



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Escola Politécnica

Curso de Engenharia Civil

Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente

RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DE UM CAIS

Bruno Leite Medina

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador : Gilberto Olympio Mota Fialho

Rio de Janeiro

Agosto de 2013

RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DE UM CAIS

Bruno Leite Medina

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinada por:


Prof. Adjunto, D.Sc Gilberto Olympio Mota Fialho (Orientador)


Professor, D.Sc Afonso Augusto Magalhães de Araujo


Professor, M.Sc Paulo Renato Diniz Junqueira Barbosa

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
AGOSTO de 2013

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Recuperação Estrutural de um Cais

Bruno Leite Medina

AGOSTO/2013

Orientador: Gilberto Olympio Mota Fialho

Curso: Engenharia Civil

A partir da elaboração da Lei nº 12.815 de 5 de junho de 2013 ,que estabelece novas regras e critérios para a exploração e arrendamento da iniciativa privada de terminais de movimentação de carga em portos públicos, aumentou-se de forma substancial o interesse na reativação de terminais portuários que foram abandonados por falta de investimento no final da década de 80 e durante a década de 90. Este trabalho tem como objetivo principal apresentar, o processo de uma recuperação estrutural de um cais.

Palavras-chave: Recuperação, cais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	1
1.2 OBJETIVO	1
1.3 METODOLOGIA DE TRABALHO	1
1.4 BREVE HISTÓRICO PORTUÁRIO BRASILEIRO	2
1.5 ATUAL CENÁRIO DOS PORTOS BRASILEIROS	6
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	9
3. CAIS: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS.....	10
3.1 DEFINIÇÃO	10
3.2 CARACTERÍSTICAS	10
3.3 TIPOS DE CAIS	10
3.3.1 LOCALIZAÇÃO	10
3.3.2 CONDIÇÕES DE ABRIGO	11
3.3.3 FUNÇÃO DO CAIS	11
3.3.4 SISTEMA DE CARGAS E DESCARGAS DOS NAVIOS	11
3.3.5 TIPO ESTRUTURAL	12
3.3.5.1 Cais com paramento Aberto	12
3.3.5.2 Cais com paramento Fechado	13

4. AÇÕES NAS ESTRUTURAS DE CAIS.....	13
4.1 CARREGAMENTO PERMANENTE	14
4.2 CARREGAMENTO VARIÁVEL	14
4.2.1 VERTICAL	14
4.2.1.1 Sobrecarga Vertical	14
4.2.1.2 Cargas Móveis	15
4.2.2 HORIZONTAL	15
4.2.2.1 Atracação	15
4.2.2.2 Amarração	18
4.2.2.2.1 Forças devido ao vento	18
4.2.2.2.2 forças devido às correntes	19
4.2.2.3 Defensas	19
4.3 AÇÕES AMBIENTAIS	20
4.3.1 CORRENTES	21
4.3.2 MARÉS E NÍVEIS D'ÁGUA	21
4.3.3 ONDAS	21
4.3.4 VENTOS	21
4.3.5 SOBREPRESSÃO HIDROSTÁTICA	22
4.4 EMPUXO DO SOLO	22

5. RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DE CAIS: ESTUDO DE CASO.....	22
5.1 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	22
5.2 ESTUDOS REALIZADOS PARA CONCEPÇÃO DO PROJETO DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL ..	23
5.2.1 CAMPANHA DE ENSAIOS REALIZADOS	23
5.2.2 VERIFICAÇÕES PRELIMINARES	24
5.2.3 EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS	24
5.2.4 PROGRAMAÇÃO DOS ENSAIOS REALIZADOS NOS TESTEMUNHOS	25
5.2.5 METODOLOGIA DOS ENSAIOS	25
5.2.5.1 Determinação do teor de cloretos e sulfatos	26
5.2.5.2 Determinação da profundidade de carbonatação	27
5.2.5.3 Determinação da resistência a compressão axial	28
5.3 EXECUÇÃO DA RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL	28
6. CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

Lista de figuras

Figura 3.1 Paramento Aberto _____	12
Figura 3.2 Paramento Fechado _____	13
Figura 5.1 Esquema estrutural do cais em estudo _____	23
Figura 5.2 Deslocamento do concreto de cobertura. _____	24
Figura 5.3 Localização dos testemunhos. _____	25
Figura 5.4 Perfis de penetração de cloretos e sulfatos. _____	26
Figura 5.5 Corte da Laje . _____	31
Figura 5.6 Retirada da laje utilizando guindaste _____	31
Figura 5.7 Lajes retiradas _____	32
Figura 5.8 Rompimento da mesma com o uso de escavadeira com martelo hidráulico. _____	32
Figura 5.9 Vista da estrutura do cais depois da retirada da laje. _____	33
Figura 5.10 Vista das vigas com o topo demolido. _____	33
Figura 5.11 Forma da pré laje com o cobrimento de 5 cm. _____	35
Figura 5.12 Armadura de uma pré laje _____	36
Figura 5.13 Detalhe da alça para içamento de pré laje em CA-25 _____	37
Figura 5.14 Berço utilizado na concretagem de pré lajes na central de pré moldados _____	38
Figura 5.15 Armazenamento de armações de pré moldados _____	38
Figura 5.16 Pré lajes concretadas _____	39
Figura 5.17 Armazenamento de pré lajes concretadas _____	39
Figura 5.18 Detalhe da recuperação estrutural das vigas internas _____	40
Figura 5.19 Vigas internas escarificadas, prontas para troca de aço. _____	40
Figura 5.20 Execução de furos no concreto das vigas para substituição de armadura. _____	41
Figura 5.21 Execução de substituição de armadura. _____	41
Figura 5.22 Execução de forma e escoramento para concretagem de vigas. _____	42
Figura 5.23 Execução de concretagem de vigas. _____	42
Figura 5.24 Laterais de vigas concretadas. _____	43
Figura 5.25 Detalhe da recuperação estrutural da viga de paramento _____	44
Figura 5.26 Vigas de paramento antes da recuperação estrutural. _____	44
Figura 5.27 Viga de paramento escarificada. _____	45
Figura 5.28 Detalhe da estrutura provisória montada na viga de paramento. _____	45
Figura 5.29 Viga de paramento e base da defesa concretada. _____	46
Figura 5.30 Detalhe da estaca de perfil metálico com camisa perdida _____	47
Figura 5.31 Detalhe do bloco de coroamento com estacas em lados opostos _____	48
Figura 5.32 Detalhe da armação do bloco de coroamento com estacas em lados opostos _____	49
Figura 5.33 Detalhe do bloco de coroamento com estacas no mesmo lado em relação à viga _____	50
Figura 5.34 Detalhe da armação do bloco de coroamento com estacas no mesmo lado em relação à viga _____	51
Figura 5.35 Alinhamento das estacas com gabarito metálico. _____	52
Figura 5.36 Cravação das estacas metálicas. _____	52

Figura 5.37	Execução de eventuais solda de perfis metálicos.	53
Figura 5.38	Cravação de camisas metálicas.	53
Figura 5.39	Detalhe da execução de "Air Lift"	54
Figura 5.40	Execução de "Air Lift"	54
Figura 5.41	Colocação de armações para estacas metálicas.	55
Figura 5.42	Concretagem das estacas metálicas.	55
Figura 5.43	Corte e arrasamento de estacas metálicas.	56
Figura 5.44	Posicionamento das pré lajes e blocos de coroamentos.	56
Figura 5.45	Pré lajes posicionadas.	57
Figura 5.46	Armação da Laje in loco.	57
Figura 5.47	Concretagem da laje final (in loco).	58
Figura 5.48	Vista geral da execução da laje final (in loco).	58
Figura 5.49	Defensa Antiga	59
Figura 5.50	Defensa Antiga Avariada	60
Figura 5.51	Arranjo de locação das defensas	60
Figura 5.52	Detalhe da concretagem da base da defesa	61
Figura 5.53	Detalhe do tipo da defesa escolhida	61
Figura 5.53	Detalhe das dimensões do tipo da defesa escolhida	62

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 Sobrecarga Vertical	15
Tabela 4.2 Velocidade de aproximação dos navios	17
Tabela 4.3 Coeficiente de ponderação	20

1. INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

Com o advento da Lei nº 12.815 de 5 de junho de 2013 ,que estabelece novas regras e critérios para a exploração e arrendamento da iniciativa privada de terminais de movimentação de carga em portos públicos, aumentou-se de forma substancial o interesse na reativação de terminais portuários que foram abandonados por falta de investimento no final da década de 80 e durante a década de 90.

O notório crescimento do interesse privado, citado acima, aliado com o novo desafio profissional encarado pelo autor deste trabalho, tornou o tema: recuperação estrutural de cais, uma escolha inevitável para projeto final de conclusão de curso.

1.2 OBJETIVO

Dentro desse contexto de crescente destinação de recursos á modernização de Portos no país e do interesse da iniciativa privada citado acima na reativação de terminais abandonados,este trabalho tem como objetivo principal apresentar, o processo de uma recuperação estrutural de um cais.

Serão apresentados os estudos necessários para concepção do projeto de recuperação estrutural, bem como o detalhamento da execução de uma obra de recuperação estrutural.

1.3 MÉTODOLOGIA DE TRABALHO

O texto será dividido em seis capítulos, divididos da seguinte maneira:

- 1º Capítulo→ Introdução composta da motivação, objetivo, breve histórico portuário do Brasil e a atual conjuntura dos portos brasileiros.

- 2° Capítulo → Revisão da Literatura, apresentação de normas que englobam o tema abordado neste trabalho.
- 3° Capítulo → Apresentação de um cais, sua definição, suas classificações e suas principais características.
- 4° Capítulo → Identificação dos esforços sofridos pelo cais, como por exemplo: cargas permanentes, cargas variáveis, ações ambientais e empuxo do solo.
- 5° Capítulo → Apresentação de um estudo de caso, dos estudos necessários para a concepção do projeto e um detalhamento da execução da obra.
- 6° Capítulo → Conclusões e Recomendações

1.4 BREVE HISTÓRICO PORTUÁRIO DO BRASIL

Com a vinda da família real portuguesa para o Brasil, em janeiro de 1808, foi decretada a abertura dos portos às nações amigas por D. João VI. Essa abertura visava à inserção do Brasil no sistema econômico liberal internacional, com a facilitação do comércio internacional e do tráfego de escravos da África. Até o final desse século, no entanto, não existiam cais para atracação direta; isso significava que os navios tinham que ancorar ao largo e deles saíam barcos de tamanho menor que ancoravam nos pequenos cais existentes.

Ao longo do período subsequente, incontáveis iniciativas foram feitas com o intuito de melhorar a infra-estrutura portuária do país. Em 1850, começou-se a realizar estudos para a melhoria dos mesmos, fato evidenciado pela organização das primeiras linhas

regulares de navegação entre Brasil e Europa. O governo do Império, por sua vez, buscava estimular a iniciativa privada, de forma a atrair investimentos para o setor.

Em 1869, o governo imperial formulou a primeira lei de concessão à exploração de portos pela iniciativa privada. Muitas outras concessões desejadas pelo governo nessa época, no entanto, não lograram êxito, devido à falta de conhecimento técnico e de dados satisfatórios.

Com o insucesso das concessões mencionadas acima e de políticas nesse sentido que haviam sido tentadas no Rio de Janeiro, o governo resolveu investir mais fortemente na atração da iniciativa privada para obras portuárias, ainda que elas fossem estrangeiras. Dessa forma, em 1888 dava-se início às operações do primeiro porto organizado, com a concessão a uma empresa privada para a construção e administração do Porto de Santos. Foram construídos 260 metros de cais, e esse foi o primeiro cais brasileiro a permitir a atração de navios transoceânicos.

A concessão previa, inicialmente, a exploração do porto por 39 anos, mas em 1895, o cais já tinha mais de 2.300 metros construídos, e o crescente volume de negócios e transações comerciais com o exterior era de tal grandeza, que o prazo previamente estipulado foi aumentado para 90 anos. Uma vez que o retorno do investimento realizado, na época em questão, se realizava lentamente, tal medida visava à viabilidade do retorno dos recursos investidos.

