



REVISTA

OBRAS CIVIS

DIRETORIA DE OBRAS CIVIS DA MARINHA

v. 10 n. 1 dezembro 2022

DOCM

CONSTRUINDO HOJE,
EM SÓLIDOS ALICERCES,
A MARINHA DO FUTURO

46

ANOS

1976



Controle de qualidade na fabricação e montagem de estruturas metálicas nas obras do PROSUB

GALERIA DOS DIRETORES

C Alte (EN)	Mozart Padilha de Souza (interino)	09JUL1976	a	20AGO1976
V Alte	Antônio Leopoldo Amaral Sabóia	20AGO1976	a	20MAR1981
C Alte	Bernard David Blower	20MAR1981	a	15MAR1982
CMG	Claus Dieter Eichler (interino)	15MAR1982	a	16ABR1982
V Alte	Dilmar de Vasconcellos Rosa	16ABR1982	a	29JUL1983
V Alte	Eduardo de Oliveira Rodrigues	29JUL1983	a	20DEZ1983
V Alte	José Maria do Amaral Oliveira	20DEZ1983	a	16MAI1984
V Alte	Waldemar José dos Santos	16MAI1984	a	19ABR1985
C Alte	João Maria Didier Barbosa Vianna	19ABR1985	a	23ABR1987
V Alte	João Geraldo Matta de Araujo	23ABR1987	a	11ABR1988
CMG	José Luiz Feio Obino (interino)	11ABR1988	a	01AGO1988
C Alte	José Luiz Feio Obino	01AGO1988	a	26ABR1989
V Alte	Domingos Alfredo Silva	26ABR1989	a	08JAN1990
C Alte	Roberto de Lorenzi Filho	08JAN1990	a	26ABR1990
V Alte	Roberto de Oliveira Coimbra	26ABR1990	a	25FEV1991
C Alte	Luiz Alberto de Carvalho Junqueira	25FEV1991	a	31JUL1991
V Alte	Luiz Alberto de Carvalho Junqueira	31JUL1991	a	22ABR1992
C Alte (EN)	José Antônio Azevêdo de Araujo	22ABR1992	a	06MAI1998
V Alte	Luiz Fernando Portella Peixoto (interino)	06MAI1998	a	19AGO1998
C Alte (EN)	Ricardo Torga do Carmo	19AGO1998	a	15JAN2002
C Alte	Luiz Antonio Monclaro de Malafaia	15JAN2002	a	14MAI2003
C Alte	Francisco Luiz Gallo	14MAI2003	a	26NOV2003
C Alte	José Eduardo Borges de Souza	26NOV2003	a	9AGO2004
C Alte	João Arthur do Carmo Hildebrandt	09AGO2004	a	12ABR2006
C Alte	Marcus Vinicius Iorio Hollanda	12ABR2006	a	03AGO2006
C Alte	Gener Martins Baptista	03AGO2006	a	16ABR2007
C Alte	Antonio Ruy de Almeida Silva	16ABR2007	a	10AGO2007
C Alte	Marcos Nunes de Miranda	10AGO2007	a	6MAR2009
C Alte	Sergio Roberto Fernandes dos Santos	26MAR2009	a	30MAR2010
V Alte	Sergio Roberto Fernandes dos Santos	30MAR2010	a	30ABR2010
V Alte	Luiz Guilherme Sá de Gusmão	30ABR2010	a	03MAI2011
V Alte	Arnaldo de Mesquita Bittencourt Filho	03MAI2011	a	09DEZ2011
V Alte	Liseo Zampronio	09DEZ2011	a	08MAI2013
Alte Esq	Luiz Guilherme Sá de Gusmão	08MAI2013	a	13AGO2013
C Alte	Luís Antônio Rodrigues Hecht	13AGO2013	a	31MAR2014
V Alte	Luís Antônio Rodrigues Hecht	31MAR2014	a	07ABR2016
C Alte	Flavio Macedo Brasil	07ABR2016	a	30MAR2018
V Alte	Flavio Macedo Brasil	30MAR2018	a	03ABR2018
V Alte	Marcos Sampaio Olsen	03ABR2018	a	18DEZ2018
C Alte	Alan Guimarães Azevedo	18DEZ2018	a	15MAR2019
C Alte	Carlos Augusto Chaves Leal Silva	15MAR2019	a	05DEZ2019
C Alte	Marcio de Vasconcellos Rocha	05DEZ2019	a	05ABR2021
C Alte	Rogério da Rocha Carneiro Bastos	05ABR2021	a	19ABR2022

PALAVRAS DO DIRETOR



No dia 15 de dezembro, comemora-se o dia do Arquiteto, importante profissional que atua juntamente com engenheiros, na qualidade dos serviços prestados pela Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM). Nesta data tão relevante, considero o momento oportuno para a publicação da décima edição da Revista “Obras Civis”.

A revista, com periodicidade bienal, consolida-se como uma valorosa fonte de divulgação de artigos técnicos e trabalhos acadêmicos nas áreas de Engenharia e Arquitetura e Urbanismo, elaborados pelo próprio corpo técnico e por colaboradores, além de possuir uma seção destinada a divulgar realizações no âmbito das atividades de competência desta Diretoria Especializada, onde é feita uma retrospectiva, demonstrando as principais obras executadas e projetos elaborados no curso dos anos 2021 e 2022.

Desejo uma ótima leitura e reforço o compromisso da DOCM em prestar um serviço de excelência com o firme propósito de contribuir para manutenção, aprimoramento e ampliação do patrimônio imobiliário da Marinha, permanecendo fiel ao seu lema:

“Construindo hoje, em sólidos alicerces, a Marinha do futuro!!”

JOSÉ LUIZ FERREIRA CANELA
Contra-Almirante
Diretor



DOCM

CONSTRUINDO HOJE,
EM SÓLIDOS ALICERCES,
A MARINHA DO FUTURO

Expediente

Revista Obras Civis

Publicação da Diretoria de
Obras Civis da Marinha - DOCM
Rua Primeiro de Março, 118 - 15º andar
Centro - Rio de Janeiro - RJ CEP 20010-000

Diretor-Geral do Material da Marinha

José Augusto Vieira da Cunha
de Menezes
Almirante de Esquadra

Diretor de Obras Civis da Marinha

José Luiz Ferreira Canela
Contra-Almirante

Presidente do Conselho Editorial

André Dias Martins Costa
Capitão de Mar e Guerra
Vice-Diretor

Editor

Fernanda Leal Benet
Capitão de Fragata (EN)

Revisão

Carla Feijó da Costa
Capitão de Mar e Guerra (EN)
Newton Fagundes de Carvalho
Capitão de Mar e Guerra (EN)
Márcio Ramalho Amendola
Capitão de Mar e Guerra (EN)

Projeto Gráfico e Diagramação

Thatiane Christine da Silva Souza
Segundo-Sargento (DA)

Visite nosso site na Intranet
www.docm.mb

Acesse a versão digital da Revista em:
**[https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/
index.php/obrascivis](https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/obrascivis)**

Os artigos publicados são de inteira responsabilidade
de seus autores e não refletem, necessariamente, a
opinião da DOCM.

— DISTRIBUIÇÃO GRATUITA —



SUMÁRIO

06

NOTÍCIAS DA DOCM

ARTIGOS TÉCNICOS

12

Reciclagem de Resíduos da Construção Civil

19

Patologia nas Estruturas em Concreto Armado

28

Obelisco - 250 anos da Intendência da Marinha

36

Controle de Qualidade em Estruturas Metálicas

45

Métodos Geofísicos de Eletroresistividade

53

Obra de Ampliação da Oficina Q4 do CMASM

63

Posto de Abastecimento de Combustíveis

74

Método de Homogeneização por Fatores em Avaliação Imobiliária

84

Uma Breve Introdução à Confiabilidade Estrutural

92

Obra de Reforço das Fundações do Pier do espaço Cultural da Marinha

106

PROJETOS DESENVOLVIDOS PELA DOCM NO BIÊNIO 2021-2022

110

OBRAS EM ANDAMENTO EM 2022

114

OBRAS CONCLUÍDAS EM 2022

116

OBRAS DO PROSUB

DOCM REALIZA ADESTRAMENTOS FUNCIONAIS PARA O SEU CORPO TÉCNICO



Apresentação do CC (EN) Rafael Nascimento, no auditório do Edifício Barão de Ladário.

Por meio do Programa de Adestramento Funcional, a DOCM vem realizando nos últimos anos, no Auditório do Edifício Barão de Ladário, diversas palestras voltadas para o seu Corpo Técnico, estendidas aos demais interessados nos temas abordados.

As apresentações, ministradas por Oficiais da própria Diretoria, têm por objetivo disseminar as experiências e os conhecimentos relevantes adquiridos em cursos, estágios e na prática profissional dos serviços realizados pela DOCM, contribuindo, assim, para o aprimoramento e a qualificação profissional do Corpo Técnico.

Palestras realizadas ao longo do biênio 2021/2022:

- Detecção e Alarme de Incêndio
- Desafios e Benefícios no uso do BIM
- Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)
- A Reconstrução da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF)
- Obra de Reforço Estrutural do Píer do Espaço Cultural da Marinha
- Traçado de Projetos Rodoviários
- Obras Portuárias do PROSUB - Desafios na Execução dos Cais 3 e 4
- Análise Probabilística da Ameaça Sísmica em Estruturas
- Avaliação Dinâmica de Estruturas: abordagem experimental e casos concretos
- Orçamentação de obra: BDI e CPRB
- Termo de Execução Descentralizada: Lições Aprendidas
- Elaboração do Plano de Segurança Contra Incêndio

TREINAMENTO PARA O NOVO GRUPO BASE DA ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ



Treinamento do Grupo-Base

A Marinha do Brasil é a responsável pela logística do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR) e vem, desde 1982, apoiando as pesquisas na Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF). Para a consecução da missão, a Marinha conta com um grupo de 16 militares, chamado de Grupo-Base (GB), que permanece em solo antártico por um período ininterrupto de um ano.

Dentre as etapas de qualificação do GB está o treinamento ministrado pela Diretoria de Obras Civas da Marinha (DOCM), que é a responsável pelo Gerenciamento da Manutenção da Estação. O referido treinamento tem como objetivo transferir ao GB o conhecimento adquirido pelo Corpo Técnico da DOCM durante o acompanhamento do processo de construção da nova Estação, no qual participou ativamente, desde a fase de investigação geotécnica, para viabilizar os estudos preliminares, até a fiscalização técnica da obra. Como exemplo das informações passadas no treinamento, estão o histórico da construção, experiências adquiridas na construção em local inóspito e os principais conceitos de manutenção e operação da estação.

DOCM REALIZA PALESTRA SOBRE “FISCALIZAÇÃO DE CONTRATOS SOB A ÓTICA DO TCU”



Entrega de certificado ao auditor

No dia 03JUN2022, a DOCM realizou, no auditório do Edifício Barão de Ladário (EdBL), uma palestra sobre o tema “Fiscalização de Contratos sob a ótica do TCU”, ministrada pelo Auditor Federal de Controle Externo do TCU Sr. Carlos Wellington Leite de Almeida.

Seu público-alvo foram os militares da DOCM envolvidos na elaboração de projetos e fiscalização de obras, estendido aos demais interessados no assunto. Também compareceram representantes da DGMM, DEN, ClogMat, DSAM, DCTIM, CTIM, DGePM, DAerM, BNIC e DepFMRJ.

A apresentação teve como objetivo apresentar os principais entendimentos do TCU em torno das demandas que permeiam a realidade prática da fiscalização de obras públicas, bem como as falhas recorrentes na confecção e execução dos projetos. Também foram analisados os principais acórdãos do TCU sobre os temas, bem como sua base normativa.

Os tópicos abordados foram importantes para a difusão do conhecimento e conscientização sobre a necessidade e importância de constante aperfeiçoamento na área de fiscalização de contratos, tendo em vista as recorrentes atualizações jurisprudenciais sobre o tema.

DOCM RECEBE CERTIFICAÇÃO ISO 9001-2015 PARA O SERVIÇO DE ANÁLISE DE PROJETOS



Divulgação do Sistema de Gestão da Qualidade da DOCM.

A DOCM recebeu, em 13 de julho de 2022, a Certificação de Qualidade da Norma ISO 9001:2015 - Sistemas de Gestão da Qualidade, mediante Auditoria Externa realizada pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, no escopo “Prestação de serviços de análise de projetos de engenharia e arquitetura na área de obras civis”.

O processo de preparação da OM teve início com a designação da Assessoria de Gestão para coordenar e assessorar a implementação do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) na DOCM. Sendo assim, em agosto de 2020, foi realizada a contratação de um consultor externo para assessorar na implantação do SGQ.

O primeiro passo rumo à certificação foi uma reunião preliminar com a Direção e oficiais da DOCM, para motivar, divulgar as premissas básicas, firmar o compromisso da Alta Direção, definir o escopo e compor a equipe técnica envolvida na implementação do SGQ/DOCM. O escopo escolhido, “Prestação de serviços de análise de projetos de engenharia e arquitetura na área de obras civis”, tem suas atividades principais realizadas na Divisão de Análise de Projetos (DOCM-24), pertencente ao Departamento de Projetos (DOCM-20).

A escolha do serviço de “Análise de Projetos”, como piloto para a obtenção da certificação, decorre de suas características peculiares, tais como:

- grande relevância para as OM clientes;
- expressiva representatividade numérica sobre os serviços prestados pela DOCM (média de 43 análises por ano); e
- existência de processos já mapeados e de Ordem Interna que disciplina a realização do serviço, facilitando a padronização dos serviços.

Em um segundo momento, foi realizado um estudo junto aos principais envolvidos no processo, DOCM-20 e DOCM-24, sobre a documentação básica e os requisitos estatutários e legais a serem atendidos pelo SGQ, sendo, posteriormente, realizada a definição dos processos onde se desenvolve a atividade fim (escopo) e iniciado o mapeamento dos processos nos demais setores envolvidos, sejam técnicos ou de apoio.

Paralelamente à preparação documental da OM, foi realizado um curso com o tema “Formação de Auditor Interno ISO 9001:2015”, onde foram capacitados 17 militares, nos 10 critérios exigidos pela Norma, que se tornaram qualificados para o planejamento e execução de auditorias internas.

Após a conclusão do mapeamento de processos, desenvolvido pela Assessoria de Gestão, os setores envolvidos prepararam dois documentos fundamentais para a certificação. O primeiro, o Protocolo de Atividades, contém as entradas, saídas, referências, riscos, oportunidades e monitoramento da atividade. Já o segundo documento, o Descritivo, é uma descrição detalhada de como aquela atividade é executada na OM.

Para finalizar a documentação, o Chefe do Departamento de Projetos foi designado Gerente do SGQ da DOCM, cuja principal tarefa é validar, junto à Direção, o Manual da Qualidade, documento onde foram estabelecidos, principalmente, a Política da Qualidade e os objetivos a serem alcançados. Com a prontificação dos principais documentos, foram ministradas diversas palestras sobre a ISO 9001:2015 e divulgação do SGQ implementado para toda a tripulação da DOCM, de forma a envolver toda a Força de Trabalho no processo de preparação da OM para o recebimento da Certificação.

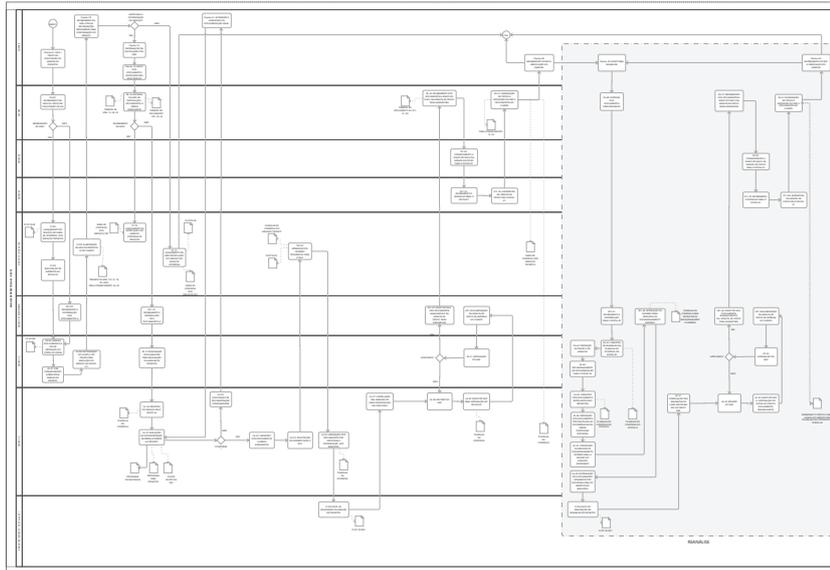
Durante esse processo, foram executadas auditorias internas no SGQ, pelos membros da tripulação capacitados, com a finalidade de corrigir falhas no sistema (não conformidades), bem como implementar melhorias identificadas pelos auditores. Após a prontificação do Relatório de Auditoria, foi realizada a Análise Crítica pela Direção e, finalmente, validado o Sistema de Gestão da Qualidade da DOCM, pelo Gerente do SGQ.

Em março de 2022, foram encaminhados, pela DOCM, os documentos necessários para a realização da auditoria externa por parte da Certificadora contratada, a ABNT. Os principais documentos encaminhados para apreciação foram:

- Política, Objetivos e Escopo da Certificação;
- Processos e Equipamentos Utilizados;
- Requisitos Estatutários e Regulatórios;
- Programa e Relatório de Auditoria Interna;
- Planejamento de Auditorias Internas e Análises Críticas pela Direção; e
- Ata de Reunião da Análise Crítica do SGQ/DOCM.

A auditoria externa, realizada remotamente por auditor da ABNT, ocorreu nos dias 30 e 31 de março de 2022 e objetivou conferir a conformidade do serviço de análise de projetos com os requisitos normativos e legais aplicáveis quanto à sua implementação e manutenção de modo eficaz. A Certificação do Sistema de Gestão da Qualidade, no escopo “Prestação de serviços de análise de projetos de engenharia e arquitetura na área de obras civis”, foi concedida em 13 de julho de 2022, com validade de três anos.

Dessa forma, a DOCM reafirma seu compromisso em aprimorar e inovar os seus processos, buscando a melhoria contínua na prestação de seus serviços e garantindo atendimento de qualidade, com profissionais capacitados, em conformidade com os regulamentos aplicáveis, sempre pautada na ética, no respeito, na cortesia e na atenção personalizada, de forma a assegurar a plena satisfação dos clientes e a permanente orientação rumo à excelência dos serviços prestados.



Mapeamento do processo de Análise de Projetos.



CERTIFICADO DE CONFORMIDADE Conformity Certificate

Nº 23.101/22

A ABNT concede o certificado de conformidade de Sistema de Gestão da Qualidade à empresa.
ABNT grants the conformity certificate of the quality management system to the company:

Comando da Marinha
(Diretoria de Obras Civis da Marinha)
CNPJ: 00.394.502/0073-19

Implementado para a(s) atividade(s) de:
Implemented for the following activity(ies):

Prestação de serviços de análise de projetos de engenharia e arquitetura na área das obras civis.

Exercida(s) na unidade localizada em:
Executed in the unit located in:

Rua 1º de Março - Ed. Barão de Ladário
15º e 16º andares - Centro
20010-000 - Rio de Janeiro - RJ

Atendendo aos requisitos da Norma:
Meeting the requirements of the Standard:

ABNT NBR ISO 9001:2015

Primeira concessão: 13/07/2022
First concession:

Período de validade:
Validity period:

13/07/2022 a 13/07/2025

Rio de Janeiro, 26 de julho de 2022.

Paulo Henrique Lobo
Eng.º Licenciado
Gerente de Certificação de Sistemas
Systems Certification Manager

Este certificado é suportado por contrato de atendimento à Norma e procedimentos da ABNT e é válido somente em original e com o selo da ABNT em alto-relevo ou, assinado pelo Gerente de Certificação de Sistemas. Sua validade pode ser confirmada no seguinte endereço eletrônico: www.abnt.org.br; CNPJ: 33.402.892/0001-08 – Tel.: (21) 3974-2300.
This certificate is supported by a contract of compliance with the Standard and procedures and is valid only in original form and with the ABNT logo in high relief. Its validity may be confirmed at the following electronic address: www.abnt.org.br; CNPJ: 33.402.892/0001-08 – Tel.: (21) 3974-2300.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
Av. Treze de Maio, 13 - 28º Andar - Centro - Rio de Janeiro - RJ - CEP 20031-901
Rua Conselheiro Nebras, 1131 - Campos Eliseos - São Paulo - SP - CEP 01203-002

Rev.: 05



Certificado de conformidade do Sistema de Gestão da Qualidade da DOCM.

RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:

POTENCIAL, APLICAÇÕES E DESAFIOS.

Uma abordagem reflexiva sobre a necessidade de reciclagem dos resíduos provenientes de construções e reformas, com o foco nos componentes cerâmicos/cimentícios e de madeira, e a importância de se estudar a viabilidade dessa reciclagem para que o processo não degrade mais o meio ambiente do que o próprio resíduo.



www.freepik.com

A utilização significativa de entulho reciclado remonta ao final da 2ª Guerra Mundial, durante a reconstrução das cidades europeias a partir de escombros e entulhos britados para a produção de agregados, de forma a atender a demanda da época. Dessa forma, pode-se dizer que, a partir de 1946, teve início o desenvolvimento da tecnologia de reciclagem do entulho de construção civil (WEDLER; HUMMEL, 1946 apud LEVY, 2017, p. 1633).

Atualmente, as técnicas de reciclagem dos resíduos da construção civil estão bem evoluídas. No entanto, a reciclagem desses materiais ainda não é uma realidade amplamente difundida. Alguns países desenvolvidos, como Estados Unidos, Holanda, Japão, Alemanha, França e Bélgica, por necessidade própria de reciclar seus resíduos da construção civil, têm desenvolvido pesquisas a fim de criar uma padronização dos procedimentos para a obtenção de novos produtos, visando atender um padrão mínimo de qualidade.



*Resíduos descartados de maneira incorreta.
Fonte: sympia.com.br - Paulo Taveira.*



*Alemãs trabalhando na reconstrução de Berlim a partir dos escombros da 2ª Guerra Mundial.
Fonte: dw.com/pt-br/ - Créditos: Ullstein Bild.*

O meio ambiente e a sociedade de forma geral serão os maiores beneficiados com a reutilização desses resíduos. Problemas, como a escassez de áreas para a deposição de entulhos e a falta de recursos para desobstrução de córregos e vias públicas, comuns às grandes metrópoles, poderiam ser resolvidos ou amenizados.

No entanto, como consta em Ângulo, Zordan e John (2001), a reciclagem de resíduos da construção e demolição (RCD) também pode causar impactos no meio ambiente. Questões como o tipo de resíduo, a tecnologia empregada e a proposta para a utilização do material reciclado podem tornar o processo

de reciclagem ainda mais impactante do que o próprio resíduo antes de ser reciclado.

Dessa forma, além de estudos sobre a viabilidade financeira da reciclagem, é necessário que haja também o gerenciamento dos riscos ambientais do próprio processo da reciclagem, para torná-la viável também do ponto de vista ambiental.

PRODUTOS RECICLADOS PROVENIENTES DA FRAÇÃO CERÂMICA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL, POTENCIAL DE APLICAÇÃO E DESAFIOS

Sendo a construção civil um setor tão representativo dentro da economia nacional, ela é, também, o maior consumidor de matérias-primas (até 50% do total de recursos consumidos pela sociedade), envolve processos com grande consumo de energia (cerca de 80% da energia utilizada na produção de um edifício é consumida na produção e transporte de materiais), gera poluição em quase todos os seus processos (da extração de matérias-primas à produção de produtos, como cimento e concreto) e, até mesmo na fase de uso dos edifícios, os impactos ambientais são vários (BRASILEIRO; MATOS, 2015).



*Resíduos descartados de maneira incorreta.
Fonte: sympla.com.br - Paulo Taveira.*

NO GRÁFICO 1, É APRESENTADA A COMPOSIÇÃO MÉDIA DE RCD COLETADOS NO BRASIL E A REPRESENTATIVIDADE DA FRAÇÃO DE RESÍDUOS MINERAIS NO TOTAL DE RCD; ISSO REFORÇA A IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS PARA A RECICLAGEM, A NORMALIZAÇÃO APRESENTADA E A PREOCUPAÇÃO EM MELHORAR A RELAÇÃO DE CUSTO X BENEFÍCIO DA RECICLAGEM DESSE MATERIAL.

Composição média dos RCD no Brasil

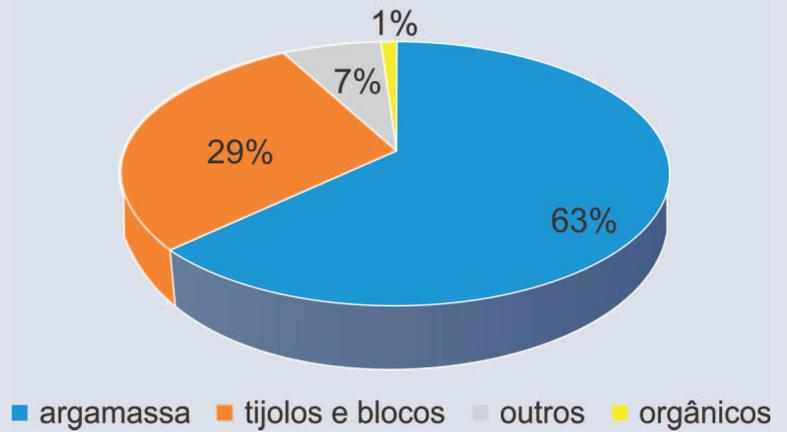


Gráfico 1 - Fonte: BLUMENSCHNEIN, 2007, apud LEVY, 2017.

