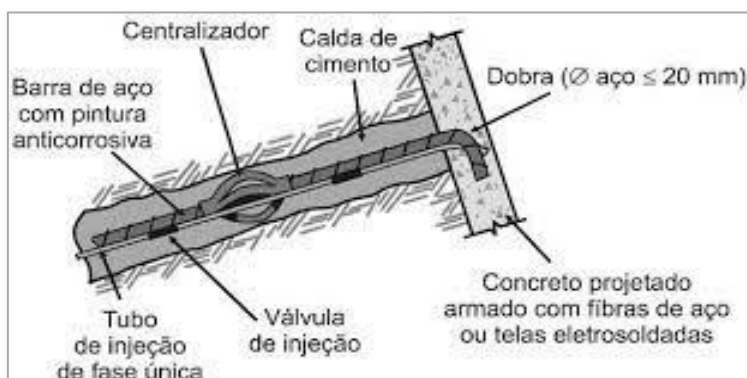
Enquanto que a terapia dos problemas já existentes envolve, além de pequenos reparos; até a recuperação completa da estrutura em alguns casos; a implementação de sistemas de drenagem ou a recuperação deles, envolve também a adição de um programa de monitoramento e manutenção da estrutura (CRUZ *et al*, 2020; MAREK, 2005).

Como parte do processo de construção das contenções de solo grampeado, é necessário que haja o preenchimento, com cimento, dos furos por onde os chumbadores serão introduzidos. É durante esse processo que as patologias mais comuns nesse tipo de contenção aparecem. Estas patologias ocorrem devido a falhas no preenchimento dos furos, deixando os chumbadores expostos à corrosão e levando a uma provável diminuição na resistência dos grampos (MIKOS *et al*, 2017).

Segundo Mikos et al. (2017 *apud* Souza *et al*. 2005) essas patologias podem se desenvolver quando o processo de injeção do cimento é realizado apenas uma vez. Como forma de prevenir o surgimento de vazios na extensão do furo, o que desenvolverá o aparecimento das patologias, é recomendado que seja feito uma reinjeção, quantas vezes for necessário.

Além do que já foi citado, outros erros de execução podem ocasionar falhas durante a injeção do cimento, sendo eles: falta dos centralizadores; consistência da nata fora do ideal e comprimento dos furos maiores que as barras dos chumbadores (Figura 2) (MIKOS; TEIXEIRA, 2018 *apud* (JAYAWICKRAMA et al., 2007).

Figura 2: Representação dos Componentes usados no Processo de Construção de uma Contenção de Solo Grampeado



Fonte: Gondim apud metálica (2018)

Assim como na maioria das contenções, as de solo grampeado também sofrem o efeito de um sistema de drenagem ineficiente, quando uma sobrecarga, advinda da água acumulada, pode causar deformações indesejadas. Esses efeitos são agravados quando a construção também sofre com problemas devido à exposição dos chumbadores, que podem sofrer graves problemas de corrosão. (MIKOS *et al*, 2017).

Para evitar essas patologias, além de eficiente sistema de drenagem, a ABNT (NBR 5629), também sugere que os tirantes passem por um processo de proteção com anticorrosivos. (MIKOS *et al*, 2017).

No geral, essas patologias podem ser identificadas por meio de inspeções visuais regulares. Os principais indicativos são: a presença de musgo; manchas diversas; vegetação; entre outros. (MIKOS *et al*, 2017). Para corrigir as patologias de corrosão, será necessário trocar os chumbadores e seguir as normas de reinjeção da nata de cimento.

Entre as anomalias mais comuns apresentadas em estruturas de contenção por tirantes (cortina atirantada) podem ser citadas as falhas dos tirantes, bem como a má drenagem da água. A falta de manutenção adequada nas cabeças de proteção dos tirantes permite o contato da porca tracionadora e a ponta do tirante com o meio agressivo, ficando esses expostos a intempéries e sujeitos a corrosão, podendo causar o rompimento. O acúmulo de água devido a problemas no sistema drenante causa uma sobrecarga na estrutura, podendo ultrapassar valores previstos e causar danos irreversíveis à contenção.

Em geral os projetos de recuperação de cortina atirantada preveem a execução de novos elementos tracionados (tirantes), substituindo quase por completo todos os tirantes existentes na estrutura sinistrada e, provavelmente, a execução de um reforço no concreto de paramento para melhor distribuição das cargas dos tirantes de reforço ao longo de seu comprimento.

Compostas por uma estrutura metálica, a contenção de estaca-prancha apresenta como mais importante e recorrente patologia a corrosão de suas partes, principalmente quando utilizada em contenções próximas ao mar. A principal maneira de evitar que essa alteração ocorra é a proteção da estrutura com pintura anticorrosiva, revestimento de zinco e até cobrimento de cimento ou concreto. Além disso, é necessário que seja feita uma manutenção das estacas após alguns anos de sua construção (MONTEIRO *et al*, 2017).