À luz desses acontecimentos, os Portos passam a ser considerados instituições extremamente importantes para o desenvolvimento econômico nacional. Prova disso foi a organização em 1919, da primeira empresa nacional especializada em construções portuárias e em fundações a ar comprimido, a Companhia Nacional de Construções Cíveis e Hidráulicas, responsável pelos estaleiros em Niterói e pela companhia Costeira de Navegação. Essa empresa foi responsável por projetos importantes, como o prolongamento do cais do Porto do Rio de Janeiro.

O reconhecimento da importância dos portos na expansão econômica do país, tendo a satisfatória privatização do porto de Santos como um de seus marcos, carecia, no entanto, da formulação de uma política de desenvolvimento nacional mais contingente. Isso ficou evidente pela falta de uma política de investimentos mais contínua, que atendesse à interesses nacionais de desenvolvimento em detrimento da vontade de enriquecimento pessoal por parte dos proprietários. O país encontrava-se, assim, debilitado no que tange atividades portuárias permanentes.

A partir de 1930, no entanto, houve uma mudança no caráter das políticas relativas ao setor, que começaram a não ser mais pensadas como atividades privadas de cunho pontual para o desenvolvimento. A confirmação desse novo viés podia ser demonstrada com a obtenção pelo Estado de São Paulo, em 1934, da concessão federal para a construção do porto de São Sebastião.

Observou-se nessa obra, pela primeira vez no país, a instituição de assistência tecnológica direta, através do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). A Tecnologia empregada nesse porto era avançada para a época, e a Legislação favorável propiciou ainda que outros projetos se beneficiassem de uma expansão estrutural. Além disso, outras assistências foram solicitadas no período em questão, o que possibilitou um considerável desenvolvimento da geotecnia nacional, principalmente em relação à fundações sobre terrenos moles e conhecimentos das propriedades mecânicas das argilas moles das baixadas litorâneas.

A Partir de 1975 houve uma generalização da utilização dos contêineres nos portos nacionais e uma conseqüente expansão dos portos. Aliado ao aumento dos portos dos navios, era cada vez mais necessária a existência de portos maiores e de melhores condições de operação. Essa iminente necessidade, concomitante á cada vez maior presença do Estado na Economia, fizeram com que, nesse mesmo ano, fosse criada a

Empresa de Portos do Brasil S/A – PORTOBRAS, uma holding que representava o interesse do governo em centralizar atividades portuárias.

A supracitada presença cada vez maior do Estado na Economia acabava influenciando até mesmo as relações entre trabalhadores e empresários, que estavam sob controle total do Estado, o que dificultava o processo de modernização das atividades portuárias de forma mais completa. A legislação existente, por sua vez, ainda que progressos houvessem sido feitos, ainda deixava clara a inexistência de um ambiente propiciador do desenvolvimento dos portos.

A situação descrita acima era refletida no controle, pelo Conselho Superior do Trabalho Marítimo, de todos os atos normativos para operação, inclusive das taxas portuárias, fato responsável pelos custos elevados nas operações de carga e descarga, obrigando os contratantes de serviços a incorrer em muitos custos com mão de obra.

A partir de então, os portos brasileiros passaram por um momento de grande ineficiência. A Portobrás era responsável pela exploração dos portos através de suas subsidiárias, as chamadas Companhias Docas, além de ser responsável pela fiscalização das concessões estaduais e pelos terminais privativos de empresas estatais e privadas, contribuindo para a elevação da burocracia nos portos.

O processo de crise institucional pelo qual passava os portos brasileiros assistiu em 1990, à dissolução da Portobrás, por meio da Lei nº 8029/90, resultando em um desastroso vazio institucional; e culminou com a aprovação da Lei 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, conhecida como Lei de —Modernização dos Portos Esta fase foi a mais difícil para o sistema portuário, a qual estabelecia uma regulamentação mais privatista nos portos, e criando novos organismos institucionais.

1.5 ATUAL CENÁRIO DOS PORTOS BRASILEIROS

O governo brasileiro vem dando cada vez mais importância ao setor portuário nacional. Este setor movimenta anualmente mais de 700 milhões de toneladas das mais diversas mercadorias, chegando a representar aproximadamente 90% de todo o comércio exterior brasileiro.

O Ministério dos Transportes é responsável pela formulação de políticas referentes a todos os tipos de transporte em âmbito nacional. Para o transporte aquaviário, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) e a Secretaria Especial de Portos (SEP) são os responsáveis diretos pela gestão do setor portuário.

A ANTAQ, instituída pela Lei no 10.233/2001, tem como finalidade programar, em sua esfera de atuação, as políticas formuladas pelo Ministério dos Transportes e pelo Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte (CONIT), segundo os princípios e as diretrizes estabelecidos na sua lei de criação. Deve também regular, supervisionar e fiscalizar as atividades de prestação de serviços de transporte aquaviário e de exploração da infraestrutura portuária e aquaviária, exercida por terceiros, com vista a garantir a movimentação de pessoas e bens, em cumprimento a padrões de eficiência, segurança, conforto, regularidade, pontualidade e modicidade nos fretes e nas tarifas; harmonizar os interesses dos usuários com os das empresas concessionárias, permissionárias, autorizadas e arrendatárias, e de entidades delegadas, preservando o interesse público; e arbitrar conflitos de interesse e impedir situações que configurem competição imperfeita ou infração contra a ordem econômica (IPEA, 2010).

Criada por medida provisória e referendada pela Lei no 11.518/2007, a SEP é uma instituição vinculada à Presidência da República. Tem como atribuições e competências a formulação de políticas e diretrizes para o fomento do setor, além da execução de medidas, programas e projetos de apoio ao desenvolvimento da

infraestrutura portuária, com investimentos orçamentários e do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Compete ainda à SEP a participação no planejamento estratégico e a aprovação dos planos de outorgas, tudo isso visando garantir segurança e eficiência ao transporte aquaviário de cargas e de passageiros no país.(IPEA, 2010).

O setor portuário brasileiro sofreu recentemente uma significativa mudança com o advento da lei 12.815 de 5 de junho de 2013.Essa lei dispõe sobre a exploração direta e indireta pela união de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários, também altera as leis 5.025 de 10 de junho de 1966, 10.233 de 5 de junho de 2001,10.683 de 28 de maio de 2003,9.719 de 27 de novembro de 1998,8.213 de 24 de julho de 1991; e revoga as leis 8.630 de 25 de fevereiro de 1993, 11.610 de 12 de dezembro de 2007, e dispositivos das leis 11.314 de 3 de julho de 2006, 11.518 de 5 de setembro de 2007.

Assim, a nova estrutura do sistema portuário brasileiro, no que diz respeito à administração, instituiu os seguintes atores:

- Operador Portuário: pessoa jurídica pré-qualificada para exercer as atividades de movimentação de passageiros ou movimentação e armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário, dentro da área do porto organizado.
- Autoridade Portuária: administra o porto organizado, gera seu patrimônio e controla as demais entidades públicas e privadas atuantes no porto.
- Conselho da Autoridade Portuária: é um órgão consultivo composto por: cinquenta por cento de representantes do poder público,vinte e cinco por cento de representantes da classe empresarial e vinte e cinco por cento de representantes da classe trabalhadora.

- Órgão de gestão de mão de obra do trabalho portuário: é um órgão que tem a função de administrar o fornecimento da mão de obra do trabalhador portuário e do trabalhador portuário avulso; manter, com exclusividade, o cadastro do trabalhador portuário e o registro do trabalhador portuário avulso; treinar e habilitar profissionalmente o trabalhador portuário, inscrevendo-o no cadastro; selecionar e registrar o trabalhador portuário avulso; estabelecer o número de vagas, a forma e a periodicidade para acesso ao registro do trabalhador portuário avulso; expedir os documentos de identificação do trabalhador portuário; arrecadar e repassar aos beneficiários os valores devidos pelos operadores portuários relativos à remuneração do trabalhador portuário avulso e aos correspondentes encargos fiscais, sociais e previdenciários.
- Órgão de gestão de mão de obra do trabalho portuário avulso: é um órgão que tem a função de aplicar normas disciplinares previstas em lei, contrato, convenção ou acordo coletivo de trabalho e promover a formação profissional do trabalhador portuário e do trabalhador portuário avulso, adequando-a aos modernos processos de movimentação de carga e de operação de aparelhos e equipamentos portuários; a criação de programas de realocação e de cancelamento do registro, sem ônus para o trabalhador; arrecadar e repassar aos beneficiários contribuições destinadas a incentivar o cancelamento do registro e a aposentadoria voluntária; arrecadar as contribuições destinadas ao custeio do órgão; zelar pelas normas de saúde, higiene e segurança no trabalho portuário avulso; submeter à administração do porto propostas para aprimoramento da operação portuária e valorização econômica do porto.

Existem também as Companhias Docas, empresas públicas estaduais que, mediante delegação por parte do Ministério dos Transportes, assumem o papel de autoridade portuária nos portos sob sua jurisdição.

Ao todo, são sete Companhias Docas, que administram diversos os seguintes portos:

- Companhia docas do Pará(CDP)- Portos de Belém, Santarém e Vila do Conde.
- Companhia Docas do Ceará (CDC)- Porto de Fortaleza.
- Companhia Docas do Rio Grande do Norte (Codern)- Portos de Natal e Maceió, além do Terminal Salineiro de Areia Branca.
- Companhia Docas do Estado da Bahia (Codeba)- Portos de Salvador, Ilhéus e Aratu.
- Companhia Docas do Espírito Santo (Codesa)- Portos de Vitória e Barra do Riacho.
- Companhia Docas do Rio de Janeiro (CDRJ)- Portos do Rio de Janeiro, Niterói, Angra dos Reis e Itaguaí.
- Companhia Docas do Estado de São Paulo (Codesp)- Porto de Santos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

As obras em ambientes marítimos são classificadas segundo a NBR 6118 como classe agressiva IV. Em função da alta agressividade, há uma constante preocupação quanto à durabilidade das estruturas de concreto no ambiente marinho. Visto isso, a recuperação estrutural se faz necessária em alguns casos.

Para realizar o projeto de recuperação estrutural é preciso que seja identificado o estado da estrutura, e para tal devem ser feitos alguns tipos de ensaios. Esses ensaios estão descritos nas normas ASTM C1218-92 - *Standard Test Method for*

Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete, ASTM C-114-05 - Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement e a norma NBR 5739.

A determinação dos esforços sofridos por esse tipo de estrutura está descrita na NBR 9782 - Ações em estruturas portuárias marítimas ou fluviais da ABNT.

3. CAIS: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS

Nesse capítulo serão apresentadas as classificações de um cais, bem como a sua definição.

3.1 DEFINIÇÃO

Os cais são estruturas contínuas, contíguas ao litoral e a ele paralelas. São frequentemente encontrados formando uma sequência de berços de atracação, podendo ou não ser utilizados para o mesmo tipo de carga. (GOES FILHO, 2008).

3.2 CARACTERÍSTICAS

Um cais é uma estrutura acostável, em geral, constituído por um conjunto de vigas transversais, longitudinais, onde a mais importante é a viga de paramento, viga essa que comporta as defensas, que recebem os esforços de impacto dos navios, quando os mesmos estão atracados. A estrutura do cais também é composta de laje e estacas, que podem ser cravadas em terra ou em mar.

3.3 TIPOS DE CAIS

Uma estrutura acostável pode ser classificada de acordo com diversos pontos de vistas. Podemos classificá-las sob o ponto de vista da sua localização, das condições de abrigo, da função do cais, do sistema de carga e descarga dos navios e o tipo estrutural.

3.3.1 LOCALIZAÇÃO

De acordo com a localização, um cais pode ser classificado como marítimo, fluvial ou lacustre.

3.3.2 CONDIÇÕES DE ABRIGOS

Em relação às condições de abrigos, podemos definir como cais protegidos por abrigos naturais, ou protegidos por abrigos artificiais. No primeiro caso, são considerados cais protegidos por abrigos naturais, aqueles que estão localizados em baías ou em enseadas naturais. Já no segundo caso, são aqueles que foram protegidos por obras de defesas e tranquilização, como por exemplo, molhes e quebra mares.