Atualmente, os principais produtos desenvolvidos a partir dos resíduos cerâmicos são os agregados reciclados para a composição de novos produtos sem função estrutural, cujos principais usos são:

Produto	Características	Principais usos
Areia	D máx < 4,8 mm Provém de blocos de concreto e concreto demolido	Argamassas assentamento Contra-pisos Blocos de vedação
Pedrisco	D máx < 6,3 mm Provém de blocos de concreto e concreto demolido	Artefatos de concreto Pisos inter-travados Guias Blocos de vedação
Brita 1 ou 2	D máx < 39,0 mm Provém de blocos de concreto e concreto demolido	Concretos sem funções estruturais Obras de drenagem
Bica Corrida ^[1]	D máx < 63,0 mm Provém de resíduos de Construção Civil	Sub-base e base de pavimentos rodoviários Regularização de vias não pavimentadas
Rachão	D máx < 150,0 mm Provém de resíduos de Construção Civil	Substituição de solo Terraplanagens Drenagens

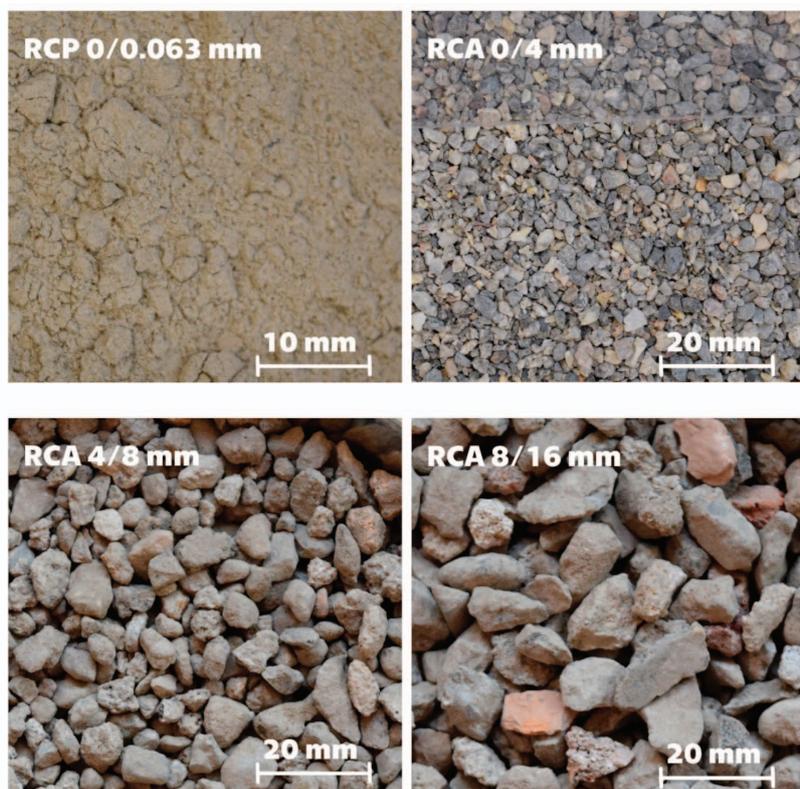
Tabela 1 – Produtos produzidos a partir da fração cerâmica do RCC. Fonte: Levy (2017)

Para a produção de concreto são aceitos até 20% de agregados reciclados em substituição aos agregados naturais, sem que haja alterações significativas nas características do concreto, não havendo alteração da quantidade de cimento consumido. Em Levy (2017), é apresentada uma comparação de custos para a produção de 1 m³ de concreto convencional, R\$ 255,00, e 1 m³ de concreto com 20% de agregados reciclados em sua composição, R\$ 246,00; o resultado foi que no item concreto a economia seria de 3,5% do valor do item e no valor total da obra isso refletiria em uma economia de 0,70 a 1% do valor total de uma obra habitacional convencional.

Como consta em Levy (2017), Levy e Helene (2004) desenvolveram uma pesquisa pioneira para determinar qual a contribuição dos agregados reciclados na durabilidade de novos concretos, analisando propriedades como o consumo, profundidade de carbonatação, absorção de água e volume total de poros. Os resultados dessa pesquisa evidenciam que a utilização de agregados reciclados de concreto, em substituição aos naturais, até o teor de 20%, sejam eles grãos ou miúdos, não têm influência significativa nos resultados obtidos, quando comparados com concretos feitos com agregados naturais, como previsto pelas normas holandesas.

Em um outro estudo de caso apresentado por Silva, Santos e Araújo (2017), temos a aplicação de agregados reciclados para a fabricação de blocos de intertravados para aplicação em calçadas do próprio empreendimento. O estudo foi realizado no município de Rio Verde, GO, com o reaproveitamento dos resíduos da construção civil (RCC) gerados por uma obra de construção de um edifício de alto padrão com área total construída de 13.194,09 m², durante o período de 11/2012 e 06/2015.

O volume de resíduos classe A gerado durante a obra e utilizado no experimento foi de 1.807 m³. Foi necessária a aquisição de dois equipamentos, um triturador de entulhos e uma mesa vibratória, para a produção de intertravados nas dimensões de 0,2 x 0,1 x 0,06 m. Os intertravados foram produzidos na proporção de 1 parte de cimento + 6 partes de agregados reciclados, e para produzir 1 m² de calçada foram necessárias 50 peças de intertravados.



Amostras de areia, pedrisco, brita e rachão.
Fonte: mdpi.com



Bloco intertravado com possibilidade de fabricação na obra. Fonte: cidadeengenharia.com.br



Dessa forma, foi possível reutilizar os 1.807 m³ de RCC em 1.505.000 blocos de intertravados, para calçar uma área de 30.100 m² do próprio empreendimento, gerando uma economia de R\$ 602.125,00, considerando a aquisição de equipamentos e a economia com o descarte dos resíduos classe A gerados na obra, e a aquisição de agregados naturais para a fabricação dos blocos.

Os maiores desafios para o aumento do uso dos RCC e RCD em novas construções ainda está relacionado ao custo desse material, sendo muito próximo dos preços dos agregados naturais e, no caso da utilização em concretos, a limitação da taxa de substituição em 20% torna a vantagem econômica ainda menor.

Apesar disso, conseguimos ver casos bem sucedidos da utilização de agregados reciclados, sem relatos de manifestações patológicas, e também uma normatização para a produção e utilização aprovadas no Brasil (NBR 15116:2021 - Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios, da Associação Brasileira de Normas Técnicas). Falta, ainda, a consolidação de uma norma técnica para o gerenciamento, manejo e utilização de agregados reciclados para a produção de concretos com função estrutural, além de mais políticas de incentivo ao uso de materiais reciclados a partir dos RCD por parte dos municípios e estados.

PRODUTOS RECICLADOS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DA MADEIRA

Além dos materiais reciclados mais comuns provenientes da construção civil, o setor também é responsável por uma grande quantidade de madeira encaminhada para reciclagem mensalmente. Segundo Mello e Vieira (2015), conforme citado por Zenid (2009), o madeiramento utilizado na construção civil está dividido em:

- Construção pesada externa: madeira serrada, estacas, tábuas e pontes;
- Construção pesada interna: vigas, caibros e pranchas para cobertura;
- Construção leve interna: madeira serrada beneficiada em forros, lambris e garniões; e
- Construção civil leve: portas, venezianas e caixilhos.

Resíduos de madeira provenientes da construção civil. Fonte locacoesmartinsw.com.br



Como é apresentado em Levy (2017), no município de São Paulo, uma única recicladora de madeira chega a reciclar 240.000 m³/mês, transformando a madeira em cavacos de três granulometrias; os menores ($\leq 4,8$ mm) são utilizados na produção de MDF e os de 9,5 mm até 19 mm e de 25 mm até 50 mm são vendidos para utilização como biomassa para conversão

em energia na combustão direta em fornos e caldeiras.

É nesse último uso, como biomassa combustível, que a madeira reciclada volta a impactar positivamente a indústria da construção civil; utilizar o cavaco de madeira em detrimento da lenha natural se mostrou extremamente econômico, como é possível analisar na tabela 2:

Fonte de energia	Unid	Preço/unid US\$	Preço/kg US\$
Carvão Mineral	Ton.	38,00	0,038
Cavaco de Madeira	m ³	17,18	0,034
Petróleo	barril	50,00	0,375

Tabela 2 - Dados usados para comparação. Fonte: Levy (2017)

O cavaco de madeira tem grande potencial como substituto à lenha natural, para ser utilizado como combustível nos fornos de produção dos blocos de cerâmica vermelha, tendo teores de umidade até mais adequados para essa finalidade, conforme Levy (2017).

Mesmo sabendo das constantes oscilações dos preços dos variados tipos de combustíveis, a utilização dos resíduos da madeira, além de muitas vezes ser economicamente vantajoso, tem uma grande contribuição para o uso sustentável dos recursos naturais.

Uma pesquisa experimental apresentada por Oliveira e Rocha (2021), desenvolvida no Laboratório das Engenharias da Universidade Sagrado Coração da cidade de Bauru/SP, traz a utilização de resíduos de madeira da construção civil (fibras de madeira), papel Kraft (oriundo de sacos de cimento) e resina ureia formaldeído para a fabricação de placas de forro termoacústico. Os testes foram realizados em uma forma de 18 x 18 x 0,5 cm e a fibra de madeira com granulometria máxima de 4,75 mm foi testada em diferentes dosagens (25%, 35% e 45%) e, após os processos de mistura e compressão a quente, as placas foram submetidas a testes de capacidade antichamas, transferência de calor e absorção de ruídos. Os resultados médios obtidos foram a resistência à transferência de calor de 3°C/mm, redução de ruído em 7% para a placa de 5 mm de espessura e, durante o ensaio antichamas,

a placa não se carbonizou, e, ao ser retirada a fonte de chamas, o material não continuou a propagação das chamas. Para resultados mais completos, os autores preveem ensaios com maior número de placas e com diferentes porcentagens dos materiais.

Estudos como esse merecem atenção e sequência de desenvolvimento, devendo haver mais incentivos para pesquisas inovadoras e ao seu uso pelo setor público, quando da contratação de obras e serviços de engenharia, como agente regulador e promotor do desenvolvimento, e tendo o setor privado como efetivo agente de transformação, planejando, investindo e adotando alternativas que visem a um melhor aproveitamento dos recursos naturais a serem reciclados.



Aspecto da placa feita com madeira reciclada. Fonte: dreamstime.com



CONCLUSÃO

Mudar a forma de conceber, especificar e projetar obras de engenharia requer um esforço no sentido de vencer as barreiras da cultura. O emprego de RCC nas novas obras, embora careça de pesquisas e avanços, é factível e necessário, considerando os impactos causados, tanto pela extração de novos recursos como, também, pelo descarte da imensa quantidade de entulho gerado todos os anos no mundo.

Os desafios não param por aí. Ampliar o engajamento na logística reversa requer comprometimento dos diversos setores envolvidos, incluindo consumidores e fornecedores, e resultará na diminuição da dispersão dos resíduos e no aumento de seu reaproveitamento.

Desenvolvimento de pesquisas voltadas à reciclagem e inclusão de disciplinas relacionadas ao tema nas grades curriculares, certamente, causarão efeitos de longo prazo com relação à mudança de cultura relativa a uso e dispersão de resíduos, além de poder formar profissionais capazes de visualizar oportunidades e inovar com relação à criação de novos produtos reciclados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 15116: Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 20 p.
2. ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. PCC – São Paulo. 2001. 13 f. Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. Disponível em: www.limpezapublica.com.br/textos/sustentabilidade.pdf. Acessado em 24/07/2021.
3. BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E.. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. *Cerâmica*, [S.L.], v. 61, n. 358, p. 178-189, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613581860>. Disponível em: <https://www.scielo.br/jj/ce/a/8v5cGYtby3Xm3Snd6NjNdtQ/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 21 jul. 2021.
4. LEVY, Salomon Mony. Materiais Reciclados na Construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2017. Cap. 50. p. 1633-1667.
5. OLIVEIRA, Beatriz Silva de; ROCHA, Ricardo Ramos da. Forro modular termoacústico confeccionado a partir de papel kraft reciclado e fibra de madeira de construção civil. In: LATORRE, Kristian Andrade Paz de (org.). *Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e ciências ambientais 2*. Ponta Grossa: Atena, 2021. Cap. 9. p. 72-88.
6. PAVLU, Tereza et al. Environmental Assessment of Two Use Cycles of Recycled Aggregate Concrete. *Mdpi: Sustainability*. Praga, p. 1-22. 05 nov. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/21/6185/htm>. Acesso em: 20 jul. 2022.
7. SILVA, Welighda Christia da; SANTOS, Gilmar Oliveira; ARAÚJO, Weliton Eduardo Lima de. Resíduos sólidos da construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 286-301, jul. 2017. Trimestral.
8. MELLO, Fabiana Santos; VIEIRA, Glaucia Gama. Aproveitamento dos resíduos sólidos de madeira da construção civil, para geração de energia alternativa. *Bioenergia em Revista: Diálogos*, Piracicaba, ano 5, n. 1, p. 46-57, jan./jun. 2015. Anual. Disponível em: <http://www.fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/article/view/160/126>. Acesso em: 24 jul. 2021.

Autora

CT (EN) Julia Maria Crispiniano

Arquiteta e Urbanista formada pela Universidade Federal de Pernambuco. Pós-Graduada em Gestão e Restauro Arquitetônico pela Universidade Estácio de Sá e Mestranda no Instituto de Pesquisas Tecnológicas da USP em Tecnologia na Construção de Edifícios.

PATOLOGIA NAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO



www.freepik.com

Principais causas da corrosão do aço estrutural e seus efeitos à estabilidade de uma estrutura de concreto armado

A corrosão é uma reação química de oxirredução, que pode ocorrer no aço presente nas estruturas de concreto armado, assim como, nos costados dos navios da Marinha, cujos efeitos podem causar diversos problemas à edificação, como, por exemplo, o deslocamento do concreto, a redução da seção transversal das barras e, conseqüentemente, a perda de capacidade portante (resistente), caso a problemática não seja identificada e tratada adequadamente. O tratamento errôneo, superficial, centrado apenas na estética da edificação, é nocivo à saúde da construção, pois, dessa forma, a ação corretiva empregada torna-se ineficaz e pode aumentar a degradação interna da estrutura, trazendo conseqüências mais graves a médio e longo prazo. Em face do exposto, o dimensionamento correto na fase de projeto e as ações de manutenção preventivas e corretivas adequadas garantirão a segurança da edificação em toda a sua vida útil.

O concreto é um elemento estrutural que apresenta resistência alta à compressão e limitada à tração, esta desconsiderada nos projetos estruturais (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2014). Para compensar, são projetadas barras de aço que garantem a resistência à tração, compensando a limitação do concreto.

A degradação do concreto é uma problemática de proporções mundiais, que atinge

sobremaneira a economia de uma nação industrializada, além de impor ao ser humano consequências gravíssimas, devido a acidentes ocasionados pela perda da capacidade portante da estrutura ou de parte dela, pelos processos degradativos que ocorrem devido a fatores como a carbonatação (Figura 1), o ataque por sulfatos e ácidos, muito comuns nas regiões costeiras, entre outros (RIBEIRO, 2018).



Figura 1 – Carbonatação no concreto.
Fonte: Tecnosil BR

Dessa forma, faz-se mister garantir a correta proteção dos elementos de aço aos riscos ambientais da região; para isso, deve-se conhecer as causas da corrosão, seus efeitos e como evitá-la, para que a edificação tenha plena capacidade de suportar as cargas normais e de utilização para as quais fora projetada.

Fazendo uso de revisão bibliográfica, objetiva-se definir corrosão, explicitar suas principais causas e conceituar os níveis de agressividade que o meio ambiente pode impor à estrutura, visando corroborar para o correto dimensionamento do cobrimento da armadura e apresentar os procedimentos necessários para evitar que ocorra a corrosão nas estruturas de concreto armado.

A CORROSÃO

A corrosão é um processo eletroquímico de oxirredução, pelo contato do aço com o ar atmosférico e a umidade, mas ocorre também por um processo químico formado pela ação de ácidos derivados da poluição do meio. A corrosão atmosférica, de ocorrência mais ampla, tem como principal agente causador o oxigênio, que tem um grande potencial de receber elétrons, enquanto os metais têm maior capacidade de cedê-los (Figura 2). (MERÇON et al, 2011).

O aço estrutural, diferente do ferro fundido, é formado por uma liga metálica composta por carbono e outros materiais, como o cobre, magnésio, zircônio, cromo, vanádio e tungstênio, resultando em um



Figura 2 – Reação de corrosão.

material dúctil que pode ser deformável por processo de laminação, forja ou extrusão (MAINIER e LETA, 2001). Esse material, em contato com o ar ou com a umidade, torna-se um excelente eletrólito, o anodo, que nesse processo sofre a semirreação de oxidação, ou seja, cede elétrons com facilidade de sua estrutura atômica em um meio aquoso, úmido. Já o oxigênio, presente no ar atmosférico e na água, se comporta como um excelente catodo, material capaz de receber elétrons, compondo a semirreação de redução (GONZALEZ e TICIANELLI, 2005).

GURGEL, at all (2017) verificou que, na estrutura de concreto armado, a corrosão se desenvolve em dois períodos distintos, a iniciação e a propagação:

A **iniciação** caracteriza-se pelo início do processo corrosivo, quando a reação atinge o concreto e se aprofunda até a armadura; nessa fase, percebe-se visualmente a mudança da coloração na superfície do elemento estrutural, com a cor característica da “ferrugem” (Figura 3).

A **propagação** é a fase em que a corrosão já está presente no aço e espalhada no elemento estrutural, produzindo o óxido de ferro (a ferrugem); nesse estágio, ocorre o deslocamento do concreto adjacente (Figura 4). Em nível mais avançado de propagação na estrutura, sem a adequada manutenção, a seção transversal do aço perde dimensão e, conseqüentemente, a capacidade de resistir aos esforços de tração, comprometendo a estabilidade da edificação (Figura 5).



Figura 3 – Fase iniciação da corrosão. Fonte: axfiber.com.br



Figura 4 – Deslocamento do concreto adjacente. Fonte: gazetaonline.com.br



Figura 5 – Seção transversal da armadura longitudinal de um pilar. Fonte: fernandesgrossi.com.br



O MEIO AMBIENTE DA EDIFICAÇÃO

O conhecimento do ambiente em que a edificação será instalada é de suma importância para se desenvolver um projeto com o dimensionamento adequado dos elementos estruturais, além de identificar e mitigar os riscos oferecidos pelas condições impostas à estrutura.

A norma NBR 6118 (ABNT, 2014) identifica as Classes de Agressividade do Meio Ambiente que devem ser consideradas para os projetos estruturais, de acordo com as características do meio ambiente no qual será executado o projeto, considerando a umidade do ambiente, a quantidade de chuvas, se integra uma zona

urbana ou rural ou se tem parques industriais instalados, além da proximidade com o mar (zona costeira), esta, característica comum à maioria das edificações da Marinha.

A Tabela 6.1 da citada Norma, transcrita na Tabela 1, lista a classificação geral do tipo de ambiente e correlaciona com o grau de agressividade que o meio pode apresentar, além dos riscos de deterioração da estrutura. O Projetista deve conhecer esses riscos e dimensionar os elementos estruturais para resistir às intempéries e mitigar as ações de degradação impostas.

Tabela 1: Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Sumersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana ^{a,b} Marinha ^a	Pequeno
III	Forte	Industrial ^{a,b}	Grande
IV	Muito Forte	Industrial ^{a,c} Respingo de maré	Elevado

a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) 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).
b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.
c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT (2014)

CAUSAS DA CORROSÃO NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

A corrosão atmosférica, suscetível a ocorrer nas estruturas de concreto armado, é a degradação do aço exposto ao ar. Isso ocorre, apesar de ser um processo natural do cotidiano, por falhas no processo construtivo, no dimensionamento dos elementos estruturais ou durante a cura e acabamentos finais da estrutura, bem como devido à utilização de materiais de baixa qualidade e inadequados na composição do concreto. Esse processo pode ser agravado por agentes poluentes presentes

no ar atmosférico, como o Dióxido de Enxofre (SO₂) e o Dióxido de Carbono (CO₂); este, em contato com o concreto, produz a reação de carbonatação que, ao atingir o aço da estrutura, acelera o processo corrosivo.

A carbonatação é um processo físico-químico que provoca alterações no concreto, devido ao ingresso do CO₂, que reage com seus elementos, reduzindo o Hidróxido de Cálcio (Ca(OH)₂) presente no cimento e provoca alterações no PH, fazendo-o passar de 13 para

8, facilitando o processo de corrosão nas armaduras (CARRAZEDO, FÉLIX e POSSAN, 2017).

Cabe salientar que quanto maior a presença de água no interior da estrutura, devido a fissuras ou porosidade do concreto, mais acelerado é o processo corrosivo, o que ratifica a afirmação de que “a presença de água na superfície metálica exerce um papel importante e é a qualidade e a quantidade dela que controlam a velocidade de corrosão.” (CHIQUITO, 2013, p. 7).

Além da presença de água, outro fator preocupante é o exponencial crescimento e desenvolvimento das cidades, porque esse fato acarreta o aumento das emissões de CO₂ na atmosfera, o que traz consequências diretas às estruturas de concreto em ambiente urbano. Isso porque a velocidade de carbonatação aumenta com a elevação do CO₂ no meio ambiente, afetando o ciclo de vida das estruturas e reduzindo a durabilidade das mesmas (CARRAZEDO, FÉLIX e POSSAN, 2017).

Segundo NEVILLE (1997), o fenômeno da carbonatação se aprofunda no concreto em função do tempo de utilização da estrutura, e inversamente proporcional a sua resistência. Esse resultado deve ser considerado como um alerta à necessidade de optar por um projeto

mais conservador, no que tange ao cobrimento das armaduras e à definição da resistência característica (fck) que será empregada no concreto (BRASIL, 2014).

No trabalho de CARRAZEDO, FÉLIX e POSSAN (2017), em seu experimento utilizando modelo de previsão da carbonatação via Redes Neurais Artificiais (RNA), ficou evidenciado que o tipo de cimento empregado e o fck do concreto produzido influenciam diretamente no aprofundamento da carbonatação na estrutura, conforme apresentado no Gráfico 1.

Numa rápida leitura dos resultados obtidos, percebe-se que a penetração da carbonatação é inversamente proporcional à resistência característica do concreto nas diversas classes de cimento empregadas.

Por fim, algumas características do meio ambiente influenciam no processo corrosivo e devem ter a total atenção do projetista, são elas: a umidade relativa do ar, por atuar como excelente agente redutor; a temperatura, que é um fator multiplicador do fenômeno da corrosão atmosférica; a radiação solar; as chuvas; o vento; e a presença de partículas sedimentáveis na atmosfera e dos gases, como o oxigênio e o Dióxido de Carbono (CHIQUITO, 2013).

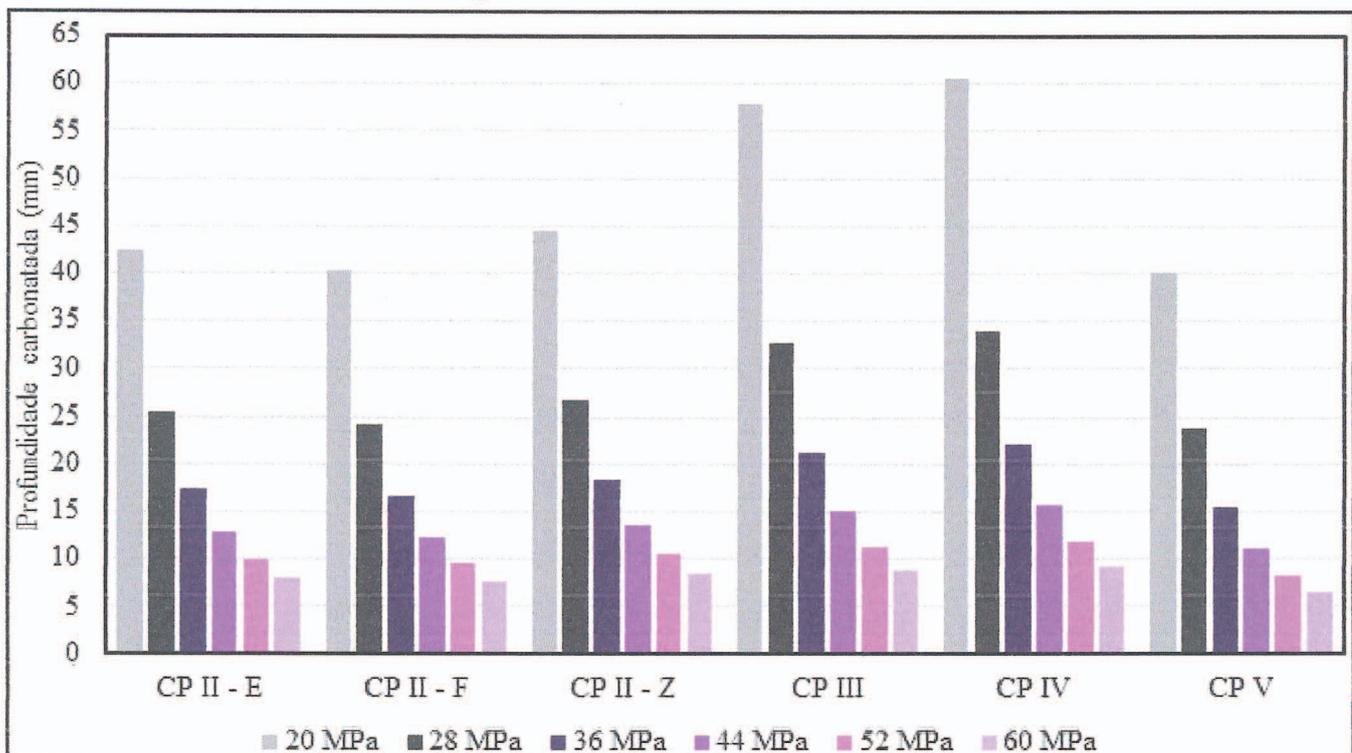


Gráfico 1 – Profundidade de carbonatação do concreto (aos 50 anos) variando o tipo de cimento e a resistência à compressão. Fonte: CARRAZEDO, FÉLIX E POSSAN (2017, p. 12)

COMO EVITAR A CORROSÃO?

Além das cargas permanentes e acidentais que estarão solicitando a estrutura durante sua construção e vida útil, as características do meio ambiente e os fatores que podem causar patologias, vistos neste artigo, que comprometem a durabilidade e a vida útil da estrutura, devem ser delineados de forma a serem mitigados já no advento do projeto estrutural.