Outra patologia recorrente nesta contenção, são os danos à sua estrutura e junções, podendo interferir na sua estabilidade e segurança. Esta anomalia é causada quando se insiste na cravação das estacas em solos muito duros para que a profundidade de projeto seja atingida. A melhor maneira de prevenir que isso aconteça, é levando em conta um estudo preliminar do solo para o projeto da contenção (MONTEIRO *et al*, 2017).

Para uma estrutura que já esteja sofrendo com a corrosão, o primeiro passo é avaliar seu grau, caso a corrosão seja apenas superficial pode ser feito uma limpeza dessa superfície utilizando jato de areia, em casos em que a corrosão apresente um grau mais elevado, duas opções são consideradas, reforçar a estrutura ou substituí-la. Esse mesmo processo se aplica em contenções que tenham a sua estrutura danificada por solos muito duros (CASTRO, 1999).

2.2 DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

Para o dimensionamento de toda estrutura de contenção alguns fatores precisam ser analisados, sendo o principal deles as forças sofridas pelas estruturas. Essas forças podem variar de acordo com a estrutura em questão, entretanto, uma delas está sempre presente, o empuxo gerado pela força exercida pela terra contra o muro.

O empuxo pode ser passivo, quando a força da terra se retrai ao muro e ativo para casos em que a força atua diretamente sobre o muro. Em ambos os casos o empuxo pode ser coesivo quando a construção é feita em solos argilosos e não coesivos para solos arenosos. (GOMES; LIMA, 2018)

2.2.1 Estruturas de contenção por gravidade

Muros de arrimo de gravidade precisam ser dimensionados com a preocupação de que não haja tensões de tração agindo em seu corpo, uma vez que eles não são capazes de vencer-las, além disso, precisam garantir uma boa resistência as tensões laterais geradas

pelo atrito solo-estrutura e devem ser sempre dimensionados de modo que possam vencer o empuxo presente.

Nas contenções por gravidade, o primeiro passo para verificação é o cálculo de empuxo.

$$Ea = 0,5 \gamma \times H'^2 \times Ka$$

$$Eh = Ea \times \cos \beta$$

$$Ev = Ea \times \cos \beta$$

Sendo:

γ : peso específico aparente do solo

H: altura da parede de contenção

Ka: coeficiente de empuxo ativo

Kp: coeficiente de empuxo passivo.

A verificação ao escorregamento será realizada em seguida, adotando a divisão de **FR** por **Eh** como o fator de segurança. Sendo FR a representação da Força de Resistência.

$$FR = \text{Peso total} \times (\text{Lado da base} \times \text{tg}\phi)$$

Com as verificações anteriores feitas, o tombamento será verificado passando por cálculos que consideram o momento atuante e o momento resistente.

$$M_{1a} = Eh \times \frac{H'}{3}$$

Onde, M_{1a} representa o momento atuante, e M_{1R} significa momento total. Sendo assim, a divisão $\frac{M_{1R}}{M_{1a}}$ resultará no momento resistente, que deve ser maior que 1,5.

Por último, o cálculo de tensão na base será feito utilizando as seguintes equações:

$$\sigma_1 = \frac{\text{Peso total}}{S} + \frac{Mo}{\omega}$$

Onde:

$$Mo = -Ps \times (es - 0,5b) + (0,5b - ev) + Eh \times \frac{H'^3}{3}$$

$$\omega = 1 \times \frac{b^2}{6}$$

$$S = 1 \times b$$

2.2.2 Estruturas de contenção por Flexão

Muros de contenção por flexão são compostos normalmente por tirantes, grampos ou armaduras. Seu dimensionamento precisa ser executado de modo que ele seja capaz de vencer as forças geradas pelas cargas horizontais, cargas verticais e momentos que o influenciam.

O cálculo de empuxo presente na estrutura é feito através da fórmula:

$$E = \frac{1}{2} \times \gamma \times K \times h^2$$

O cálculo das sobrecargas é feito através das fórmulas:

$$q_1 = k_a \times q \text{ e } Q = q \times C$$

Sendo:

q : valor da sobrecarga

K_a : coeficiente de empuxo ativo

C : é a parte da laje vertical que fica embutida no maciço sob ação de q .

As fórmulas utilizadas pra verificar a resistência ao deslizamento são $Fat = \mu \times \sum Fy$

e $\frac{Fat}{\sum Fh} \geq 1,5$, sendo:

μ : coeficiente de atrito

Fy : Forças verticais atuantes no muro e no solo

Fh : Forças horizontais atuantes no muro.

O cálculo da verificação ao tombamento é feito através das fórmulas:

Momento atuante, $M_{1a} = Eh \times \frac{H'}{3}$, sendo:

Eh : Empuxo horizontal.

H' : Altura da estrutura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

É fato que estruturas possuem um tempo de vida útil, e que as mesmas necessitam de manutenções e reparos. A falta de zelo para as construções e esmero em suas concepções acabam por acarretar discontinuidades que diminuem a vida útil da edificação.