3.3.3 FUNÇÃO DO CAIS

Esse ponto de vista é sem dúvida o mais importante, porque através dele definimos para que o cais servirá, quais são as cargas que ele receberá e quais são os tipos de navios que irão atracar nele.

Os principais tipos de cais são para carga geral, terminais de grãos sólidos e líquidos, que podem ser classificados como terminais petroleiros, mineraleiros, fertilizantes e para cereais.

3.3.4 SISTEMA DE CARGA E DESCARGA DOS NAVIOS

O sistema de carga e descarga, também é um importante ponto de vista para classificar um cais, pois é através dele que identificamos o tamanho da área a ser construída do cais.

Os terminais de cargas e descargas podem ser, entre outros, do tipo *roll-on roll-off* ou de contêineres. Nos primeiros, o acesso das cargas aos navios é direta, através de rampas de ligação com o cais. Já no segundo caso, as cargas são transportadas em

containers de modo a facilitar a armazenagem e transferência, além do transporte e distribuição.

3.3.5 TIPO ESTRUTURAL

Um cais é uma estrutura contínua, que pode ter o paramento aberto ou fechado. Essa classificação varia de acordo com as posições das estacas pranchas.

3.3.5.1 Cais com paramento Aberto

Os cais de paramento aberto são estruturas leves, que, na maioria dos projetos apresentam as estacas pranchas na parte interior da estrutura. Nesse tipo de estrutura, as cargas verticais são absorvidas pelas estacas verticais e as cargas horizontais pelas estacas inclinadas.

A área sob a plataforma de operação apresenta, como forma de proteção, um talude de enrocamento.

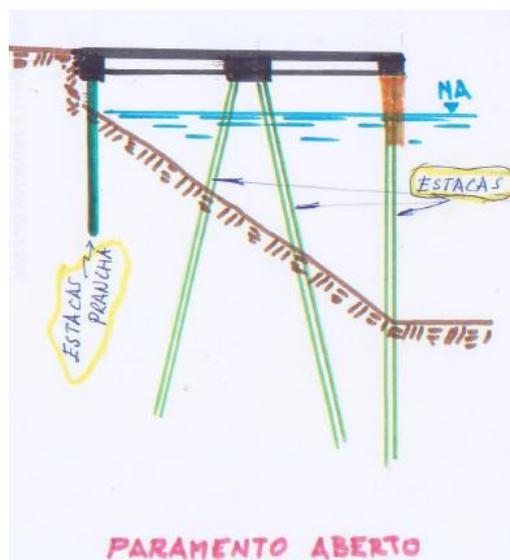


Figura 3.1 Paramento Aberto

3.3.5.2 Cais com paramento Fechado

Os cais de paramento fechado, são aqueles que as estacas pranchas estão na parte externa do cais, fazendo assim uma cortina frontal que contém todo o terrapleno no tardo.

Esse tipo de cais pode ser subdividido em cais de gravidade e cais em cortinas de estaca. Os cais de gravidade utilizam estacas pesadas como princípio estático. Já os cais em cortinas tem como princípio estático o de se constituírem em estruturas leves.



Figura 3.2 Paramento Fechado

4. AÇÕES NAS ESTRUTURAS DE CAIS

Os esforços e ações sofridos pela estrutura de um cais serão apresentados de acordo com a NBR 9782 - Ações em estruturas portuárias marítimas ou fluviais da ABNT.

Essas ações podem ser classificadas como: cargas permanentes, cargas variáveis, ações ambientais e empuxo do solo.

4.1 CARREGAMENTO PERMANENTE

O carregamento permanente é o somatório do peso próprio dos elementos estruturais componentes do cais com a massa de todos os elementos construtivos fixos e as instalações permanentes.

Na ausência de alguns dados experimentais, a norma sugere alguns valores para pesos específicos para materiais utilizados em construções portuárias, como podemos observar a seguir.

concreto simples	24 kN/m ³
concreto armado	25 kN/m ³
concreto ciclópico	22 kN/m ³

Fonte : NBR 9782 - Ações em estruturas portuárias marítimas ou fluviais da ABNT

4.2 CARREGAMENTO VARIÁVEL

O carregamento variável será dividido em carregamento vertical e horizontal, para facilitar o entendimento dessas ações.

4.2.1 VERTICAL

As cargas verticais são compostas por sobrecarga vertical e por cargas móveis.

4.2.1.1 Sobrecarga Vertical

A sobrecarga vertical é o conjunto de ações uniformemente distribuídas aplicadas às estruturas, que representam as ações de natureza não definida que podem ocorrer durante a vida útil da estrutura. Para cada tipo de obra, existe um valor do

carregamento vertical a ser considerado no terrapleno ou em outros elementos da estrutura, como podemos observar na tabela abaixo.

unid: kN/m ²	
Tipo de obra	Sobrecarga
Cais ou pier para carga geral (classe especial)	50
Cais ou pier para carga geral (classe G 32)	40
Cais ou pier para carga geral (classe G 12)	30
Cais ou pier para carga geral (classe G 6)	20
Cais ou pier para contêineres ou Ro-Ro	40
Cais ou pier para grânéis sólidos	30
Cais ou pier para grânéis líquidos	20
Cais ou pier para produtos siderúrgicos	100
Ponte de acesso	10
Passarela	5
Plataformas fixas ou flutuantes sem sobrecarga definida	10
Áreas de estoque de grânéis de uso geral	100
Cais ou pier pesqueiro	10
Cais ou pier para passageiros	10
Cais para rebocadores	10

Tabela 4.1 Sobrecarga Vertical

Fonte : NBR 9782 - Ações em estruturas portuárias marítimas ou fluviais da ABNT

4.2.1.2 Cargas Móveis

As cargas móveis são devidas aos equipamentos de operação do porto, como por exemplo, portêineres, transtêineres, empilhadeiras, guindastes, veículos, trem, entre outros.

Esses tipos de cargas podem aumentar a solicitação estrutural , pois geram vibrações nas estruturas. Para suprir esse esforço, a NBR-9782 estipula um fator de segurança adicional, denominado coeficiente de impacto.

4.2.2 HORIZONTAL

As cargas horizontais estão diretamente ligadas às operações realizadas com o navio de atracação e amarração.

4.2.2.1 Atracação

Uma das principais ações a serem consideradas num projeto de cais é o impacto do navio na estrutura. Essa força pode ser calculada pela conservação de energia. Onde existe uma equivalência entre a energia cinética do navio e a energia de deformação da estrutura. Nesse processo de conservação de energia, existem perdas a serem consideradas, principalmente no giro dos navios e nas defensas.

A energia cinética do navio é função do tamanho do navio, da velocidade da manobra na atracação e dos movimentos do navio sobre ação da maré e da corrente.

Essa energia é determinada, conforme a recomendação da norma NBR-9782, por:

Equação 4-1

Onde:

= energia cinética;

= massa deslocada pelo navio;

= massa de água adicional;

V= Velocidade de aproximação do navio perpendicular à linha de atracação;

= coeficiente de excentricidade;

= coeficiente de rigidez;

A massa m esta ligada diretamente ao tipo de instalação portuária. Ou seja, nas instalações do descarregamento dos navios, a massa que iremos considerar é a máxima que o navio pode deslocar. Já nas instalações de carregamento, consideramos a situação do navio em lastro, ou parcialmente carregado. Admite-se nesta situação considerar como massa deslocada pelo navio o valor de 90% da capacidade de carga total do navio (TPB).

A massa corresponde a massa de água que se movimenta em conjunto com o navio durante a atracação, pode ser calculada pela fórmula a seguir.

— **Equação 4-2**

Onde :

D = calado do navio nas condições da atracação;

L = comprimento do navio;

= massa específica da água.

A velocidade de aproximação do navio perpendicular à linha de atracação esta relacionada a diversos fatores, como por exemplo, tamanho dos navios, condições de abrigo, uso de rebocadores, habilidade do piloto e condições meteorológicas. De acordo com a NBR – 9782, para efeito de cálculo da energia de atracação existem os valores mínimos. Esses valores são apresentados na tabela abaixo

		unid.: m/s			
Condição	Aproximação	Velocidade perpendicular à linha de atracação			
		até	até	até	navios maiores
		1.000 TPB	5.000 TPB	10.000 TPB	
Vento e ondas fortes	Difícil	0,75	0,55	0,40	0,30
Vento e ondas fortes	Favorável	0,60	0,45	0,30	0,20
Ventos e ondas moderadas	Aceitável	0,45	0,35	0,20	0,15
Protegido	Difícil	0,25	0,20	0,15	0,10
Protegido	Favorável	0,20	0,15	0,12	0,10

Tabela 4.2 Velocidade de aproximação dos navios

Fonte : NBR 9782 - Ações em estruturas portuárias marítimas ou fluviais da ABNT

O coeficiente de excentricidade é calculado, levando-se em consideração a energia dispendida no movimento de rotação do navio, e podemos determinar pela fórmula:

—Equação 4-3

Onde:

l = distância entre o ponto de contato e o centro de gravidade do navio, medida paralelamente à linha de atracação;

r = raio de giro do navio , usualmente considera-se 25% do comprimento do navio.

O coeficiente de rigidez normalmente varia entre 0,90 e 0,85 dependendo da rigidez do sistema de defesa.

4.2.2.2 Amarração

As ações de amarração são oriundas dos esforços de amarração gerados pelos cabos de amarração das embarcações nos cabeços devidos as forças atuantes sobre os navios. Essas forças são exercidas pelos ventos e correntes.

4.2.2.2.1 Forças devido ao vento

O esforço devido ao vento sobre uma embarcação é dado pela fórmula:

$$R = k x \left(\theta + \theta \right) \quad \text{Equação 4-4}$$

Onde:

R = força devido ao vento em KN;

V = velocidade característica do vento em m/s;

k= coeficiente de forma, entre 0,60 e 1,30;

= área da seção transversal do navio acima do nível d' água em m²;

= área da seção longitudinal do navio acima do nível d' água em m²;

Θ = ângulo entre a direção do vento e o eixo longitudinal do navio.

4.2.2.2.2 Forças devido às correntes

O esforço devido às correntes é calculado pela fórmula:

$$R = 0,528 \times V^2 \times L \times D \times k \text{ Equação 4-5}$$

Onde:

R= Valor do esforço na direção da corrente em KN;

V= velocidade da corrente em m/s;

k= coeficiente de forma, entre 0,00 e 4,7;

L=comprimento do navio entre perpendiculares em m ;

D= calado da embarcação;

4.2.2.3 Defensas

Segundo a NBR-9782, para absorver a energia de atracação dos navios, as estruturas de acostagem devem ser equipadas com um sistema de defensas que atenda aos seguintes requisitos:

- a) O sistema deve ter capacidade para absorver a energia cinética do navio E_c , majorada do coeficiente de ponderação estabelecido na tabela abaixo;

Efeitos	Variabilidade	Combinações		
		Normais	Montagem ou de construção	Excepcionais
desfavoráveis	pequena	1,3	1,2	1,1
	grande	1,4	1,3	1,2
favoráveis	pequena	1,0	1,0	1,0
	grande	0,9	0,9	0,9

Tabela 4.3 Coeficiente de ponderação

Fonte : NBR 9782 - Ações em estruturas portuárias marítimas ou fluviais da ABNT

- b) Na consideração acima, deve-se levar em consideração a perda de capacidade da defesa pela possibilidade de compressão desuniforme devido à acostagem do navio não paralela à linha de atracação. O ângulo mínimo a ser considerado é de 5° ;
- c) O sistema de defensas deve ser dimensionado para absorver toda a energia de impacto em apenas um ponto de atracação, quando a atracação for inclinada;
- d) No caso de cais contínuo, o espaçamento das defensas deve ser suficiente para que se assegure proteção à estrutura quando houver acostagem oblíqua em relação à linha de atracação. Nesta situação fica dispensada a verificação da letra b;
- e) O sistema de defensas deve ser dimensionado de forma a absorver a energia de atracação do navio sem causar deformações permanentes na estrutura de atracação ou unidades das defensas.