Fonte: archdaily.com.br



Alguns autores desenvolveram estudos para aplicar materiais e técnicas, a fim de garantir aos elementos estruturais maior resistência à corrosão; como exemplo, tem-se a utilização de aço de baixa liga, aços-carbono acrescidos de elementos que melhoram algumas propriedades mecânicas, dentre eles, cobre, manganês, níquel, fósforo, vanádio e zircônio. A adição desses elementos de liga produz aumento da resistência mecânica do aço através da modificação da microestrutura para grãos finos (PFEIL,1995), além de proporcionar o aumento da resistência à corrosão atmosférica de duas a quatro vezes, obtida por variações mínimas na composição química do aço com a adição de componentes, como o cromo, cobre, níquel, alumínio e o fósforo (BELLEI, 2004).

Outra técnica diferenciada aplicada é a Proteção Catódica Anticorrosiva, que é baseada nos princípios da eletroquímica, fazendo com que a estrutura metálica se comporte como uma pilha artificial, evitando, assim, que a estrutura se deteriore. Essa técnica já é empregada, com bastante êxito, na proteção dos navios, das tubulações enterradas para o transporte de água, petróleo, gás e produtos

químicos, além das grandes estruturas portuárias e plataformas marítimas de produção de petróleo e tanques enterrados, que operam com segurança, por estarem protegidos da corrosão (MANIER e LETA, 2001).

Detalhes mais específicos da construção civil, aplicados às estruturas de concreto armado, que são eficientes e já compõem o escopo normativo para a proteção das armaduras contra a corrosão, são: o cobrimento, espessura do concreto compreendida entre estribo e a borda do elemento estrutural da seção transversal; a resistência característica apropriada, de acordo com as particularidades do meio ambiente em que a estrutura será executada; a impermeabilização; e o acabamento da edificação. Esses processos, aplicados adequadamente, evitam que a umidade e o Dióxido de Carbono (CO₂) atinjam o aço da estrutura, dificultando, assim, o início do processo corrosivo. Para isso, o Projetista Estrutural deve conhecer a região e o entorno do local onde será executada a construção, devendo sempre levar em consideração as definições da norma NBR 6118 (ABNT, 2014), quanto ao cobrimento e à classe do concreto

a serem empregados. Essa norma estabelece que “a durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do cobrimento da armadura”, além de definir requisitos mínimos que devem ser observados nos projetos para a execução dos elementos estruturais, e aconselha a realização de ensaios comprobatórios de desempenho e durabilidade da estrutura. Contudo, para algumas obras, seria totalmente

antieconômico a realização desses ensaios. Por isso, torna-se imprescindível conhecer o arcabouço normativo.

A correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto está detalhada na Tabela 2, e os valores mínimos do cobrimento necessário para a correta proteção das armaduras contra os efeitos nocivos do meio ambiente estão na Tabela 3.

Tabela 2: Correspondência entre a classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: BRASIL (2014)

Tabela 3: Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para Δc = 10mm

Tipo de Estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento Nominal mm			
Concreto Armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto Protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/Pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.
^b 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, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15mm.
^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.
^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45mm

Fonte: BRASIL (2014)

A manutenção adequada é o meio para se mitigar os efeitos e evitar que os processos corrosivos levem as edificações já executadas ao colapso. Nesse contexto, existem vários trabalhos que demonstram a importância, inclusive econômica, de uma manutenção periódica e preventiva, cujo custo é até cinco vezes menor do que a manutenção corretiva, realizada para a correção de problemáticas

já instaladas no sistema, como a corrosão já propagada nas armaduras (BOLINA, TUTIKIAN e HELENE, 2019).

A NBR 14037 (ABNT, 1998) diz que é de suma importância a atividade de manutenção de uma edificação como forma de assegurar a durabilidade e preservação de suas condições de utilização durante a sua vida útil estabelecida em projeto (Gráfico 2).

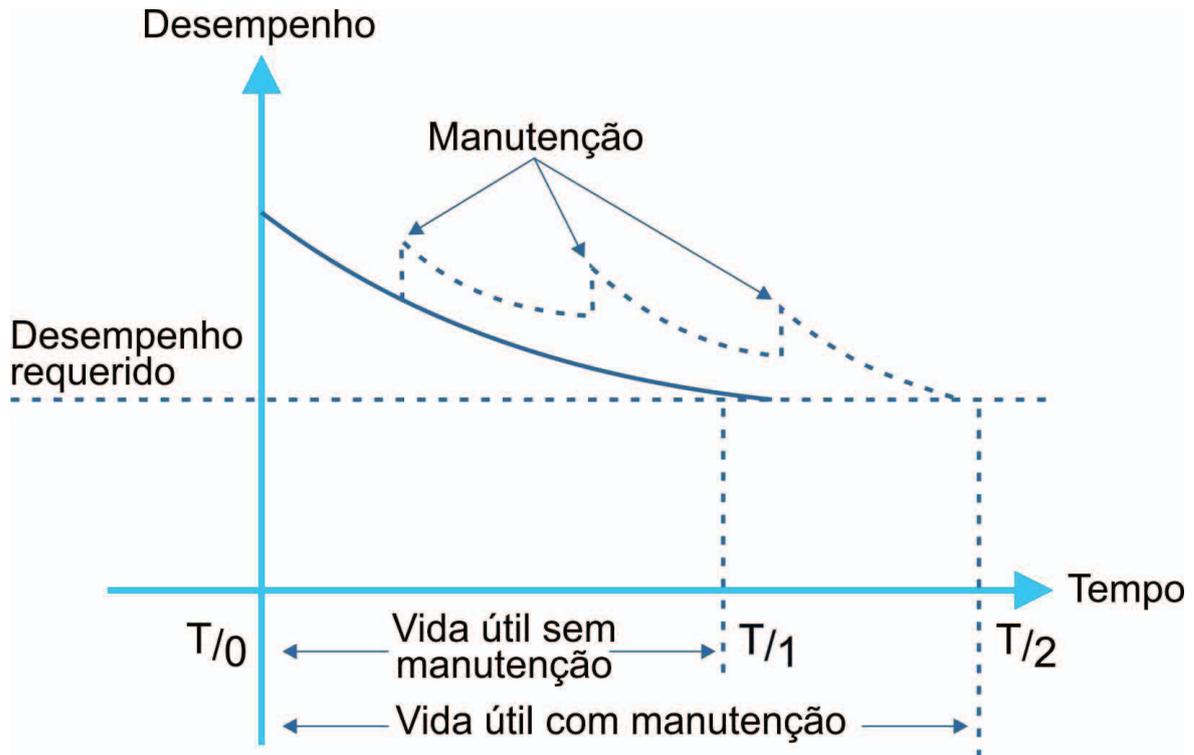


Gráfico 2 – comparativo da vida útil da edificação em função da manutenção.
Fonte: lawtonparente.blogspot.com

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se constatar que a durabilidade da estrutura depende tanto da qualidade do material e das características do meio em que estará inserida a construção quanto da manutenção adequada que será aplicada à edificação.

A corrosão é uma problemática de consequências graves no Brasil, com capacidade para atingir entre 14% e 64% das edificações, dependendo da região e das peculiaridades do meio ambiente. Por isso, as seguintes observações são úteis para se evitar esse processo:

- O cobrimento do concreto funciona como uma película apassivadora, que protege a armadura da corrosão, por isso é importante observar os valores mínimos estabelecidos em norma, com o objetivo de evitar a carbonatação, que é um agente agressivo para as armaduras, pois acelera o processo corrosivo, facilitando o processo de oxirredução; e

b) O bom senso no cuidado e aplicação de material de qualidade adequada, complementado pela correta execução das especificações definidas em projeto, observando as normas em vigor, vão corroborar para a durabilidade desejada da estrutura e garantirão sua utilização de forma eficiente durante toda a vida útil para a qual fora projetada.

É nítido concluir que os profissionais de Engenharia e Arquitetura devem conhecer os processos patológicos que estão sujeitos a ocorrer em uma edificação, em especial o processo de corrosão nas armaduras dos elementos estruturais, uma vez que atingem diretamente os responsáveis pela sustentação da edificação, quais sejam, os pilares, vigas e lajes, além daqueles que integram a fundação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6118: Execução de Estruturas de Concreto Armado: Procedimentos. Rio de Janeiro. 2014.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14037: Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro. 1998.
3. BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. Patologia de Estruturas. São Paulo, SP. Oficina de Textos, 2019.
4. CARRAZEDO, R.; FÉLIX, E.F.; POSSAN, E. Análise paramétrica da carbonatação em estruturas de concreto armado via Redes Neurais Artificiais. São Paulo. 2017. Revista ALCONPAT. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-68352>. Acesso em 15/01/2022.
5. CHIQUITO, Milriane Aires. Comparação de desempenho de aços de baixa liga frente à corrosão atmosférica e corrosão eletroquímica. Minas Gerais. UFMG, 2013.
6. GURGEL, B.; NASCIMENTO, J.; SILVA, R.; SILVA, E. Análise das Manifestações Patológicas causadas por corrosão nas Estruturas de Concreto Armado do Setor III da UFRN. Recife/PE. COMPAR. 2017
7. MAINIER, F. B.; LETA, F. R. O ensino de corrosão e de técnicas anticorrosivas compatíveis com o meio ambiente. Rio de Janeiro. UFF, 2001.
8. MERÇON F.; guimarães, P. I. C.; MAINIER, F. B. Experimentação no Ensino da Química. Sistemas Experimentais para Estudo da Corrosão em Metais. Rio de Janeiro, jan. 2011. Seção Artigos. Disponível em: http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33_1/08-EEQ6810.pdf. Acesso em: 07FEV2021.
9. NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. São Paulo. PINI, 1997.
10. RIBEIRO, Daniel Vêras. Corrosão e Degradação em Estruturas de Concreto: Teoria, controle e técnicas de análise e intervenção. 2ª ed. São Paulo. LTC, 2018.
11. TICIANELLI, E. A.; GONZALES, E. R. Eletroquímica Princípios e Aplicações. 2ª Ed. São Paulo. USP, 2005.

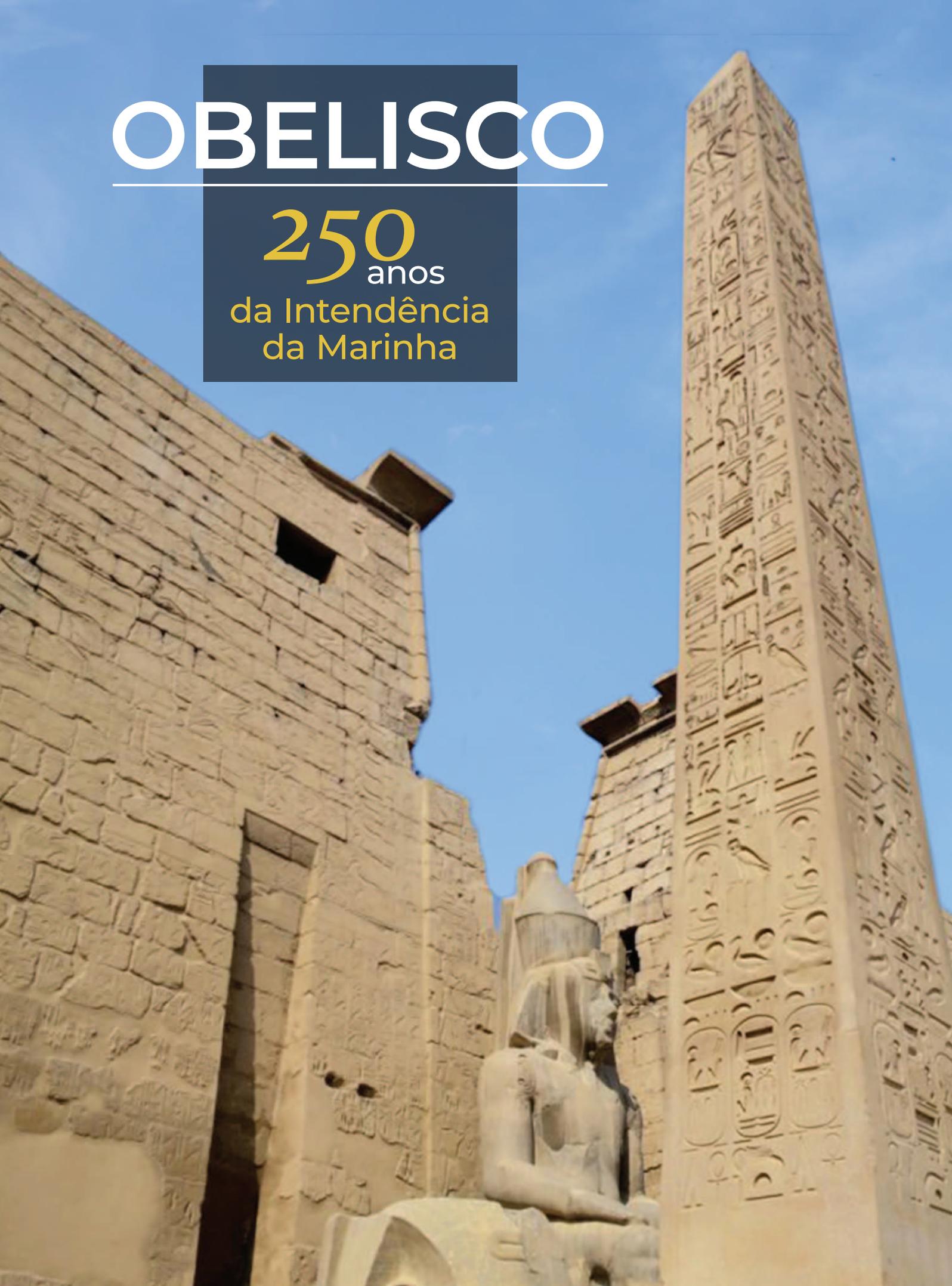
Autor

2ºSG-ES George dos Reis Santiago

Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Pós-Graduado em Engenharia de Estruturas de Concreto Armado pela Universidade Candido Mendes.

OBELISCO

250
anos
da Intendência
da Marinha



O Corpo de Intendentes da Marinha (CIM) comemorou, no dia 03 de março de 2020, o 250º aniversário de criação da Intendência da Marinha. Em homenagem à data, foi erguido um obelisco na Praça do Acanto, Ilha das Cobras, Rio de Janeiro. À Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM) coube o desenvolvimento dos estudos iniciais, a elaboração do projeto básico, a assessoria para a licitação e o acompanhamento da obra.

OBELISCO: UMA INFLUÊNCIA EGÍPCIA EM NOSSO COTIDIANO

A cultura ocidental foi feita a partir do empréstimo de fragmentos do oriente, em especial do Egito Antigo. No Brasil, o gosto pela cultura egípcia iniciou com os monarcas portugueses que, além de deixarem no país uma grande coleção de peças egípcias, tiveram a iniciativa de erguer as primeiras e mais belas obras arquitetônicas com elementos egípcios (BAKOS, 2004: 17).



Obelisco de Paris. Fonte: 2.bp.blogspot.com

O obelisco é um monólito (um só bloco de pedra) com quatro lados, que possui na parte superior uma pequena pirâmide chamada piramideon. Em grego, obeliskos significa “pequena agulha”, alusão direta ao seu formato. O piramideon, topo do obelisco, é um tipo de pedra consagrada ao Deus Sol, antes mesmo do surgimento do primeiro faraó.

OS OBELISCOS NO BRASIL E NO MUNDO

Estes monumentos já foram utilizados em diversas homenagens pelo mundo. O obelisco de Paris, situado na Praça de La Concorde, é um dos monumentos mais conhecidos no mundo e o mais antigo do país. Foi um presente do Vice-Rei do Egito, Mehemet Allí, ao Rei Luis Felipe da França, em 1831 e é originário do templo de Luxor (construção do faraó Ramsés II em Karnak).

Obelisco na entrada do Templo de Luxor.
Fonte: maironpelomundo.com



Templo de Luxor. Fonte: siatours.com



Obelisco de Washington. Fonte: 4.bp.blogspot.com



Obelisco de Buenos Aires. Fonte: [wikimedia.org](https://www.wikimedia.org)



Obelisco de São Paulo. Fonte: [wikimedia.org](https://www.wikimedia.org)

Um dos mais famosos e monumentais obeliscos do mundo é o de Washington (EUA). Construído como um memorial a George Washington, primeiro presidente dos Estados Unidos, possui quase 170 metros de altura.

Outro monumento histórico é o da cidade de Buenos Aires, erguido em comemoração ao seu quarto centenário de fundação, na praça da República.

Em pesquisa feita em 2007, Márcia Raquel de Brito Saraiva identificou a existência de 184 obeliscos espalhados em 20 estados brasileiros. Geralmente situados em local público, contam sobre fatos e personalidades da nossa história.

O obelisco Mausoléu aos Heróis, localizado no Parque do Ibirapuera, em São Paulo, é um símbolo da Revolução Constitucionalista de 1932 e o maior monumento da cidade.

Outro monumento com bastante significação nacional é o Obelisco da Praça Sete de Setembro, em Belo Horizonte, Minas Gerais, que foi doado por ocasião da comemoração do Centenário de Independência do Brasil.

Obelisco de Minas Gerais.
Fonte: [wikimedia.org](https://www.wikimedia.org)



Pereira Passos, prefeito do Rio de Janeiro de 1902 a 1904, iniciou o projeto de remodelação urbana da cidade, segundo os padrões adotados pelo Barão Haussmann. Entre os monumentos que sinalizam esse processo de crescimento e a urbanização da antiga capital nacional estão os obeliscos. Em 1906, foi construído o obelisco da Avenida Rio Branco, marco de abertura da Avenida Central. A proposta do monumento era significar o impulso rumo ao progresso, à procura de avanços, seguindo para a modernidade.



Obelisco da Av. Rio Branco. Fonte: wikimedia.org



Obelisco BACS. Fonte: Acervo próprio.

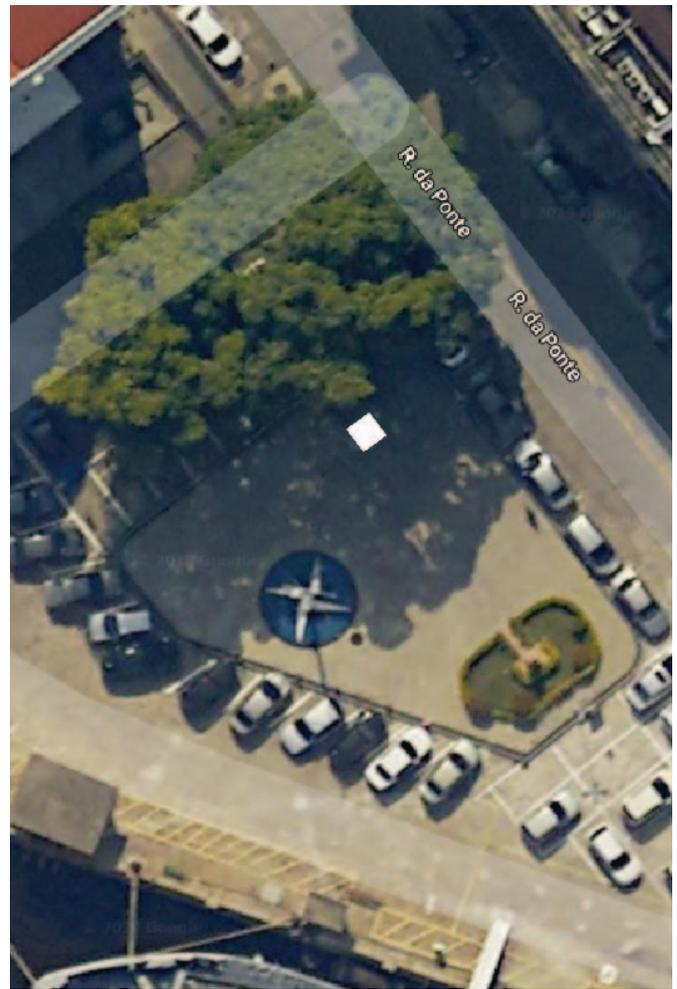
PROJETO DO OBELISCO 250 ANOS DA INTENDÊNCIA DA MARINHA

Nos anos de 2014 e 2016, respectivamente, a DOCM elaborou os projetos dos obeliscos comemorativos ao Centenário da Força de Submarinos, construído na Base Almirante Castro e Silva, e ao Centenário da Aviação Naval, erguido na Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia.

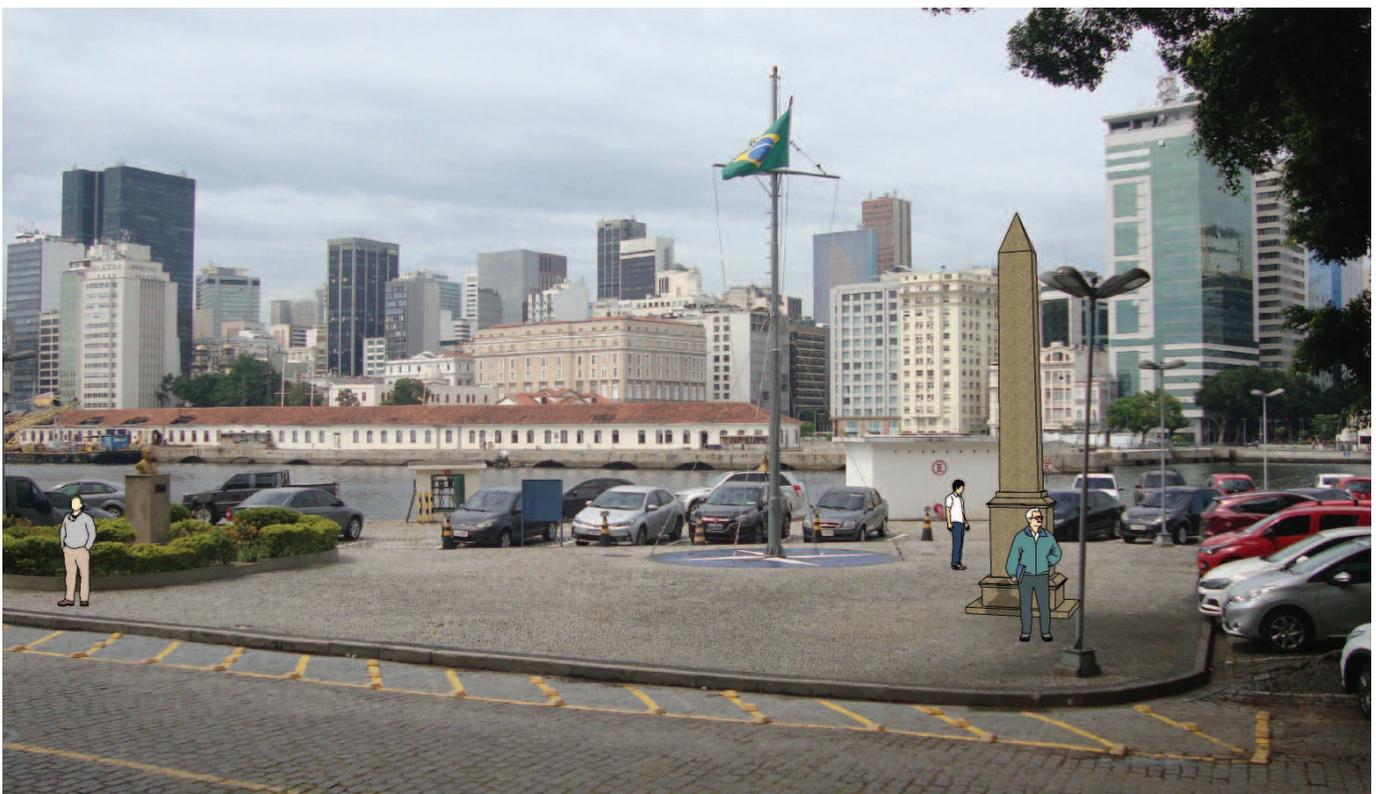
Em 2020, foi iniciado o estudo para o projeto do obelisco em comemoração aos 250 anos da Intendência da Marinha, com a premissa de analisar a relação volumétrica entre a estrutura proposta e os elementos existentes na Praça do Acanto, localizada na Ilha das Cobras, no Centro do Rio de Janeiro. Se valendo da justaposição entre o modelo tridimensional e as imagens em perspectiva da praça, foi possível escolher a proposta mais harmônica com o contexto existente.



Obelisco ComForAerNav. Fonte: Acervo próprio.



Estudo de Implantação inicial - Praça do Acanto, Ilha das Cobras. Fonte: Editado a partir de imagem do google.



Simulação tridimensional do obelisco em comemoração aos 250 anos do CIM. Fonte: Acervo próprio.



Preparação para a concretagem.
Fonte: Acervo próprio.



Concretagem concluída. Fonte: Acervo próprio.



Elementos da base. Fonte: Acervo próprio.

Lançando mão de elementos da linguagem clássica da arquitetura, herdada de Roma e comum a quase todo o mundo civilizado durante cinco séculos, da Renascença até a época atual, foi concebida uma forma esbelta, com fuste estreito, partindo diretamente para o topo em pirâmide, sem elemento destacado de transição da base. Na face frontal, foi instalada uma placa dedicatória em bronze.

A OBRA DE CONSTRUÇÃO

O obelisco foi erguido através de um corpo executado em concreto armado, totalmente coberto por granito flameado. O revestimento em granito foi escolhido para garantir ao monumento rigidez e durabilidade, e o acabamento flameado (processo que consiste na queima da pedra) resultou em um material áspero, semelhante ao seu estado natural.

Em posição diferente da inicialmente proposta, a estrutura ganhou maior relevância em relação aos demais elementos da praça. Na face frontal do obelisco, acima da placa dedicatória, foi fixada uma folha de acanto dourada, símbolo característico da Intendência.



Revestimento em granito. Fonte: Acervo próprio

CONCLUSÃO

O uso do obelisco como monumento é um costume de longa duração. O termo vem do latim, monumentum, derivado do monere, que significa advertir, lembrar, e está ligado à emoção. Seu sentido é acionar uma memória viva através da percepção afetiva (CHOAY, 2001:18). Essa memória está atrelada a uma comunidade e contribui para a preservação da sua identidade.

Com base nas experiências anteriores, o projeto do obelisco procurou atender à solicitação com materiais duradouros e resistentes, de forma a materializar e manter viva na renovada Praça do Acanto a memória de criação da Intendência da Marinha do Brasil.