No Brasil, não é incomum encontrar diversas obras de contenção que apresentem patologias, e principalmente que necessitem de manutenções e reparos. Serão apresentados a seguir casos reais de Patologias e acidentes ocorridos no Brasil:

3.1 CASO 1¹

O primeiro caso retrata um muro de contenção de flexão de Concreto armado que foi construído com o intuito de preservar o aterro feito em um terreno que possui topografia acidentada no Município de São João da Ponte. Após a execução do muro foi possível notar o aparecimento de problemas patológicos como trincas e fissuras próximas ao solo e até o deslocamento da estrutura.

A obra iniciada em 2012 teve sua primeira sondagem realizada em julho de 2009 e consistiu na realização de 5 furos distribuídos ao longo do terreno por meio do ensaio de análise SPT apresentando 62,10 metros de solo perfurados e analisados, entretanto, nesse primeiro ensaio não foi relatado o caimento do terreno. No primeiro ano de construção é que apareceram os primeiros problemas no muro, isso porque, o engenheiro responsável notou que os valores de nível do local na execução destoavam em 3 metros dos valores obtidos em projeto, ou seja, as cotas reais eram de 5 metros enquanto as consideradas em projetos eram de 2 metros apenas, por isso foi solicitado uma análise do que já havia sido feito, terminando na descoberta de que o projeto de contenção feito inicialmente era insuficiente para conter o aterro, o que levou o calculista a um novo projeto para a contenção que foi iniciado posteriormente. Entretanto, em razão de só ter sido notado que um erro ocorreu no levantamento topográfico ocasionando as diferenças nos níveis após o começo da execução, se tornou pouco possível a execução de grandes reparos ainda durante sua construção (OLIVEIRA; BRANCO; TAVARES; 2018).

No mesmo ano, devido a fortes chuvas, foi constatada uma movimentação dos muros que compunham a estrutura, mais uma vez o engenheiro calculista precisou avaliar a segurança e eficiência da contenção, e concluiu que não havia perigo pois, segundo ele, as movimentações eram causadas pela acomodação natural do solo do terreno, e por isso nenhuma intervenção se fazia necessária, o que culminou não apenas em sérias patologias no próprio muro como a inclinação de 3 cm, deslocamento horizontal que ultrapassou 5

¹OLIVEIRA, Charles Ferreira de; BRANCO, Antônio Melgaço Nunes; TAVARES, Karine Almeida. Análise de deslizamento de muro de arrimo provocado por falha no projeto. 6ª Conferencia sobre patologia e reabilitação de edifícios, 2018.

cm e recalque de 2 cm (Figura 3) que levou ao aparecimento de trincas, mas também pôs em risco construções vizinhas.

Figura 3: Deslocamento e trincas na contenção



Fonte: Oliveira, Branco; Tavares (2018)

Após o surgimento das patologias, foi decidido que um novo ensaio SPT seria feito, dessa vez dois furos foram feitos próximo ao muro que apresentava problema totalizando uma análise de 21,70 metros de solo perfurado. De acordo com esta segunda análise realizada, foi constatado que o solo do aterro apresentava baixíssima resistência nos 3 primeiros metros, apresentando um NSPT inferior a 5 golpes, além de ter mostrado o Nível de água em 4,32 metros. Os resultados encontrados distinguem dos valores obtidos no primeiro ensaio feito antes do início da construção, não sendo localizado o nível de água. Fica claro que mediante ao fato de que se passaram 3 anos entre a data do primeiro ensaio e o começo da construção do muro, um novo ensaio deveria ter sido feito antes da execução da construção ser iniciada.

Em posse dos dados, é possível identificar que o principal motivo pelo aparecimento das patologias é que o solo não era capaz de suportar o peso da estrutura devido a sua baixa resistência superficial, isso porque quando o novo projeto com um muro mais alto foi idealizado, não se atentaram ao fato de que o solo possivelmente não seria capaz de suporta-lo, e só depois do aparecimento das patologias é que foi decidido que um novo ensaio seria realizado. Para que isso não ocorresse, parte do material deveria ter sido retirado ou então uma fundação mais profunda, que fosse capaz de alcançar um solo resistente deveria ter sido feita, porém, a sondagem inicial não havia sido feita próximo a localização do muro, impedindo a interpretação de que ali havia um solo pouco resistente. Além disso, foi realizada uma verificação dos cálculos (Quadro 1) feitos para o dimensionamento do muro, considerando valor para carga acidental de 20 KN/m² como previsto na NBR 11682:2009, foi constatado que a contenção possui força resistente a

deslizamento menor que a necessária e também uma tensão admissível para capacidade de carga da fundação menor do que a atuante na estrutura. Ou seja, o dimensionamento do muro não atingia os requisitos mínimos de segurança exigidos para que sua construção fosse concluída. Além do já citado, o engenheiro calculista responsável cometeu um grande erro ao negar algum tipo de reparo mediante a movimentação do maciço ocorrido ainda durante a sua construção.

