



ESTRUTURA MISTA EM ELEMENTOS DE CONTENÇÃO

Claudinei Pinho Rabelo
Daniel Carvalho Costa
Claudio Dornelis de Freitas Cardoso



ESTRUTURA MISTA EM ELEMENTOS DE CONTENÇÃO

Copyright © 2021 da edição brasileira.
by RFB Editora.

Copyright © 2021 do texto.
by Autores.

Todos os direitos reservados.



Todo o conteúdo apresentado neste livro, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es).

Obra sob o selo *Creative Commons*-Atribuição 4.0 Internacional. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Conselho Editorial:

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - UFOPA (Editor-Chefe).

Prof.^a Dr.^a. Roberta Modesto Braga - UFPA.

Prof. Dr. Laecio Nobre de Macedo - UFMA.

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida - UFOPA.

Prof.^a Dr.^a. Ana Angelica Mathias Macedo - IFMA.

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva - IFPA.

Prof.^a Dr.^a. Elizabeth Gomes Souza - UFPA.

Prof.^a Dra. Neuma Teixeira dos Santos - UFRA.

Prof.^a Me. Antônia Edna Silva dos Santos - UEPA.

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa - UFMA.

Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho - UFSJ.

Prof.^a Dr.^a. Isabella Macário Ferro Cavalcanti - UFPE.

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares - UFPI.

Prof.^a Dr.^a. Welma Emidio da Silva - FIS.

Diagramação e design da capa:

Priscila Rosy Borges de Souza.

Imagens da capa:

www.canva.com

Revisão de texto:

Os autores.

Bibliotecária:

Janaina Karina Alves Trigo Ramos.

Assistente editorial:

Manoel Souza.



Home Page: www.rfbeditora.com.

E-mail: adm@rfbeditora.com.

Telefone: (91)98885-7730.

CNPJ: 39.242.488/0001-07.

R. dos Mundurucus, 3100, 66040-033, Belém-PA.

Claudinei Pinho Rabelo
Daniel Carvalho Costa
Claudio Dornelis de Freitas Cardoso

ESTRUTURA MISTA EM ELEMENTOS DE CONTENÇÃO

Edição 1

Belém-PA



2021

<https://doi.org/10.46898/rfb.9786558891475>

Catálogo na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

R114

Rabelo, Claudinei Pinho

Estrutura mista em elementos de contenção / Claudinei Pinho Rabelo, Daniel Carvalho Costa, Claudio Dornelis de Freitas Cardoso – Belém: RFB, 2021.

Livro em PDF

58 p., il.

ISBN: 978-65-5889-147-5

DOI: 10.46898/rfb.9786558891475

1. Construção. 2. Contenção. 3. Solo. 4. Muro. I. Rabelo, Claudinei Pinho. II. Costa, Daniel Carvalho. III. Cardoso, Claudio Dornelis de Freitas. IV. Título.

CDD 690

Índice para catálogo sistemático

I. Construção

Nossa missão é a difusão do conhecimento gerado no âmbito acadêmico por meio da organização e da publicação de livros digitais de fácil acesso, de baixo custo financeiro e de alta qualidade!

Nossa inspiração é acreditar que a ampla divulgação do conhecimento científico pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Equipe RFB Editora



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS	11
3 METODOLOGIA.....	13
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1 Contenções em Concreto Pré-Moldado.....	16
5 ANÁLISE DO PERFIL DE SOLO.....	19
6 FUNDAÇÕES PROFUNDAS PRÉ-MOLDADAS.....	21
7 BLOCOS DE COROAMENTO	25
8 PLACAS DE FUNDO E PLACAS VERTICAIS DO MURO.	29
9 ATIRANTAMENTO DO MURO.....	33
10 CONTRAFORTE E VIGA DE ENRRIGECIMENTO DO MURO	37
11 DRENAGEM DO MURO.....	43
12 RESUTADOS E DISCUSSÕES.....	47
13 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ÍNDICE REMISSIVO.....	54
SOBRE OS AUTORES.....	55





APRESENTAÇÃO

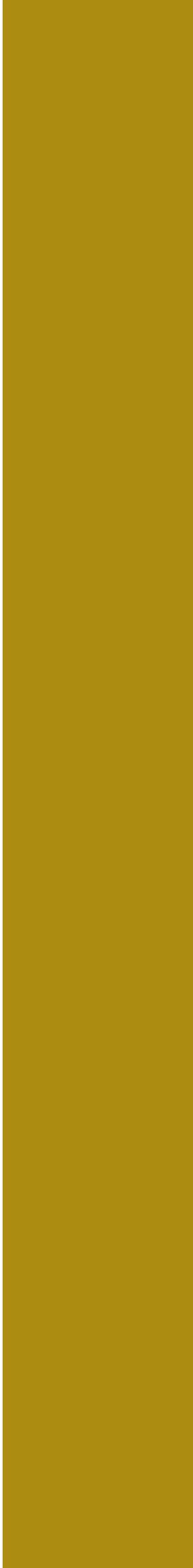
A construção de muros de arrimo são obras que apresentam-se com frequência no setor da engenharia civil, tendo como um dos fatores que a impulsiona a necessidade de que conter maciços de solo às margens de rios, em obras portuárias. Este trabalho apresenta um estudo sobre a viabilidade técnico-econômica da aplicação da metodologia utilizando elementos pré-moldados desde a fundação do muro, a qual é composta por trilhos ferroviários TR-68 reutilizados, em ambientes sujeitos a constantes variações do nível das águas do rio. O referido trabalho trata da apresentação de um estudo de caso na cidade de Santarém, estado do Pará e foi realizado a partir de dados de dados fornecidos pela empresa responsável pela execução da obra ao longo do ano de 2018 e início de 2019. Este estudo apresenta de forma detalhada as metodologias utilizadas, assim como a descrição executiva da estrutura juntamente com os custos que a envolvem e a necessidade a que se tem do uso de maquinário adequado e mão de obra qualificada para as exigências do tipo de obra. Mostra também soluções de drenagem e atirantamento de muros de arrimo utilizadas como técnicas características da empresa responsável pela execução. A coleta de dados junto à empresa e o acompanhamento adjacente a execução da contenção arrimada proporcionou maior clareza quanto ao entendimento do sistema construtivo apresentado aqui, tendo como objetivo principal os esclarecimentos referentes ao processo executivo utilizado devido as particularidades características do tipo de ambiente a que se encontra a obra, assim como os custos gerados e cada etapa da mesma.





CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO



A construção civil tem buscado constantemente pela racionalização dos processos construtivos que possibilitem redução de custos. Os critérios na escolha do modelo estrutural apresentam impacto direto sobre esses fatores, desde a redução dos prazos de entrega, facilidade de execução, despesas diretas e indiretas e no número de colaboradores.

Com objetivo de garantir maior estabilidade a determinado terreno, ou mesmo seu nivelamento, faz necessário a utilização de sistemas corridos de contenções, que são estruturas verticalizadas, ou quase verticais, apoiadas por fundações. A busca pela construção no menor espaço de tempo, com o mais baixo custo e garantindo a segurança e qualidade final exigida, tem feito com que as estruturas pré-moldadas venham ganhando cada vez mais espaço no mercado atual da construção civil, por atender simultaneamente a todas essas necessidades de forma cada vez mais eficaz.

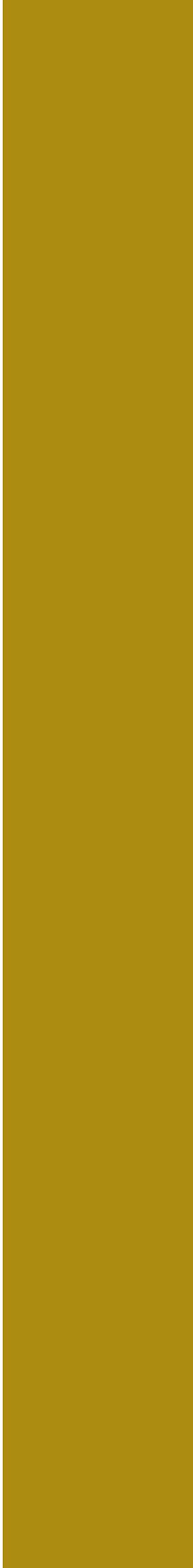
Com finalidade de transferir as cargas da edificação até as camadas mais resistentes do solo, as fundações atêm-se a garantir a estabilidade da estrutura global e evitar deslocamentos ou deformações na contenção sem a manifestação de rupturas no maciço de solo. O emprego de elementos mistos na infraestrutura do tipo fundações em obras de contenção tem ganhado maior destaque, visto que a aplicação do concreto armado conjugado com perfil metálico (estacas) apresenta eficiência devido fatores técnico-econômicos, o que garanti minimização no tempo e número de pessoas envolvidas no processo de execução sem contrariar as normativas vigentes voltadas à área.