A inauguração do monumento ocorreu em cerimônia realizada em 2021, com a participação de várias autoridades e a presença do Comandante da Marinha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAKOS, Margaret Marchiori. Egíptomania: o Egito no Brasil. Paris Editorial, SP, 2004;
2. SARAIVA, Marcia Raquel de Brito. Pinduricalhos da Memória: usos e abusos dos obeliscos no Brasil (séculos XIX, XX e XXI). Porto Alegre, 2004;
3. 250 anos da Intendência da Marinha do Brasil: da vela à propulsão nuclear/ FGV – Rio de Janeiro: FGV, 2020; e
4. Site do Corpo de Intendentes da Marinha do Brasil (CIM) na internet.

Autor

CT (RNR-EN) David Jorge Berlim Amorim Filho

Arquiteto e Urbanista, formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Pós-Graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.



Montagem de estrutura metálica da Oficina de Mastros e Periscópios.

CONTROLE DE QUALIDADE EM ESTRUTURAS METÁLICAS

O USO DA ESTRUTURA METÁLICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL É AMPLAMENTE CONHECIDO POR SUAS VANTAGENS, COMO MAIOR VELOCIDADE DE EXECUÇÃO, ESTRUTURAS MAIS LEVES E ESBELTAS, PROJETOS ESTRUTURAIS COM MAIORES VÃOS, ALÉM DE MAIOR FLEXIBILIDADE.



monitoramento da fabricação dos perfis metálicos, a análise de certificados de qualidade de produção e de montagem, e a verificação da qualidade dos tratamentos anticorrosivo e de resistência ao fogo.

FABRICAÇÃO

Nesta etapa, as principais verificações de qualidade são a exigência de certificados de matéria-prima e inspeção visual. Os certificados atestam qual foi o tipo de aço utilizado na fabricação das peças, que deve ser o mesmo especificado em projeto, enquanto que a inspeção visual consiste em verificar se os perfis entregues na obra possuem a seção especificada, e ainda se as peças não apresentam danos aparentes, como empenos ou deformações. Eventualmente, podem ser conferidos detalhes mais específicos, como furações ou dimensão das peças, a fim de se antecipar a possíveis contratempos na montagem.

Para alguns tipos específicos de estrutura, como torres de linhas de transmissão, por exemplo, o projeto pode especificar, ainda, uma etapa de pré-montagem na fábrica, de forma a identificar eventuais incompatibilidades de furação. Todos os ajustes, posicionamentos e coincidências de furações deverão ser obtidos nesta etapa, pois não são admitidas na montagem definitiva no campo quaisquer correções que danifiquem a galvanização das peças, por exemplo com o uso de maçaricos, alargamentos de furos etc.

Entretanto, para que se assegure que os diversos benefícios proporcionados por esse método construtivo sejam devidamente aplicados, faz-se necessário um adequado controle de qualidade, de forma a garantir a conformidade entre as soluções projetadas e os trabalhos efetivamente executados.

O presente artigo tem por objetivo apresentar as principais atividades de controle de qualidade na fabricação e montagem de estruturas metálicas, apresentando as ações desenvolvidas nas obras do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), entre as quais se destacam o

Fabricação de perfis metálicos.





Aplicação de pintura de fábrica.

PROTEÇÃO ANTICORROSIVA E INTUMESCENTE

Com o objetivo de garantir a durabilidade esperada das estruturas metálicas e protegê-las dos efeitos da corrosão e dos danos causados pelo fogo em situações de incêndio, podem ser propostos diferentes tipos de sistemas de proteção.

No caso da proteção anticorrosiva, os dois sistemas mais usuais são a pintura e a galvanização. O sistema de pintura, normalmente, é composto por três tintas: a de fundo (primer), com a função de promover a aderência do sistema ao substrato e atuar como inibidora da corrosão; a intermediária, que fornece espessura ao sistema (proteção por barreira); e a de acabamento, com a função de proteção e acabamento (cor e brilho). Por outro lado, a galvanização consiste na imersão das peças de aço em uma cuba de zinco, fundido a 450° C. Quando as peças são retiradas do banho, o zinco se solidifica e se transforma em uma camada protetora, retardando o efeito da corrosão. A espessura da camada é definida previamente em projeto e influi diretamente na vida útil da peça.

Para a proteção contra situações de incêndio, na etapa de projeto, é feita uma verificação

da necessidade de tratamento específico de acordo com o tipo e uso da edificação, de modo a garantir um tempo mínimo de resistência estrutural previsto em norma. Os dois tipos de soluções empregados nas obras do PROSUB são a pintura intumescente e a argamassa projetada. O sistema de pintura intumescente é semelhante ao anticorrosivo, com a diferença que a tinta intermediária é substituída por outra, com propriedades de proteção contra o fogo. Possui como vantagens um melhor acabamento final e maior resistência mecânica e à umidade, sendo o mais indicado para os perfis que fazem parte da arquitetura, evidenciando o aço aparente, ou para situações de exposição à umidade (chuva) e a leves impactos mecânicos. Por outro lado, a argamassa projetada consiste na mistura de um produto em pó com água, formando uma argamassa com propriedades intumescentes, que adere no aço por projeção mecânica. Sua grande vantagem é o custo reduzido, se comparado com a pintura intumescente, e é normalmente empregada em perfis ocultos por forros ou nos que não possuem importância arquitetônica.

Cada um dos tipos de sistema de proteção



Medidor de espessura.

citados possui requisitos de qualidade e ensaios específicos que são descritos detalhadamente nos itens a seguir.

Pintura

Tanto para sistemas anticorrosivos como intumescentes, o controle de qualidade consiste em inspeção na fábrica, conferência de certificados e inspeção na obra.

Durante a inspeção na fábrica, é verificado o procedimento de execução da empresa fabricante, observando se o preparo da superfície das peças está adequado (limpas, secas e isentas de contaminantes) e se as tintas que estão sendo aplicadas são as mesmas especificadas em projeto. É feita, ainda, uma verificação por amostragem da espessura seca das tintas aplicadas, com o auxílio de um medidor de espessura.

Posteriormente, são exigidos os certificados para cada peça fabricada, com as informações de espessura das camadas de tintas aplicadas, e conferido se estão de acordo com as especificações técnicas.

Nos momentos de chegada das peças na

obra e ainda no recebimento final da edificação, são feitas inspeções visuais do acabamento da pintura, observando se estão uniformes, sem danos mecânicos, bolhas ou demais imperfeições. A ocorrência de danos pontuais é comum devido ao transporte e à montagem das peças ou mesmo durante a obra, enquanto que as bolhas são decorrentes de alguma falha na aplicação, como, por exemplo, o preparo inadequado da superfície ou a temperatura de aplicação elevada. As não conformidades observadas são relatadas e devem ser corrigidas pontualmente, através de procedimento de reparo, que se inicia com a remoção de todo o revestimento que esteja solto ou com fraca aderência, até que se encontre resistência ao arrancamento. Em seguida, as bordas da região delimitada são chanfradas, desbastando-se com o uso de lixadeira rotativa de lixa nº 50. Verifica-se se a superfície está limpa e seca e, então, inicia-se o reparo, com a aplicação do esquema de pintura de projeto, sempre respeitando o tempo de cura entre camadas/demãos. No intervalo entre as camadas, pode ser usado, ainda, o medidor de espessura, para verificar se a camada de reparo apresenta espessura conforme a especificada.

Galvanização

A etapa do controle de qualidade do serviço de galvanização consiste na exigência dos ensaios previstos nas especificações técnicas, além de inspeção visual na obra.

O principal certificado de ensaio exigido é o da espessura da camada, que tem por objetivo verificar se a peça ensaiada possui a espessura mínima de zinco especificada em projeto. Esse ensaio é realizado por amostragem e pode ser feito pelo método não destrutivo, que consiste na utilização de instrumentos eletromagnéticos para a medição da camada de zinco.

A inspeção visual é realizada quando do recebimento das peças na obra. Conforme recomendado pela norma técnica NBR 6323 - Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), essa avaliação, normalmente, é pautada por critérios de durabilidade, a menos que as questões estéticas sejam de grande importância, o que deve ser acordado previamente. É natural que os materiais revestidos pelo processo de galvanização por imersão a quente

apresentem variações em seu aspecto superficial e imperfeições estéticas, como variações de brilho, rugosidade ou corrosão branca (desde que não comprometa a espessura do revestimento), não configurando motivo de rejeição. Entretanto, variações que possam afetar a durabilidade das peças, como perda de espessura, excesso de pontos nus ou grumos não são aceitos.

Em caso de pequenos danos nas peças, que eventualmente possam ocorrer em decorrência do transporte e montagem da estrutura, são admitidos reparos quando o somatório das áreas a serem retocadas não ultrapassar 0,5 % da área total da peça galvanizada, sendo que cada área, individualmente, não pode ultrapassar 10 cm². Caso ultrapasse esses limites, a peça deve ser novamente galvanizada. O serviço de retoque pode ser realizado por metalização (asperção térmica) ou através da aplicação de tintas ricas em zinco (galvanização a frio), sendo este último o utilizado na obra do PROSUB, por ser de mais simples aplicação.



Estrutura galvanizada.

Argamassa projetada

O serviço de argamassa projetada somente pode ser iniciado após a conclusão da montagem da estrutura metálica e cobertura, pelo fato de não possuir resistência contra umidade. Durante o preparo da argamassa, é conferido se o traço utilizado está de acordo com as instruções do fabricante. Alguns fabricantes podem recomendar a inclusão de produto específico a base de cola PVA na mistura, para aumento da aderência da argamassa nas estruturas metálicas pintadas com primer anticorrosivo. No caso de elementos de grandes dimensões, para melhor aderência, também é especificada uma tela de ancoragem instalada nas peças.

Após a conclusão do serviço de projeção, são realizados dois tipos de ensaios para controle de qualidade. O primeiro consiste em verificar se a espessura aplicada da argamassa está conforme o projeto. Para isso, é utilizado um medidor, específico para a verificação das espessuras em diversos pontos do perfil. O segundo tipo de ensaio é o de arrancamento e é realizado por amostragem; consiste na colagem de um dispositivo de tamanho padronizado e aplicação de uma força de arrancamento, para a avaliação da aderência da argamassa na estrutura.

NA OCASIÃO DO RECEBIMENTO DA EDIFICAÇÃO, É REALIZADA, AINDA, UMA NOVA INSPEÇÃO NAS ESTRUTURAS, PARA A SOLICITAÇÃO DE EVENTUAIS REPAROS DE DANOS QUE POSSAM TER OCORRIDO NO DECORRER DA OBRA.



Aplicação de argamassa projetada.



Ensaio de medição de espessura da argamassa projetada.



Preparo do ensaio na argamassa projetada.



Encaixe de pilar nos chumbadores.



Estoque de peças metálicas.



Aplicação de torque na ligação parafusada.

MONTAGEM

Atividades preliminares

O alinhamento, nivelamento e locação dos chumbadores engastados nos blocos de fundação que receberão os pilares metálicos são conferidos por meio de topografia. Eventuais desvios devem estar dentro dos limites de tolerância, de modo a não impedir o adequado encaixe das peças durante a montagem. Essa verificação deve ser realizada logo após a concretagem dos blocos de fundação, para que haja tempo hábil de correção de eventuais discrepâncias, sem impacto no cronograma da obra.

Durante o recebimento e a estocagem das peças, é verificado se as mesmas estão sendo acondicionadas de modo adequado, protegidas e afastadas do solo, a fim de prevenir qualquer tipo de deterioração.

Por fim, para a autorização do início da montagem, todos os requisitos relativos à segurança do trabalho devem ter sido observados, em especial quanto ao trabalho em altura e içamento das peças.

Ligações parafusadas

As ligações parafusadas usualmente podem ser executadas com aperto normal, ou seja, aquele que pode ser obtido pelo esforço máximo de um operário usando uma chave normal. Entretanto, quando especificado em projeto ou nos casos que se enquadram nos itens 6.1.11.1 e 6.3.1 da norma NBR 8800 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, da ABNT, como conexões sujeitas a esforços dinâmicos, faz-se necessário um controle da força de aperto aplicada aos parafusos, de modo que se obtenha a força de protensão inicial necessária. Os métodos de aperto previstos em norma são o de rotação da porca, chave calibrada ou chave manual com torquímetro, sendo este último o utilizado na obra do PROSUB.

O torquímetro é um dispositivo em forma de alavanca, com um porta soquetes, onde se pode encaixar várias medidas de soquetes e que permite medir a força de torque aplicada. Ao se aplicar a força necessária na alavanca, o

dispositivo emite um aviso sonoro ao operador, permitindo, então, aplicar o aperto máximo, sem risco de danificar o material.

Para o início da etapa de controle de qualidade, a equipe de fiscalização deve, primeiramente, receber o certificado de calibração do torquímetro que será utilizado. Em seguida, o dispositivo é regulado para o torque especificado e o aperto nos parafusos é conferido por amostragem. Caso o resultado observado seja insatisfatório, com movimentação das porcas durante a aplicação do torque, a amostragem é ampliada, podendo chegar a 100%.

Ligações soldadas

A soldagem é um processo de união de duas ou mais peças, por meio do calor ou pressão, assegurando na junta soldada a continuidade do material e, conseqüentemente, suas propriedades físicas e químicas, bem como os esforços a que ela está sujeita. O tipo de solda mais utilizado é o de arco elétrico, produzido por uma descarga elétrica entre os dois polos, mantida por um gás condutor em alta temperatura para a fusão dos materiais.

As ligações soldadas são menos utilizadas nas obras do PROSUB, limitando-se, normalmente, à emenda de estacas de perfis metálicos.

O controle de qualidade nas ligações soldadas consiste na exigência de certificados e ensaios, conforme tabela 1.



Execução de solda.

Qualificação dos soldadores	O trabalho de solda só pode ser realizado por pessoal comprovadamente habilitado em curso específico
Inspeção visual	Todas as soldas são inspecionadas visualmente por um inspetor qualificado, que emite um certificado de conformidade
Ensaio de líquido penetrante	São exigidos em amostragem mínima de 30%, em soldas de filete executadas em campo, e 20%, para oficinas
Ensaio de ultrassom	São exigidos em 100% das soldas do tipo penetração total

Tabela 1 – Requisitos de qualidade em ligações soldadas.

Controle topográfico e grauteamento

Após a conclusão do serviço de montagem da estrutura metálica, é emitido um relatório topográfico, com o eventual desvio de prumo da estrutura, que deve ser inferior ao limite de tolerância previsto em norma. Com a confirmação de que a estrutura está devidamente aprumada (dentro da tolerância) e com as ligações concluídas (torqueamento dos parafusos), procede-se, então, ao grauteamento das bases dos pilares, de forma a concluir o serviço de montagem.



Bases de pilares grauteadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do caráter mais industrializado da construção metálica, em oposição às estruturas mais convencionais de concreto armado, verifica-se que, desde a etapa do projeto até a fase final da montagem, existem diversos cuidados que devem ser observados para evitar erros construtivos. Dessa forma, buscou-se detalhar as particularidades de cada etapa do serviço de estruturas metálicas, descrevendo as principais medidas de controle de qualidade realizadas nas obras do PROSUB, com o intuito de prevenir patologias e garantir a durabilidade prevista no projeto para as estruturas metálicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT NBR 6323: Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação. Rio de Janeiro, 2016.
2. ABNT NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.
3. Claro, C. T. Metodologia de Fiscalização de Obras: Plano de Conformidade de Estruturas Metálicas. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.
4. Sacchi, C. C. Avaliação de desempenho estrutural e manifestações patológicas em estruturas metálicas. Dissertação de mestrado, UFSCar, São Carlos, 2016.

Autor

IT (EN) Rodrigo da Silva Corbage

Engenheiro de Fortificação e Construção formado pelo Instituto Militar de Engenharia (IME).

MÉTODOS GEOFÍSICOS DE ELETORRESISTIVIDADE APLICADOS AO ESTUDO DE ESTABILIDADE DE TALUDES



Fonte: mgsulengenharia.com.br

Métodos geofísicos de investigação são extremamente úteis e eficientes na verificação das condições de estabilidade de taludes. Além de não serem invasivos, apresentam uma excelente relação custo-benefício, são versáteis e permitem varreduras de grandes áreas em um curto intervalo de tempo. Utilizados geralmente em grandes obras de Engenharia, como túneis, barragens, estradas e aterros, seus resultados podem ser correlacionados com aqueles obtidos por métodos diretos de investigação.

Particularmente, as técnicas de Eletorresistividade por Sondagem Elétrica Vertical (SEV) e por Caminhamento Elétrico (CE), baseadas na obtenção dos parâmetros de resistividade dos materiais constituintes do maciço, permitem a identificação de perfis, condições e estruturas geológico-geotécnicas influentes em movimentos de massas.

INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS NA PREVENÇÃO DE MOVIMENTOS DE MASSAS

Todo projeto de estabilização de taludes depende da confiabilidade dos dados geológico-geotécnicos para a montagem de modelos realistas, informações estas que podem ser obtidas mediante métodos de investigação, cuja importância é destacada por Oliveira e Brito (1998, p. 163):

Os métodos de investigação geológica consistem em procedimentos que visam determinar as características principais do solo quanto aos parâmetros físicos, químicos e biológicos para que, dessa forma, haja a possibilidade do seu uso e ocupação. O objetivo do estudo da crosta terrestre através de determinadas metodologias é delimitar espacialmente os maciços rochosos, assim como determinar suas características e propriedades geomecânicas através de um conjunto de processos de investigação, com base no conhecimento das unidades geológicas, assim como das investigações geológicas. Oliveira e Brito (1998, p.163).

Os métodos de investigação podem ser classificados como diretos ou indiretos.

No primeiro caso, permite-se o contato direto com os substratos terrosos ou a obtenção de amostras e testemunhos, por meio de perfurações, escavações ou uso de instrumentos para a obtenção de parâmetros *in situ*. Por razões de custos ou, até mesmo, restrições ambientais, os espaçamentos entre pontos de investigação podem ser significativamente elevados, o que resulta em maiores incertezas.

Dentre os métodos diretos existentes, destaca-se o SPT (*Standart Penetration Test*),

amplamente difundido no Brasil para aplicação em maciços terrosos, sendo regido pela norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6484: *Solo – Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio*. Tal método baseia-se na cravação por percussão de um barrilete amostrador e na consequente obtenção de resultados de penetração (índice de resistência à penetração do solo – o N_{SPT}), da posição de níveis freáticos e de amostras de material para análise. Para substratos rochosos, por sua vez, são necessárias sondas rotativas motomecanizadas para a extração de testemunhos (Figura 01).



Figura 01 – Testemunhos de rocha obtidos em sondagens rotativas.

Fonte: torresgeotecnia.com.br

Em todos os casos, os métodos diretos são invasivos, podendo acarretar em perturbações no maciço.

Nos métodos indiretos, por sua vez, não existe acesso direto aos substratos e aos materiais investigados (ausência de amostragem). Inclui-se nesta categoria os métodos geofísicos que, por meio da medição de parâmetros físicos específicos, sem perturbação do maciço, fornecem subsídios para interpretação indireta de feições, substratos e estruturas de subsuperfície em leituras de perfis; são versáteis, possibilitam a visualização de extensas áreas em um curto intervalo de tempo e apresentam uma excelente relação custo-benefício. Na construção de modelos mais confiáveis, seus dados gerados podem ser correlacionados com aqueles obtidos nos métodos diretos.

Dentre a gama de métodos geofísicos, destacam-se os ditos potenciais (gravimétricos, magnetométricos e radioativos), os sísmicos (de reflexão e refração) e os elétricos. Estes últimos são tradicionalmente aplicados em estudos hidrogeológicos, que abrangem desde atividades de captação de águas subterrâneas para abastecimento ao mapeamento de plumas de contaminantes. Em Geotecnia, os métodos elétricos (que englobam o da eletrorresistividade) e sua grande variedade de sistemas de aquisição de dados possibilitam o estudo de topos rochosos, espessura de substratos, posicionamento de nível d'água, além da identificação de cavidades, fraturas e outras anomalias subterrâneas, tais como planos preferenciais de ruptura e escorregamento de massas.

O MÉTODO DA ELETRORRESISTIVIDADE

Resistividade elétrica

A resistividade elétrica de um material é uma grandeza que caracteriza a sua resistência à passagem de um fluxo de corrente elétrica (i). O seu valor numérico é inversamente proporcional à quantidade de cargas que o atravessa, sendo capaz de diferenciar bons e maus condutores. A Lei de Ohm estabelece uma relação entre a resistividade (ρ) e a resistência (R). Neste caso, considerando um condutor homogêneo na forma cilíndrica, com comprimento l e seção transversal com área A (Figura 02),

tem-se a relação:

$$\rho = R \frac{A}{l}$$

No sistema internacional (SI), a unidade é ohm-metro ($\Omega \cdot m$).

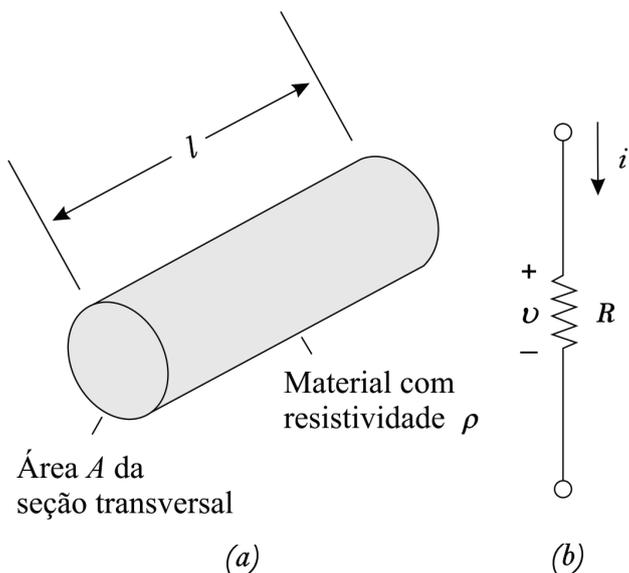


Figura 02 – Modelo hipotético de condutor homogêneo na forma cilíndrica.

De forma análoga, pode-se definir condutividade como a facilidade que o material apresenta para a passagem de corrente, sendo, numericamente, o inverso da resistividade.

A propagação de cargas elétricas em maciços

Em maciços, assim como em qualquer corpo tridimensional, o panorama de propagação de corrente não é tão simples como em um condutor cilíndrico, pois ela não flui em um único caminho. Como premissa para estudos geofísicos por eletrorresistividade, considera-se a propagação de corrente via processo eletrolítico (diferente do eletrônico ou ôhmico e do dielétrico, característico de materiais isolantes).

A propagação de cargas elétricas no subsolo dependerá, principalmente, da porosidade dos materiais e da presença de água, além dos minerais condutivos e sais dissolvidos. Em rochas com baixa porosidade, como é o caso dos embasamentos cristalinos, a resistividade geralmente é elevada. Já a presença de fraturas e discontinuidades induzem a valores mais baixos desse parâmetro.

Descrição do método

O método da eletrorresistividade tem como objetivo determinar a distribuição das resistividades em subsuperfície, a partir de correntes elétricas aplicadas artificialmente por intermédio de eletrodos.

Existem, basicamente, duas técnicas distintas de eletrorresistividade para sondagem de subsuperfície, a Sondagem Elétrica Vertical (SEV) e o Caminhamento Elétrico (CE). Na primeira, a informação obtida é pontual, sendo traçado um perfil, que varia com a profundidade, a partir de um ponto fixo na superfície; enquanto na segunda, são apresentados resultados em plantas ou perfis, com mapeamento de discontinuidades horizontais (mantendo-se, em teoria, a profundidade constante).

O equipamento utilizado para os métodos de eletrorresistividade é o resistímetro, que consiste em uma fonte para emissão controlada de carga elétrica e medidores de tensão. As Figuras 03 e 04, a seguir, apresentam o equipamento da SYSCAL PRO, cujos dados coletados em campo são transmitidos para um computador através de softwares específicos (como o PROSYS).



Figuras 03 e 04 – Resistivímetro da SYSCAL PRO, com aplicação em campo.
Fonte: iris-instruments.com

a) Sondagem Elétrica Vertical

Em trabalhos de campo, utilizando-se a técnica de SEV, usualmente, são utilizados quatro eletrodos em linha, conforme o Arranjo de Schlumberger apresentado na Figura 05.

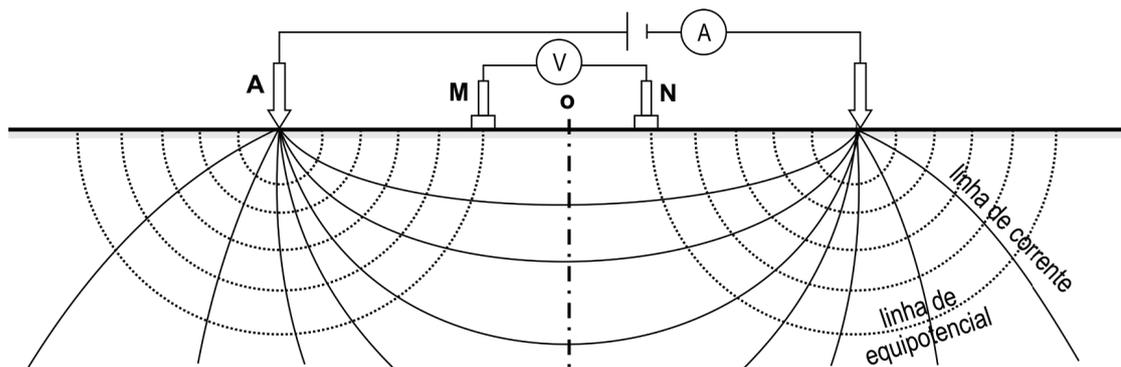


Figura 05 – Perfil de uma configuração usual, com quatro eletrodos, segundo o Arranjo de Schlumberger. Fonte: Braga (2006)

Nesse modelo, são utilizados dois eletrodos, A e B, metálicos ou porosos, que introduzem corrente elétrica no solo, resultando em um campo elétrico artificial. Um circuito receptor, para medida da diferença de potencial (V), é disposto internamente através dos eletrodos M e N, distribuídos simetricamente em relação ao eixo central (ponto O a ser investigado). Esses dois eletrodos permanecem sempre fixos e a variação de espaçamento se dá somente com os eletrodos A e B.

Após a obtenção da chamada resistividade aparente¹ é então calculada a resistividade real

pelo processo de inversão geofísica.