Quadro 1: Verificação ao Tombamento, Deslizamento, Capacidade de carga e Estabilidade Global

Tombamento	Momento atuante (M_a)	Momento resistente (M_R)	$M_R / M_a = 2,47 > 2$
	203,34 KN/m	501,52 KN/m	→ atendido
Deslizamento	Força Atuante (F_a)	Força resistente (F_R)	$F_R / F_a = 0,99 > 1,5$
	120,07 KN	119,53 KN	→ não atendido
Capacidade de carga	Tensão Máxima ($q_{máx}$)	Tensão admissível (q_{adm})	$q_{adm} < q_{máx}$
	245,72 KN/m ²	124,40 KN/m ²	
Estabilidade Global	Fator de Segurança = 1,50	Fator de Segurança = 1,53	$FS_{encontrado} > FS_{min}$ → atendido

Fonte: Oliveira; Branco; Tavares (2018)

Diante dos resultados da pesquisa, foram propostas sugestões de refinamento do reforço da estrutura da contenção, e três possíveis soluções foram propostas. As primeiras duas propostas apresentadas foram descartadas, então o projeto escolhido consistia apenas no uso de microestacas, o que bastava para reforçar a fundação, além disso, sua operação simples e fácil deu ao projeto de reparo uma grande vantagem de custo, portanto foi selecionado para realizar os trabalhos de reforço.

3.2 CASO 2²

Neste caso é apresentado um estudo relacionado à um sinistro ocorrido em um muro de contenção em um condomínio residência localizado na cidade de Maringá – PR, o muro está localizado na lateral, próximo a área destinada ao estacionamento de veículos automotores dos residentes.

Inicialmente, supondo que o condomínio tenha sido construído conforme os projetos aprovados e devidamente vistoriados pelos órgãos competentes, o sinistro não pode ser atribuído a uma falha de projeto, visto que existem diversas etapas e verificações para que seja aprovado o projeto.

²SENES, Jessyka de. **Estudo de caso: Análise da estabilidade de um muro de contenção com patologias**. 2018. Projeto de graduação (Graduação em Engenharia de Infraestrutura).

De acordo com a nota oficial publicada pela construtora responsável pela execução da obra, inicialmente em projeto não havia cobertura na área de estacionamento. Visto isso a drenagem do volume de água captado pelo piso seria realizada através de drenos do tipo boca de lobo (Figura 33), instalados juntos ao meio fio próximo a área do ocorrido. Após captado, pelos drenos, o volume de água deveria ser conduzido para uma rede subterrânea, que teria como destino final a rede pública de captação.

Figura 4: Boca de lobo para captação de água



Fonte: Maringá News, (2019, on-line)

Uma possível causa para o problema, não seria o excesso de água conduzido pelo piso e descarregado sobre o solo contido, a menos que a tubulação que conduzia a água para rede de captação estivesse com vazamentos. Como apresentado na Figura 34, a contenção se dava em 2 partes, sendo a contenção 1 do piso do estacionamento e a contenção 2 do talude adjacente.

Figura 5: Visualização das contenções



Fonte: Maringá News, (2019, on-line)

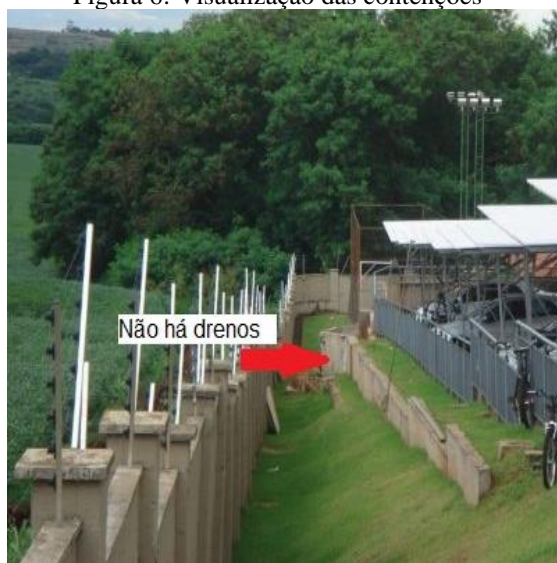
O muro de contenção que segura o maciço de solo e o pavimento do estacionamento, manteve-se de pé, não sofrendo avarias, porém é possível observar erros de execução advindos do lançamento do concreto, erros esses que ocorrem quando não se faz o correto adensamento do concreto, ou não se utiliza o concreto auto adensável. Os erros durante o lançamento do concreto podem ocasionar regiões frágeis, como áreas onde há a segregação do material ou, como no caso, vazios.

Como a denominada contenção 1, que segura o piso do estacionamento, não sofreu avarias, bem como o piso do estacionamento também não, o acidente não foi causado por vazamentos na tubulação de drenagem.

É sabido que a presença de água no solo é fator importantíssimo a ser considerado nas suas diferentes porcentagens, principalmente em obras de contenção de maciços. Ao longo do trabalho foi versado sobre as patologias, em todas as estruturas a água se mostra como fator causador de descontinuidades e imperfeições nas estruturas.