A obra de contenção existente no Terminal Hidroviário de Cargas e passageiros, localizado na cidade de Santarém-Pará, será a base objetiva para o presente estudo.



CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

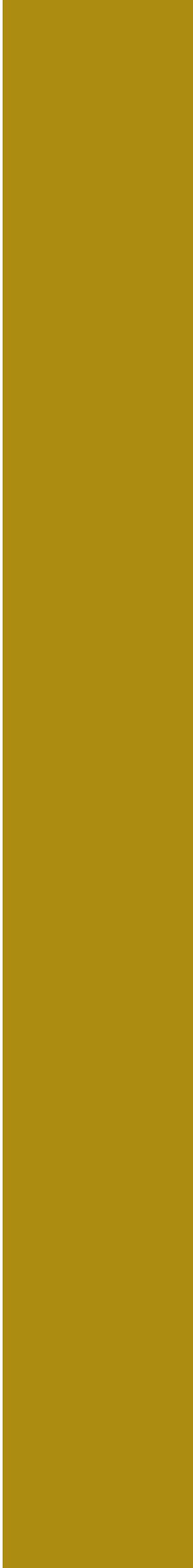


Este artigo busca o desenvolvimento de um estudo a respeito da produtividade e custo benefício da fundação e estrutura de contenção arrimada, priorizando estruturas compostas de peças pré-moldadas e trilhos ferroviários, e apresentar os processos executivos utilizados na obra de contenção existente no Terminal Hidroviário de Cargas e Passageiros de Santarém. Assim como suas vantagens e desvantagens econômicas e executivas, de acordo com as necessidades características do terreno e os resultados obtidos nos ensaios SPT (Standard Penetration Test).



CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

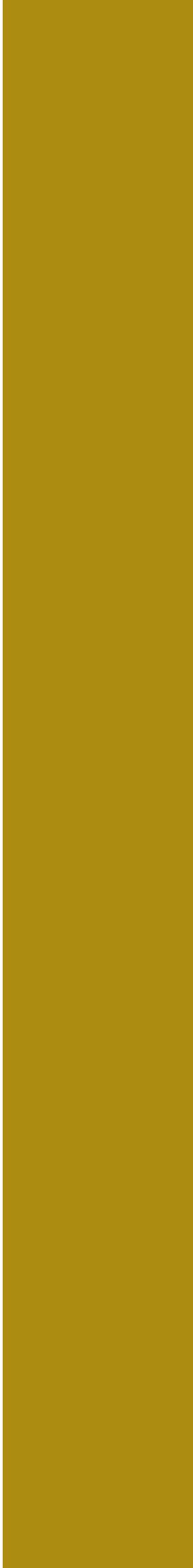


O presente artigo engloba pesquisas relacionadas ao tema em estudo, almejando-se através de literaturas bibliográficas fazer com que os aspectos técnicos e teóricos possam ser entendidos. E então compreender os processos executivos da estrutura de contenção arrimada projetada parcialmente em elementos pré-moldados, assim como a metodologia adotada em sua fundação, a qual compõe-se por trilhos ferroviários reciclados. A pesquisa exploratória foi outra fonte de estudo utilizado, através de visitas na obra, facilitando a obtenção de informações a respeito da mesma como base de pesquisa e informações com a empresa que executou o projeto, sobre: metodologias adotadas, mão de obra e equipamentos necessários para a execução do tipo de obra a que se abrange o referido trabalho. Com posse de informações pertinentes ao perfil de solo encontrado no terreno onde está localizada a obra, aos processos econômicos e executivos, suas vantagens e desvantagens, discorrer sobre a viabilidade do modelo estrutural adotado.



CAPÍTULO 4

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



A construção civil é responsável por realizar constantemente modificações no meio ambiente e possibilitar soluções de engenharia afim de solucionar ou amenizar possíveis problemas consequentes de suas atividades, podendo também apresentar soluções para determinados problemas de origem natural e assim garantir a segurança e melhoria no setor construtivo.

Considerando que tudo que se constrói tem como base o solo, nas últimas décadas a geotécnica tem-se tornado uma das áreas de engenharia que mais ganha destaque no mercado que envolve o setor, devido principalmente à sua importância referente ao que se deseja construir no meio. As contenções ganham destaque ao serem consideradas como uma das principais obras da referente área, onde apresentam-se como estruturas corridas, projetadas com a finalidade principal de garantir a estabilidade de terrenos com a existência de desníveis, principalmente devido a atividades de cortes e/ou aterros. Muros são estruturas corridas de contenção de parede vertical ou quase vertical, apoiadas em uma fundação rasa ou profunda. Podem ser construídos em alvenaria (tijolos ou pedras) ou em concreto (simples ou armado), ou ainda, de elementos especiais (Gerscovich, 2010). Dentre as estruturas de contenção destacam-se os muros de arrimo, onde o DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO (2005), destaca que é um sistema estrutural de contenção podendo ser constituído por paramentos e fundações; e em alguns casos pode-se fazer uso de elementos para reforçar os maciços de solo; Podendo ser em concreto armado, concreto ciclópico, pedra argamassada, crib-wall, gabião, solo-cimento, solo-cimento compactado, solo-cimento ensacado, enrocamento, alvenaria armada, etc. São estruturas compostas também por elementos drenantes e filtrantes de areia ou brita, drenos profundos, barbacãs, drenos sub-horizontais e canaletas.

4.1 CONTENÇÕES EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO

As contenções em concreto pré-moldado surgem como uma solução viável e que garante bom desempenho e funcionalidades satisfatórias diante do cenário de prazos corridos e orçamentos apertados que se encontra o mercado da construção civil na atualidade. Estas, assim como as demais metodologias de contenções tem como principal função assegurar a estabilidade de um maciço de terra mais elevado entre dois lados, são aplicadas quando se deseja garantir à obra uma contenção resistente a encostas ou taludes e se almeja uma obra rápida, seja por questões de prazos ou por fatores climáticos externos.

As contenções em concreto pré-moldado podem ser projetadas em “L”, “T” invertido, ou ainda em placas que se sobrepõe umas às outras apoiando-se sobre

fundações rasas ou profundas, a depender das características do terreno a ser modificado e das solicitações de cargas a que sua estrutura será exposta, por vezes podendo até serem constituídas por sistema de tirantes de aço.

A possibilidade de fabricar as contenções em pré-moldados fora do seu destino final de aplicação faz com que as etapas de desenvolvimento tenham mais praticidade, rapidez e economia. Pois são estruturas feitas em fôrmas, seu acabamento é dispensado após montagem e seus moldes podem ser reaproveitados após cada lote de concretagem. Porém, mão-de-obra qualificada, alto investimento inicial e custo com maquinário para transporte e montagem são fatores preponderantes para que esta seja uma metodologia ainda pouco utilizada.

A contenção em pré-moldado é uma estrutura que chega no local definitivo da obra em peças prontas para serem utilizadas, faltando somente, em alguns casos, o preenchimento das partes onde se encontram duas ou mais estruturas. A este sistema denominamos como sendo uma estrutura mista, parte feita com elementos pré-moldados e outra parte utilizando-se de concretagem in loco.

No sistema misto de concretagem, sobre as fundações são posicionadas as estruturas pré-moldadas de forma a deixar vãos projetados para serem concretados in loco. Nestes são armadas as ferragens de tração ou de trabalho, após é realizado a montagem de formas para atender o isolamento, formato e dimensões a que se almeja na estrutura.

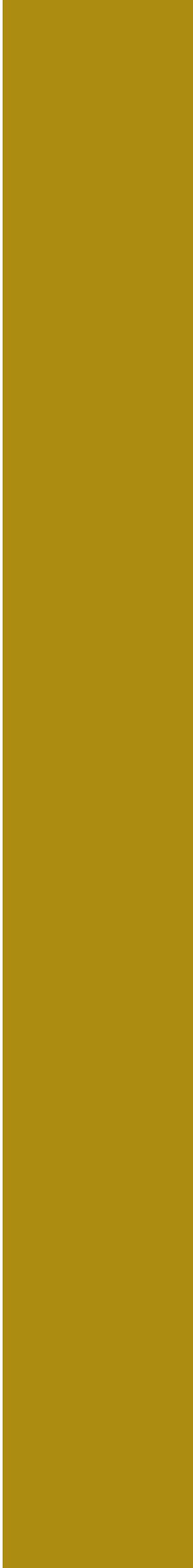
A metodologia de emenda de placas pré-moldadas através de concretagem in loco garante rigidez e completo isolamento a estrutura, evitando possíveis fugas de material contido e melhorando seu desempenho diante dos esforços atuantes provenientes das cargas do maciço de solo contido.





CAPÍTULO 5

ANÁLISE DO PERFIL DE SOLO.