O Arranjo de Schlumberger é prático, pois requer somente o deslocamento de dois eletrodos (A e B), além de fornecer leituras menos sujeitas a interferências de ruídos de fundo.

b) Caminhamento elétrico

Neste caso, são estudadas as variações horizontais de parâmetros físicos, em profundidades determinadas, sendo necessário que os eletrodos se mantenham com espaçamentos fixos. Diferente do Arranjo de Schlumberger,

¹-Este termo é utilizado, pois o subsolo não é um meio homogêneo com resistividade constante. O valor de resistividade obtido é resultante do atravessamento de diversos estratos com parâmetros variáveis.

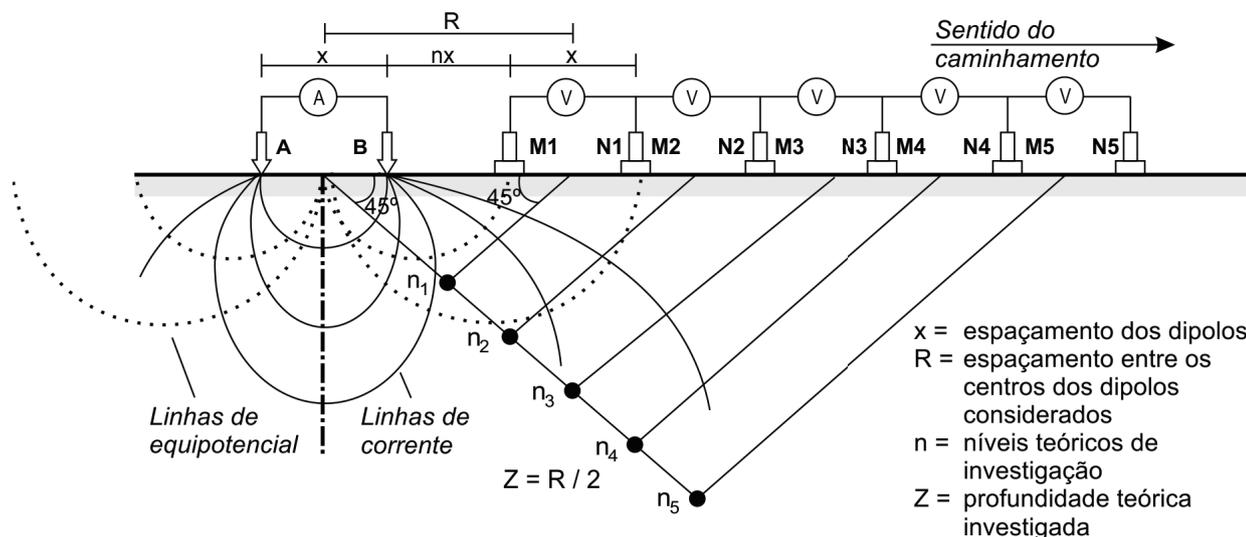


Figura 06 – Arranjo Dipolo-dipolo, da técnica do caminhamento elétrico.

Fonte: Braga (2006)

todo o sistema é deslocado horizontalmente, no sentido do caminhamento, para a obtenção do perfil desejado em outras posições (Figura 06).

A profundidade de investigação alcançada (em nível teórico n_i) é definida pelo afastamento entre os eletrodos. Quanto maior for este afastamento, maior será a profundidade de investigação (MUSSETT et al, 2018). Em taludes terrosos, muitas vezes é necessário realizar o método a maiores profundidades, a fim de atingir o topo de rocha sã.

O arranjo mais comum da técnica do Caminhamento Elétrico é, também, o Dipolo-dipolo (Figura 06), capaz de responder de forma satisfatória às variações horizontais de resistividade. Gallas (2000) destaca a vantagem do arranjo simétrico, pela facilidade na interpretação das ditas pseudoseções, para uma melhor determinação de anomalias.

Assim como na SEV, a técnica de caminhamento também necessita do processo de inversão geofísica para tratamento de dados e mudança iterativa de parâmetros do modelo (RIGOTI, 1998), por meio de *softwares* específicos, permitindo a geração de uma imagem bidimensional do subsolo, a seção geoeletrica, que permite interpretações quantitativas.

ESTABILIDADE DE TALUDES

Taludes são maciços que formam superfícies inclinadas, formadas por massas heterogêneas de solo, rocha ou os dois materiais em proporções variáveis, sendo formados por processos geomorfológicos naturais ou por ação antrópica (taludes de corte). A Figura 07 apresenta um talude, com a representação do pé (base), da rampa, com ângulo de inclinação, e da crista (porção superior).

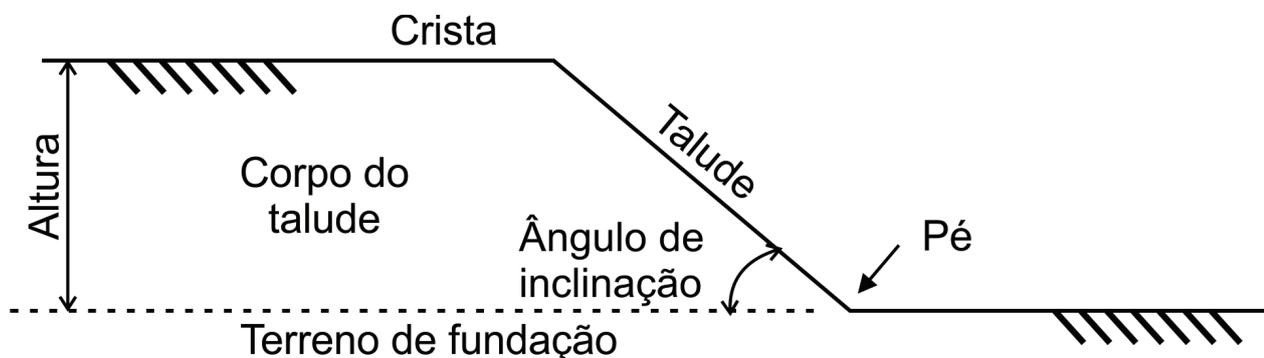


Figura 07 – Representação básica de um talude.

Fonte: Prof. MSc. Douglas M. A. Bittencourt – PUC Goiás – Geotecnia II5.

Condicionantes

Em muitos casos, é possível estabelecer o conjunto de condicionantes diretas e indiretas que atuam na deflagração de processos de movimentos de massas em situações de instabilidade. Para Guidicini e Nieble (1976), as causas podem ser:

- a) **internas:** por efeito de gradientes de temperatura ou alteração de fatores de resistência por ação das intempéries;
- b) **externas:** relacionadas a alterações geométricas de superfície e de substrato, além de vibrações externas ao maciço; ou
- c) **intermediárias:** através de mudanças nos níveis freáticos e por erosões internas.

Diversas localidades do sudeste do país apresentam riscos elevados de movimentos de massas, já tendo sido palco de inúmeras tragédias com milhares de vítimas humanas. Em geral, ocorrem em áreas densamente povoadas, com profundas transformações antrópicas, que interferem na geomorfologia original e que, nos meses de verão, são atingidas por picos pluviométricos em precipitações convectivas.

Método da eletrorresistividade aplicado aos estudos de estabilidade

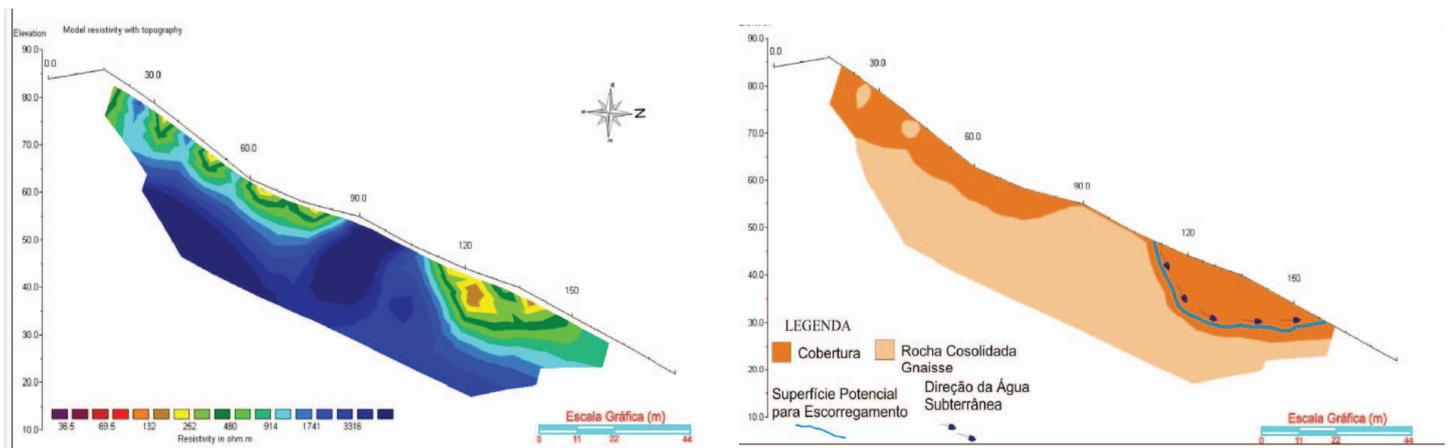
Os dois métodos apresentados (SEV e CE) são geralmente executados de forma concomitante em estudos de estabilidade de taludes, na determinação das características do maciço – camadas de cobertura, presença de blocos e matações, posição do substrato rochoso, planos preferenciais para escorregamentos, nível do lençol freático e direção de fluxos de água subterrânea – todos condicionantes importantes nas condições de estabilidade. Os valores obtidos são plotados de forma a preencher toda a área estudada.

Os caminhamentos elétricos são distribuídos linearmente em várias frentes de avanço paralelas que, juntas, formam uma malha (em planta) no terreno. A interpretação das frentes se dá com o auxílio de *softwares*.

As Figuras 08 e 09, extraídas do trabalho de Xavier (2010), apresentam, respectivamente, um exemplo de distribuição de valores de resistividade, em uma seção geoeletrica bidimensional, conforme legenda de cores e sua interpretação geológica.

As imagens tridimensionais, por sua vez, são obtidas com os dados dos caminhamentos.

Na Figura 10, são apresentadas diferentes posições de um perfil tridimensional, onde se encontram presentes anomalias associadas a zonas de descontinuidades em massas de materiais potencialmente instáveis.



Figuras 08 e 09 – Imagem geoeletrica bidimensional, à esquerda, com sua respectiva interpretação geológica, à direita. Fonte: XAVIER (2010) adaptada.

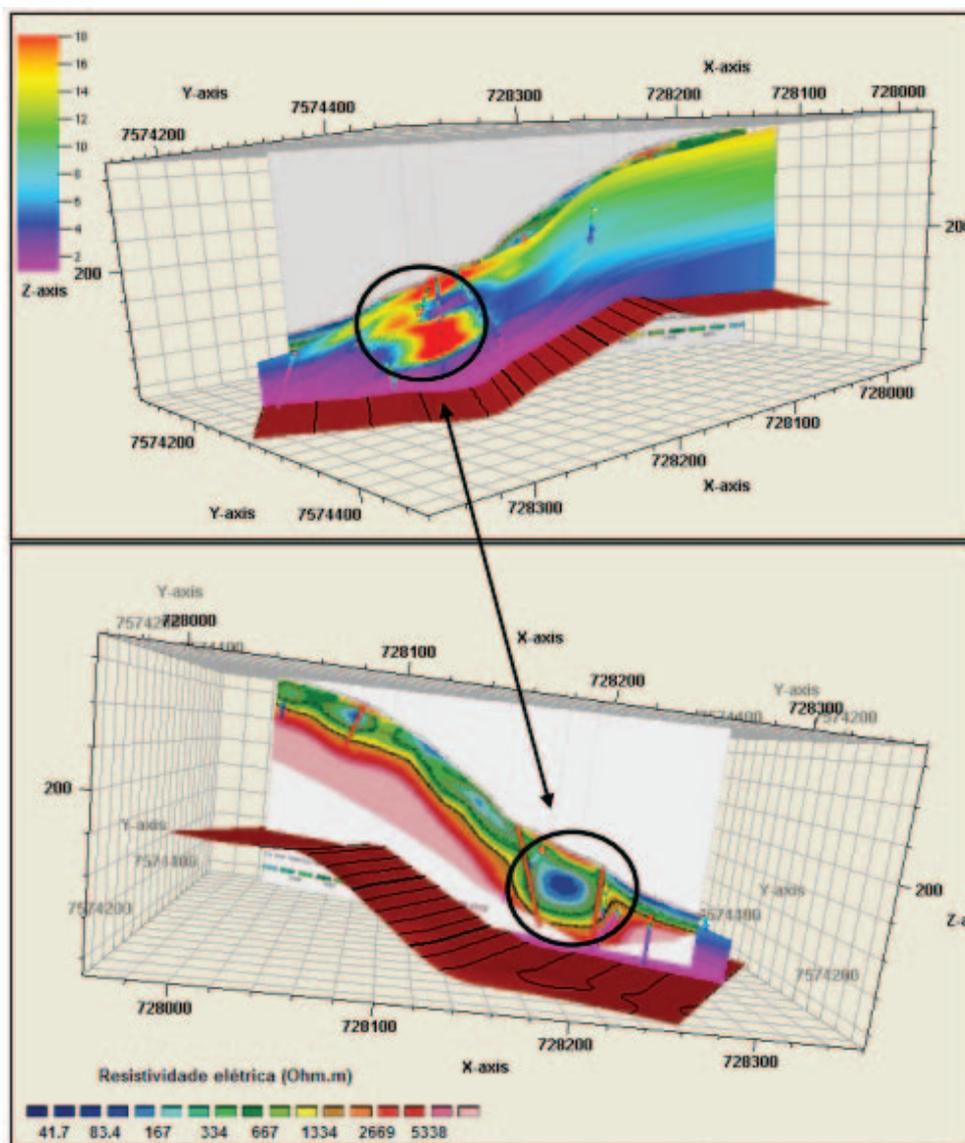


Figura 10 – Representação de anomalias em um perfil tridimensional. Fonte: MARCHESI (2008).

Aplicações na Marinha do Brasil

A importância dos métodos de eletrorresistividade para investigações geológico-geotécnicas para a Marinha do Brasil é notória, em função da existência de instalações terrestres construídas em áreas com potencial risco de movimentos de massa, a exemplo do Depósito de Combustíveis da Marinha no Rio de Janeiro; Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro; Estação Naval do Rio Negro, em Manaus; Base Naval de

Aratu, em Salvador; além de Organizações Militares existentes no Complexo Naval da Ponta da Armação e na Ilha de Mocanguê, dentre outras.

Tais métodos são estudos úteis, não apenas no subsídio de obras para a remediação de taludes instáveis, mas, também, para a prevenção de acidentes a partir de mapeamentos de riscos geomecânicos de áreas ocupadas.



CONCLUSÃO

Os métodos geofísicos de eletrorresistividade têm sido amplamente utilizados, principalmente, para o fornecimento de dados em grandes obras civis, tais como barragens, aterros, túneis, estradas, dentre outras.

As vantagens são inúmeras, porém, cabe lembrar que os resultados fornecidos por tais ferramentas refletem uma distribuição complexa de parâmetros físicos em massas heterogêneas e anisotrópicas de solo e rocha, carecendo, portanto, de bons profissionais de Geologia, Geofísica e/ou Engenharia Civil para interpretá-los. Além disso, a prática tem mostrado que, em projetos de estabilidade de taludes, os resultados gerados têm sido bastante eficazes, principalmente, quando correlacionados com dados oriundos de métodos diretos de investigação e de mapeamento geológico de superfície.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAGA, A. C. O. Métodos da eletrorresistividade e polarização induzida aplicados nos estudos da captação e contaminação de águas subterrâneas: uma abordagem metodológica e prática. Tese de Doutorado da UNESP. Rio Claro/SP, 2006.
2. BRITO, W. D. L.; GOMES, C. Fundação e Geotecnia: Métodos de investigação geológica e geotécnica da fundação de barragens de concreto. Revista do CEDS (ISSN 2447-0112), no. 9, Ago-Dez, 2018.
3. GALLAS, J. D. F. Principais métodos geoeletricos e suas aplicações em prospecção mineral, hidrogeologia, geologia de engenharia e geologia ambiental. Tese de doutorado do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP. São Paulo/SP, 2000.
4. GONÇALVES, J. T. D.; BOTELHO, M. A. B. Integração de sondagens geofísicas de eletrorresistividade e sondagens geotécnicas SPT: estudo de caso em aterro na via expressa BA-093. 16º. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. São Paulo/SP, 2018.
5. GUIDICINI, G. e NIEBLE, C. M. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. Editora Edgar Blücher. São Paulo/SP, 1976.
6. MARCHESI, V. R. Modelagem geomecânica tridimensional de maciços rochosos para análise bidimensional da estabilidade dos taludes de escavação da Casa de Força do AHESimplício. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. Rio de Janeiro/RJ, 2008.
7. MUSSETT, A. E.; KHAN, M. A. Looking into the earth: an introduction to geological geophysics. Cambridge University Press. Nova Iorque/NY, 2000.
8. OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. Geologia de Engenharia. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo/SP, 1998.
9. ORELLANA, E. Prospección geoelectrica por campos variables. Ed. Paraninfo, Biblioteca Tecnica Philips, 571 p. Madrid, 1974.
10. RIGOTI, A. Exploração geofísica terrestre por métodos gravimétricos, magnetométricos e gamaespectrométricos. Curso de Aperfeiçoamento em Exploração Mineral (EXMIN 98) – ADIMB. Brasília/DF, 1998.
11. XAVIER, F. F. Geofísica elétrica aplicada à Geotecnia para investigação de estabilidade de taludes. VII Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul. ABMS. Foz do Iguaçu/PR, 2010.

Autor

CT (EN) Marcos William Magalhães Leiras de Carvalho

Engenheiro Civil (com Ênfase em Geotecnia) formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pós-Graduado em Gerenciamento de Projetos pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e em Radioproteção e Segurança de Fontes Radioativas pelo Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD).

OBRA DE AMPLIAÇÃO DA OFICINA Q4

DO CENTRO DE MÍSSEIS E ARMAS
SUBMARINAS DA MARINHA (CMASM)

O DESAFIO DA CONSTRUÇÃO DE UMA OFICINA PARA TESTES E MANUTENÇÃO DE MÍSSEIS EXOCET. NO ARTIGO SERÃO DESCRITOS OS DESAFIOS DE SE CONSTRUIR UMA EDIFICAÇÃO COM REQUISITOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA ESPECÍFICOS, SENDO CAPAZ DE RESISTIR AOS EFEITOS DE UMA DETONAÇÃO DO ARMAMENTO.





A Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM) participou de um grande desafio para a construção de uma nova oficina de mísseis EXOCET AM39 e SM39, sendo este último um dos armamentos do Submarino Riachuelo, parte integrante do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB). A DOCM foi a responsável pela elaboração do Projeto Básico e pela Fiscalização Técnica da obra de ampliação da Oficina Q4 (Figura 1), localizada no Centro de Mísseis e Armas Submarinas da Marinha (CMASM).

A construção da nova oficina está alinhada com as ações estratégicas da Marinha, contribuindo para o aprestamento e preparo dos meios navais, visto que nela serão efetuados testes e manutenção dos mísseis, além de capacitação do pessoal por meio de treinamentos ministrados no local. Dessa forma, a obra é de fundamental importância para a manutenção do armamento em condição de pronto emprego, o que contribui com a capacidade de pronta resposta do País.

REQUISITOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA

O princípio básico seguido foi a consideração de que a oficina fosse projetada e construída de forma a reduzir o risco dos militares/operadores do armamento em caso de uma detonação, garantindo a proteção do pessoal, do ambiente e do material.

Dentre os requisitos técnicos de engenharia, destacam-se aqueles relativos à capacidade da nova oficina em resistir aos efeitos de cargas pirotécnicas, ou seja, relacionados à estrutura da edificação. Dessa forma, foi determinada a construção da oficina em concreto armado, dimensionada de acordo com os parâmetros pirotécnicos.

A nova oficina é composta por fundação em *radier*, com espessura mínima de 50 cm; superestrutura em paredes de concreto armado, de 4 m de altura e espessura variando entre 65 e 85 cm; e cobertura em telhas de fibrocimento.

Figura 1 – Vista frontal da Oficina Q4 do CMASM.



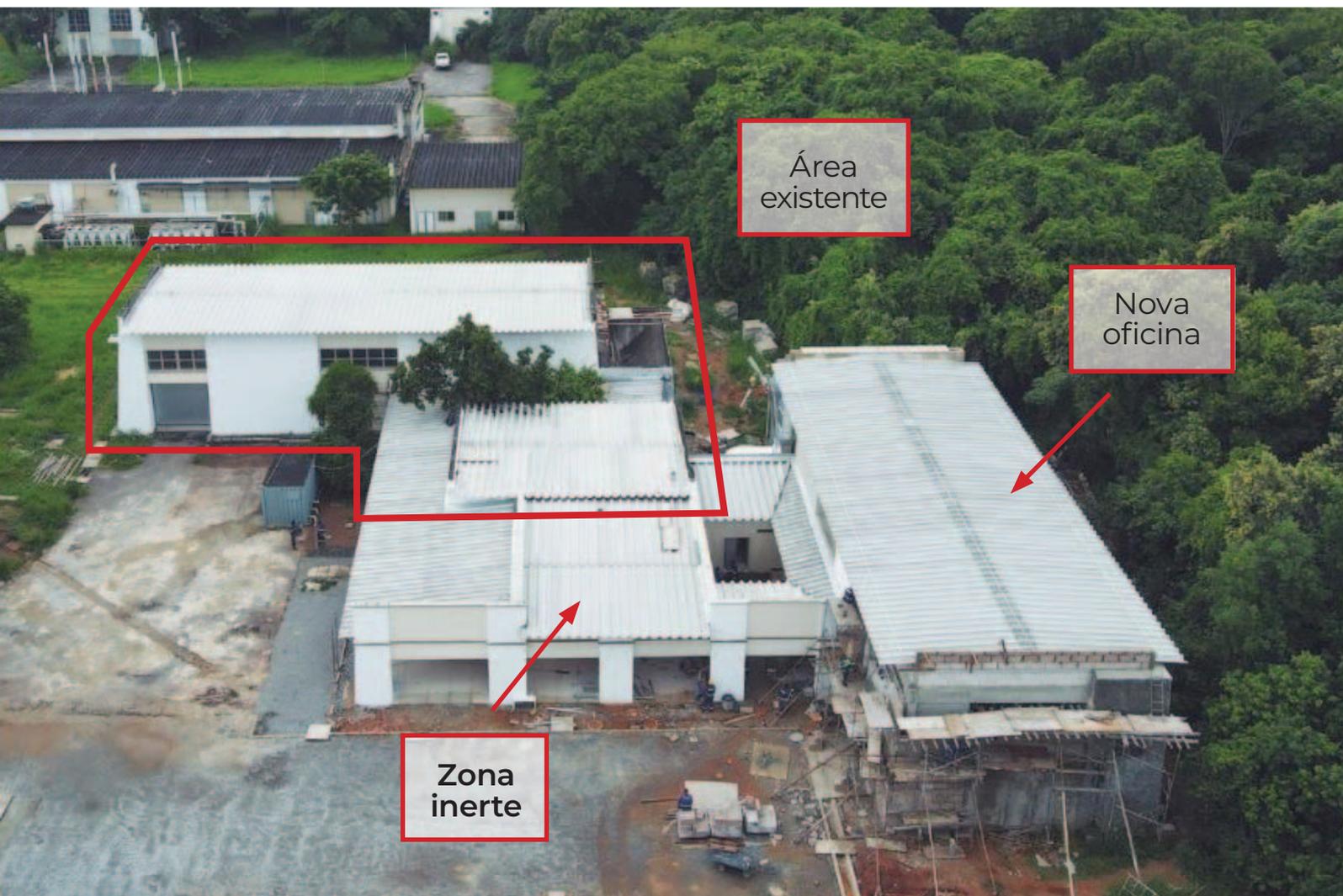


Figura 2 – Vista aérea da Oficina Q4 do CMASM durante a construção. Em detalhe, zona inerte, nova oficina e área existente antes da obra.

Além disso, painéis de baixa resistência e fáceis de explodir (painéis *blow-out*) foram dispostos em frente ao bocal do míssil, para a ejeção de gás em caso de ignição do motor do armamento. No caso de uma explosão, as estruturas frágeis do telhado e do painel *blow-out* permitiriam o escape dos gases, aliviando a pressão, o que evitaria que a estrutura de concreto armado colapsasse, podendo sofrer apenas distorções com limites previstos em projeto.

Além da nova oficina, foi construída uma área administrativa composta por banheiros, copa, biblioteca e sala de aula. Tal área, denominada zona inerte, também foi projetada para fornecer segurança ao pessoal em caso de detonação na célula pirotécnica. A zona inerte foi dimensionada com um *radier* de 50 cm de espessura e paredes de concreto armado de

mesma espessura. A Figura 2 apresenta a vista aérea da Oficina Q4, na qual é possível verificar a área existente e a ampliação, que conta com a nova oficina e a zona inerte.

PROJETO EXECUTIVO DE ESTRUTURAS

A elaboração do Projeto Executivo de estruturas foi um dos grandes desafios encontrados na obra. Não existem normas brasileiras que contemplem o assunto do dimensionamento de estruturas para resistir aos efeitos de uma detonação, uma vez que a maior parte da literatura trata dos efeitos causados nas estruturas após a explosão. Por isso, a norma americana UFC 3-340-02 foi utilizada como a principal referência para o cálculo das paredes de concreto armado.

Comportamento de uma explosão

Uma explosão pode ser definida como uma reação química na qual ocorre a liberação de uma grande quantidade de energia, com um súbito aumento de pressão e temperatura. Nela, são gerados gases de alta pressão que se expandem rapidamente, levando à propagação de onda, que é transmitida esféricamente através do meio. Junto com os gases produzidos, o ar ao redor da explosão também se expande, resultando na chamada "onda de choque", que se propaga em velocidade supersônica (KARLOS E SOLOMOS, 2013). A onda de choque é refletida quando encontra obstáculos e sua intensidade diminui à medida em que se movimenta para longe da fonte da explosão.