Analisando a Figura 6, pode ser observado a falta de drenos na contenção 2.

Figura 6: Visualização das contenções



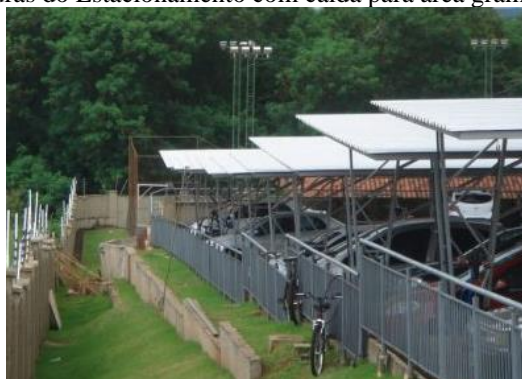
Fonte: Maringá News, (2019, *on-line*)

A falta de drenagem presente ao longo da contenção denominada 'contenção 2', é explicada pelo fato de a área ser permeável, como uma área de contribuição de água pluvial baixa, visto que o estacionamento possui drenagem canalizada.

Porém, após a conclusão da obra do condomínio, foi decidido pela elaboração e execução de uma cobertura sobre a área de estacionamento, proporcionando maior comodidade a seus habitantes, com a proteção dos carros contra intempéries.

Ao visualizar e analisar criteriosamente a figura 7, pode ser observado que as coberturas não possuem calhas para coleta de águas das chuvas, ficando por conta das drenagens do piso do estacionamento conduzir a água dos telhados do meio para a rede pública. Mas foram construídos telhados com caída de água direcionada para fora dos limites de abrangência do sistema de drenagem do estacionamento.

Figura 7: Coberturas do Estacionamento com caída para área gramada, com drenagem natural



Fonte: Maringá News, (2019, *on-line*)

O volume de água descarregado pelos telhados foi superior ao que o solo era capaz de drenar, isso causou uma sobrecarga na estrutura, sobrecarga essa que provavelmente não foi considerada no dimensionamento da contenção. Com o aumento de carga houve um empurro do solo a jusante da ‘contenção 2’, fazendo com que o muro viesse a cair.

O Muro de contenção denominado ‘contenção 2’ sofreu uma deformação lateral, mas não chegou a romper, porém com o deslocamento de terra, houve uma disfunção de proteção por parte da grama, o que levou ao carreamento de material.

De acordo com a nota publicada pela empresa responsável pela obra, o residencial teria optado, após a conclusão da obra, por construir uma cobertura, cobertura essa que serviria para que os veículos dos moradores não sofressem com intempéries.




A cobertura realizada não se caracteriza como o causador do problema, uma vez que sua carga transferida ao ponto mais próximo do sinistro pode ser desconsiderada a causadora, pois como visto na figura 33, a região dos pilares não foi afetada pelo deslizamento, tão pouco o piso próximo a essa região.

Por conclusão, têm-se que os problemas ocorridos são oriundos da construção incompleta da cobertura do estacionamento, que por não apresentar calha para captação das águas das chuvas sobre o telhado, e posterior direcionamento desse volume para as tubulações de escoamento, provocaram um acréscimo de carga à estrutura de contenção, acréscimo esse que não estava contido em projeto, visto que a estrutura não resistiu.

3.3 ANÁLISE DAS PATOLOGIAS POR ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

A partir das análises das estruturas de contenção e das patologias são apresentados quadros resumos com análise das patologias por estruturas de contenção:

Quadro 2: Análise Patológica para o solo reforçado, a Alvenaria de pedra sem argamassa e com argamassa

Contenção	Patologias	Causas	Como prevenir	Como recuperar
Solo Reforçado ³ 	Deformação do maciço;	Efeito da fluência e relaxamento do geossintético;	Levar em consideração o tipo de solo e a resistência desejada ao escolher o tipo de reforço;	Retirada do reforço e posterior troca.
	Corrosão.	Em reforços metálicos o contato com a umidade pode ocasionar corrosão.	Sistema de drenagem eficiente.	
Alvenaria de Pedra sem argamassa ⁴ 	Problemas com estabilidade;	Blocos que não apresentam dimensões regulares gera atrito entre as pedras;	Escolha de blocos regulares;	Retirada dos blocos e posterior troca;
	Ruptura.	Devido ao deslizamento por contato muro-fundação.	Projeto de base variando entre 0,5 e 1 metro de largura, estando apoiado a uma cota menor que a do talude.	Reforço e reparação do terreno da fundação.
Alvenaria de Pedra com argamassa ⁵ 	Infiltração.	Falta de sistema de drenagem adequado.	Implementação do sistema de drenagem.	Substituir o material afetado, protegendo o novo contra a infiltração.