Na investigação geotécnica realizada para a devida obra, foi adotado o processo de sondagem a percussão S.P.T (standard Penetration Test), onde os índices de penetração foram obtidos pela cravação do amostrador padrão através de quedas sucessivas do martelo padronizado com massa de ferro de 65 Kg da altura de 0,75 m, até se atingir a penetração de 0,45 m, anotando-se o número de golpes necessários à cravação de cada 0,15 m do referido amostrador padrão, após atingir os 0,45 m, foi feito avanço de 0,55 m até atingir a camada para o próximo metro de ensaio através de lavagem com motor bomba e lama betonítica, conforme orientação da Norma Brasileira NBR - 6484/2001.

Por tratar-se de um terreno onde em determinada época do ano encontra-se alagado, optou-se por fazer dois furos de sondagem no mesmo local em épocas diferentes, um com a água estando em seu nível mínimo e outro quando a mesma se encontrava em nível máximo, para fim de conhecer o desnível da água em relação ao terreno e atender especificações de segurança e durabilidade da estrutura. Em época de nível mais elevado do rio, a sondagem apresentou em seu resultado uma lâmina d'água com cota de 3,00 metros acima do nível do solo e presença continua da mesma durante todo o percurso perfurado, enquanto que o furo realizado quando o nível do rio estava no mínimo constatou a presença de água na cota de 1,50 metros abaixo do nível do terreno onde se localiza a obra.

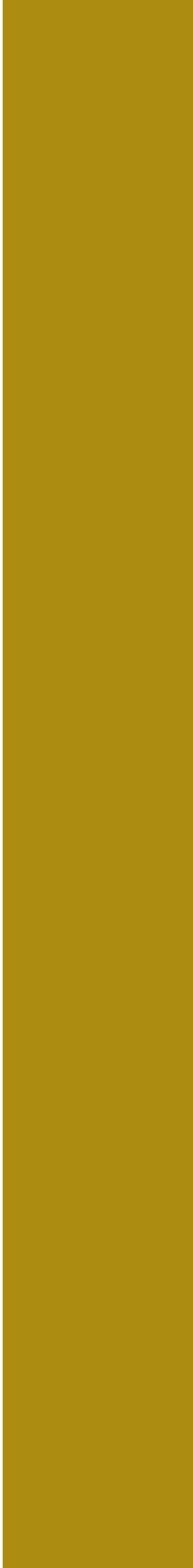
A busca por resultados da variação da lâmina d'água deu-se para garantir a correta execução do processo de encapsulamento com concretagem dos trilhos ferroviários usados como estacas, dando isolamento suficiente em relação a possíveis ataques de corrosão provocados pelo contato com o oxigênio a que seriam expostos quando em nível mínimo do rio. Isso se dar por conta dos espaços existentes no solo que em épocas de cheia do rio são preenchidos com água, porém em épocas de seca esses espaços são preenchidos com oxigênio.

Os furos realizados no solo do terreno constataram nos primeiros 9,45 metros a alternância de areias, hora fina de cor branca, hora grossa de cor branca com fragmentos de seixo e rochas. Após, de 9,45 até a cota final de 18 metros, constatou-se a presença de solos argilosos, alternando de argila branca para cinza, passando por uma fina camada de areia grossa e finalizando em uma camada de argila branca, pouco resistente.



CAPÍTULO 6

FUNDAÇÕES PROFUNDAS PRÉ-MOLDADAS



De acordo com a norma de fundações, ABNT NBR 6122:2019, destaca-se como um integrante de fundação que distribui as cargas para o solo, através de resistência de ponta, resistência lateral ou através de ambos. A preferência vai de acordo com a análise de solo, classificações dos deslocamentos destas estruturas, trabalhabilidade destes modelos e as verificações de funcionamentos e carregamentos de como este embasamento irá se comportar, se a tração, compressão ou a flexão.

O uso de estacas pré-moldadas do tipo trilhos ferroviários, foi a metodologia de fundação adotada na base de apoio do muro de contenção da obra do terminal hidroviário de cargas e passageiros de Santarém, por questões econômicas e prazos corridos para a construção da edificação. Sendo fixados em cada ponto de ancoragem (bloco de coroamento) do muro, dois trilhos TR-68 cravados a percussão, com uso de martelo a gravidade de 1.300kg (mil e trezentos quilos) e altura de impacto de 1,00m (um metro) com profundidades de cravação entre 11,00 e 12,00m (onze e doze metros). A imagem a seguir mostra exemplares já cravadas e sua concretagem de encapsulamento já executada, faltando apenas cortes para que seja alcançado seu nível de arrasamento.

Figura 1: Trilhos Ferroviários cravados como estacas de fundação.



Fonte: imagem cedida pela construtora.

Os trilhos ferroviários são compostos por peças de aço laminado soldáveis e na maioria das vezes são utilizados como reaproveitamento após serem removidos de linhas férreas ao serem desgastados e perderem sua funcionalidade. A utilização de trilhos de trem na construção civil vem ganhando espaço no mercado que abrange a área, principalmente por fatores econômicos, tendo baixo custo de execução e aquisição.

As estacas de trilhos ferroviários são inseridas no solo do terreno a que se pretende construir, sem que se faça necessário a retirada de material terroso, utilizando-se apenas de instrumentos de cravação, podendo ser estes, de prensagem, percussão ou de vibração. Estas, em sua execução são caracterizadas por apresentarem pouca vibração no terreno, juntamente com a facilidade de penetração em quase todos os tipos de solos devido à elevada resistência mecânica que caracteriza o aço e permite que se chegue a elevadas profundidades de cravação sem que as mesmas se quebrem e haja possíveis diferenças em seus comprimentos finais, fator este possível também pela facilidade em executar emendas e cortes no aço, garantindo assim a redução nos prazos de entrega sem a perda do controle de qualidade final do serviço.

Os custos referentes as etapas, materiais e mão de obra voltados a fundação profunda do trecho do muro de arrimo existente no Terminal Hidroviário de Passageiros e cargas da cidade de Santarém são apresentados detalhadamente como mostra abaixo, na tabela 01.

Tabela 1: Custos referentes a fundação profundas pré-moldadas

FUNDAÇÕES PROFUNDAS PRÉ-MOLDADAS					
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANTIDADE	UNITÁRIO (R\$)	CUSTO (R\$)
01	Trilhos ferroviários TR-68	kg	17.956	R\$ 2,30	R\$ 41.298,80
02	Escavação encapsulamento Ø0,35	m3	4,23	R\$ 42,21	R\$ 178,55
03	Concreto de encapsulamento	m3	4,23	R\$ 353,21	R\$ 1.494,08
04	Espiral de encapsulamento	kg	66,00	R\$ 8,11	R\$ 535,26
05	Maquinário	hr	32,00	R\$ 125,00	R\$ 4.000,00
06	Mão de obra	vb	1	R\$ 400,00	R\$ 400,00
TOTAL (R\$)					R\$ 47.906,69

Fonte: Adaptado da construtora.

A tabela acima mostra com clareza a elevação dos valores no orçamento da etapa executada impulsionado principalmente pelo preço dos trilhos ferroviários e maquinário a que se faz necessário para a execução do tipo de obra.





CAPÍTULO 7

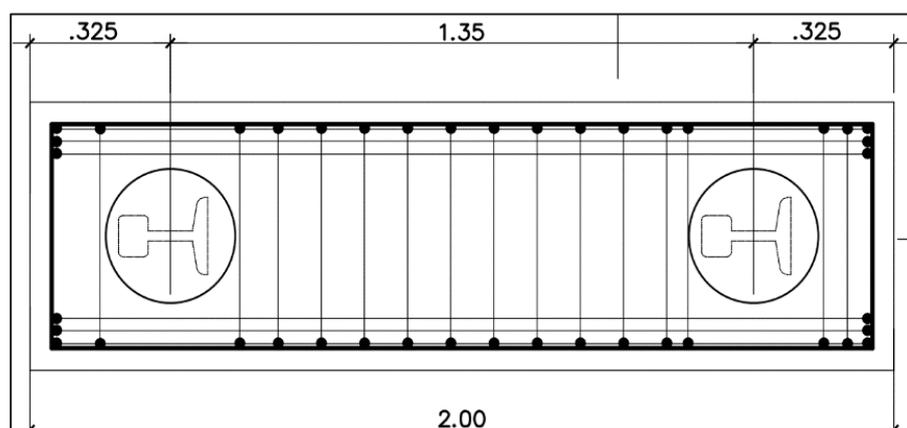
BLOCOS DE COROAMENTO



Os blocos de coroamentos são componentes de concreto que desempenham a função de transferir as cargas descendentes da superestrutura para as fundações profundas. A ABNT NBR 6118:2014 estabelece os blocos como sendo estruturas de volume que são utilizados para a transferência de esforços. Suas geometrias podem ser idealizadas para 1, 2, 3... n estacas. Ainda segundo a NBR 6118:2014 os blocos podem ser considerados rígidos ou flexíveis, já que os mesmos possuem um arranjo com funcionamento complexo. Os blocos rígidos não sofrem deformações durante sua utilização, através disso a rigidez não afeta na passagem das cargas da estrutura para a fundação. Já os blocos flexíveis são totalmente o inverso do rígidos, pois sofre deformações na presença dos esforços das estruturas.