As explosões em estruturas podem ser divididas em dois grupos, com base no confinamento da carga (explosões não confinadas e confinadas). As explosões não confinadas dependem da posição relativa da fonte explosiva e da estrutura a ser protegida, sendo elas: explosões ao ar livre, explosões de ar e explosões de superfície (Figura 3). Já as confinadas se dividem em: totalmente ventiladas, parcialmente confinadas e totalmente confinadas (UFC, 2008).

A Figura 4 ilustra o comportamento idealizado da pressão em relação ao tempo, para o caso de uma explosão ao ar livre. A pressão ao redor do elemento é inicialmente igual à pressão ambiente e sofre um aumento instantâneo, até um pico de pressão. Após seu valor de pico, a pressão diminui exponencialmente até atingir a pressão ambiente, sendo esse tempo chamado de duração da fase positiva. Após a fase positiva, ocorre a fase negativa, na qual a pressão se torna menor do que o valor ambiente e, finalmente, retorna à pressão atmosférica. A fase negativa é mais longa que a positiva e, durante essa fase, as estruturas são submetidas à sucção. Porém, normalmente, a fase negativa não é levada em consideração para o projeto, pois se verificou que o principal dano estrutural está ligado à fase positiva (KARLOS E SOLOMOS, 2013).

Para descrever a resposta das estruturas à explosão, deve ser realizada uma análise de engenharia relativa à pressão da explosão, expressa em termos de faixas de projeto, de acordo com a sua intensidade, ou seja, alta e baixa pressão.

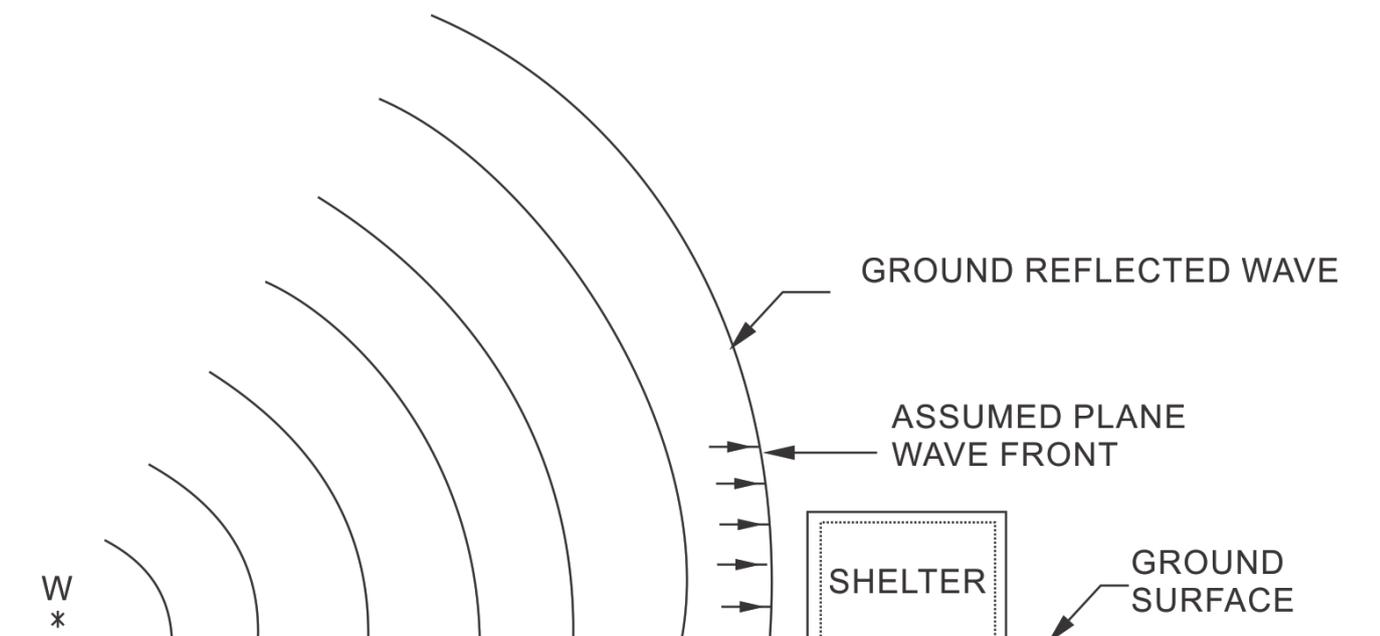


Figura 3 – Comportamento de uma explosão de superfície. Fonte: UFC, 2008.

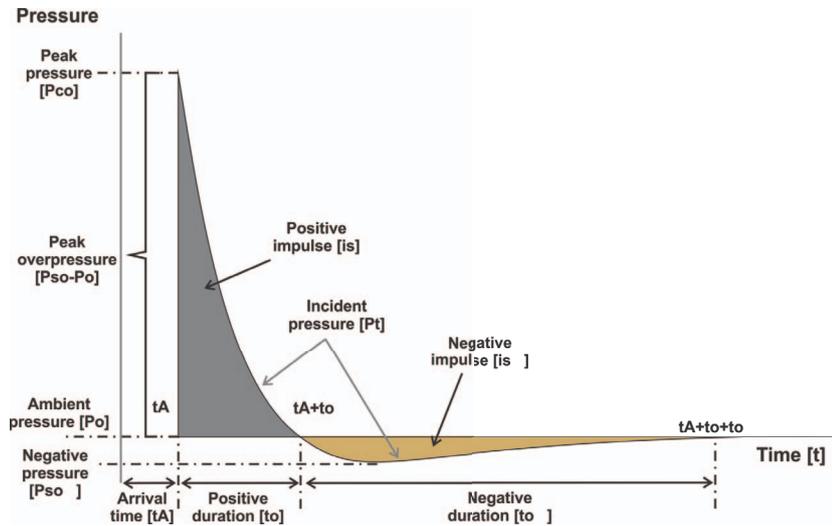


Figura 4 – Comportamento idealizado da pressão em relação ao tempo, para o caso de uma explosão ao ar livre. Fonte: KARLOS E SOLOMOS, 2013.

Parameters Defining Pressure Design Ranges

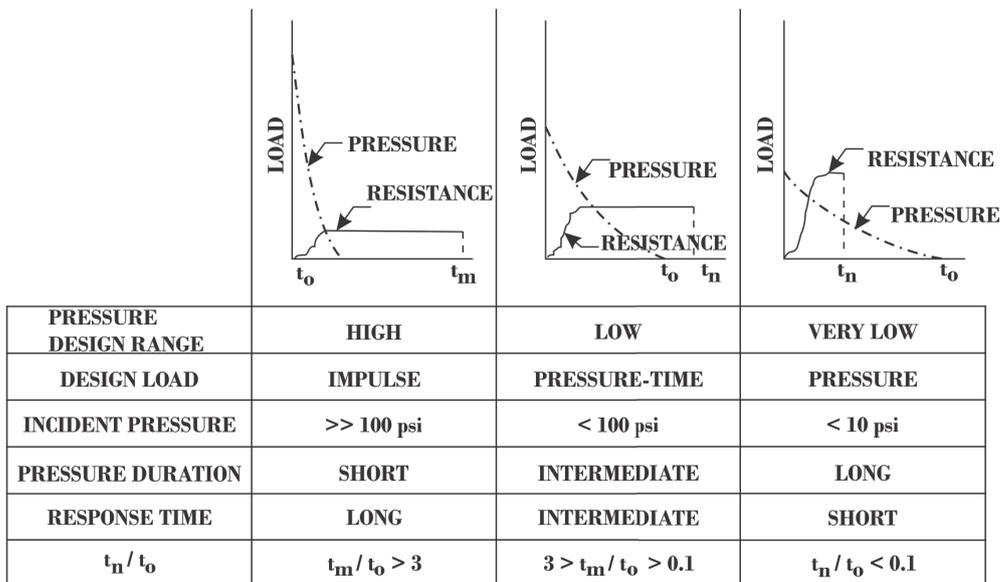


Figura 5 – Parâmetros que definem as faixas de projeto. Fonte: UFC, 2008.

Embora cada faixa seja distinta, não existem divisões claras entre elas. Portanto, cada estrutura deve ser analisada, para determinar sua resposta, que depende do projeto e da carga. Três projetos possíveis resultam em três respostas distintas de resistência-tempo: elemento que responde ao impulso, elemento que depende tanto da pressão quanto do impulso e elemento que responde à pressão. A Figura 5 indica os parâmetros que definem as faixas de projeto, juntamente com a relação aproximada entre o tempo para atingir a deflexão máxima e a duração da carga (UFC, 2008).

Dimensionamento da estrutura

Parâmetros como a carga de explosão, a distância da detonação para a superfície das paredes e a angulação máxima permitida para a deformação dos elementos estruturais foram as premissas do projeto.

Para iniciar o dimensionamento das paredes, foi preciso definir qual seria o tipo de carga atuante na estrutura no caso da explosão. Inicialmente, foi adotado o cálculo considerando-se o impulso refletido, conforme Figura 5. Ao final do dimensionamento, conhecendo-se o

valor do tempo de resistência, foi feita uma verificação para validar o procedimento adotado.

O impulso refletido e o tempo de duração da fase positiva foram obtidos por meio do ábaco de explosões de superfície, da norma do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, UFC 3-340-02 - *Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions*, considerando-se a estrutura como parcialmente confinada, uma vez que a mesma é composta por paredes robustas de concreto armado e estruturas frágeis, como o telhado, painel *blow-out* e os vidros das esquadrias.

O esquema estrutural adotado para o dimensionamento foi a parede em balanço engastada no *radier*; uma consideração conservadora, visto que alguns elementos conferem vínculos a mais, os quais não foram considerados no cálculo.

O cálculo da seção da parede foi feito de forma iterativa, introduzindo-se, inicialmente, uma taxa de armadura estimada, resultando em uma espessura de parede. Como o Projeto Básico determinava a espessura da parede, foi encontrado o valor da taxa de armadura que deveria ser utilizado para combater a flexão. Com o valor da espessura, foi possível calcular o tempo de resistência da estrutura e validar o modelo utilizado.

Por meio da taxa de armadura, chegou-se ao valor da área de aço a ser utilizada para as armaduras longitudinais e transversais. Tais armaduras são igualmente distribuídas nas duas faces da parede, sendo a primeira na direção vertical e a segunda na direção horizontal.

Apesar do dimensionamento diferenciado para as armaduras de flexão considerando as cargas pirotécnicas, o detalhamento da armadura é similar ao utilizado na norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6118:2014 - Projeto de Estruturas de Concreto. Entretanto, em comparação com a norma brasileira, a situação é diferente quando se trata do dimensionamento e detalhamento das armaduras de cisalhamento.

As detonações próximas à parede geram concentrações de pressão extremamente altas, que podem produzir falha local de um elemento. Para manter a integridade estrutural dos elementos sujeitos a cargas explosivas e permitir as grandes deflexões necessárias para equilibrar a energia cinética produzida pela explosão, foi desenvolvido o reforço de amarração helicoidal. As barras de flexão retas em cada face do elemento e o concreto intermediário são unidos pela ação das armaduras helicoidais (UFC, 2008).

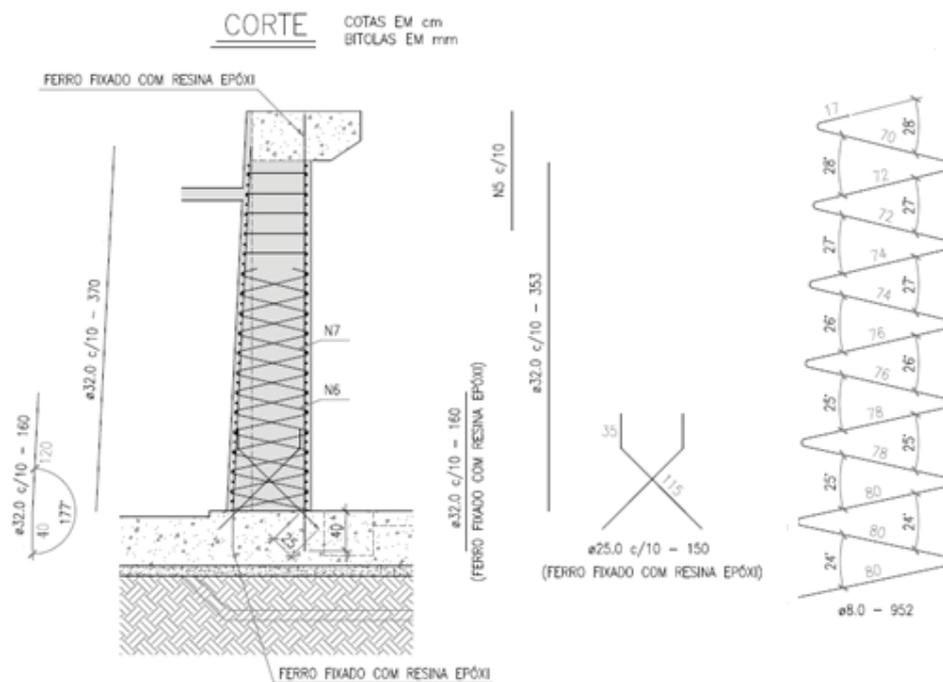


Figura 6 – Corte de uma parede de concreto armado da oficina, apresentado no Projeto Executivo de estruturas, incluindo os detalhes das barras helicoidais e diagonais.



Figura 7 – Saída dos caminhões-betoneira da embarcação após o término do serviço de concretagem.

Além da amarração helicoidal, barras diagonais são necessárias na base da parede para evitar ruptura por cisalhamento direto. Esta ruptura é caracterizada pela rápida propagação de uma trinca vertical, através da profundidade do elemento, geralmente localizada nos apoios onde ocorrem as tensões máximas de cisalhamento (UFC, 2008). A armadura diagonal consiste em barras inclinadas, a aproximadamente 45° , que se estendem desde a base do elemento até a lateral da parede, em ambos os lados, formando um “X”.

A Figura 6 apresenta a seção transversal de uma das paredes da oficina, na qual é possível verificar as armaduras utilizadas, inclusive as barras helicoidais e diagonais. Os dados encontrados para o dimensionamento à flexão, juntamente aos parâmetros iniciais, foram utilizados no cálculo da área de aço das barras helicoidais e diagonais.

É importante ressaltar que, devido à proximidade da carga explosiva com a parede e com o *radier*, foram encontradas altas taxas de armadura. Como exemplo, cita-se a utilização

de armaduras longitudinais de 32 mm de diâmetro, em duas paredes da oficina. Este diâmetro foi adotado, pois a utilização de uma bitola menor faria com que o espaçamento entre barras fosse inferior ao permitido por norma. Em termos de quantitativos, foram utilizadas 80,3 toneladas de aço na execução da estrutura, sendo 26,8 toneladas na fundação e 53,5 na superestrutura.

EXECUÇÃO DA ESTRUTURA

No que diz respeito à execução da estrutura, é importante citar alguns aspectos relevantes em relação às dificuldades logísticas encontradas para a construção em uma ilha e à dificuldade na obtenção de insumos na pandemia de COVID-19.

Por se tratar de uma ilha, a entrada dos materiais e equipamentos foi feita por meio de embarcações (Figura 7), sendo necessário conciliar o tempo de execução dos serviços com o intervalo de maré disponível para entrada e saída dos equipamentos. Por isso,



alguns serviços que possuíam um tempo de execução extenso só poderiam ser executados em determinados dias da semana, nos quais o intervalo de maré favorável era maior.

Em relação às dificuldades de obtenção de material, a situação mais crítica foi na aquisição das 80,3 toneladas de aço para a execução da estrutura. Os fornecedores do material não tinham a quantidade disponível para pronta entrega, principalmente em relação às barras de diâmetro de 32 mm, visto que essas armaduras são pouco utilizadas na construção civil. Além disso, toda a armação já deveria ser entregue cortada e dobrada, aumentando o prazo para entrega do material.

É importante ressaltar que as armaduras helicoidais tinham comprimentos diferentes em cada trecho inclinado, devido ao fato da parede ter espessura variável ao longo de sua altura, variando de 85 cm na base até 65 cm no topo da parede, conforme mostrado na Figura 6. Por isso, a execução das paredes foi dividida em fases compatíveis com o cronograma de entrega do aço na obra. A Figura 8 apresenta os detalhes da armação das paredes, com foco nas armaduras helicoidais e nas barras diagonais.

Em relação à execução da estrutura em si, a montagem das barras de aço foi executada com muita cautela, devido à grande quantidade de aço em cada seção da parede e à dificuldade de posicionamento das armaduras helicoidais e das barras diagonais. Já a concretagem foi realizada com o auxílio do mangote de lançamento (Figura 9) e de vibradores, de modo a evitar a formação de ninhos de concretagem. A concretagem de cada fase foi realizada junto à montagem das armaduras da fase subsequente.

Por fim, após a cura do concreto, foi realizada a desforma das paredes, finalizando a execução da estrutura e dando início às demais etapas, fundamentais para o término da obra. As Figuras 10 e 11 apresentam a vista do interior da oficina durante a execução da estruturas e após o término da obra, respectivamente.

Figura 8 – Detalhe da armação das paredes apresentando as armaduras helicoidais (A) e barras diagonais (B).



Figura 9 – Concretagem de uma parede da oficina com auxílio do mangote de lançamento.



Figura 10 – Vista do interior da nova oficina durante a execução da estrutura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção da nova oficina de mísseis EXOCET, localizada no Centro de Mísseis e Armas Submarinas da Marinha, representou um grande desafio para a engenharia brasileira, uma vez que foram utilizados conceitos relativos ao dimensionamento de estruturas sob efeitos de cargas pirotécnicas, pouco conhecidos na construção civil do País.

A obra apresenta grande importância para a defesa nacional, pois contribuirá com o aprestamento da Força, possibilitando as condições de pronto emprego dos armamentos dos meios navais e aumentando a capacidade de

pronta resposta do País.

A Diretoria de Obras Civis da Marinha teve um papel fundamental para a entrega da oficina, sendo a responsável tanto pela elaboração do Projeto Básico, quanto pela Fiscalização Técnica da obra. Os problemas de engenharia encontrados ao longo da execução foram prontamente solucionados junto à Contratada, deixando as instalações em condições para o recebimento dos mísseis e seus equipamentos. A obra concedeu expertise aos engenheiros da Marinha do Brasil, que se mostraram tecnicamente preparados para este desafio.

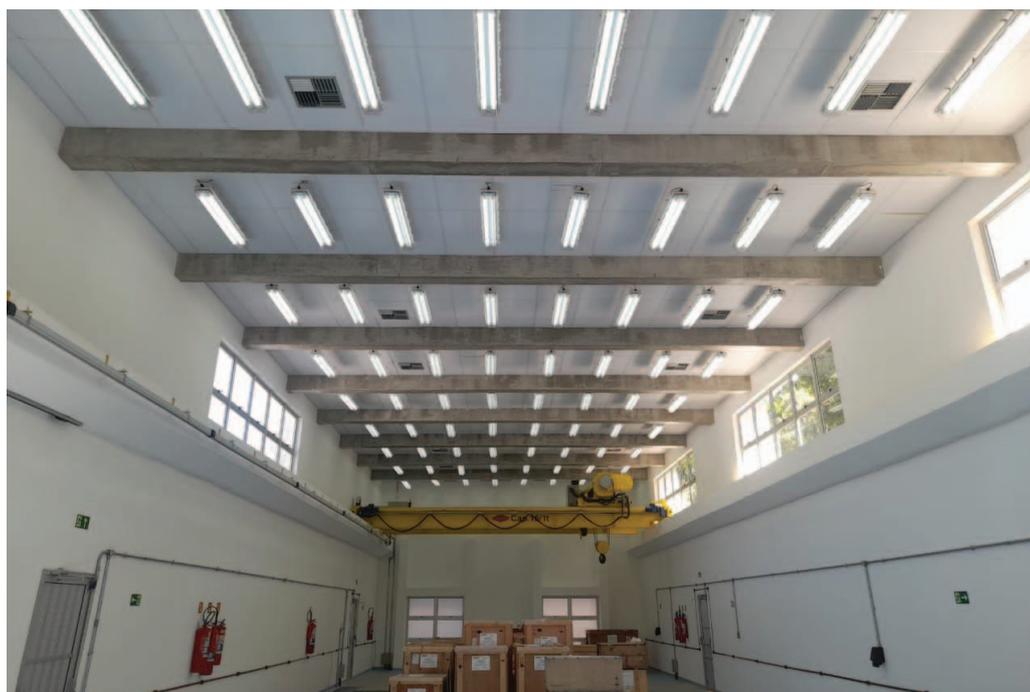


Figura 11 – Vista do interior da nova oficina após o término da obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
2. KARLOS, Vasilis; SOLOMOS, George. Calculation of blast loads for application to structural components. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013.
3. UNIFIED FACILITIES CRITERIA (UFC). UFC 3-340-02: Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions. Defense Department of the United States of America, 2008.

Autora

1T (EN) Fernanda Cristinna Alonso dos Santos

Engenheira Civil formada pela Universidade Federal Fluminense. Mestre pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em Estruturas.



POSTO DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEIS:

*Aspectos estruturais e
documentais para a conformidade
ambiental*



Os Postos de Combustíveis são classificados como atividades potencialmente poluidoras pela resolução nº 273/00, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), pois as substâncias utilizadas nos processos são consideradas perigosas e capazes de provocar danos ao meio ambiente e à saúde humana. Desta forma, as Organizações Militares (OM) que possuem postos de combustíveis em operação ou desativados, ou, ainda, aquelas que estão em processo de implantação de um posto devem se atentar a alguns procedimentos, a fim de evitar impactos ambientais adversos.

Atualmente, a Marinha do Brasil (MB) possui Postos de Abastecimento em todos os Distritos Navais, incluindo os dos Centros de Intendência, Grupamentos de Fuzileiros Navais, Capitânias, Centros de Instrução e Bases Navais, entre outros tipos de OM. Distribuídos ao longo do País, localizados em centros urbanos e ilhas, distantes ou próximos ao mar ou rio, os variados postos da MB possuem datas de instalação diversas, sendo os mais antigos da década de 70 e os mais recentes com tempo de implantação inferior a 5 anos.

As estruturas dos Postos de Combustíveis se apresentam de forma variada: tanques

subterrâneos, semi-subterrâneos, aéreos e flutuantes. Quanto ao tipo de combustível, gasolina, álcool, diesel e combustível para aviação são utilizados, abastecendo meios terrestres, aéreos e navais. Diante do cenário diverso, os Postos de Abastecimento possuem diferentes situações, que geram procedimentos distintos a serem tomados, o que resulta em um menor ou maior potencial poluidor.

Na MB, a Diretoria de Portos e Costas (DPC) é o órgão encarregado da Gestão Ambiental, que tem como propósito realizar atividades técnicas normativas e de supervisão relacionadas à implantação e ao acompanhamento do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) das OM da MB. Desta forma, a DPC recebe diversas consultas das OM acerca de questões ambientais relacionadas ao tema "Posto de Combustíveis", como a dispensa do licenciamento ambiental, estrutura física necessária, procedimentos de operação e manutenção e, em especial, sobre a desativação permanente dos postos. Este artigo tem como objetivo contribuir para difusão do conhecimento a respeito de tais informações para as OM, de forma que as mesmas possam alcançar e manter a conformidade ambiental de suas instalações.

IMPLANTAÇÃO E ESTRUTURA FÍSICA DOS POSTOS DE ABASTECIMENTO

Documentação necessária

Considerando que toda instalação e sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis configuram-se como atividades potencialmente poluidoras, a CONAMA 273/2000 estabeleceu diretrizes para o licenciamento ambiental de Postos de Combustíveis, dispondo sobre a prevenção e o controle da poluição. Nesse sentido, esta é uma atividade sujeita ao licenciamento pelo órgão competente, exceto quando o Posto de Abastecimento possuir tanques aéreos ou subterrâneos com capacidade inferior a 15 m³.

No entanto, quando atentamos para o âmbito militar, **apesar da necessidade e obrigatoriedade em seguir os requisitos legais e as exigências mínimas de maneira análoga ao âmbito civil**, existe um instrumento que possibilita a celeridade do processo considerando a atividade essencial que a MB executa – a Declaração de Caráter Militar ao Preparo e Emprego das Forças Armadas.

Desta forma, a OM não necessita passar pelo processo de Licenciamento Ambiental. Porém, cabe destacar que essa situação não exclui, mitiga ou afasta a adoção de mecanismos de proteção ambiental necessários (para maiores informações do trâmite de obtenção da Portaria, bem como seu respaldo legal, vide Capítulo 3, NORTAM-02/DPC) (Fig.1).

Para aquelas OM que não possuem a portaria de “Preparo e Emprego”, estas devem dar início ao procedimento de licenciamento junto ao órgão ambiental competente, que definirá os documentos, prazos e etapas necessários para a execução da obra em todas as fases (prévia, instalação e operação).