4.3 AÇÕES AMBIENTAIS

As ações ambientais consideradas nas estruturas portuárias, marítima e fluviais são aquelas decorrentes das ações das correntes, das marés, das ondas e dos ventos.

4.3.1 CORRENTES

Para se obter o valor da velocidade da corrente devem ser feitas medições no local da implantação da estrutural portuária.

4.3.2 MARÉS E NÍVEIS D'ÁGUA

Assim como as correntes, em estruturas portuárias, o valor da altura da maré deve ser obtido com medições no local da obra.

Para estruturas de acostagem o nível d'água adotado corresponde a altura que não seja ultrapassada em 95% do tempo de recorrência, considerado igual a expectativa de vida útil da obra.

4.3.3 ONDAS

Seguindo a mesma linha de raciocínio das correntes e marés, os dados referentes as ondas, também devem ser obtidos em campo, com medições realizadas no local da implantação da estrutura portuária.

A partir da coleta de dados, são calculados o período, a altura significativa, a direção e a altura máxima da onda que exerce as maiores ações sobre a estrutura. Essa onda de altura máxima é chamada de onda de projeto.

Essa onda de projeto não pode ter o período de recorrência menor do que o da expectativa da vida útil da obra, sendo no mínimo de 50 anos.

4.3.4 VENTOS

A velocidade do vento a ser considerada é a velocidade média calculada em 10 minutos, medida no local de implantação da estrutura acostável a uma altura de 10 m. Essa velocidade não pode ser menor do que 20m/s. Para efeito de calculo, os valores das rajadas de vento podem ser reduzidos em 10%.

4.3.5 SOBREPRESSÃO HIDROSTÁTICA

Para o cálculo das pressões hidrostáticas sobre o paramento das obras portuárias, deve ser considerado um desnível mínimo de 50 centímetros entre o nível interno e o externo.

Em estruturas localizadas em locais com grandes e rápidas variações do N.A, ou grandes variações da maré, também devem ser consideradas as diferenças de pressão dinâmica juntamente com os efeitos de percolação.

4.4 EMPUXO DO SOLO

O empuxo do solo pode ser definido como a ação proveniente do terrapleno atrás da estrutura portuária. O terrapleno deve ser estudado de acordo com o seu comportamento conforme os princípios da Mecânica dos Solos. Os parâmetros do solo podem ser obtidos através de ensaios em campo.

5. RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DE CAIS: ESTUDO DE CASO

Para efetuar uma recuperação estrutural de um cais, é necessário que se faça uma profunda investigação da estrutura, seja por meio de projetos antigos e também por meio de ensaios em campo, como, por exemplo, determinação do teor de cloretos e sulfatos, determinação da profundidade de carbonatação, determinação da resistência à compressão axial, entre outros.

5.1 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso é de um cais de um porto hipotético, localizado num estuário. Por estar num estuário, ou seja, num lugar abrigado com águas calmas, não se fez necessário a construção de um molhe de abrigo, ou quebra mar para resguardar o cais.

Estes ensaios deverão ser realizados em testemunhos extraídos das estruturas em pontos pré-determinados e nas cavidades do concreto resultantes desta extração.

5.2.2 VERIFICAÇÕES PRELIMINARES

A avaliação da espessura de cobrimento será feita por medida direta (com régua ou escala) da distância entre a superfície da estrutura e a interface do concreto com a barra da armadura mais próxima dessa superfície. Ficarão dispensados desta medida os testemunhos extraídos das áreas onde já ocorreu o deslocamento do concreto de cobrimento, como que ocorreu no local mostrado na figura abaixo.



Figura 5.2 Deslocamento do concreto de cobrimento.

5.2.3 EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS

Os testemunhos extraídos deverão ter 100 mm de diâmetro e aproximadamente 200 mm de altura.

O cais em estudo foi dividido por trechos delimitados pelas juntas de dilatação. Sendo assim o cais terá 7 trechos.

Abaixo, na Figura 5.3 podemos observar a disposição destes 7 trechos bem como os locais em cada um deles onde foram extraídos os testemunhos.

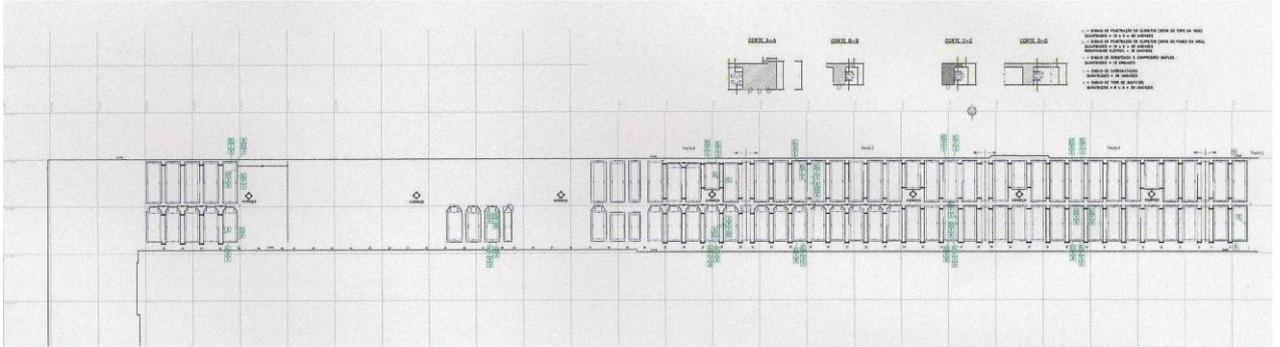


Figura 5.3 Localização dos testemunhos.

5.2.4 PROGRAMAÇÃO DOS ENSAIOS REALIZADOS NOS TESTEMUNHOS

Os ensaios realizados em cada um dos testemunhos extraídos, estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Ensaios a serem realizados

Identificação do ensaio	Denominação do ensaio
EC	Determinação da penetração de cloretos a 30 cm do topo da viga
EL	Determinação da penetração de cloretos a 30 cm do fundo da viga
F	Determinação da resistência à compressão axial
X	Determinação da penetração da carbonatação
S	Determinação do teor de sulfatos

5.2.5 METODOLOGIA DOS ENSAIOS

Abaixo será apresentada a metodologia dos ensaios que serão realizados no estudo contemplado nesse trabalho.

5.2.5.1 Determinação do teor de cloretos e sulfatos

Para a obtenção dos perfis de penetração de cloretos e sulfatos serão obtidas amostras de pó de concreto, resultante da perfuração do testemunho, no centro da sua seção transversal e no sentido do comprimento, para isso será necessário que se faça a coletada amostra de pó obtida em diversas profundidades deste corpo de prova, em segmentos de 20 mm de comprimento, até ser atingida a profundidade de 200 mm, como mostrado no croquis da Figura 5.4.

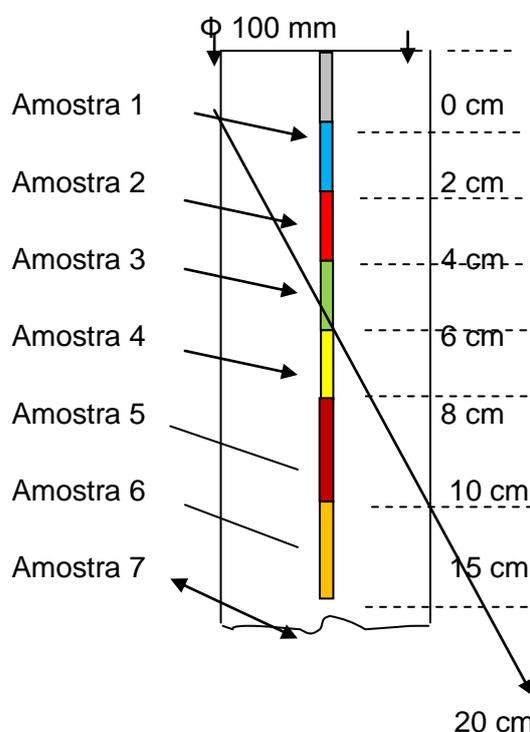


Figura 5.4 Perfis de penetração de cloretos e sulfatos.

O pó coletado em cada profundidade será recolhido em um saco plástico identificado.

Após a coleta, o saco tem que ser bem vedado, retirando-se todo o ar.

Antes de iniciar cada coleta, o furo tem que ser limpo por aspensão de ar, para retirar qualquer resíduos remanescentes.

Em cada amostra será feita a determinação dos teores de cloretos e sulfatos.

O teor de cloretos será determinado conforme a norma ASTM C1218-92-*Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete*, enquanto o teor de sulfatos será determinado conforme a norma ASTM C-114-05 - *Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement*.

A determinação dos teores de cloretos e sulfatos em cada profundidade permitirá a elaboração dos perfis de penetração de cloretos e sulfatos ao longo da profundidade do concreto da estrutura.

O teor limite de cloretos em concretos é limitado em diversas normas em relação ao peso de cimento contido no concreto.

Na obra do Cais hipotético, o consumo de cimento do traço empregado na época da construção nas estruturas, foi de 335 kg/m³.

No ensaio deste programa, o teor de cloretos será determinado em uma amostra de pó do concreto de 10 g, extraído do testemunho a cada 2 cm de profundidade.

Os cloretos são um dos responsáveis pela despassivação das armaduras, sendo capazes de despassivá-las mesmo em pH extremamente elevado. Os cloretos penetram no concreto por meio de difusão, impregnação ou absorção capilar de águas contendo teores de cloreto que, ao superarem a solução dos poros do concreto certo limite em relação à concentração de hidroxilas, despassivam a superfície do aço carbono e dá início ao processo corrosivo. A corrosão da superfície das armaduras se manifesta pelo aparecimento de manchas, fissuras, destacamento de pedaços de concreto, promovendo a ruína da estrutura.

5.2.5.2 Determinação da profundidade de carbonatação

A carbonatação é um dos mecanismos mais correntes de deterioração do concreto armado. O dióxido de carbono presente no ar penetra nos poros do concreto e

reage com o hidróxido de cálcio formando carbonato de cálcio e água. Este processo é acompanhado pela redução da alcalinidade do concreto.

Num concreto homogêneo, a carbonatação progride com a frente paralela à superfície. Quando a frente de carbonatação atravessa o cobrimento das armaduras, estas ficam despassivadas (devido à perda de alcalinidade), permitindo o início da sua corrosão, comprometendo, deste modo, a durabilidade do concreto.

Após as perfurações para extração de pó para as determinações dos teores de cloretos e sulfatos, os mesmos corpos de prova serão rompidos em prensa hidráulica por compressão diametral, e, nas novas superfícies expostas, será imediatamente determinada a profundidade de carbonatação do concreto.

Para tanto, será realizada titulação com fenolftaleína, através da aplicação de uma solução de 1g de fenolftaleína em 50 g de álcool e 50 g de água.

Depois desta aplicação, a região mais alcalina do concreto apresentará cor violeta, enquanto que a parte menos alcalina e mais carbonatada permanecerá incolor.

5.2.5.3 Determinação da resistência a compressão axial

O ensaio de resistência à compressão axial será feito conforme a norma NBR 5739, e quando for necessário, serão feitas as correções de formato do corpo de prova indicadas na norma NBR 7680.

5.3 EXECUÇÃO DA RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

O projeto executivo da recuperação estrutural do cais contemplará as seguintes disciplinas: Laje, viga transversal, viga de paramento, defesa, estaca e cabeço de amarração.

O quadro abaixo indica as principais mudanças no projeto executivo do cais antigo em relação ao cais novo.