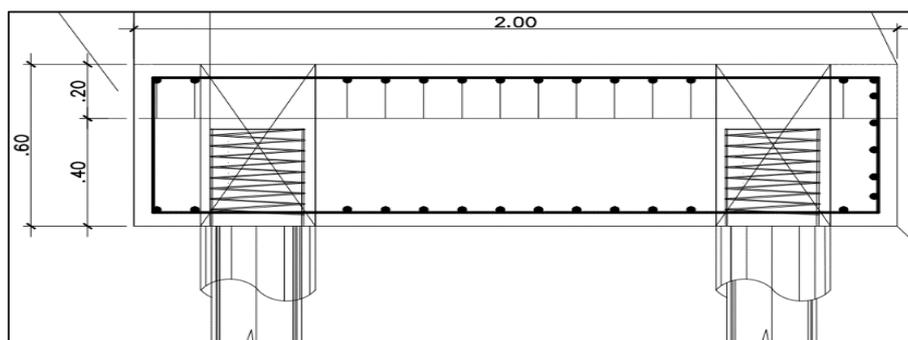
Na obra em estudo foram utilizados blocos em concreto pré-moldado rígidos com resistência característica a compressão (F_{ck}) de 30MPa (trinta Mega Pascal), sua geometria foi idealizada para 2 (duas) estacas pré-moldadas, para fim de atender as solicitações de cargas provenientes da estrutura, tanto as de tração, quanto as de compressão. Estes foram projetados com dimensões de base igual a 2,00m x 0,40m e altura igual a 0.60m com ferragens de esperas para as estruturas sobrepostas a estes e 2 furos para garantir a posterior cravação das estacas de fundação, as quais implicam em 2 trilhos ferroviários TR-68. As figuras 2a e 2b mostram com maior detalhamento o modelo estrutural adotado para os blocos utilizados na fundação da obra de contenção arrimada do Terminal de Passageiros e cargas de Santarém.

Figura 2a: Vista superior do bloco de coroamento.



Fonte: imagem cedida pela construtora.

Em sua visão superior, observa-se o detalhamento das ferragens e o fiel posicionamento dos trilhos ferroviários encapsulados, a trabalhar como elemento de consolidação da estrutura com o terreno.

Figura 2b: Vista lateral do bloco de coroamento.

Fonte: imagem cedida pela construtora.

Lateralmente observa-se, além da disposição das ferragens e estacas, o encapsulamento das estacas metálicas juntamente com a armação de fretagem em espiral, o que possibilita ao arranjo estrutural um melhor desempenho, trabalhando de forma mais conjunta e combatendo as forças de arranque a que os blocos estão sujeitos.

A figura 03 mostra uma imagem real do bloco de coroamento já posicionado em seu local definitivo na obra, juntamente com as armações de espera das estruturas superiores e os dois furos encamisados onde posteriormente serão cravados os trilhos ferroviários como estacas de ancoragem.

Figura 3: Imagem real do bloco de coroamento já alocado em seu destino final.

Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Em suas disposições é possível observar que após a cravação das estacas foram montadas formas para uma nova fase de concretagem dos blocos, consolidando através de armações de fretagem e concretagem in loco, os trilhos ao bloco. Nessa fase os blocos têm sua estrutura finalizada, ficando a nível e com esperas para ligação das estruturas que se sobrepõe.

Tabela 2: Custos referentes aos blocos de coroamento.

BLOCOS DE COROAMENTO					
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANTIDADE	UNITÁRIO (R\$)	CUSTO (R\$)
01	Forma/desforma	m ²	31,68	R\$ 83,25	R\$ 2.637,36
02	Maquinário	hr	4	R\$ 125,00	R\$ 500,00
03	Concreto 30 MPa	m ³	5,28	R\$ 353,21	R\$ 1.864,95
04	Aço	kg	316,80	R\$ 8,11	R\$ 2.569,25
05	Mão de obra	vb	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00
TOTAL (R\$)					R\$ 7.921,56

Fonte: Adaptado da construtora.

A tabela 02 mostra o detalhamento dos custos dos blocos de coroamento feitos em concreto pré-moldado para atender o trecho adotado para fins deste estudo. Nesta nota-se que as etapas de forma, desforma e concreto são fatores preponderantes para a elevação dos custos orçamentários finais.



CAPÍTULO 8

PLACAS DE FUNDO E PLACAS VERTICAIS DO MURO.

As placas do fundo do muro são estruturas submetidas a flexão e possuem como uma das principais finalidades combater possíveis esforços de rotação provocados por cargas descendentes do maciço de solo contido, utilizando a seu favor, além de seu peso próprio, as cargas do solo dispostas sobre si de forma a aumentar a estabilidade global da estrutura, visto que as mesmas são engastadas sobre os blocos de coroamento assim como nos contrafortes, quando da existência de necessidade de adoção dos mesmos. Segundo Gerscovich, 2010 as placas da base devem apresentar largura de 50 a 70% da altura do muro, dimensões estas suficientes para garantir que a carga proveniente do aterro possa atuar sobre as mesmas e trabalhar em favor da estabilidade da estrutura.

A contenção arrimada existente no Terminal Hidroviário de Passageiros e Cargas de Santarém teve sua base composta por placas em concreto armado pré-moldado com resistência característica de 30Mpa, sobrepostas aos blocos de coroamento das estacas de forma a encaixar-se umas às outras através de ferragens pré-dimensionadas proporcionando a consolidação junto aos contrafortes a serem posteriormente executados.

As placas em sua totalidade foram projetadas com dimensões suficientes para atender as solicitações de esforços provocados pelas cargas provenientes do terreno. Tendo sua geometria medidas equivalentes a 3,10m de comprimento, 1,75m de largura e 0,20m de espessura concretado previamente para lançamento. Nas faces onde encontram-se umas com as outras foram deixadas ferragens aparentes com finalidade de ligação entre uma placa e outra, assim como aos contrafortes.

Na figura 04 é apresentado a imagem de duas placas de fundo sobrepostas aos blocos de coroamento, posicionadas em seu destino final, dando enfoque principalmente à exata localização das mesmas.

Figura 4: Placas de fundo do muro posicionadas sobre os blocos de coroamento.



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

O detalhamento da junção entre as placas de fundo e as esperas da ferragem dos contrafortes podem ser observadas acima. Suas emendas foram feitas em concreto fck de 30 Mpa juntamente com os contrafortes posteriormente executados e após o posicionamento das placas da parede vertical para fim de melhor atender a estabilidade global da estrutura.

A tabela 03 trata dos custos referentes às etapas de confecção, materiais, maquinário e mão de obra que envolvem as placas do fundo do muro aqui estudado, onde pode ser observado a influência dos valores provenientes do aço e do concreto como principais agentes na elevação dos custos.

Tabela 3: Custos referentes as placas do fundo do muro.

PLACAS DO FUNDO					
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANTIDADE	UNITÁRIO (R\$)	CUSTO (R\$)
01	Forma/desforma	m ²	9,7	R\$ 83,25	R\$ 807,53
02	Maquinário	hr	4	R\$ 125,00	R\$ 500,00
03	Concreto 30MPa	m ³	10,85	R\$ 353,21	R\$ 3.832,33
04	Aço	kg	651	R\$ 8,11	R\$ 5.279,61
05	Mão de obra	vb	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
TOTAL (R\$)					R\$ 10.569,47

Fonte: Adaptado da construtora.

Seguido das placas de fundo foi realizado a locação das placas verticais do muro. Realizado em duas etapas, primeiramente foi alocada a placa vertical inferior e realizada a concretagem de suas emendas junto aos contrafortes, em dias seguintes, logo que a cura do concreto permitiu, foi realizado a locação das placas verticais superiores, as quais dispuseram de esperas de ferragens para possibilitar o engastamento da viga de rigidez junto ao restante do muro.

As placas de contenções verticais são as responsáveis por adquirir as ações da terra sobre a estrutura, sendo estas formadas por empuxo de terra, lançando estes esforços para os contrafortes, nos quais estão assentadas (LUENIR E SANTOS, 2014). As placas são determinadas para resistir a maiores esforços do real carregamento ao qual está submetida, agregando em praticidade de montagem e da segurança estrutural.

Para atender as características da obra estudada fez-se necessário a utilização de placas verticais em concreto pré-moldado com dimensões de 3,20m de largura por 2m de altura, sendo que a disposta sobre os blocos de coroamento possui reduções na sua parte inferior em ambos os lados, o que facilita o encaixe e estacionamento das mesmas sobre os blocos, assim como o total isolamento da estrutura evitando possível fuga de material que compõe o aterro.