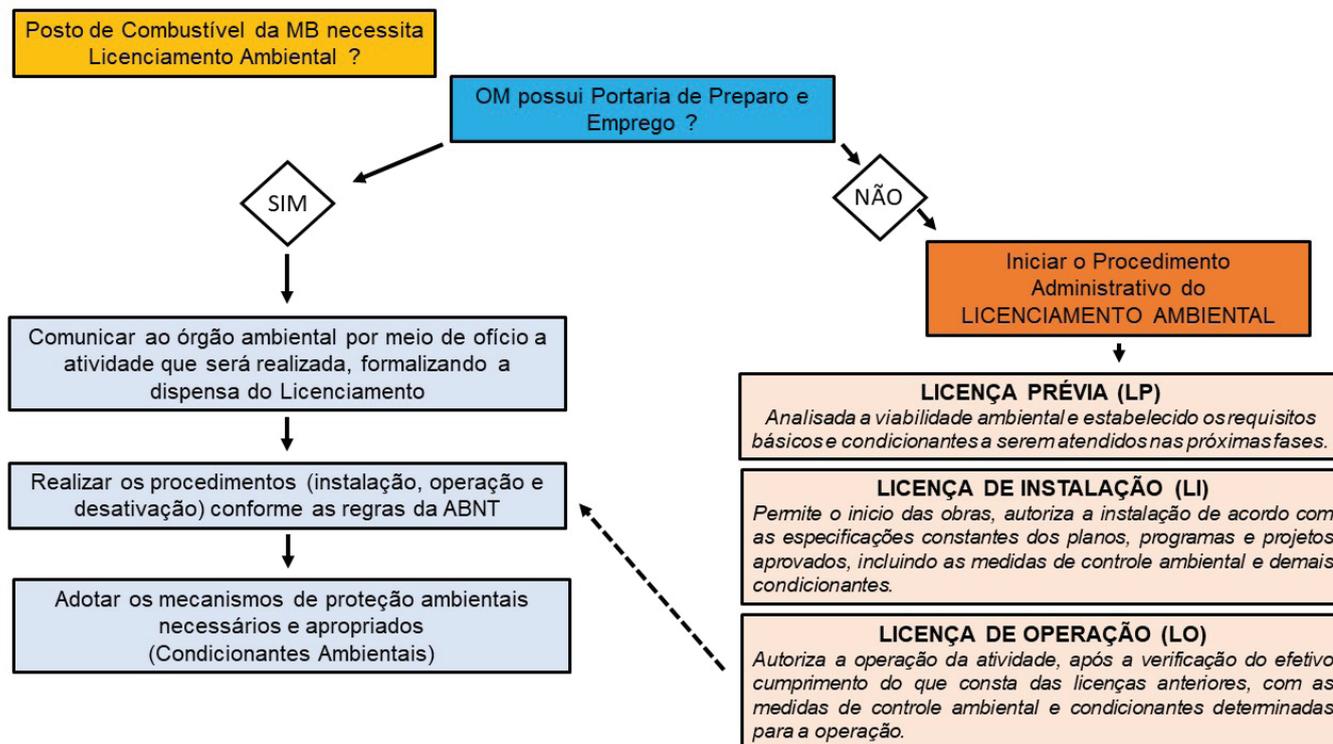


Figura 1: Esquema sobre Portaria de Preparo e Emprego x Licenciamento Ambiental

Tanto para as OM que seguirão o procedimento administrativo completo, junto ao órgão ambiental competente, para o licenciamento quanto para aquelas que possuem Portaria de Preparo e Emprego, há alguns documentos necessários, listados abaixo:

1- Projeto básico: Especifica equipamentos e sistemas de monitoramento, de proteção, de detecção de vazamento, de drenagem; tanques de armazenamento de derivados de petróleo e de outros combustíveis aplicáveis ao posto.

2- Declaração e croqui de localização: Local e o tipo de atividade em conformidade com o Plano Diretor ou similar, indicando a situação do terreno em relação ao corpo receptor e cursos d’água e identificação do ponto de lançamento dos efluentes após tratamento, caso houver.

3- Caracterização hidrogeológica e geológica do terreno: Definição do sentido de fluxo das águas subterrâneas, identificação das áreas de recarga, localização de poços de captação destinados ao abastecimento no raio de 100m, considerando as possíveis interferências das atividades com corpos d’água superficiais e subterrâneos; análise de solo, contemplando a permeabilidade do solo e o potencial de corrosão.

4- Detalhamento do tipo de tratamento e controle de efluentes: Estes provenientes dos tanques, áreas de bombas e áreas sujeitas a vazamento de derivados de petróleo ou de resíduos oleosos; obrigatoriedade de recolhimento e disposição adequada do óleo lubrificante usado.

Além desses requisitos, muitas vezes pode haver condicionantes da licença. Essas são, na prática, condições para que aquela autorização esteja válida. Como no caso das OM que possuam a Portaria de “Preparo e Emprego da Força” quando não haverá imposição de condicionantes pelo órgão ambiental, recomenda-se a busca por referências de quais são as condicionantes que normalmente constam nesse tipo de Licença de Operação para que,

independente do contexto, sejam cumpridas como uma boa prática da instalação. A OM também deve conhecer as principais normas e legislações que tratam do tema “Posto de Combustíveis”, de modo a adequar seus procedimentos a elas (Fig.2). Destaca-se que as OM também devem atentar à existência de legislações municipais e estaduais específicas sobre o tema.

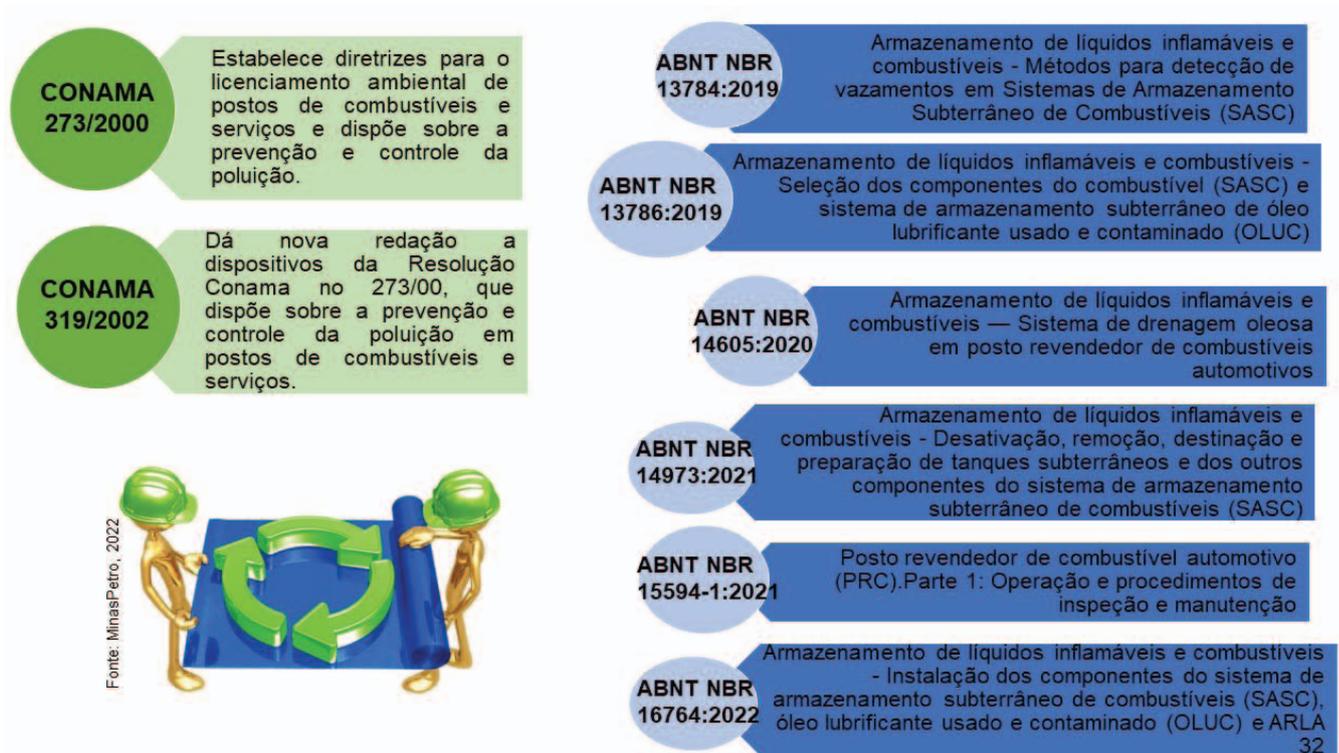


Figura 2 - Normas da ABNT e outras legislações importantes para a operação segura dos Postos de Combustíveis.

Estrutura física do Posto de Abastecimento de Combustível

Os projetos de construção, modificação e ampliação dos empreendimentos previstos neste artigo deverão, obrigatoriamente, ser realizados segundo normas técnicas expedidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Desta forma, a OM deve ter em mente algumas informações importantes na hora de implementar ou reformar o seu posto (Fig.3):

a) Dar preferência a tanques aéreos: No âmbito civil, Postos Revendedores deverão utilizar obrigatoriamente tanques subterrâneos; não são aceitos tanques de superfície ou elevados. Já os postos da MB se enquadram como Postos de Abastecimento e, nesses casos, tanques aéreos são mais adequados, por facilitarem a manutenção e o acompanhamento do desgaste natural dos equipamentos, bem como nos procedimentos de um futuro processo de desativação.

b) Área com piso impermeável, rede de captação e drenagem com canaletas: A falta de pavimentação da pista de abastecimento ou seu revestimento com blocos de concreto, asfalto ou paralelepípedos, permite a infiltração de qualquer vazamento superficial de combustível no solo durante as operações de descarregamento ou de abastecimento. Combustíveis são produtos perigosos, que em contato com o solo ou corpos hídricos são agentes de impacto ambiental. Importante destacar que a rede de canaletas deve cercar toda a área do Posto, externamente ao local do abastecimento das viaturas, e deve ser conectada à Caixa Separadora de Água e Óleo (SAO). A ausência de canaleta ou a existência de canaleta direcionada para a via pública (e não para um separador) faz com que os produtos extravasados se acumulem nas calçadas e atinjam as galerias de águas pluviais ou de esgotos, gerando atmosferas inflamável em seu interior.

c) Sistema de Caixa Separadora de Água e Óleo (SAO) (Fig.4): Todos os postos devem possuir uma caixa separadora que retém o combustível e os óleos que caem no chão e são conduzidos pelas canaletas. Essa caixa separadora precisa ser limpa de forma periódica para evitar o excesso de efluentes. A Caixa SAO tem a função de separar os poluentes da água, permitindo que ela seja descartada no sistema de esgoto, e precisa ser dimensionada com tamanho e vazão adequados para atender a demanda do posto.

d) Tanques cercados por bacias de contenção e em área coberta: O local de armazenagem de produtos oleosos deve possuir bacias de contenção com capacidade adequada (10% superior ao volume do tanque), visando à contenção do produto em caso de rompimento do mesmo. Essa área deve ser coberta para não acumular água de chuva. Essas bacias também devem conter válvula de interceptação para drenagem, a qual deve permanecer fechada. Recomenda-se que as canaletas de alimentação da Caixa SAO estejam sob área coberta, de modo que a água da chuva não sobrecarregue o sistema.

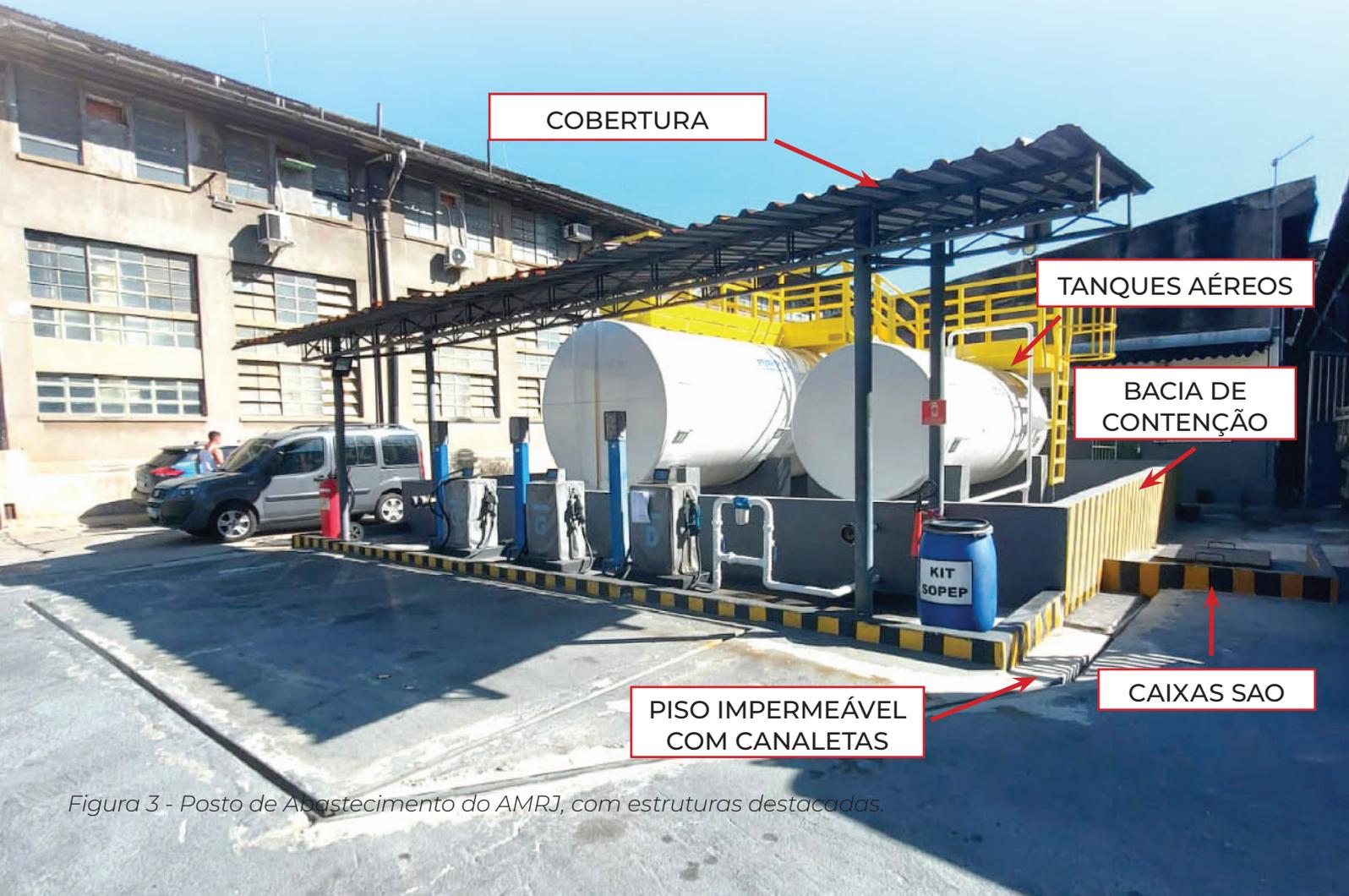


Figura 3 - Posto de Abastecimento do AMRJ, com estruturas destacadas.

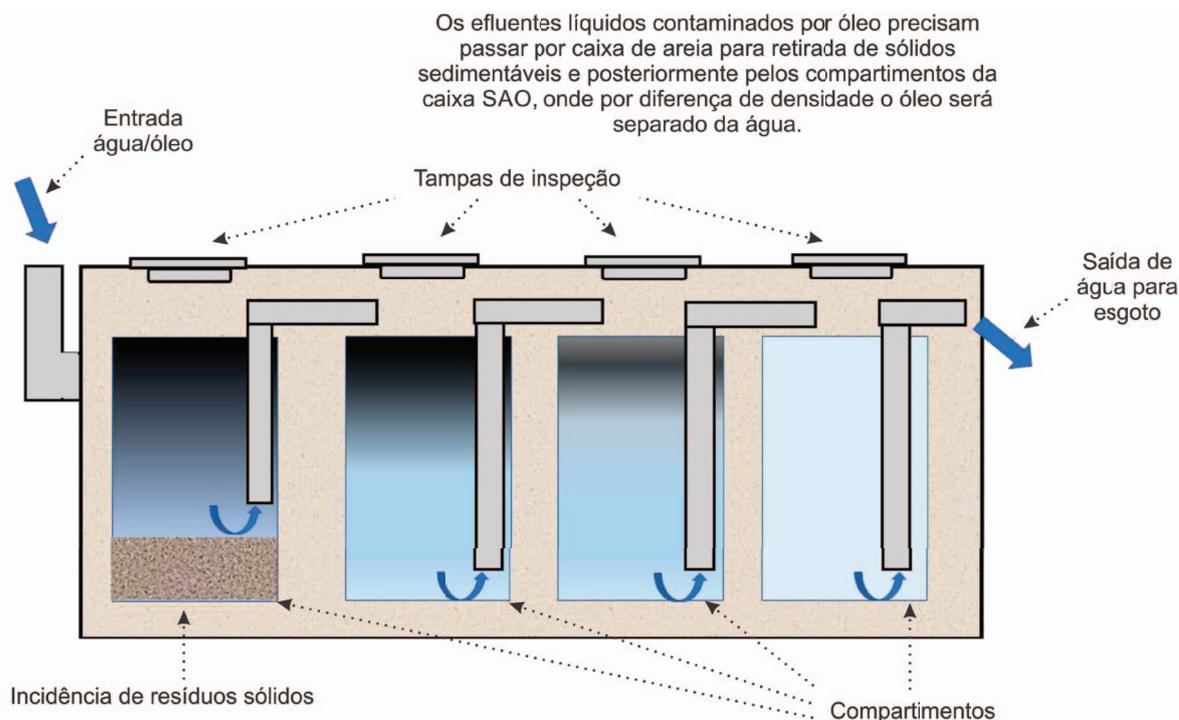


Figura 4 - Esquema de Caixa Separadora de Água e Óleo (SAO).

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Condicionantes Ambientais

Todas as licenças ambientais incluem condições de validade (condicionantes ou restrições técnicas) que são listadas no corpo da licença. Porém, no caso das OM dispensadas da licença em virtude da Portaria de Preparo e Emprego, muitas vezes, estas não possuem a referência de quais condicionantes ambientais devem seguir para manter a conformidade ambiental do seu posto. Abaixo são apresentados alguns exemplos:

- **Instalar os sistemas de controle:** Suspiros dos tanques e descarga selada; Conjunto separador de água/óleo, ligado às canaletas das áreas de abastecimento e de lavagem; Sistema de tratamento de esgoto sanitário; Poços de monitoramento e/ou monitoramento eletrônico;
- **Limpar periodicamente os sistemas de controle instalados,** de forma a garantir sua eficiência, utilizando os serviços de empresas licenciadas pelo órgão ambiental para tal atividade, mantendo os comprovantes à disposição da fiscalização;

- **Evitar derramamento** durante o manuseio e descarregamento de combustíveis;
- **Acondicionar o óleo** proveniente do sistema separador água/óleo e os óleos lubrificantes usados **em recipientes dotados de tampa e estocá-los em área abrigada, com bacia de contenção,** até o seu recolhimento por empresas licenciadas pelo órgão ambiental competente, mantendo os comprovantes;
- Realizar **testes de estanqueidade** dos tanques anualmente ou, no máximo, a cada cinco anos, de acordo com o tipo de tanque instalado;
- **Não reutilizar tanques** e, quando os destinar, dispô-los para corte e retalho;
- Manter os equipamentos de segurança e os sistemas de controle **em perfeito estado de conservação,** o que inclui kit de emergência para uso no caso de derramamento de óleo (Fig.5).

É importante que todos esses procedimentos sejam registrados, pois esta é a forma de comprovação de que estes estão sendo realizados por parte da OM, resguardando-a de futuros questionamentos.



Figura 5 - Kit de emergência ambiental.

O conteúdo mínimo do kit de emergência deve considerar as condições e modo de operação do local. Em geral os materiais mais comuns são:

- Materiais absorventes a granel (turfas/serragem);
- Mantas absorventes;
- Isolamento da área: faixa zebra e cones;
- Dispositivos para iluminação do local: holofotes e lanternas;
- Paletes contentores, para acondicionamento de tambores e/ou materiais contaminados;
- Limpeza da área: pá (para recolhimento dos resíduos sólidos gerados) e balde;
- Acondicionamento para destinação final de sólidos contaminados: *big bags*;
- Equipamentos de proteção individual: luvas e botas.

ATENÇÃO: Materiais contaminados com combustíveis se tornam perigosos, desta forma deve se atentar ao descarte adequado destes resíduos.

Procedimentos Operacionais

A contaminação do solo e da água subterrânea que pode ser causada pelos postos é, na maioria dos casos, provocada por constantes e sucessivos vazamentos em tanques e tubulações subterrâneas ou extravasamentos junto às bombas e bocais de enchimento. Esses pequenos vazamentos, na maioria das vezes, passam despercebidos, pois são considerados resultantes do processo natural de evaporação. Ao longo do tempo, contaminam o subsolo e até as águas subterrâneas.

Para evitar esse tipo de contaminação, conforme disposto na resolução CONAMA 319/02, os equipamentos e sistemas destinados ao armazenamento e à distribuição de combustíveis, assim como sua montagem e instalação, deverão ser avaliados quanto à sua conformidade, no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade. Os equipamentos e

sistemas dos postos deverão ser testados, previa e posteriormente à entrada em operação, com periodicidade não superior a cinco anos.

Além disso, para maior segurança das operações, é necessário, também, que sejam descritos todos os **procedimentos operacionais, direta ou indiretamente realizados**, incluindo testes de equipamentos, condições locais de operação e procedimentos em caso de emergências. A aferição dos equipamentos, tais como bombas, a estanqueidade dos tanques, as condições da área de contenção e a capacidade, limpeza e eficiência das caixas separadoras também devem ser feitas com periodicidade descrita em procedimento.

Como principais documentos que incluem procedimentos operacionais de monitoramento e de resposta a incidentes de Postos de Combustíveis, destacam-se:



Figura 6 - Procedimentos escritos em forma de aviso.

Avisos na área do posto também são importantes ferramentas de conscientização dos militares (Fig.6).

10 itens para o Posto de Abastecimento alcançar e manter sua Conformidade Ambiental (Fig.7).

CHECK LIST PARA CONFORMIDADE AMBIENTAL DO POSTO DE COMBUSTÍVEL

Outras informações podem ser encontradas na Seção 6, Anexo D da NORTAM-04/DPC

- 1- Possuir Portaria de Preparo e Emprego da Força.
- 2- Projeto Básico do Posto, contendo planta, com tubulações, tipos de tanques e combustíveis utilizados.
- 3- Estrutura mínima de piso impermeável, área coberta, tanques com bacia de contenção, canaleta interligada às caixas SAO.
- 4- FISPQ (Ficha de Segurança do Produto Químico) referente ao combustível próximo ao seu local de armazenagem.
- 5- Descrição dos procedimentos de resposta em caso de pequeno vazamento.
- 6- Ordem Interna sobre o Posto de Combustível, que além de incluir os procedimentos de recebimento, abastecimento, deve incluir item com procedimentos a serem tomados para se evitar o impacto ambiental.
- 7- Kit de Resposta a Emergências ("Kit SOPEP").
- 8- Adestramento dos militares dos postos, no que diz respeito à forma correta de realizar os procedimentos, evitando vazamentos, bem como formas de mitigá-los caso os mesmos ocorra.
- 9- Plano de Resposta a Emergências.
- 10- Testes de estanqueidade de acordo com o tanque (anual ou de 5 anos).

Figura 7 - Check list para alcançar a conformidade ambiental.

DESATIVAÇÃO PERMANENTE DOS TANQUES E INSTALAÇÕES DE APOIO

Tanques antigos ou desativados necessitam ser retirados de sua cava (no caso dos subterrâneos) ou do local em que se encontram, sob pena de provocar contaminações futuras, seja com restos de combustíveis ou mesmo pela decomposição do tanque. O tanque só pode permanecer em sua cava se, porventura, houver uma justificativa de segurança para que não seja retirado; mesmo assim, é necessária a realização de sua inertização.

A operação de retirada de tanques é uma

operação de risco e, como tal, necessita de planejamento e organização, envolvendo vários profissionais gabaritados. O cronograma de desativação envolve várias etapas, desde o isolamento da área até o preenchimento da cava após a retirada do tanque. No caso de desativação, os estabelecimentos ficam obrigados a apresentar um plano de encerramento de atividades.

O processo de desativação pode ser dividido em 4 fases (Fig.8):

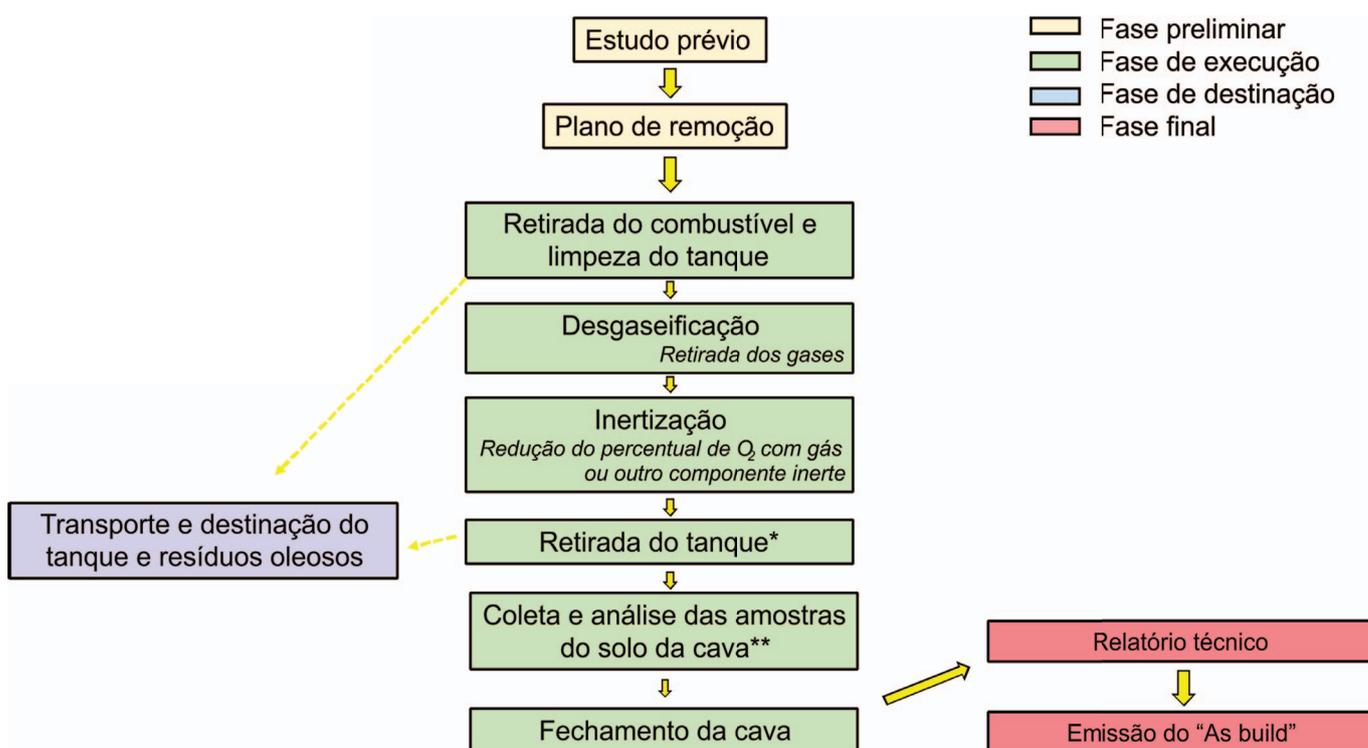


Figura 8 - Procedimentos para desativação de Posto de Combustível

1 - Fase Preliminar: Onde são realizados os estudos prévios para verificar as condições dos tanques e a estrutura das áreas próximas, gerando um Plano de Remoção.