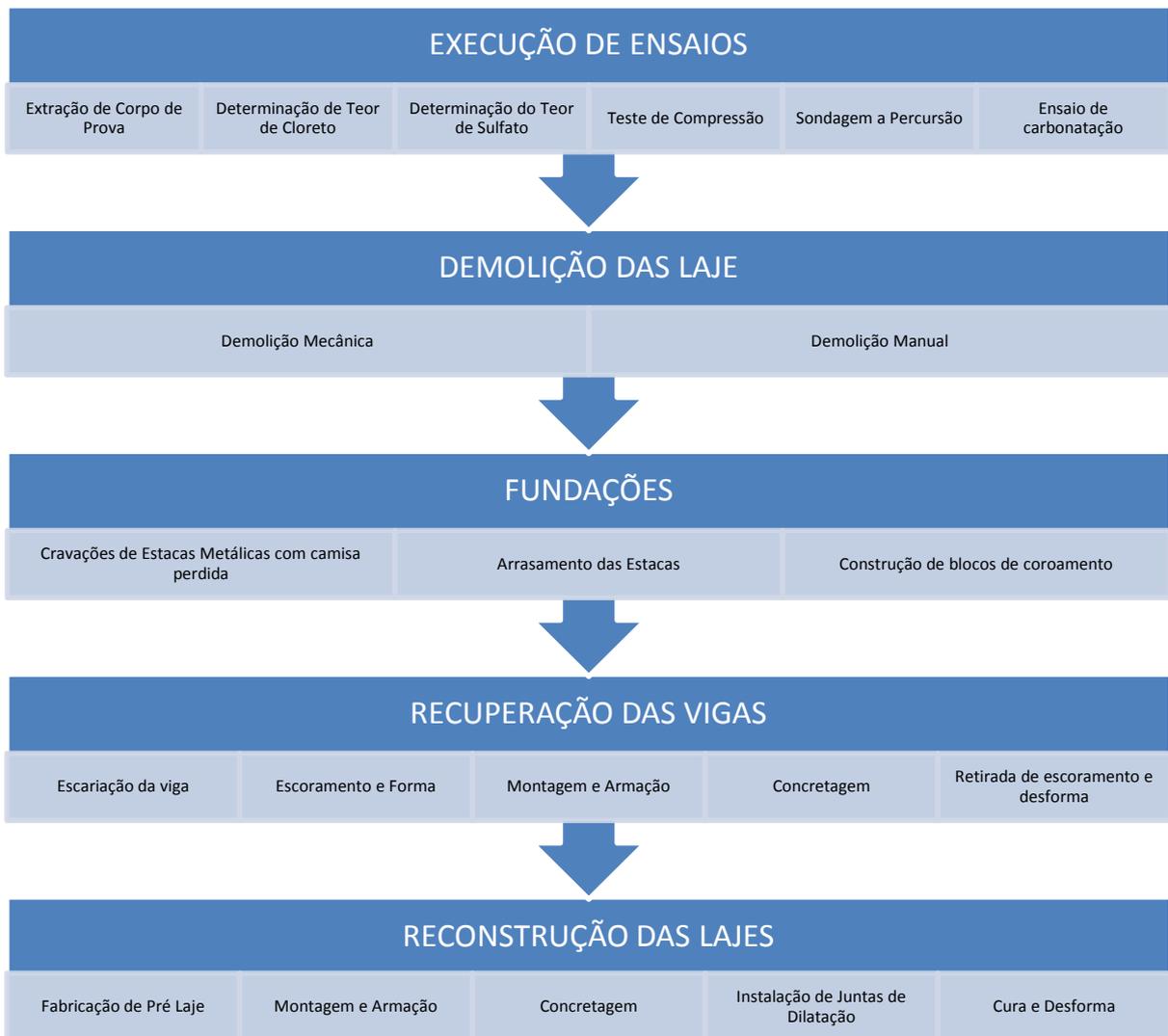
Quadro 2- Principais mudanças

MUDANÇA	ANTES	DEPOIS
Cobrimento	3 cm	5 cm
Consumo de cimento no concreto	335 Kg/m ³	Acima de 400 Kg/m ³ , em todos os traços.
Traços de concreto	Único para toda estrutura	Traços específicos para pré Lajes, Lajes in loco, vigas internas e vigas de paramento
Defensa	Tipo V	Cônica
Estacas	Estacas de concreto	Perfil metálico com camisa perdida
Armação da Laje	Única	Divida em pré laje e laje in loco

A recuperação estrutural do cais segue uma ordem lógica de demolição e construção de cada componente apresentados anteriormente.

Com a finalidade de otimizar o espaço, e evitar a interferência das atividades, neste tipo de obra é recomendável que se faça centrais de armação e pré moldados.

Abaixo segue um organograma das atividades a serem realizadas na recuperação estrutural do cais.



Logo depois da realização dos ensaios, foi realizada a demolição mecânica da laje. Essa demolição foi feita por meio de corte da laje, retirada da mesma utilizando guindaste e por fim rompimento com escavadeira com martelo hidráulico.



Figura 5.5 Corte da Laje .



Figura 5.6 Retirada da laje utilizando guindaste



Figura 5.7 Lajes retiradas

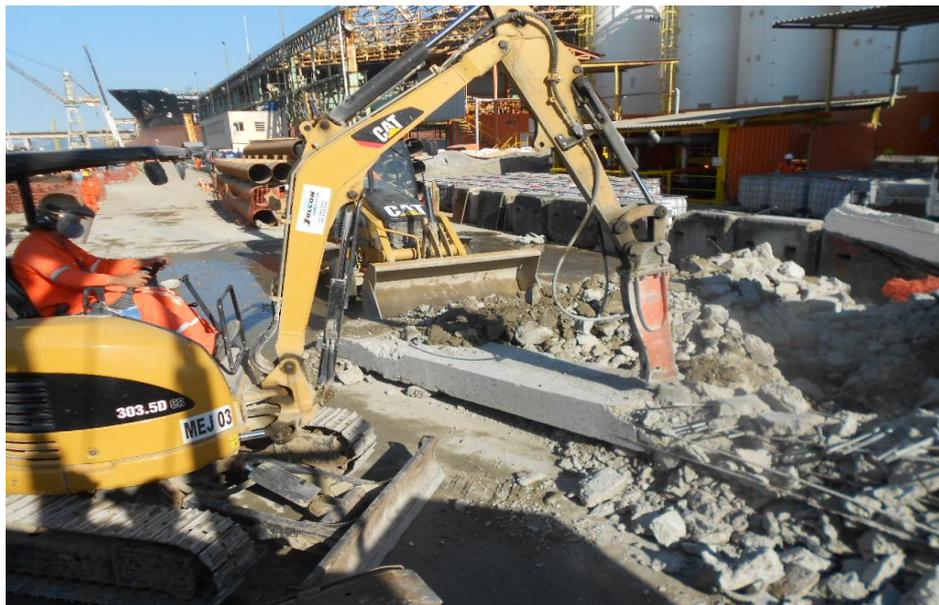


Figura 5.8 Rompimento da mesma com o uso de escavadeira com martelo hidráulico.



Figura 5.9 Vista da estrutura do cais depois da retirada da laje.

Logo após a retirada da laje, o topo das vigas transversais e longitudinais foi demolido com martelões elétricos. Paralelamente a essa atividade, foi montada uma central de pré moldados para a fabricação das pré lajes.

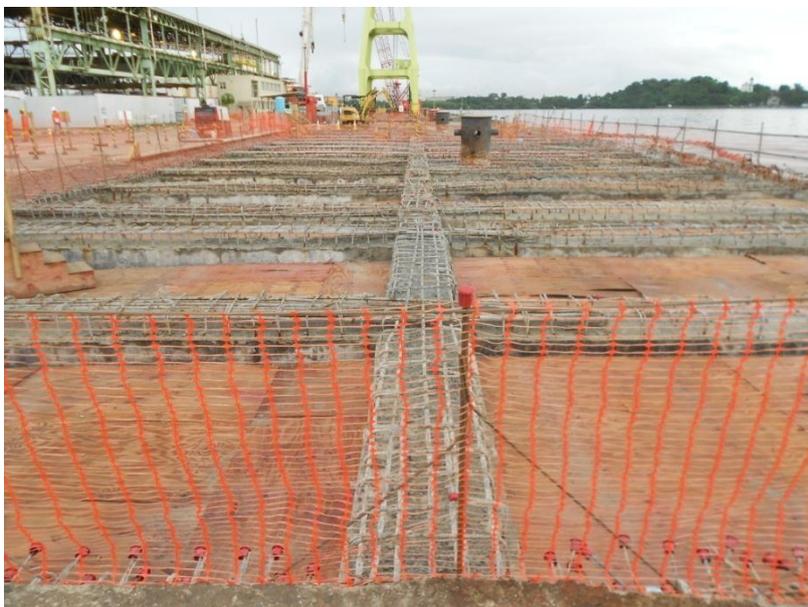


Figura 5.10 Vista das vigas com o topo demolido.

Na pré laje a grande mudança entre o projeto antigo e o novo projeto, ocorrerá no aumento de 2 centímetros do seu revestimento. Esse revestimento foi escolhido visando reduzir a velocidade de deterioração da estrutura. Pois o cais encontra-se numa área de respingo, e segundo a tabela 6.1 da página 16 da NBR6118, podemos classificar esse local na classe agressiva ambiental IV.

Tabela 6.1 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de Projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fracá	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1) 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1) 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1) 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um micro-clima com classe de agressividade um nível mais branda para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade um nível mais branda em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR6118 – Projeto em estrutura de concreto (2003)

Segundo a tabela 7.2 da página 18 da NBR6118, como a pré laje foi feita em concreto armado e como o cais encontra-se numa classe de agressividade ambiental IV, o revestimento mínimo teria que ser de 4,5 centímetros, mas, adotando uma cautela a favor da segurança, o revestimento adotado passa a ser de 5 centímetros.

Tabela 7.2 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5 respeitado um cobrimento nominal $\geq 15\text{ mm}$.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{ mm}$.

Fonte: NBR6118 – Projeto em estrutura de concreto (2003)

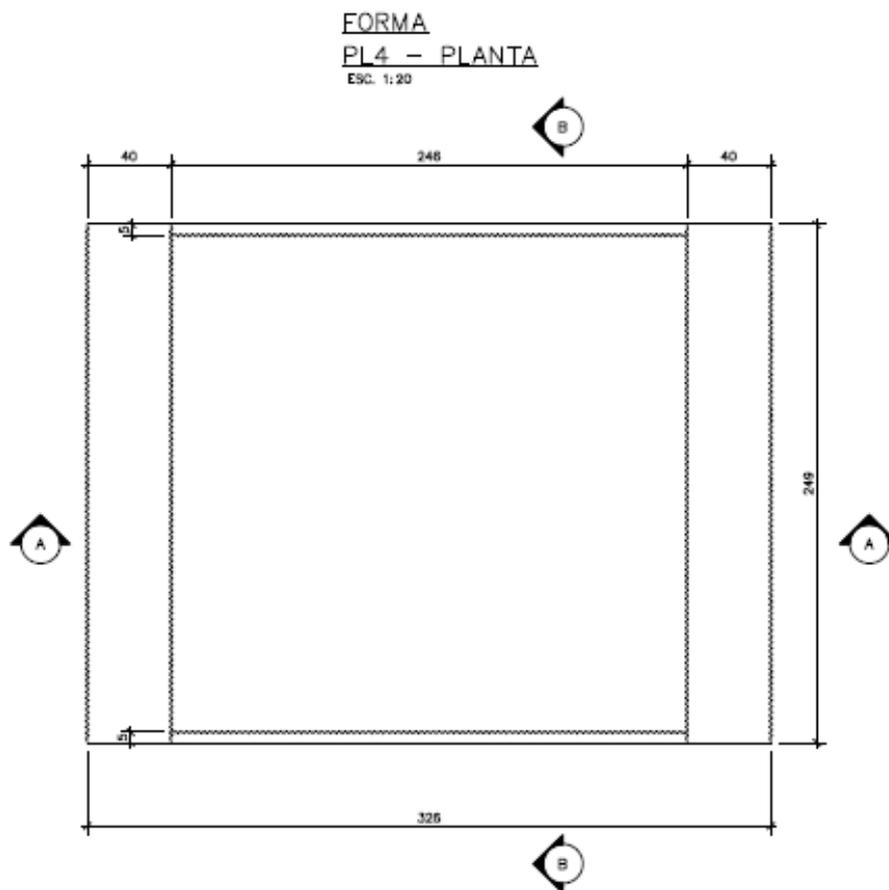


Figura 5.11 Forma da pré laje com o cobrimento de 5 cm.