A figura 05 mostra a disposição das placas verticais inferiores do muro dispostas sobre os blocos de coroamento assim como as ferragens para posterior emenda entre as mesmas e também com as sobrepostas e contrafortes. Sua fixação e verticalidade foi garantida através do uso de escoramentos de madeira, como também é mostrado na figura abaixo.

Figura 5: Posicionamento das placas verticais do muro.



Fonte: imagem cedida pela construtora.

Tabela 4: Custos referentes as placas verticais do muro.

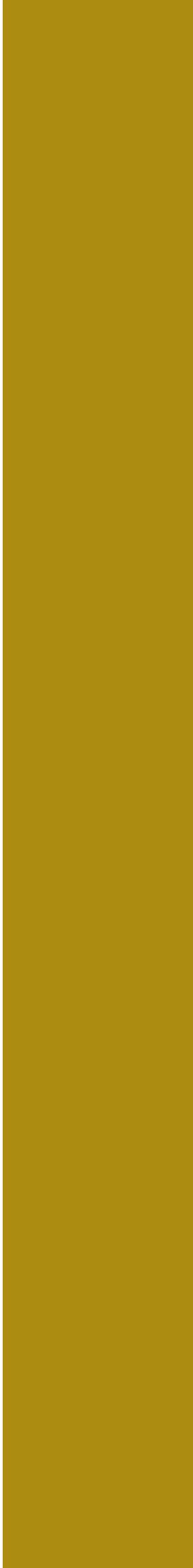
PLACAS VERTICAIS					
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANTIDADE	UNITÁRIO (R\$)	CUSTO (R\$)
01	Forma/desforma	m ²	20,40	R\$ 83,25	R\$ 1.698,30
02	Transporte e locação	hr	8	R\$ 125,00	R\$ 1.000,00
03	Concreto 30MPa	m ³	24,80	R\$ 353,21	R\$ 8.759,61
04	Aço	kg	1.488,00	R\$ 8,11	R\$ 12.067,68
05	Mão de obra	vb	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
TOTAL (R\$)					R\$ 23.675,59

Fonte: Adaptado da construtora.



CAPÍTULO 9

ATIRANTAMENDO DO MURO

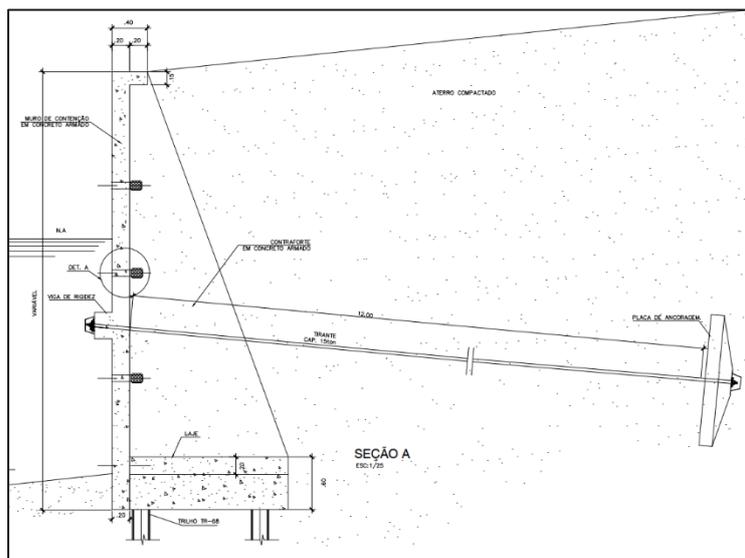


O tirante é um componente linear preparado para conduzir esforços de tração entre suas extremidades, sendo uma borda ancorada dentro do terreno (bulbo). Para a sua utilização deve-se atentar as garantias de durabilidade e a manutenção da carga determinada ao longo do tempo, onde este elemento caracteriza-se ativo, com uma carga primeiramente empregada e similarmente aplicada uma tensão na calda de injeção, aumentando a coesão nesta área por atrito. A maioria dos materiais utilizados em tirantes são compostos por aço, pois resiste bem aos esforços de tração, regularmente aplicados fios, barras ou cordoalhas.

Segundo LUÍZ, B. J (2014, p.11) a ancoragem pode ser dividida em dois intervalos, o ancorado e o trecho livre, onde em suas composições são utilizados calda de cimento e barra de aço, o espaço ancorado transmite o esforço de tração ao bulbo mediante a calda de cimento e o trecho livre transmite a carga de tração entre o trecho ancorado e a cabeça da ancoragem (apud GEO-RIO,2014,p.11). Existe ainda a metodologia de ancoragem através de placas de concreto, a qual consiste em implantar na extremidade do sistema de tração, que fica enterrado no terreno, uma placa feita em concreto armado de tamanho pré-dimensionado, garantindo assim maior ancoragem do arranjo ao terreno.

Os cabos de pró-tensão são elementos que trabalham a tração, conectando a placa à estrutura do muro, geralmente são protegidos das intempéries, a qual se expõem quando em contato com o ambiente, por meio de nata de cimento, a qual também colabora para maior aderência do cabo no solo.

Na obra estudada, o sistema de tirantes adotado consiste no uso de barras de aço DYWIDAG com diâmetro de 25 milímetros. Segundo protendidos DYWIDAG (2021), os complexos consistem na aplicação de barras de aço especiais como elemento resistente a tração, com porcas e placas que subdivide o esforço aplicado através de uma amarração sobre a estrutura protendida, o grupo apresenta-se simples, seguro e eficiente em suas aplicações protendidas em terra ou rocha. Estes foram encapsulados com tudo pvc de 50 milímetros de diâmetro e protegido com nata de cimento pós aplicada, interligando o muro a uma placa de ancoragem feita em concreto pré-moldado com resistência característica (f_{ck}) de 30 Mpa. Para a ancoragem das barras nos contrafortes da estrutura foram deixados furos prévios de forma a garantir passagem a estes e que foram preenchidos ao final do procedimento para garantir o total isolamento quanto a corrosão. A figura 06 mostra o detalhamento geral do sistema de tirante com todos seus componentes utilizados no muro de arri-mo existente na obra do Terminal Hidroviário de cargas e passageiros de Santarém.

Figura 6: Detalhamento e disposição do sistema de atirantamento do muro.

Fonte: imagem cedida pela construtora.

Segundo a Evehx, (2021) as placas de ancoragem são peças utilizadas para mensurar e estabilizar o aço para a protensão, no qual pode ser localizado em qualquer ponto ao longo da distância do cabo/barra sem a imposição de cortá-lo e usualmente são utilizados em período de concretagem para possibilitar o adiantamento da protensão e a retirada das fôrmas. As utilizadas nos tirantes do muro em estudo foram dimensionadas de acordo com as necessidades técnicas da obra e padrão da empresa, sendo o seu formato um tronco de pirâmide com dimensões de 1,2m x 1,2m de base e 0,25m de altura, com armaduras de reforço fazendo com que estas trabalhem de forma rígida. Todo o sistema de tirante foi implantado no solo com o auxílio de retroescavadeira e após a injeção da nata de cimento foi aguardado um período de cura de 14 dias para que pudesse então ser realizada a pró-tenção das barras, garantindo assim carga de apoio igual a 15 toneladas por placa.

Tabela 5: Custos referentes ao atirantamento do muro.

ATIRANTAMENTO DO MURO					
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANTIDADE	UNITÁRIO (R\$)	CUSTO (R\$)
01	Forma / desforma	m ²	6	R\$ 83,25	R\$ 499,50
02	Concreto 30Mpa	m ³	3,96	R\$ 353,21	R\$ 1.398,71
03	Aço	kg	237,60	R\$ 8,11	R\$ 1.926,94
04	Barra DIWIDAG Ø25mm	kg	514,80	R\$ 14,82	7.629,34
05	Tubos PVC Ø50mm	und	22	R\$ 38,13	R\$ 838,86
06	Tê de PVC Ø50mm	und	11	R\$ 4,86	R\$ 53,46
07	Nata de cimento	sc	11	R\$ 30,00	R\$ 330,00
08	Chapas de aço	kg	49,01	R\$ 6,30	R\$ 308,76
09	Maquinário	hr	16	R\$ 125,00	R\$ 2.000,00
10	Mão de obra	vb	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
TOTAL (R\$)					R\$ 15.485,57

Fonte: Adaptado da construtora.

Na tabela 05 são apresentados os custos totais referentes ao sistema de atirantamento adotado na construção do muro de arrimo em estudo, nesta pode-se perceber os que envolvem as barras de protensão como sendo aqueles de maior influência no orçamento da etapa, seguido pelos referentes ao uso de maquinário.