Fonte: Autores, (2021)

³ Autores, (2021)

⁴MUROS..., (2013, on-line)


⁵Andrade, (2018, on-line)

Quadro 3: Análise Patológica para o concreto ciclópico, Solo-cimento, solo-pneu

Contenção	Patologias	Causas	Como prevenir	Como recuperar
Concreto Ciclópico⁶ 	Infiltração.	Falta de sistema de drenagem adequado;	Implementação do sistema de drenagem.	Quando muito danificada será necessário a demolição e reconstrução.
	Deformação;	Aumento do empuxo causado pelo acúmulo de água infiltrada.		
Solo-Cimento⁷ 	Baixa resistência na de projeto;	Solo não adequado ou quantidades não adequadas;	Pesquisa adequada na hora de fazer a mistura do solo-cimento;	Retirada dos sacos de solo-cimento e substituição por novos em condições adequadas.
	Erosão.	Contato do solo-cimento com o meio externo gerado pelo desgaste do saco.	Aplicação de revestimento, podendo ser concreto magro ou solo vegetal	
Solo-Pneu⁸ 	Recalque;	Compactação não adequada;	Compactação adequada;	Retirar os pneus, realizar uma compactação adequada do solo (quando for o caso) e substituir por novos pneus.
	Deslizamento dos pneus.	Quando não estão presos ou possuem tamanhos inconsistentes e sofrem com o acúmulo de água da chuva por falta de drenagem.	Sistema de drenagem adequado e cuidado na escolha e posicionamento dos pneus.	

Fonte: Autores, (2021)

Quadro 4: Análise Patológica para o Gabião, concreto armado

Contenção	Patologias	Causas	Como prevenir	Como recuperar
Gabião⁹ 	Desgaste da malha metálica;	Umidade;	Implementação do sistema de drenagem e contenção dos finos para que o sistema drenante não entupa.	Substituição da caixa de pedra afetada, em casos mais graves é necessário a demolição e reconstrução do muro.
	Sobrecarga da estrutura.	Acúmulo de água causado pelo entupimento ou falta do sistema de drenagem.		
Concreto Armado¹⁰	Infiltração.	Ausência de drenos;	Sistemas de drenagem eficientes;	Implementação de sistema de drenagem ou recuperação deles;


⁶Andrade, (2018, on-line)

⁷Drumond, (2013, on-line)

⁸PONTESERRADENSE..., (2013, on-line)

⁹ Autores, (2021)

¹⁰MUROS..., [201?, on-line]

	Ferragem exposta;	Detalhamento errado;	Elaboração de projeto executivo que envolva execução detalhada e manutenção; Uso de espessura de cobertura adequada;	Pequenos reparos; Recuperação completa da estrutura em alguns casos; Adição de um programa de monitoramento e manutenção da estrutura.
	Fissura;	Falhas na execução;	Fiscalização da execução;	
	Desaprumo;	Falta de compactação do solo.	Fiscalização da execução; Boa compactação do solo.	

Fonte:Autores, (2021)

Quadro 5: Análise Patológica para o solo grampeado, cortina Atirantada e Estacas-prancha

Contenção	Patologias	Causas	Como prevenir	Como recuperar
Solo Grampeado ¹¹ 	Corrosão dos chumbadores;	Falha no preenchimento dos furos com cimento além da consistência da nata fora do ideal, falta de centralizadores, comprimento dos furos maiores que as barras;	Reinjeção do cimento quantas vezes forem necessárias; Aplicação de anticorrosivos nos chumbadores;	Retirada e substituição dos chumbadores por novos que estejam protegidos contra a corrosão.
	Deformação.	Empuxo pelo acumulo de água.	Sistemas de drenagem eficientes.	Reforçar a estrutura ou substituí-la.
Cortina Atirantada ¹² 	Corrosão e rompimento dos tirantes;	Contato da porca tracionada e a ponta do tirante com o meio agressivo;	Proteção da ponta do tirante e porca;	Troca dos tirantes afetados por novos elementos que estejam protegidos contra a corrosão;
	Sobrecarga da estrutura.	Infiltração da água por falta de sistema drenante eficiente.	Sistema de drenagem adequado.	Reforço no concreto de parâmetro para melhor distribuição das cargas.
Estacas-Prancha ¹³ 	Corrosão;	Contato com água, principalmente do mar;	Proteção da estrutura com pintura anticorrosiva, revestimento de zinco e cobertura com cimento ou concreto;	Em casos de corrosão superficial é feita limpeza usando jatos de areia, em casos mais sérios precisa reforçar a estrutura ou substituí-la.
	Instabilidade e perda de resistência.	Cravação das estacas em solos muito duros.	Levando em conta um estudo preliminar do solo.	Reforçar a estrutura ou substituí-la.

Fonte:Autores, (2021)

¹¹SOLO..., [2019, on-line]

¹²Autores (2021)

¹³ESTACAS..., (2019, on-line)

Cada uma dessas obras foi analisada e caracterizada, sendo apontadas as causas técnicas de suas patologias, bem como as formas de prevenção e possíveis métodos de recuperação da estrutura.