Esse cais deve receber cargas em geral e para tal, a pré laje será dimensionada com um concreto que resista a 40MPa, e para resistir a tração usará ferros de 10mm e 12,5mm CA-50.

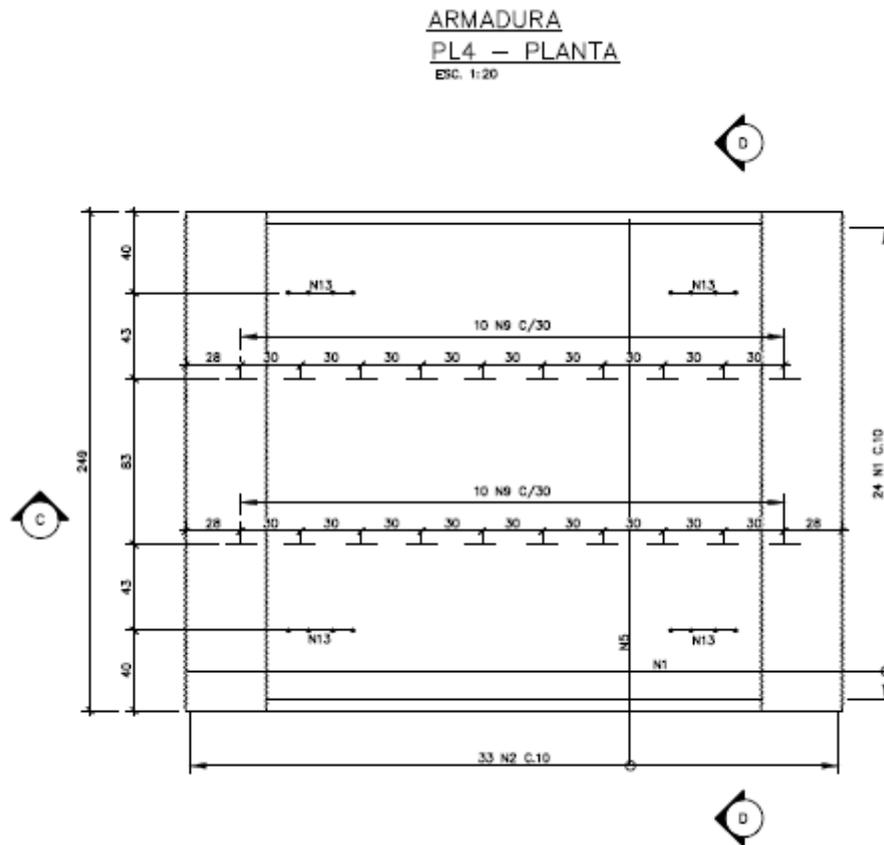


Figura 5.12 Armadura de uma pré laje

LISTA DE FERROS

Ø	N	Ø	Q	COMPRIMENTOS	
				UNIT(cm)	TOTAL(m)
CA-50	1	12,5	24	434	104,16
	2	10.	33	338	111,87
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	8	-	-	-	-
	9	10.	20	85	17,00
	10	-	-	-	-
	11	-	-	-	-
	12	-	-	-	-
CA-25	13	12,5	4	98	3,92

As alças nas pré lajes utilizadas para o içamento das mesmas será feito em aço CA-25, por ser um aço, em comparação com o CA-50, que consegue sofrer um maior escoamento antes de se romper, ou seja, esse aço “dá avisos” antes de romper. Na obra dizemos que esse aço é “menos seco” do que o CA-50.

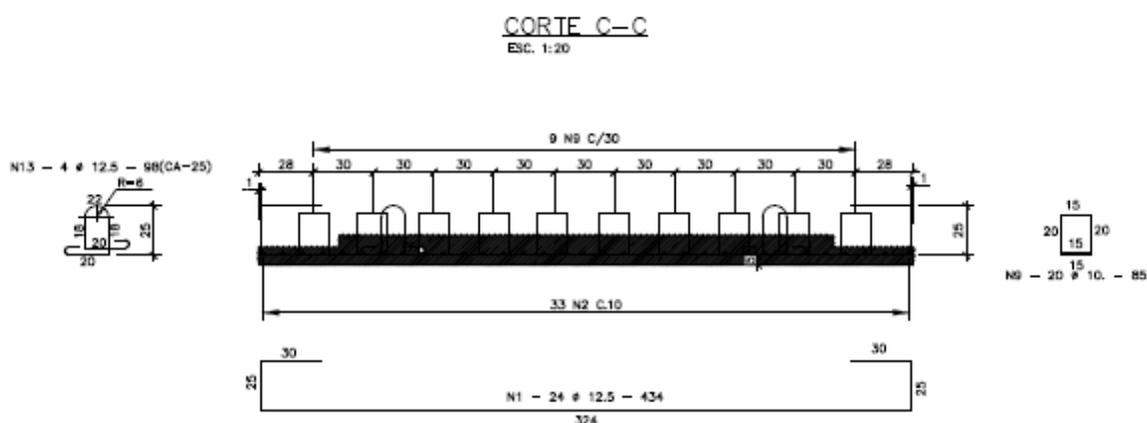


Figura 5.13 Detalhe da alça para içamento de pré laje em CA-25

Com a montagem dessa central de pré moldados, verificou-se um significativo aumento na produção de pré lajes. Pois nessa central existia um grande espaço para

o armazenamento da armação de pré lajes e também de pré lajes concretadas. Esse vasto espaço de armazenamento facilitou mecanização do processo de fabricação.



Figura 5.14 Berço utilizado na concretagem de pré lajes na central de pré moldados



Figura 5.15 Armazenamento de armações de pré moldados



Figura 5.16Pré lajes concretadas



Figura 5.17Armazenamento de pré lajes concretadas

Após ter o topo da viga demolido, inicia-se a recuperação das vigas. No caso das vigas internas, a escariação deve ser na lateral com uma altura de 50cm e uma profundidade de 10 cm.

RECUPERAÇÃO DAS VIGAS
VIGAS TRANSVERSAIS
VIGAS LONGITUDINAIS EIXO B

SEÇÃO
ESC. 1:25

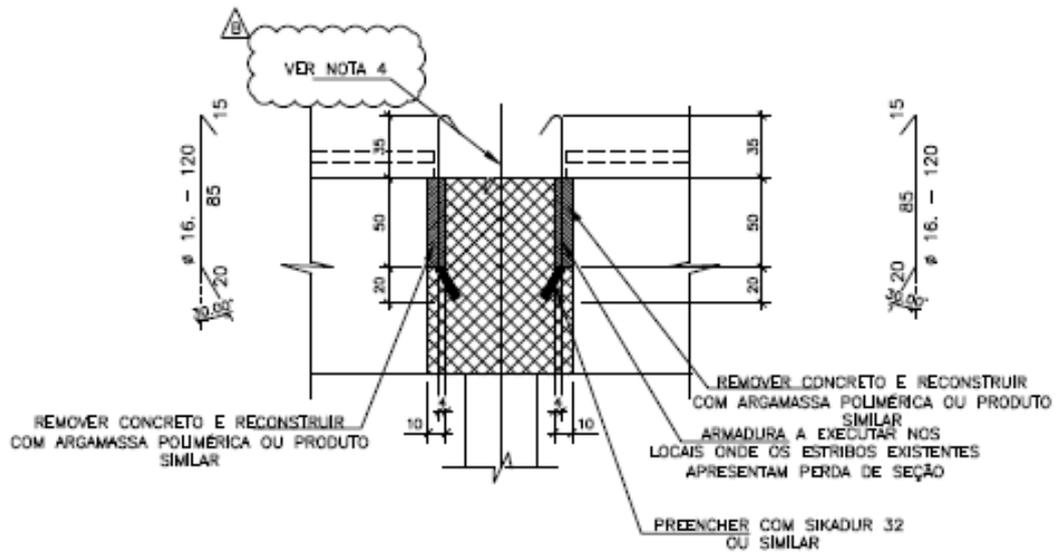


Figura 5.18 Detalhe da recuperação estrutural das vigas internas



Figura 5.19 Vigas internas escarificadas, prontas para troca de aço.

De acordo com Souza e Ripper(1998), é costume adotar-se o princípio de que a necessidade de adição de uma nova barra existe sempre que a redução da seção da barra corroída tiver ultrapassado 15%.Adotando uma postura conservadora, ficou estipulado que se a barra estivesse com mais de 10% de seção perdida, essa barra será substituída.



Figura 5.20Execução de furos no concreto das vigas para substituição de armadura.



Figura 5.21Execução de substituição de armadura.

Depois da substituição dos aços, as vigas estão aptas para receber o processo de concretagem. Esse processo começa com a instalação de forma e escoramento, depois é feita a concretagem e por fim feita a desforma e a cura.



Figura 5.22 Execução de forma e escoramento para concretagem de vigas.



Figura 5.23 Execução de concretagem de vigas.



Figura 5.24 Laterais de vigas concretadas.

Junto com a concretagem das vigas internas, ocorreu a recuperação da viga de paramento.

Na viga de paramento, por ser uma viga muito importante, devido ao constante esforço sofrido com a atracação dos navios, a recuperação da mesma foi realizada de uma maneira mais complexa do que as vigas transversais. Visto que a remoção de concreto da viga foi da ordem de 40% da seção e a armação foi praticamente toda trocada, inclusive os estribos.

RECUPERAÇÃO DAS VIGAS
VIGAS LONGITUDINAIS EIXO A

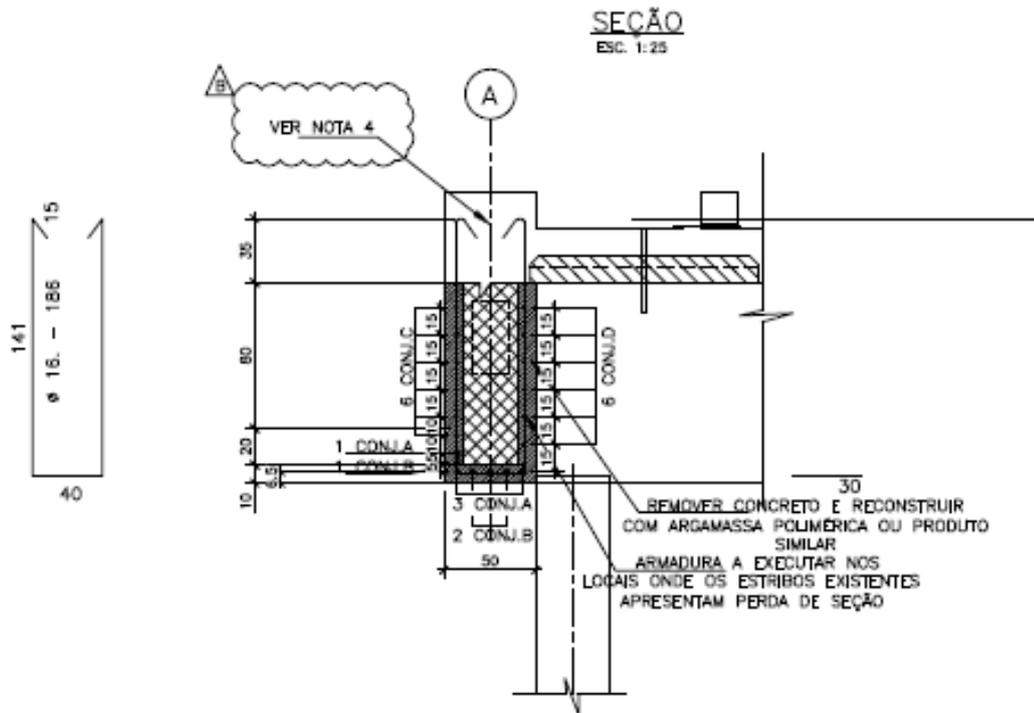


Figura 5.25 Detalhe da recuperação estrutural da viga de paramento



Figura 5.26 Vigas de paramento antes da recuperação estrutural.