CAPÍTULO 10

CONTRAFORTE E VIGA DE ENRRIGECIMENTO DO MURO

Contrafortes são componentes estruturais que integram os muros com alturas consideráveis e tem como principal função transferir as tensões provenientes do muro de contenção, devido as forças de empuxo e poropressão provenientes do acúmulo de água no maciço de solo, para a fundação da estrutura, assim como garantir maior rigidez a estrutura conectando as placas de fundo às placas dispostas verticalmente, podendo sua armadura principal ficar situada na parte inclinada destes devido aos esforços de tração gerados em função da rotação a que o arranjo é submetido, e os estribos são distribuídos ao longo de sua altura.

Segundo (DOMINGUES, 1997), em casos de contrafortes posicionados do lado da terra, estes devem ser analisados à flexo-compressão ou empregar em sua estrutura mecanismo de travamentos para evitar flambagem da estrutura inclinada. Porém, quando os contrafortes encontram-se na parte externa do muro, fora do maciço, onde conta com o empuxo passivo, devem ter sua armadura de tração posicionada na parte vertical da estrutura. Devido ocasionar perda de espaço útil à jusante da contenção os contrafortes são menos usuais nessa posição.

Para que fossem atendidas as especificações técnicas e solicitações de cargas provenientes do maciço de solo, na obra estudada fez-se necessário a utilização de contrafortes como elementos de enrijecimento do muro devido sua esbeltez. Esses elementos foram dispostos sobre cada bloco de coroamento, o que consiste em dizer que em caso de possível exposição a forças de rotação geradas na estrutura, são responsáveis por fazer com que uma estaca de fundação seja solicitada à compressão e outra à tração. Suas dimensões consistem em base igual a 2 metros, altura de 3,40 metros, com formato de triângulo retângulo e espessura de 0,20 metros feito em concreto com resistência característica f_{ck} de 30 MPa.

Após finalizada a concretagem do bloco de coroamento e já contando com parte das armaduras de trabalho e tração posicionadas em seus devidos locais fez-se o complemento das mesmas, juntamente com a montagem de suas formas para conter o material durante o processo de concretagem e então dar forma aos contrafortes. Ainda durante essa etapa foram introduzidos tubos de PVC nas estruturas (contrafortes) para garantir posterior passagem das barras dos tirantes de sustentação da parte a ser enterrada para a parte externa da contenção.

A figura 07 mostra o detalhamento da armação das ferragens que compõem a estrutura dos contrafortes com as placas de fundo e parte das placas verticais já posicionadas em seus devidos lugares.

Figura 7: Armação dos contrafortes juntamente com as placas do fundo e verticais inferiores do muro.



Fonte: Imagem cedida pela construtora

Por tratar-se de uma estrutura moldada in loco, foram utilizados painéis de madeira como formas, podendo estes serem reaproveitados após cada processo de concretagem. A concretagem in loco dessas estruturas possibilitou seu melhor travamento juntamente às placas de fundo e as verticais da contenção, garantindo assim maior rigidez e estabilidade global à estrutura.

Figura 8: Contrafortes finalizados com furo de passagem para as barras do tirante.



Fonte: imagem cedida pela construtora.

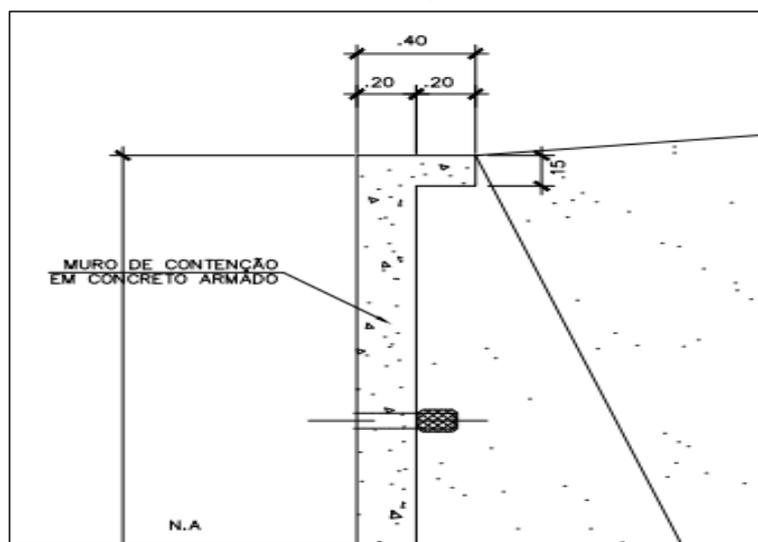
Na figura 08 é mostrado o trecho do muro em estudo, já com os contrafortes e os demais elementos que o compõe, finalizados, faltando apenas a conclusão da viga de enrijecimento da contenção. A fase de aterramento da estrutura é realizada apenas depois da execução da viga enrijecedora.

Afim de fazer com que a estrutura de contenção tenha seus deslocamentos de forma mais uniformizada, faz-se necessário adotar uma viga de enrijecimento/coroamento, a qual tem como principal finalidade distribuir os esforços ao longo do muro de contenção, fazendo com que a estrutura trabalhe de forma concomitante. Segundo (BESSA E GUERRA, 2006) normalmente este tipo de vigamento de topo em concreto armado têm uma maior porcentagem de aço nas faces laterais, isso torna-se necessário devido as contenções apresentarem reações de impulsos horizontais, ou seja, são vigas que, quando em contenções, são dispostas com sua maior inercia trabalhando na direção horizontal. Isso se dá devido as cargas provenientes do maciço contido a serem absorvidas também trabalharem de forma horizontal perpendicularmente ao muro.

Para dar melhoramento ao trabalho global da estrutura, foi projetada uma viga de rigidez de topo em concreto armado com resistência característica f_{ck} de 30Mpa, percorrendo linearmente por toda a extensão do muro. Por tratar-se de uma viga com sua maior inercia disposta na posição horizontal travada sobre as placas verticais e contrafortes, houve a preocupação em ter-se uma estrutura rígida, através de armaduras mais resistentes. Para que fosse possível a melhor junção com o restante da estrutura sua execução foi realizada totalmente in loco.

A viga conta com dimensões idênticas em todo o comprimento do muro, o que consiste em dizer que seu desempenho se iguala em todos os pontos de trabalho, contando com base de 0,40 metros, altura de 0,15 metros e comprimento de acordo com o do restante do muro. A figura 09 mostra a disposição da viga enrijecedora ainda em perfil de projeto.

Figura 09: Posicionamento da vida enrijecedora no muro de contenção.



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Na figura 09 pode-se observar na parte superior a viga com sua metade (0,20 m) embutida na parede do muro, enquanto a outra metade (0,20 m) é disposta para o lado onde será realizado posterior preenchimento com aterro. Esta trata-se da última estrutura do muro a ser executada.

Tabela 6: Custos referentes aos contrafortes.

CONTRAFORTE					
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANTIDADE	UNITÁRIO (R\$)	CUSTO (R\$)
01	Forma/desforma	m ²	34,00	R\$ 83,25	R\$ 2.830,50
02	Concreto	m ³	7,48	R\$ 353,21	R\$ 2.642,01
03	Aço	kg	448,80	R\$ 8,11	R\$ 3.639,77
04	Tubo PVC Ø50mm	und	3	R\$ 38,13	R\$ 114,39
05	Mão de obra	vb	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
TOTAL (R\$)					R\$ 9.426,67

Fonte: Adaptado da construtora

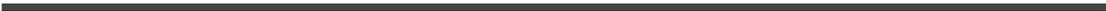
Na tabela 06 são apresentados os custos que envolveram a estrutura dos contrafortes, desde aqueles gerados pela utilização de formas até a mão de obra a que se fez necessário para que a etapa fosse concluída. Nesta fica explícito o aço como agente propulsor do aumento considerável dos custos assim como os altos valores gastos devido a utilização de formas de madeira, visto que estes tratam-se de estruturas concretadas in loco.

Tabela 7: Custos referentes a viga de enrijecimento do muro.

VIGA DE ENRIJECIMENTO					
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANTIDADE	UNITÁRIO (R\$)	CUSTO (R\$)
01	Forma/desforma	m ²	11,20	R\$ 83,25	R\$ 932,40
02	Concreto	m ³	1,92	R\$ 353,21	R\$ 678,16
03	Aço	kg	115,20	R\$ 8,11	R\$ 934,27
04	Mão de obra	vb	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
TOTAL (R\$)					R\$ 2.694,83

Fonte: Adaptado da construtora.

A tabela 07 trata dos custos necessários para a execução da viga de enrijecimento do muro. E nesta pode ser observado o grande valor a que se faz necessário investir quando se trata de formas para estruturas moldadas in loco, chegando a igualar aos custos gerados pelo consumo de aço e concreto necessários na composição da estrutura.





CAPÍTULO 11

DRENAGEM DO MURO

De acordo com o Geofoco Brasil (2014) em estruturas de contenção faz-se necessário vincular ao recurso de barreira, o dispositivo de condução que tem por finalidade de escoar a água e conduzi-la a um local de saída pré-definido. As águas do lençol freático que por acaso venham surgir a montante do muro de arrimo, devem ser controladas, assim como as provenientes de precipitações, dentre outros.