4 CONCLUSÃO

As estruturas de contenção são objeto importante no processo de edificação, sejam edificações ou obras de arte e como toda obra de engenharia, as contenções contam com um processo construtivo detalhado em etapas, que quando não respeitadas e executadas corretamente, podem contribuir para o surgimento de patologias.

As patologias em estruturas são diversas e apresentam grande risco a edificação, entre os muros vistos anteriormente, foi possível constatar que as patologias mais recorrentes são conseqüentes à falta de drenagem ou drenagem insuficiente, o que reflete a grande falta de atenção dos profissionais a um componente tão fundamental a esse tipo de estrutura. Além disso, o estudo mostrou que falhas no projeto e execução, falta de manutenção e materiais inadequados são fatores frequentes no surgimento das patologias estruturais.

A partir da análise apresentada neste trabalho é possível apresentar uma forma de correção para as patologias descritas, sendo pautada principalmente na busca pelo controle de qualidade de projeto, execução e manutenção de muros de arrimo. Além disso, é de grande importância que os profissionais de Engenharia busquem intensificar seus conhecimentos sobre o assunto, visto que o estudo de patologias em estruturas é um campo de pesquisa que vem crescendo e se aprimorando.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Reginaldo. **Muros de contenção à gravidade**. 2018. DIPROTEC. Disponível em: <http://diprotecgeo.com.br/blog/muros-de-contencao-a-gravidade>

CASTRO, Bruno et al. Estudo de Caso: **Avaliação de patologias devido à recalques em viaduto sobre Rodovia Federal**. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323969415_Estudo_de_Caso_Avaliacao_de_patologias_devido_a_recalques_em_viaduto_sobre_Rodovia_Federal

Contenção de encosta com pneu cai na Rua Araci de Oliveira Rios. 2017. Pólis Recreio. Disponível em: <http://www.polisrecreio.com.br/site/2017/12/05/contencao-de-encosta-com-pneus-cai-na-rua-araci-de-oliveira-rios/>

Contenção de Taludes com Solo Grampeado para Construções. [2019]. ENGESTAB.

Disponível em: <https://www.engestab.com.br/contencao-taludes-solo-grampeado>

CORADI, Cleber et al. **Avaliação de patologias e terapias em muro de contenção de uma escola situada em Xanxerê - SC**. 2018 - Disponível em <https://unoesc.emnuvens.com.br/apeux/article/view/16487/9110>. Acesso em 10 de abr. 2021.

CORTEZ, Glauco. **Desmoronamento de muro de contenção da construtora GNO desaba em Campinas e leva junto uma rua inteira**. 2013. Educação Política Blog. Disponível em: <https://glaucocortez.wordpress.com/2013/06/06/desmoronamento-de-muro-de-contencao-da-construtora-gno-desaba-em-campinas-e-leva-junto-uma-rua-inteira-gustavo-armbrust-norte-sul-campinas/>

CRUZ, R.B.C. et al. **Método para análise do risco em estruturas de arrimo em concreto armado**. Revista de Engenharia Civil 2020, No. 57, 36-49 - Disponível em <http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n57/Pag.36-49.pdf>. Acesso em 15 de abr. 2021.

DRUMOND, Rejane. **Como fazer muro de contenção e evitar deslizamento de terra**. 2013. Disponível em: <https://www.arquitetaresponde.com.br/como-fazer-muro-de-contencao/>

Estaca Prancha de PVC. 2019. VPA equipamentos. Disponível em: <https://vpaequipamentos.com.br/blog/estaca-prancha-de-pvc>

FLORES, Inês; BRITO, Jorge de. **Patologia e reabilitação de patologia de construção em alvenaria de pedra**. 2005 - Disponível em https://www.researchgate.net/publication/282103189_Patologia_e_Reabilitacao_de_Construcao_em_Alvenaria_de_Pedra. Acesso em: 9 de abr. 2021.

GONDIM, Adileisson apud METÁLICA. **Dimensionamento Geotécnico de Solo Grampeado**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21654/1/TCC%20>

%20DIMENSIONAMENTO%20GEOT%C3%89CNICO%20DE%20SOLO%20GRA
MPEADO.pdf

LOBO, Ademar da Silva; FERREIRA, Cláudio Vidrih, RENOFIO, Adilson. **Muros de arrimo em solos colapsíveis provenientes de arenito Bauru: Problemas executivos e influência em edificações vizinhas em áreas urbanas.** Acta Scientiarum. Technology Maringá, v. 25, no. 2, p. 169-177, 2003 - Disponível em https://www.researchgate.net/publication/251067025_Muros_de_arrimo_em_solos_colapsiveis_provenientes_do_arenito_Bauru_problemas_executivos_e_influencia_em_edificacoes_vizinhas_em_areas_urbanas_-_DOI_104025actascitechnolv25i22191. Acesso em: 10 de abr. 2021

LUIZ, Bruna Julianelli. **Projeto geotécnico de uma estrutura de contenção em concreto.** 2014. Projeto de graduação (Graduação em Engenharia civil) - Disponível em: <http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011764.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

MAREK, Carla Fernanda. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado com ênfase na Qualidade na Execução.** 2005. Disponível em http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep_tcc/article/view/1250. Acesso em: 15 de abr. 2021.