Para executar a recuperação estrutural da viga de paramento foi necessário a construção de estruturas provisórias, para permitir o acesso para a demolição, substituição da armadura, montagem de forma, concretagem e desforma.



Figura 5.27Viga de paramento escarificada.



Figura 5.28Detalhe da estrutura provisória montada na viga de paramento.

A concretagem da viga de paramento e a base da defesa foram feitas na mesma etapa, evitando assim o tratamento de uma possível junta entre a base da defesa e a viga de paramento.



Figura 5.29Viga de paramento e base da defesa concretada.

Em concomitância com a recuperação das vigas e a concretagem de pré lajes, as estacas também foram recuperadas. Essa recuperação se deu da seguinte maneira: para cada estaca danificada, duas estacas de perfil metálico com camisa perdida foram construídas, e para amarrá-las às vigas, foram construídos blocos de coroamento. Esses perfis são do tipo I 250 x 85 e as camisas são tubos soldados de 600 mm de diâmetros, com espessura de 6,3mm.

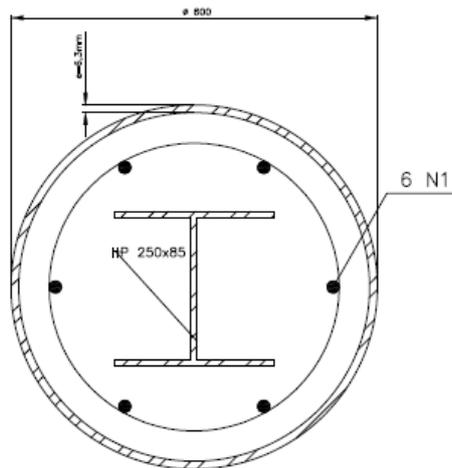


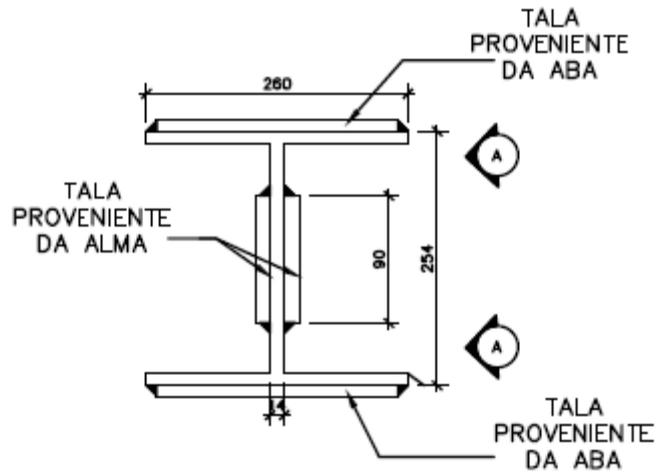
Figura 5.30 Detalhe da estaca de perfil metálico com camisa perdida

LISTA DE FERROS

N	Ø	Q	COMPRIMENTOS	
			UNIT(m)	TOTAL(m)
1	20.	6	1200	72,00
2	-	-	-	-
3	6.3	1	CORR.	161,00

Os perfis metálicos, por razões comerciais, tem 12 metros de comprimento, sendo assim, quando a cravação se dá numa profundidade maior do que os 12 metros do perfil, o mesmo tem que ser soldado a outro perfil. Essa solda é uma solda controlada, portanto requer a contratação de mão de obra especializada de um inspetor de solda para fazer o controle de qualidade.

DETALHE DE SOLDA NO PERFIL
ESC. 1:10



Esses blocos podem ser de dois tipos, quando as estacas estão do mesmo lado em relação à viga, o bloco de coroamento será chumbado à viga, e se as estacas estiverem em lados opostos em relação à viga, o bloco de coroamento será numa cota mais abaixo do que o bloco anterior, e ele não será chumbado à viga, pois sua armação passará embaixo da mesma.

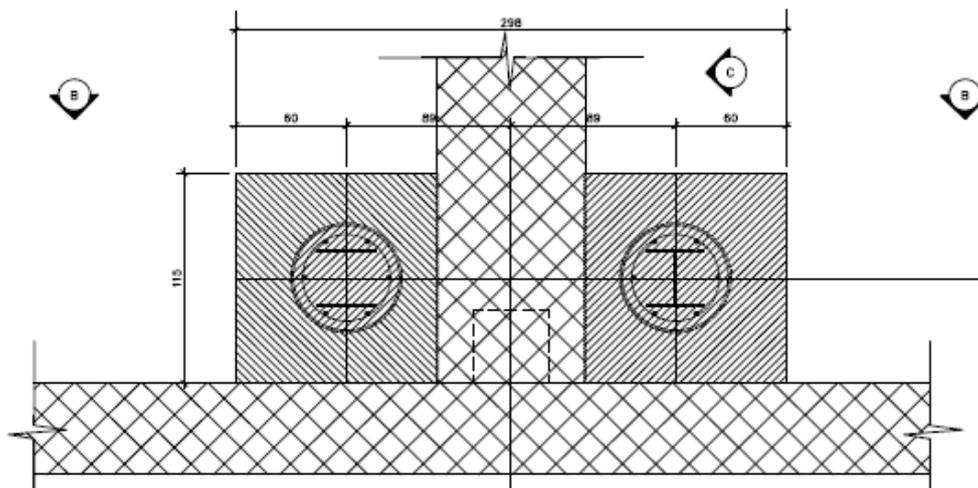


Figura 5.31 Detalhe do bloco de coroamento com estacas em lados opostos

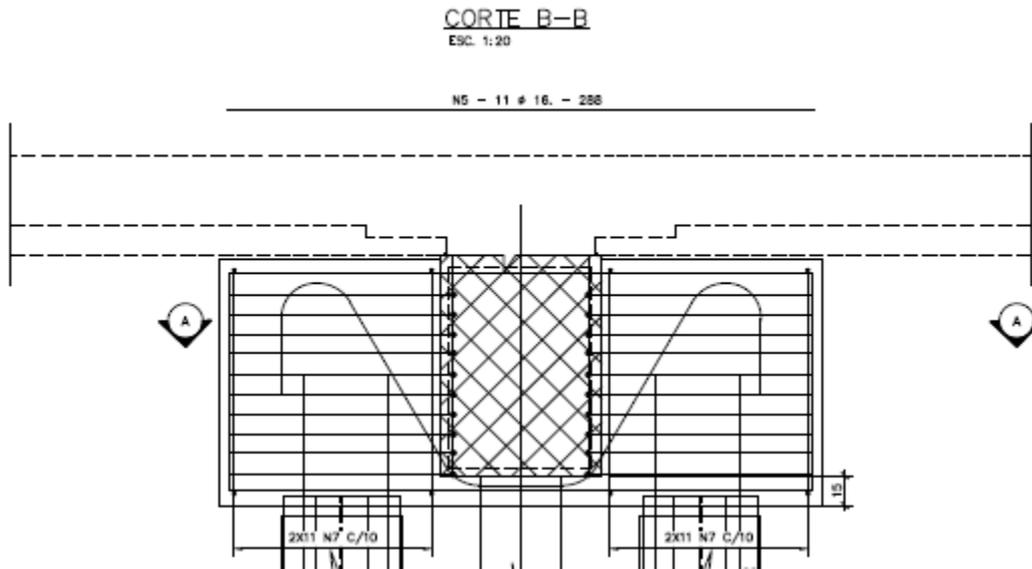


Figura 5.32 Detalhe da armação do bloco de coroamento com estacas em lados opostos

O concreto utilizado na estaca não terá função estrutural, exercerá apenas a função de envelopamento, para evitar que ocorra a corrosão no perfil metálico, provocado pela variação de maré.

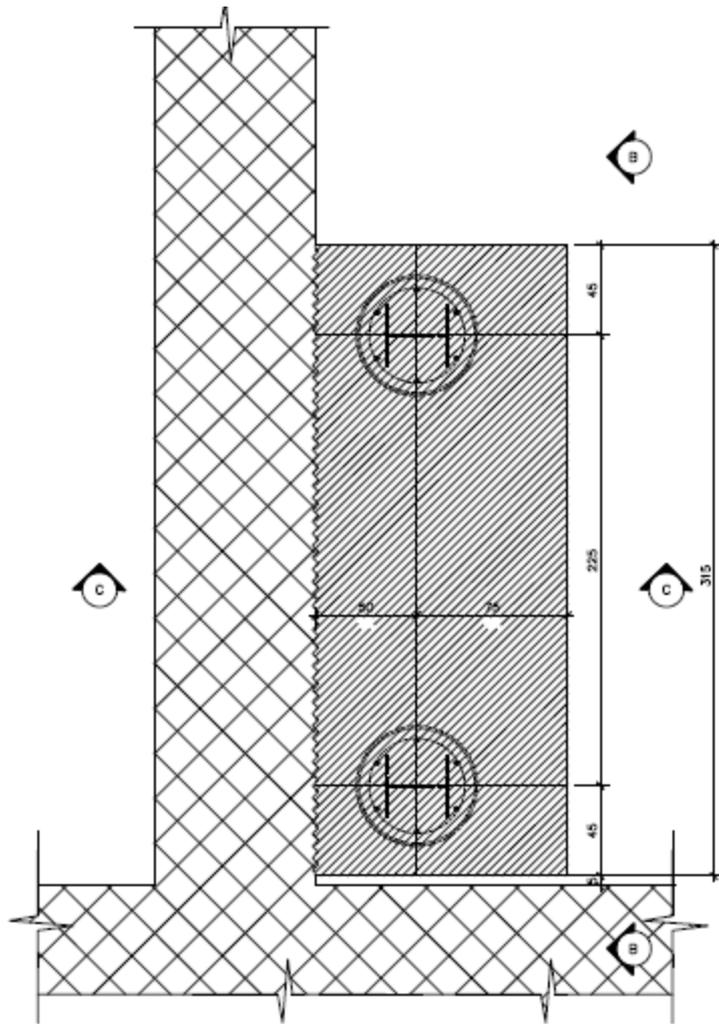


Figura 5.33 Detalhe do bloco de coroamento com estacas no mesmo lado em relação à viga



Figura 5.35 Alinhamento das estacas com gabarito metálico.



Figura 5.36 Cravação das estacas metálicas.



Figura 5.37Execução de eventuais solda de perfis metálicos.



Figura 5.38Cravação de camisas metálicas.

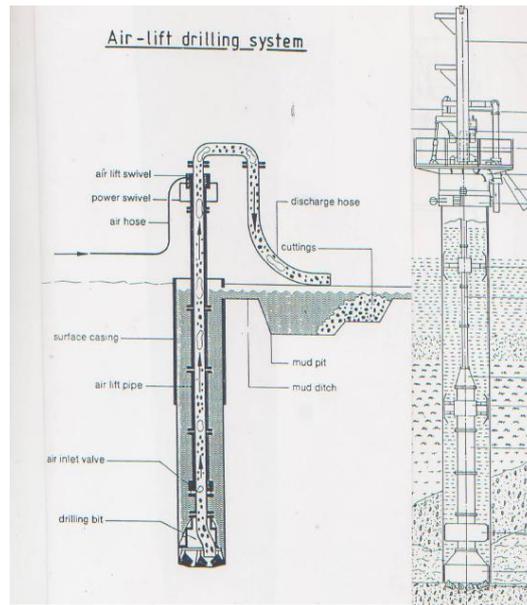


Figura 5.39 Detalhe da execução de "Air Lift"



Figura 5.40 Execução de "Air Lift"



Figura 5.41 Colocação de armações para estacas metálicas.



Figura 5.42 Concretagem das estacas metálicas.



Figura 5.43Corte e arrasamento de estacas metálicas.

Com a viga de paramento, as vigas internas e o conjunto estacas e bloco de coroamento prontos, as pré lajes foram instaladas no local e logo em seguida, a laje moldada in loco foi armada e concretada.