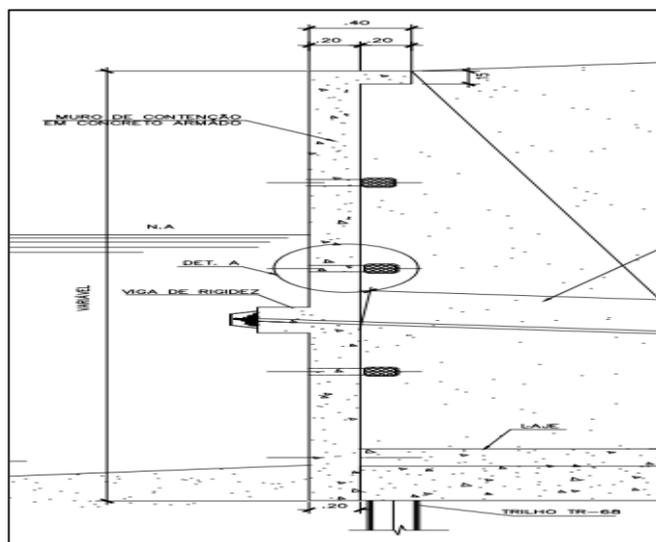
Com o método apenas da barreira, que trata da impermeabilização da estrutura, podem ser ocasionados sérios problemas para o arranjo estrutural (a estrutura de concreto), pois com a água confinada a montante é gerado um esforço de sobrecarga muito grande em responsabilidade da saturação do solo, o que conhecemos como poropressão do solo, que trata da submersão da parte contida do terreno e em alguns casos pode ser fator preponderante para o colapso da estrutura de arrimo. Com isso faz-se necessário a utilização de drenos nos muros de contenção, pois para água aprisionada deve ser dado destino apropriado afim de evitar, ou minimizar possíveis sobrecargas no alicerce.

Uma das metodologias de drenagem que tem-se mostrado muito eficiente é o uso de barbacãs, trata-se de canos de PVC perfurados, trabalhando como se fossem filtros onde deve passar somente água, possuindo diâmetro calculado de acordo com as necessidades características de cada obra. Ao redor dos tubos barbacãs faz-se necessário a utilização de camadas de materiais drenantes, como areias, britas e seixos, suficientes para que o fluxo de água possa ter liberdade de escoamento e evitar o fenômeno da poropressão.

Na contenção existente no Terminal Hidroviário de cargas e passageiros de Santarém a metodologia de drenagem adotada foi o barbacã, onde por tratar-se de um muro feito com elementos pré-moldados, inseriu-se tubos PVC com diâmetro de 50 milímetros, tanto nas placas da laje, quanto nas placas verticais antes da concretagem das mesmas ainda fora de seu destino final. Após o posicionamento das placas em seu local definitivo foram instaladas telas de nylon nas bocas dos tubos de drenagem, na parte a ser aterrada posteriormente. Durante o processo de aterramento atentou-se para que a borda da contenção fosse aterrada com material arenoso e as entradas dos drenos fossem rodeadas totalmente com brita 1, o que por sua vez evita a percolação do solo e facilita a passagem de água pelos drenos, sem nenhuma perda de material. A parte interna do tubo drenante foi totalmente preenchida com brita e para evitar a fuga desse material foi realizado o isolamento do mesmo implantando-se um dispositivo cap com furos pré-definidos para possibilitar a livre passagem de água.

A figura 10 mostra a disposição dos tubos dos drenos no muro de contenção estudado, juntamente com os dispositivos de isolamento interno utilizados para evitar a fuga de material de aterro sem que seja inibida a passagem de água.

Figura 10: Disposição dos tubos de drenagem do muro.



Fonte: imagem cedida pela construtora.

A tabela 08 mostra os custos referentes ao sistema de drenagem adotado para a obra em estudo, o que pode ser considerado de baixo valor comparado as demais etapas que envolvem a obra de forma global.

Tabela 8: Custos de drenagem do muro de arrimo.

DRENAGEM					
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANTIDADE	UNITÁRIO (R\$)	CUSTO (R\$)
01	Tubo PVC Ø 50mm	und	4	R\$ 38,13	R\$ 152,52
02	Cap PVC Ø 50mm	und	40	R\$ 5,31	R\$ 212,40
03	Tela Nylon fina	m ²	3,60	R\$ 8,26	R\$ 29,74
04	Cola PVC	und	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
05	Mão de obra	vb	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
TOTAL (R\$)					R\$ 569,66

Fonte: Adaptado da construtora.

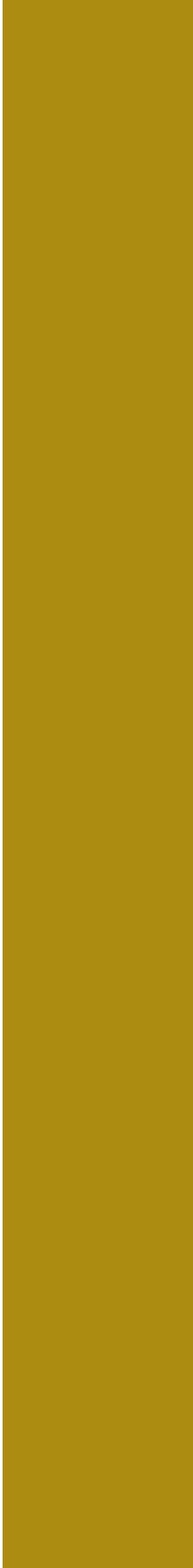
Analisando a tabela apresentada acima chega-se ao entendimento de que os custos necessários para implantar um sistema de drenagem eficiente são muito baixos comparados as demais partes que compõem a estrutura e também comparado à sua influência quanto a garantia de aumento de vida útil da edificação e a prevenção do fenômeno da poropressão, que pode levar ao colapso da estrutura.





CAPÍTULO 12

RESULTADOS E DISCUSSÕES



A complexidade do perfil de obra estudado permite considerar como viáveis as metodologias adotadas para tal, de maneira que sejam analisados fatores referentes a cronograma estabelecido, recursos financeiros disponíveis, maquinário e mão de obra especializada na área.

Por trata-se de uma obra localizada às margens de um rio onde o nível da água sofre constantemente variações, outras metodologias de construção, se não utilizando-se de pré-moldados sofreriam possíveis transtornos devido ao tempo de execução que seria estendido, possibilitando a inundação da estrutura durante a fase de execução, assim como a alteração negativa no orçamento final devido, principalmente a elevada quantidade de formas a que se tornaria necessário.

A utilização de trilhos ferroviários como elementos de fundação profunda mostrou-se eficiente principalmente por tratar-se de uma estrutura pré-fabricada com riscos quase nulos de perda durante o transporte e cravação assim como sua vida útil prolongada quando executada de forma correta.

A metodologia executiva adotada atendeu ao cronograma estabelecido para a empresa na obra estudada, sem que os custos sofressem alterações significativas capazes de diferenciar de outras metodologias suficientes para atender o perfil e características da edificação. A figura abaixo retrata o cronograma físico executivo do trecho da edificação adotado para fins de estudo e demonstração de viabilidade.

Figura 11: Cronograma físico executivo do trecho da obra adotado para estudo.

		PRAZO: 03/09/2018 A 28/09/2018																										
ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	1ª SEMANA					2ª SEMANA					3ª SEMANA					4ª SEMANA											
		03/09	04/09	05/09	06/09	07/09	08/09	09/09	10/09	11/09	12/09	13/09	14/09	15/09	16/09	17/09	18/09	19/09	20/09	21/09	22/09	23/09	24/09	25/09	26/09	27/09	28/09	
	CONSTRUÇÃO 32 METROS DO MURO DE ARRIMO PRÉ-MOLDADO																											
1	CONFEÇÃO DOS BLOCOS DE COROAMENTO																											
2	CONFEÇÃO DAS PLACAS VERTICAIS																											
3	CONFEÇÃO DAS PLACAS DO FUNDO																											
4	CONFEÇÃO DAS PLACAS DOS TIRANTES																											
5	LIMPEZA E NIVELAMENTO DO TERRENO																											
6	LOCAÇÃO DOS BLOCOS DE COROAMENTO E ESCAVAÇÃO DO ENCAPSULAMENTO DAS ESTACAS METÁLICAS																											
7	CRAVAÇÃO E CONCRETAGEM DE ENCAPSULAMENTO DAS ESTACAS METÁLICAS.																											
8	CONCRETO DE FINALIZAÇÃO DOS BLOCOS E ESPERA DOS CONTRAFORTES																											
9	LOCAÇÃO DAS PLACAS DO FUNDO																											
10	LOCAÇÃO DAS PLACAS VERTICAIS																											
11	ARMAÇÃO E FORMA DO CONTRAFORTE																											
12	CONCRETAGEM DOS CONTRAFORTES E EMENDAS DAS PLACAS DO FUNDO E VERTICAIS																											
13	DRENAGEM DO MURO																											
14	ARMAÇÃO, FÓRMA E CONCRETAGEM DA VIGA DE ENRIJECIMENTO																											
15	ESCAVAÇÃO, LOCAÇÃO E REATERRO DAS BARRAS E PLACAS DOS TIRANTES																											
16	APLICAÇÃO DE NATA DE CIMENTO NAS BARRAS DOS TIRANTES																											
17	PROTENSÃO DAS BARRAS DOS TIRANTES																											
18	LIMPEZA FINAL DA ETAPA DA OBRA																											

Fonte: Adaptado da construtora.