MARINGÁ NEWS. **Laudo isenta construtora por queda de muro em condomínio em Maringá.** Disponível em <https://angelorigon.com.br/2019/02/15/laudo-isenta-construtora-por-queda-de-muro-em-condominio-de-maringa/>. Acesso em: 15 de abr. 2021.

MIKOS, Ana Paula et al. **Estudo das manifestações patológicas em solo grampeado e cortina atirantada.** Revista Técnico Científica do CREA-PR, set.2017, Edição especial – 2ºSPPC - Disponível em: <http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/309/191>. Acesso em: 19 de mar.2021

MIKOS, Ana Paula; TEIXEIRA, Sidnei Helder Cardoso. **Estudo do método da resistência elétrica para avaliação da integridade de solo grampeado.** Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, vol. 5, n. 1, p. 121-139, Jan.-Jun. 2018 - ISSN 2358-6508. Acesso em 20 de abr. 2021

MONTEIRO, Fernando Feitosa et al. **Análise técnico-econômica dos métodos construtivos de paredes diafragma moldadas in-loco, estaca-prancha e estacas secantes.** Revista de Engenharia Civil IMED- Passo Fundo, vol. 4, n. 2, p. 3-19, Jul.-Dez. 2017 - ISSN 2358-6508. Acesso em 26 mar. 2021.

Muros de Arrimo. [201-?]. Concrelaje. Disponível em: <http://www.concrelaje.com.br/muros-de-arrimo/>

Muros de pedra bruta exibem beleza e sofisticação. 2013. TECPAR. Disponível em: <https://tecparpavimentos.wordpress.com/2013/08/27/muros-de-pedra-bruta-exibem-beleza-durabilidade-e-sofisticacao/>

NASCIMENTO, Flavio; LIMA, José. **Diretrizes técnicas para locação de limites edificados em praias.** Ambient. constr. (Online) vol.10 no.4 Porto Alegre Oct./Dec. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212010000400014.

OLIVEIRA, Charles Ferreira de; BRANCO, Antônio Melgaço Nunes; TAVARES, Karine Almeida. **Análise de deslizamento de muro de arrimo provocado por falha no projeto.** 6ª Conferencia sobre patologia e rabilitação de edificios, 2018. Disponível em: <http://www.nppg.org.br/patorreb/files/artigos/80513.pdf>. Acesso em 21 de maio de 2021

OLIVEIRA, Luis Paulo Andrioli Vieira de. **Estudo da relaxação de tensões nos reforços em geogrelha de um muro de solo reforçado.** 2019. Projeto de graduação (Graduação em Engenharia civil) - Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10029012.pdf>. Acesso em: 19 de mar. 2021.

Ponteserradense constrói muro utilizando apenas pneus velhos. 2013. Oeste Mais. Disponível em: <https://www.oestemais.com.br/geral/ponteserradense-constroiu-muro-utilizando- apenas-pneus-velhos/>

RAMOS, Geraldo Magela Perdigão Diz et al. **Contenção de talude com uso de solo-cimento ensacado: Projeto em área de interesse social.** RETEC, Ourinhos, v. 12, n. 2, p. 26-42, jul./dez., 2019 - Disponível em: <https://www.fatecourinhos.edu.br/retec/index.php/retec/article/view/344>. Acesso em: 19 de mar. 2021.

RIBEIRO, André Augusto de Souza; AZEVEDO, Bruno Freitas de; JÚNIOR, Marcos Aurélio Pinto Marzano. **Análise de patologias em muros de concreto armado: Um estudo de caso no município de Petrópolis.** ENGENHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO - VOL.2. 2020 - Disponível em <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/68/95>. Acesso em: 12 de abr. 2021.

SÁ, Wallace Borges de. **Estudo da interação solo-muro em concreto convencional, com resíduo de construção e demolição (RCD) e alvenaria de pedra.** 2006. Pesquisa e extensão (Mestrado em Engenharia civil) - Disponível em: <http://tede2.unicap.br:8080/bitstream/tede/39/1/wallace%20de%20sa.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

SILVA, Patrícia; BARBOSA, Yago; CARVALHO, Daniel. **Análise das patologias em contenção de terra de gabiões em cabeceiras de pontes.** 2016. Disponível em: <http://www.abpe.org.br/trabalhos2016/146.pdf>.

SIQUEIRA, Yan apud MARQUES. **Falhas estruturais no muro de arrimo de Parintins: Fatores antrópicos, construtivos e naturais.** [201-?]. Universitário do Norte – Uninorte, Manaus.

TERRES, Laryssa. **O que é Concreto Ciclópico.** 2020. CARLUC. Disponível em: <https://carluc.com.br/materiais-de-construcao/concreto-ciclopico/>