Figura 5.44Posicionamento das pré lajes e blocos de coroamentos.



Figura 5.45Pré lajes posicionadas.

Com as pré lajes posicionadas, a armação da laje in loco pode ser iniciada.



Figura 5.46Armação da Laje in loco.

Logo após a armação, a laje in loco pode ser concretada. Seguindo a mesma linha de raciocínio da pré laje, a laje in loco sofrerá mudança no cobrimento de 3 centímetros para 5 centímetros, atendendo assim as exigências da norma de concreto armado.

Assim como a pré laje, a laje moldada in loco também será dimensionada com um traço de concreto que resista 40 MPa.

Como a concretagem dessa laje é de um volume consideravelmente grande, foi necessário usar uma bomba lança.



Figura 5.47 Concretagem da laje final (in loco).



Figura 5.48 Vista geral da execução da laje final (in loco).

Com a laje in loco concretada, os cabeços começam a sofrer a sua recuperação. Essa recuperação deve seguir as seguintes etapas:

- 1) A PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE SERÁ EXECUTADA POR MEIO DE TRATAMENTO MECÂNICO ST3
- 2) APLICAR TINTA DE FUNDO EPÓXI-ZINCO POLIAMIDA, COM ESPESSURA MÍNIMA DE PELÍCULA SECA DE 50µm.
- 3) APLICAR TINTA INTERMEDIÁRIA EPÓXI POLIAMIDA, COM ESPESSURA MÍNIMA DE PELÍCULA SECA DE 200µm
- 4) APLICAR TINTA DE ACABAMENTO POLIURETANO ACRÍLICO, COM ESPESSURA MÍNIMA DE PELÍCULA SECA DE 70µm

Além dos cabeços, outro dispositivo importante que foi recuperado foi a defesa. Como podemos ver as fotos a seguir, elas foram subdimensionadas no projeto antigo, visto que as mesmas sofreram avarias causadas por impactos das embarcações.

Essas defensas foram escolhidas de acordo com o determinado pela norma NBR-9782.



Figura 5.49 Defesa Antiga



Figura 5.50 Defesa Antiga Avariada

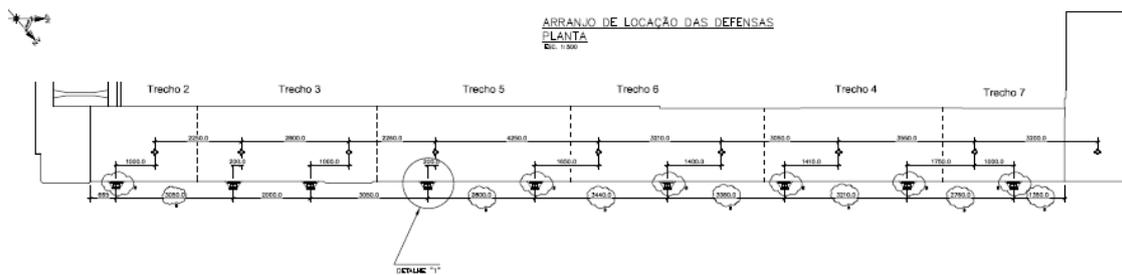


Figura 5.51 Arranjo de localização das defensas

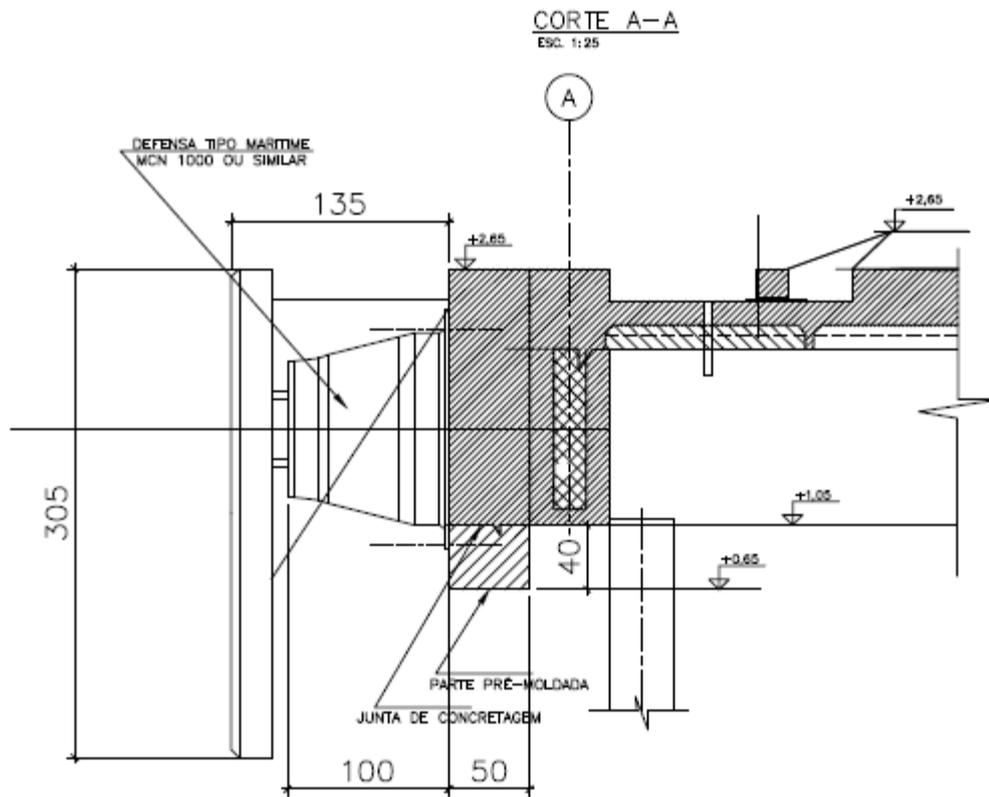


Figura 5.52 Detalhe da concretagem da base da defesa

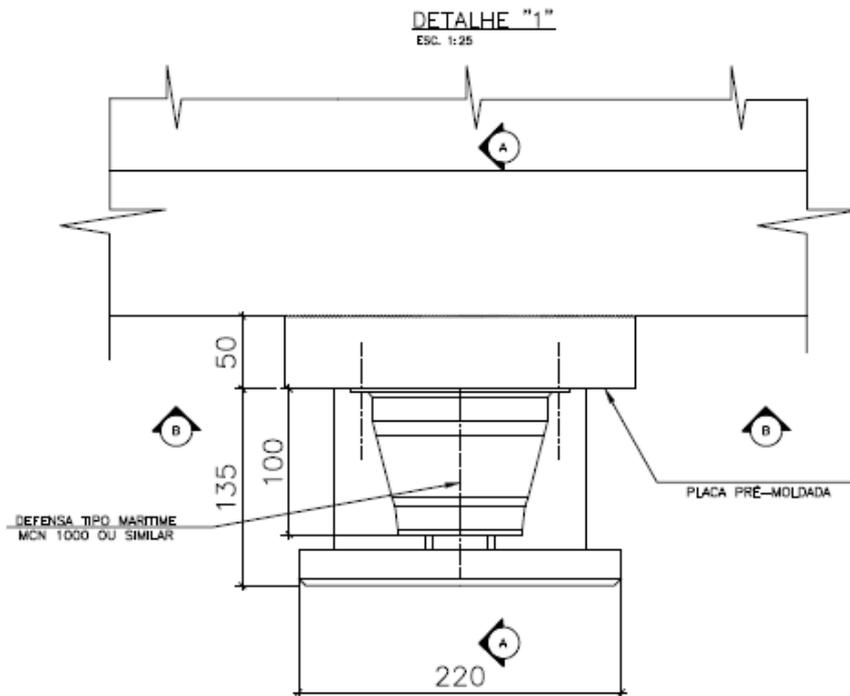


Figura 5.53 Detalhe do tipo da defesa escolhida

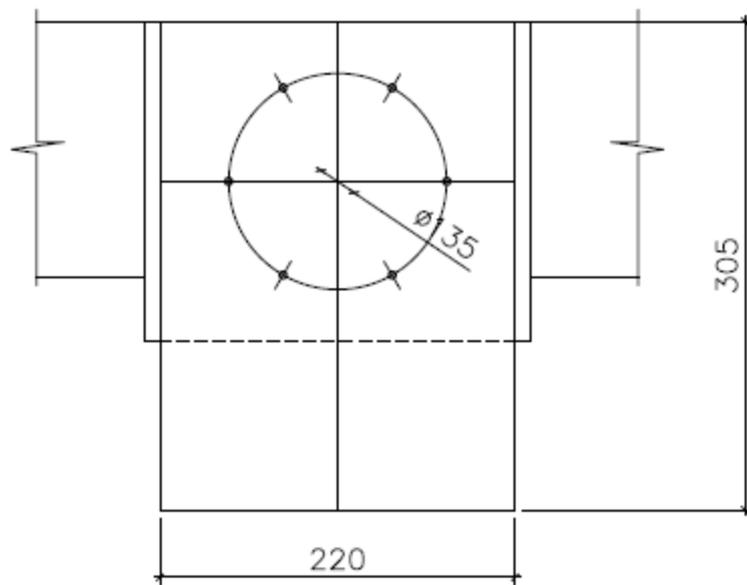


Figura 5.54 Detalhe das dimensões do tipo da defesa escolhida

6. CONCLUSÕES

No capítulo de conclusão serão abordadas as principais dificuldades para realização de uma obra de recuperação estrutural, bem como as recomendações para superar essas dificuldades.

A primeira dificuldade encontrada para execução deste tipo de obra é a adequação das atividades aos diferentes tipos de maré, baixa e alta. Essa adequação tem como finalidade a maior produtividade possível da mão de obra engajada nas atividades.

Inicialmente, durante o período de maré alta, a mão de obra deve concentrar suas atividades em funções que não dependem das oscilações da maré, como por exemplo: fabricação e execução de pré moldados em centrais de pré moldado e armação. Posteriormente, quando estas atividades de fabricação e execução findarem deve-se dividir a mão de obra em dois turnos, diurno e noturno, para aproveitar o maior tempo possível de maré baixa.

Outra dificuldade que pode ser encontrada é o pouco espaço físico para execução da obra. Nesse caso as centrais de armação e pré moldados exercem um importante papel na superação desse problema.

Hoje em dia na engenharia, como um todo, é notória a escassez de mão de obra qualificada. Isso dificulta a contratação direta de profissionais especializados e qualificados para atuação em serviços primordiais da obra. Essa dificuldade leva à necessidade de contratação de subempreiteiras para realização de atividades como cravação de estaca, soldas, investigações, entre outras. Essa terceirização do serviço contribui num significativo aumento do custo da obra.

Tendo em vista, todos os pontos abordados nesse capítulo, pode-se concluir que a principal dificuldade encontrada em uma obra marítima está relacionada à oscilação

da maré. Para o equacionamento desse problema, faz-se necessário a realização de um planejamento detalhado.

Esse planejamento deve ser amparado por um profundo estudo da variação da maré local, identificando assim, os melhores horários para execução das atividades influenciadas diretamente pela maré.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFREDINI, P. “Obras e Gestão de Portos e Costas” – 1ª edição, São Paulo, Editora Edgard Blucher, 2005.
- ASTM C-114-05 - *Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement*
- ASTM C1218-92 - *Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete.*
- BRASIL. Lei n. 12.815. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela união de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários.
- <http://www.antaq.gov.br/Portal/default.asp> Acessado em 10 de agosto de 2013.
- <http://www.portosdobrasil.gov.br/> Acessado em 10 de agosto de 2013.
- MASON, J. “Obras Portuárias” – Rio de Janeiro, Editora Campus, 1981.
- **NBR 06.118 – Projeto de Estruturas de Concreto**, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT(2003), PROCEDIMENTO. Rio de Janeiro.
- **NBR 09.782 - Ações em estruturas portuárias marítimas ou fluviais**, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT(1987), PROCEDIMENTO . Rio de Janeiro.
- SOUZA, V.C.M; RIPPER, T. “Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. 1. Ed . São Paulo: Pini,1998”