No cronograma acima exposto, pode-se observar que a maioria das etapas de execução da obra desenvolveram-se de forma simultânea, o que possibilita atender com maior rigor o tempo determinado para cada uma. Sem que se tenha desperdícios com maquinário ou pessoal parados por falta de atividades. E automaticamente garantindo maior lucratividade para a construtora.

A tabela 09 aponta custos gerais referentes a 32 metros lineares de muro construído no Terminal Hidroviário de Passageiros e Cargas de Santarém.

Tabela 9: Tabela de custos finais do trecho estudado da obra.

ITEM	DESCRIÇÃO	CUSTO	%
01	FUNDAÇÕES PROFUNDAS PRÉ-MOLDADAS	R\$ 47.906,69	40,2%
02	BLOCOS DE COROAMENTO	R\$ 7.921,56	6,6%
03	PLACAS DE FUNDO	R\$ 10.569,47	8,9%
04	PLACAS VERTICAIS	R\$ 23.675,59	19,9%
05	ATIRANTAMENTO DO MURO	R\$ 15.485,57	13,0%
06	CONTRAFORTE	R\$ 9.426,67	7,9%
07	VIGA DE ENRIJECIMENTO	R\$ 2.694,83	2,3%
08	DRENAGEM	R\$ 569,66	0,5%
09	BASE DE CONCRETO MAGRO PARA CONFEÇÃO DOS ELEMENTOS PRÉ MOLDADOS	R\$ 883,03	0,7%
10	VALOR TOTAL (R\$)	R\$ 119.133,07	100%

Fonte: Adaptado da construtora.

A tabela acima exposta foi desenvolvida de acordo com dados fornecidos pela empresa responsável pela execução da obra adotada para fins de estudo.





CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi realizada a elaboração de um estudo de viabilidade técnico-econômica referente a contenções em concreto armado, utilizando-se de elementos pré-moldados, mas especificamente retratando a metodologia utilizada na construção do muro de arrimo a flexão existente no Terminal Hidroviário de Passageiros e Cargas de Santarém. As metodologias de embasamento foram descritas com fundamentos em normas técnicas e na biografia citada nas referências deste trabalho. O ofício baseou-se também em apresentar dados concretos sobre os custos da edificação, produtividade para o desenvolvimento desta atividade e as metodologias de execução se tratando de materiais distintos, ainda assim com resultados satisfatórios, levando-se em consideração a tipologia da construção de obras portuárias.

Quando se constrói às margens de rios com níveis de água susceptíveis a variação, há a necessidade de se adotar metodologias de construção capazes de garantir a conclusão da obra, sem que sejam perdidos enfoques que mantêm uma empresa no mercado, como eficiência, segurança e economia.

Por ser uma metodologia não muito difundida, a construção com elementos pré-moldados ainda sofre com a falta de mão de obra qualificada na área, o que por vez acaba se tornando um fator crucial para a inviabilidade orçamentaria do tipo de obra, assim como a necessidade a que se faz do uso de máquinas com suficiência para fazer o posicionamento dos elementos em seus locais definitivos, ou até seu transporte, quando sua confecção não pode ser no local da obra.

Baseando-se em revisões bibliográficas e informações cedidas pela empresa a qual executou a obra chegou-se ao entendimento que a metodologia adotada em questão é suficiente para atender ao perfil característico do tipo de obra. Visto que garante a possibilidade de executar os elementos que compõe a edificação ainda fora de seu local de destinação final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projetos de Estruturas de Concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT - Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.

DOMINGUES, P. C. **INDICAÇÕES PARA PROJETOS DE MURS DE ARRIMO EM CONCRETO ARMADO**. São Carlos, 1997. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-20032018-104408/pt-br.php>>. Acesso em: 23 de mai. de 2021.

GERSCOVICH, D. M. S., Apostila Estabilidade de Taludes, Faculdade de Engenharia / UERJ, **Departamento de Estruturas e Fundações**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>>. Acesso em: 2 de mai. de 2021.

INDÚSTRIA DE MATERIAIS PARA SISTEMAS DE PROTENSÃO - **Evehx**, 2021. Disponível em :<https://evhx.com/materiais-para-sistema-de-protensao/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=campanhaprotensao&gclid=Cj0KCQjwppSEBhCGARIsANIs4p7TBjaHLEhJZPG_IVS_D4YhOTOzPNEQV_pQ2HCsBzXirzqU3cCq9WcaAkZsEALw_wcB>. Acesso em: 7 de mai. de 2021.

LUIZ, B. J. **PROJETO GEOTÉCNICO DE UMA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO EM CONCRETO**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011764.pdf>>. Acesso em: 07 de mai. de 2021.

MEIRELES, A. B.; MARTINS, J. G. **FUNDAÇÕES E CONTENÇÃO LATERAL DE SOLOS. Execução de Cortinas de Estacas, 1º Edição**. Universidade de Fernando Pessoa, 2006. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17413/material/Cortinas%20de%20Estacas_web.pdf>. Acesso em: 18 de mai. de 2021.

SISTEMAS DYWIDAG - ancoragens em solos e rochas. Protendidos Dywidag, 2021. Disponível em: <<https://www.dywidag.com.br/produtos/sistemas-geotecnicos/sistemas-dywidag-ancoragens-em-solos-e-rochas/tirantes/>>. Acesso em: 14 de mai. de 2021.

TESKE, J. L.; SOUZA, L. S, DE. **SISTEMA DE CONTENÇÃO DE ENCOSTA PRÉ-MOLDADO COM FUNDAÇÃO SUPERFICIAL**. Pato Branco, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3392/1/PB_COE-CI_2014_2_5.pdf>. Acesso em: 02 de mai. de 2021.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água 20, 38, 44, 45, 48, 52

Através 14, 17, 20, 22, 26, 27, 30, 32, 34, 40

B

Blocos 26, 27, 28, 30, 31, 32

C

Concretagem 17, 20, 22, 27, 31, 35, 38, 39, 44

Concreto 10, 16, 26, 28, 30, 31, 34, 38, 40, 41, 44, 52

Construção 7, 10, 16, 22, 36, 48, 52

Construtora 22, 23, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 35, 39, 40, 41, 45, 48, 49

Contenção 7, 10, 12, 14, 16, 17, 22, 26, 30, 38, 39, 40, 44, 45

Contrafortes 30, 31, 32, 34, 38, 39, 40, 41

E

Elementos 7, 10, 14, 16, 17, 34, 38, 39, 44, 48, 52

Estrutura 7, 10, 12, 14, 17, 20, 26, 27, 30, 31, 34, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 48

Estruturas 7, 10, 12, 16, 17, 22, 26, 27, 30, 38, 39, 41, 44

F

Ferrovíarios 7, 12, 14, 20, 22, 23, 26, 27, 48

Fundação 7, 12, 14, 16, 22, 23, 26, 38, 48

M

Muro 7, 22, 23, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 49, 52

O

Obra 7, 10, 12, 14, 16, 17, 20, 22, 23, 26, 27, 31, 34, 35, 38, 41, 44, 45, 48, 49, 52

P

Placas 16, 17, 30, 31, 32, 34, 35, 38, 39, 40, 44

R

Referentes 7, 23, 28, 31, 32, 35, 36, 41, 45, 48, 49

S

Solo 7, 10, 14, 16, 17, 20, 22, 23, 30, 34, 35, 38, 44

T

Terreno 10, 12, 14, 17, 20, 23, 26, 30, 34, 44

Trilhos 7, 12, 14, 20, 22, 23, 26, 27, 48

SOBRE OS AUTORES

Claudinei Pinho Rabelo

Centro Universitário da Amazônia, Brasil.

E-mail: claudineipinho96@gmail.com

Daniel Carvalho Costa

Centro Universitário da Amazônia, Brasil.

E-mail: danielcostafla@gmail.com

Claudio Dornelis de Freitas Cardoso

Especialista em Estruturas e Fundações.

E-mail:claudiodornelis@gmail.com





ESTRUTURA MISTA EM ELEMENTOS DE CONTENÇÃO



ESTRUTURA MISTA EM ELEMENTOS DE CONTENÇÃO