2 - Fase de Execução: Engloba todos os procedimentos relacionados à limpeza e retirada dos tanques.

3 - Fase de Destinação: Relacionada ao transporte e à destinação dos resíduos de combustíveis e dos tanques, que devem seguir

regulamentação específica, gerando o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) e o Certificado de Destinação Final (CDF).

4 - Fase Final: Consiste de um Relatório Técnico com as informações de todo o procedimento realizado e, também, do "as built" (documento com as condições da construção), registro atualizado da área, garantindo a segurança para futuros projetos que possam ocorrer na OM.



Figura 9 - Degaseificação de tanque no CeIMNa (Fonte: Relatório GeoTech Engenharia e Meio Ambiente, 2020).

No caso de Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC), se a remoção do tanque colocar em risco as instalações ou edificações existentes, o tanque pode permanecer na cava após a desativação permanente, mediante laudo técnico que comprove a inviabilidade ou risco de sua retirada, devendo ser recolhida a respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) por profissional habilitado. Os outros componentes do sistema devem ser removidos e destinados.

Caso o solo esteja contaminado, irá gerar um passivo ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ressalta-se que todas as OM da MB no cumprimento de suas missões, a partir da realização rotineira de suas atividades, produtos e serviços, estabelecem algum nível de interação com o meio ambiente e essa interação precisa ser controlada.

As OM que possuem Postos de Abastecimento de Combustíveis (Fig. 10) devem considerá-los como potenciais geradores de impactos ambientais, que necessitam de monitoramento e registro dos procedimentos, a fim de evitar futuros danos ao Meio Ambiente. O adequado gerenciamento dos postos promove o respaldo necessário frente às sanções previstas em lei, a preservação do Meio Ambiente e a segurança dos militares, além de fortalecer, através de boas práticas, a imagem de Responsabilidade Ambiental da MB frente à sociedade brasileira.

Figura 10 - Posto de Combustível padrão para novas instalações na MB. Fonte: 1T (QC-IM) Karina Cabral - CeIMNa



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. NBR 13784: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Métodos para detecção de vazamentos em Sistemas de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC) Rio de Janeiro, p.7, 2019.
2. ABNT. NBR 13786: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Seleção dos componentes do combustível (SASC) e sistema de armazenamento subterrâneo de óleo lubrificante usado e contaminado (OLUC). Rio de Janeiro, p.7, 2019
3. ABNT. NBR 14605: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Sistema de drenagem oleosa em posto revendedor de combustíveis automotivos. Rio de Janeiro, 2020.
4. ABNT. NBR 14973: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Desativação, remoção, destinação e preparação de tanques subterrâneos e dos outros componentes do sistema de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC). Rio de Janeiro, p.11, 2021.
5. ABNT. NBR 15594-1: Posto revendedor de combustível automotivo (PRC) Parte 1: Operação e procedimentos de inspeção e manutenção. Rio de Janeiro, p.52, 2021.
6. ABNT. NBR 16764: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Instalação dos componentes do sistema de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC), óleo lubrificante usado e contaminado (OLUC) e ARLA 32. Rio de Janeiro, p.45, 2022
7. ABNT. NBR ISO 14001: Sistema de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, p.41, 2015.
9. BRASIL. Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.
10. BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981.
11. BRASIL. CONAMA - Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 247, 22 de dezembro de 1997, Seção 1. p.30841-30843.
12. BRASIL. CONAMA - Resolução nº 273, de 29 de novembro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 5, 8 de janeiro de 2001, Seção 1. p.20-23.
13. BRASIL. CONAMA - Resolução nº 319, de 04 de dezembro de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 245, 19 de dezembro de 2002, Seção 1. p.224-225.
14. GEOTECH ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE. 2020 Relatório de Análises de fundo de cava com retirada de tanques - Posto de Abastecimento (PA) da Base Naval de Natal. 26p.
15. INEA. Postos de serviços: orientações para o controle ambiental. 2014. 2ªed. 44p. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/LicenciamentoAmbienta/Licenciamento-saiba mais/GestaodeRiscoAmbientaTec/PostosdeServico/index.htm&lang=>. Acesso em 11 de julho de 2022.
16. LAGE.D. Legislação para posto de combustível: as principais leis e normas técnicas para construção de postos. 2022. Disponível em <https://blog.clubpetro.com/leis-e-normas-tecnicas-para-postos-de-combustiveis/>. Acesso em 05 de julho de 2022.
17. MARINHA DO BRASIL. NORTAM-02 e 04/DPC. Acesso disponível em www.dpc.mb/publicacoes.

Autoras

CT (RM2-T) Priscila Santana Pereira

Bióloga formada pela Universidade Federal Fluminense(UFF). Auditora Ambiental Líder pela Bureau Veritas, Auditora Ambiental Interna pelo Instituto Aqualung, Técnica em Segurança do Trabalho pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Especialista em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), Mestre em Ciências e Biotecnologia e Doutoranda em Ciências e Biotecnologia pela Universidade Federal Fluminense.

1T (T) Maria Cecilia Medeiros Moraes

Bióloga formada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro(UFRJ). Auditora Ambiental Líder pela HGB. Administradora pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). Mestre em Oceanografia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

MÉTODO DE HOMOGENEIZAÇÃO POR FATORES EM AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA:

PRINCIPAIS DIFICULDADES DE EMPREGO



A avaliação de bens, de seus frutos e direitos trata-se de uma análise técnica para identificar valores, custos ou indicadores de viabilidade econômica para um determinado objeto, finalidade e data, consideradas determinadas premissas, ressalvas e condições limitantes. O trabalho de avaliação imobiliária deve ser realizado por profissionais habilitados e capacitados, devidamente registrados nos conselhos que regulamentam sua profissão, com observância às suas atribuições e competências profissionais legalmente definidas.

São diversos os propósitos e as finalidades que podem levar à realização de uma avaliação imobiliária, dentre eles, destacam-se

a determinação de valores justos de compra ou venda de imóveis, a fim de subsidiar processos de permuta; determinação de valores justos de locação de benfeitorias, a fim de instruir processos de cessão de uso; e a determinação de valores justos de indenização, a fim de subsidiar processos de desapropriação.

A qualificação do profissional que atua em avaliações, através de cursos de pós-graduação ou cursos de extensão, é fortemente desejável, embora não represente condição obrigatória para o exercício da profissão, salvo quando da exigência, por parte da empresa ou órgão contratante, de formação institucional complementar.



A avaliação de imóveis urbanos deve ser realizada por engenheiros civis ou arquitetos.

Fonte: <http://tecimob.com.br>

A AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA CONSISTE EM DETERMINAR VALORES DE MERCADO QUE SEJAM JUSTOS, COM BASE NOS PROCEDIMENTOS E MÉTODOS PRECONIZADOS PELA NORMA, DA ABNT, NBR-14.653.



NBR-14.653, A NORMA DE AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA

A norma que preconiza os métodos e procedimentos de avaliação, com vistas a padronizar e normatizar a qualidade do trabalho avaliatório, é a NBR 14.653 - Avaliação de bens, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A norma é dividida em sete partes, sendo a parte nº. 2 referente a imóveis urbanos e a principal utilizada por engenheiros civis e arquitetos.

A NBR 14.653:2 descreve os métodos de avaliação de imóveis urbanos, assim como estabelece os requisitos para a especificação e apresentação do laudo de avaliação. Para a determinação do valor de mercado, a norma recomenda que seja utilizado, sempre que possível, o Método Comparativo Direto de Dados de Mercado (MCDDM), que consiste no processo de identificar o valor de mercado do bem, por meio de tratamento técnico dos atributos dos elementos comparáveis constituintes da amostra.

No tratamento dos elementos da amostra pelo MCDDM, a norma preconiza que podem ser utilizados, alternativamente e em função da qualidade e quantidade de dados e informações disponíveis, o tratamento por fatores ou o tratamento científico. O primeiro consiste na homogeneização da amostra por fatores, com fulcro em critérios fundamentados por entidades técnicas, e posterior análise estatística dos resultados homogeneizados. Já o segundo consiste no uso de inferência estatística, com base em modelos como regressão, análise de envoltória ou redes neurais artificiais.

O MÉTODO DE HOMOGENEIZAÇÃO POR FATORES CONSISTE EM UM DOS MÉTODOS COMPARATIVOS DIRETOS DE DADOS DE MERCADO, PREVISTOS NA NBR-14.653.

A NBR-14.653 define métodos e procedimentos para a determinação de valores justos de mercado.

Fonte: <https://alpharettahomeappraiser.com>



APLICABILIDADE DO MÉTODO DE HOMOGENEIZAÇÃO POR FATORES

O tratamento por fatores é aplicável a uma amostra composta por dados de mercado contemporâneos e com características físicas, socioeconômicas e de localização as mais semelhantes possíveis às do imóvel avaliando, de forma a exigir apenas pequenos ajustes na homogeneização. Como exemplo, um imóvel proveniente da pesquisa de dados com padrão de acabamento inferior ao avaliando deve ter seu valor de venda multiplicado por um fator que relacione padrões de acabamento e seja maior do que 1,0, de forma que o avaliando possa se apropriar desse novo valor de venda, porém já homogeneizado (trazido para a sua realidade), tendo em vista seu padrão superior àquele do dado de mercado inicial. A obtenção de uma amostra com dados semelhantes ao avaliando depende tanto da disponibilidade desses dados no mercado quanto do esforço do avaliador por ocasião da pesquisa de dados.

A tabela 1 apresenta o enquadramento do Grau de Fundamentação no caso de avaliações

com o uso de tratamento por fatores. O Grau de Fundamentação relaciona-se a parâmetros qualitativos e quantitativos atinentes às fases de coleta de dados e à aplicação do conjunto de fatores, sendo capaz de inferir a qualidade e o empenho no trabalho avaliatório. A quantidade mínima de dados de mercado para que o método possa ser empregado deve ser três, de acordo com o item 2 da referida tabela, o que resulta na mínima fundamentação para o item (Grau I). Quando se utiliza doze ou mais dados, o item recebe a máxima fundamentação (Grau III).

A norma define como dados de mercado com atributos semelhantes aqueles em que, para a sua devida homogeneização, cada um dos fatores calculados com relação ao avaliando esteja contido entre 0,50 e 2,00, embora o intervalo máximo admissível para o conjunto de fatores (fator resultante final) seja de 0,40 a 2,50, conforme observado no item 4 da tabela 1.

Tabela 1 - Grau de Fundamentação no caso de utilização do tratamento por fatores.

Fonte: Tabela 3 da NBR 14.653-2, da ABNT.

Item	Descrição	Grau		
		III	II	I
1	Caracterização do imóvel avaliando	Completa quanto a todos os fatores analisados	Completa quanto aos fatores utilizadas no tratamento	Adoção de situação paradigma
2	Quantidade mínima de dados de mercado, efetivamente utilizados	12	5	3
3	Identificação dos dados de mercado	Apresentação de informações relativas a todas as características dos dados analisados, com foto e características observadas pelo autor do laudo	Apresentação de informações relativas a todas as características dos dados analisados	Apresentação de informações relativas a todas as características dos dados correspondentes aos fatores utilizados
4	Intervalo admissível de ajuste para o conjunto de fatores	0,80 a 1,25	0,50 a 2,00	0,40 a 2,50



Os métodos comparativos procuram dados de mercado semelhantes ao imóvel avaliando. Aspectos como o contraste social devem ser respeitados na pesquisa de dados.

Fonte: www.archdaily.com.br

Portanto, o emprego do método é condicionado a uma pesquisa representativa, exigindo pequenos fatores de homogeneização, ainda que a pesquisa amostral seja pouco abrangente, com no mínimo três dados.

Nesse contexto, alguns profissionais da área defendem o emprego do Método de Homogeneização por Fatores sempre que a amostra seja muito representativa, o que resultaria em poucos ajustes e pequenos intervalos para o conjunto de fatores, mesmo nas situações de mercado onde haja uma grande quantidade de dados disponíveis para a comparação. Por outro lado, outros defendem o uso de inferência estatística nas situações com grande disponibilidade de dados, mesmo nas situações de mercado onde haja dados muito representativos, tendo em vista as características subjetivas do Método de Homogeneização.

O TRATAMENTO POR FATORES É APLICÁVEL A UMA AMOSTRA COMPOSTA POR DADOS DE MERCADO COM ATRIBUTOS OS MAIS SEMELHANTES POSSÍVEIS AOS DO IMÓVEL QUE SE DESEJA AVALIAR.

De fato, o Método de Homogeneização é visto, por grande parte dos avaliadores, como uma ferramenta sujeita a subjetividades. Isso ocorre, em especial, por conta das dificuldades inerentes ao processo de construção dos fatores, como será visto adiante. A norma preconiza o uso do método em observância à qualidade e quantidade de dados e informações disponíveis, mas não define, objetivamente, um critério quanto às premissas para a escolha do MCDDM, tampouco pondera os aspectos qualitativos e quantitativos aos quais se refere.

Algumas instituições financeiras exigem de seus profissionais cadastrados o emprego de determinado método, independentemente da realidade do mercado imobiliário local. Por um lado, o avaliador se exime da escolha e de suas proposições sobre como a avaliação deveria ser conduzida, mas, por

outro, a exigência padroniza o produto contratado e controla, mais facilmente, a qualidade do trabalho avaliatório.

Na Marinha do Brasil (MB), diversas OM autorizam a cessão de uso, por terceiros e a título oneroso, de áreas de imóveis sob sua jurisdição, para o exercício de atividades de apoio destinadas ao atendimento das necessidades da administração, tais como postos bancários e lanchonetes. Os estabelecimentos comerciais no interior de OM possuem grande similaridade, em função de aspectos como atendimento ao público interno e restrição da circulação de pessoas e, por isso, fazem parte de um grupo homogêneo de dados de mercado, em que pese os valores justos locativos sofrer influência de fatores externos, como localização urbana. Em face desse contexto, somado à indisponibilidade de grande quantidade de dados dessa natureza, o Método de Homogeneização por Fatores se torna uma ferramenta aplicável e adequada.

Determinação dos fatores

De acordo com a NBR 14.653:2, os fatores devem ser calculados por metodologia científica, justificados do ponto de vista teórico e prático, com a inclusão de validação, quando pertinente. Devem caracterizar, claramente, sua validade temporal e abrangência regional, e ser revisados em prazo estimado pela norma ou sempre que for necessário.

OS FATORES DE HOMOGENEIZAÇÃO SÃO DETERMINADOS COM BASE NOS ATRIBUTOS QUE EXPLICAM A VARIAÇÃO DOS PREÇOS PRATICADOS NO MERCADO DE IMÓVEIS, COMO LOCALIZAÇÃO E PADRÃO DE ACABAMENTO.

A determinação do valor de mercado de um imóvel tem como premissa o levantamento e o tratamento dos atributos que explicam a variação dos preços ofertados ou negociados.

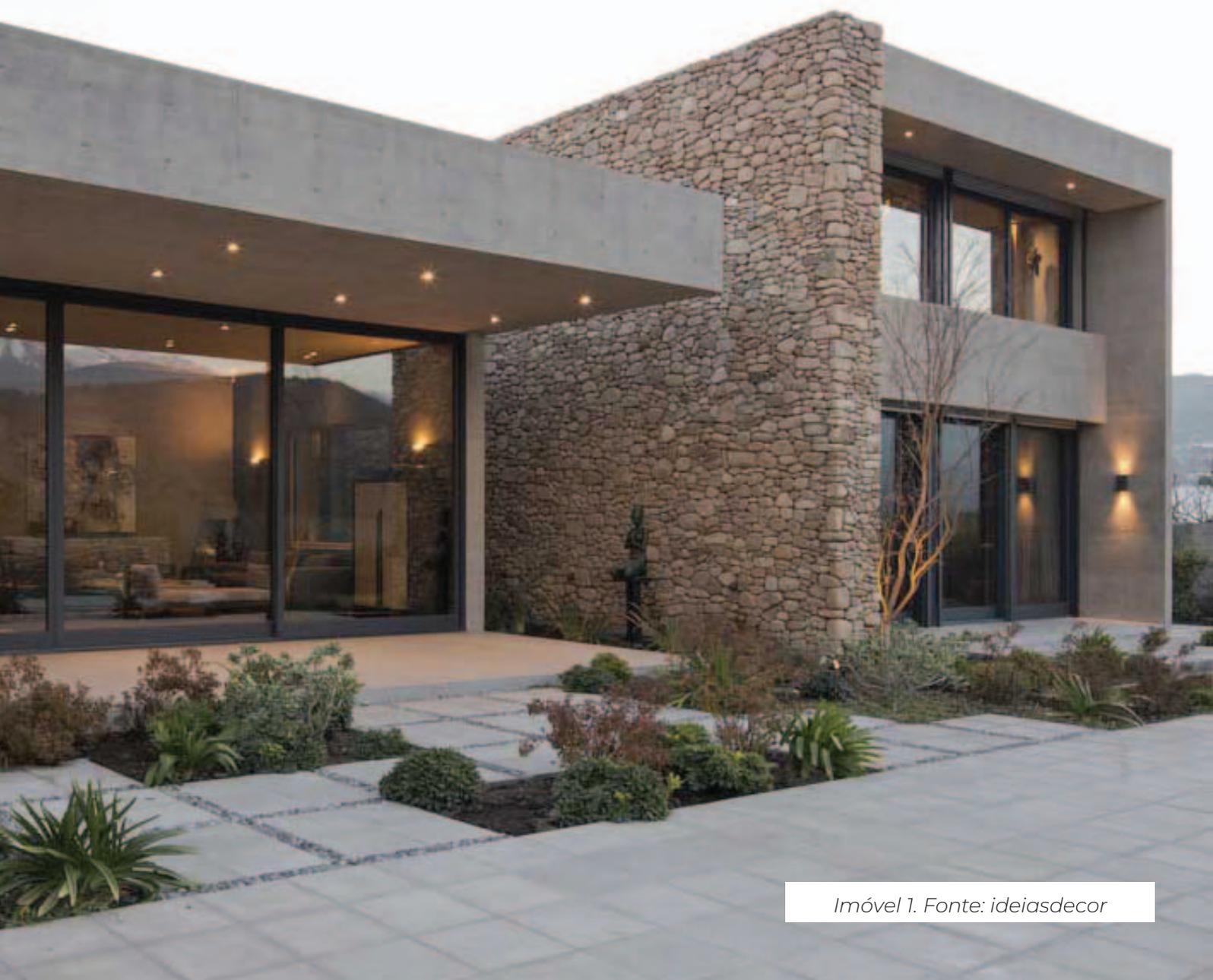


Avaliação Imobiliária pela DOCM de Posto de Atendimento Bancário no Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD), visando subsidiar renovação de contrato de cessão de uso. Fonte: Acervo próprio.

*Com relação à equivalência,
o imóvel 1 certamente vale
mais que o imóvel 2.*



Imóvel 2. Fonte: wimoveis.com.br



Imóvel 1. Fonte: ideiasdecor

O Método de Homogeneização por Fatores requer a construção de fatores que sejam fundamentados por entidades técnicas reconhecidas ou deduzidos pelo avaliador, com o emprego de metodologia científica, o que nem sempre se faz possível para certos atributos, embora sua influência nos preços ofertados ou negociados seja reconhecida e relevante.

Os fatores são usados para ajustar os dados de mercado, tornando a amostra homogênea e, por consequência, com características as mais semelhantes possíveis às do imóvel avaliando. Quando os atributos comparáveis são diretamente proporcionais ao preço, os fatores são determinados pela razão entre os atributos do avaliando e de cada dado. Assim, o Fator de Equivalência (F_{eq}), responsável pela homogeneização quanto às características construtivas, por exemplo, pode ser obtido pela seguinte relação:

$$F_{eq} = \frac{\rho_0}{\rho_i}$$

Onde ρ_0 representa o padrão construtivo do avaliando e ρ_i o padrão construtivo de cada dado. Os valores numéricos para o atributo “padrão construtivo” podem ser encontrados diretamente na literatura, para cada classe de imóvel, o que permite calcular o Fator de Equivalência sem grandes dificuldades. Contudo,

nem todos os fatores constroem sua base de cálculo em atributos facilmente determinados ou em características mensuráveis.

Estabelecimentos comerciais tendem a ser mais valorizados quando existe uma maior circulação de pessoas no seu entorno; assim, lojas próximas a estações de metrô ou no interior de complexos multisserviços, como shoppings centers, apresentam maior valor locativo no que se refere à circulação de pessoas. Entretanto, estimar o atributo “fluxo de pessoas” consiste em um grande desafio, tendo em vista a influência de outras variáveis na determinação da população transeunte como, por exemplo, a demografia da região, a intensidade do tráfego automotivo e as condições de acesso. Na MB, um grande indicativo para o fluxo de pessoas trata-se da tripulação da OM, já que os imóveis comerciais são frequentados, em sua maioria, pelo público interno. Contudo, ainda assim, há a necessidade de um estudo aplicado para determinar se, e de que forma, esse atributo influencia, de fato, na variação dos preços praticados nos contratos de cessão de uso.

A NBR 14.653:2 preconiza o uso do campo de arbítrio quando variáveis relevantes não tiverem sido contempladas no modelo em virtude da escassez de dados de mercado ou por inexistência de fatores de homogeneização aplicáveis.

A circulação de pessoas influencia nos valores locativos de imóveis comerciais. Fonte: sensormatic.com





Arbitrar o valor justo de mercado por meio do campo de arbítrio, após o tratamento de dados, proporciona aspectos tão subjetivos na avaliação quanto o uso empírico de fatores de homogeneização durante o tratamento. Por outro lado, a inferência estatística, apesar de mais laboriosa, detém ferramentas capazes de contornar, mais facilmente, problemas como a inexistência de fatores, com o uso de variáveis qualitativas do tipo código alocado.

Planta Genérica de Valores (PGV)

A localização dos imóveis trata-se de outro aspecto, de grande relevância, para a determinação de seus valores justos de mercado. O Fator de Transposição (F_{tr}), ou de localização, tem como principal atributo, para a sua composição, os índices fiscais municipais, extraídos da Planta Genérica de Valores (PGV) do município. Assim:

$$F_{tr} = \frac{V_0}{V_i}$$

onde V_0 representa o índice fiscal do avaliando e V_i o índice fiscal de cada dado.

A Planta Genérica de Valores (PGV) do município consiste no principal subsídio para a homogeneização dos dados de mercado quanto à sua localização.

A PGV visa subdividir as áreas urbanizadas em zonas de valores e serve como base de cálculo para fins tributários, a partir de estimativas para os valores venais de cada logradouro. Cada município estabelece a frequência de atualização para a sua PGV. A desatualização da planta prejudica a sua utilização no cálculo dos Fatores de Transposição, tendo em vista a constante variação nos preços praticados no mercado de imóveis e, conseqüentemente, nos seus valores venais, sendo causada por diversos fatores como, por exemplo, mudanças nas políticas públicas, nos custos de construção e nas taxas de juros. Com isso, torna-se bastante comum a obtenção de Fatores de Transposição não condizentes com a realidade e que extrapolam os limites definidos pela norma (Tabela 1), mesmo para imóveis com realidades socioeconômicas semelhantes, fazendo com que a coleta de dados seja ainda mais restritiva ou que seja utilizada, novamente, a inferência estatística como método de avaliação.



CONCLUSÃO

Os métodos comparativos de avaliação imobiliária, previstos pela NBR 14.653:2, exigem um levantamento de dados de mercado com atributos semelhantes, bem como das variáveis e fatores que explicam a variação dos preços praticados. O Método de Homogeneização por Fatores contorna as dificuldades inerentes aos tratamentos científicos por inferência e pode ser utilizado sempre que houver dados representativos, o que exigirá poucos ajustes no processo de homogeneização. O método demanda pouco rigor estatístico, o que lhe confere praticidade e rapidez quanto à sua utilização.

Em busca de um correto emprego do Método de Homogeneização por Fatores, ressalta-se a importância da determinação dos

fatores de forma apropriada, os quais devem ser referenciados por entidades ou deduzidos e apurados com circunscrição regional e temporal, por meio da utilização de metodologia científica. A construção dos fatores que englobam os atributos essenciais ao modelo faz parte do conjunto de desafios atinentes ao emprego do método, especialmente quando os atributos apresentam difícil mensuração.

Por fim, a busca por qualificação ou experiência profissional, na área de avaliações, não apenas permite o uso correto dos métodos previstos em norma, como também enseja o desenvolvimento de pesquisas na área, possibilitando trabalhos com maior fundamentação e precisão, além de uma constante evolução teórica dos métodos de avaliação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABUNAHMAN, Sérgio Antonio - Engenharia Legal e de Avaliações - Editora Pini – São Paulo: 4a ed;
2. ABNT NBR 14.653-1:2019, Avaliação de bens - Parte 1: Procedimentos gerais;
3. ABNT NBR 14.653-2:2011, Avaliação de bens - Parte 2: Imóveis urbanos;
4. Decreto nº 44.184, de 28 de dezembro de 2017. Prefeitura do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017;
5. Norma para avaliação de imóveis urbanos, Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo (IBAPE-SP), 2011;
6. Portaria nº 4.411, de 27 de outubro de 2021. Ministério da Defesa. Gabinete do Ministro. Brasília, 2021.

Autor

IT (EN) Leyser Pacheco Pires Filho

Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal de Goiás e Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Faculdade Única de Ipatinga. Mestre em Mecânica das Estruturas pela Universidade Federal de Goiás, Doutorando em Dinâmica das Estruturas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e Pós-graduando em Avaliações e Perícias de Engenharia.



Fonte: freepik.com

UMA BREVE INTRODUÇÃO À CONFIABILIDADE ESTRUTURAL

Uma breve introdução à análise probabilística de estruturas de processos, independente do tempo. Principais conceitos e fundamentos.

A atual formação dos engenheiros no Brasil conduz a uma visão determinística dos problemas de engenharia. Esta visão não leva em conta as incertezas a que esses problemas estão submetidos. As ações ambientais, por exemplo, ventos, ondas, sismos, precipitações, neve etc., são processos intrinsecamente aleatórios que variam ao longo do tempo, conhecidos como processos estocásticos. Outrossim, as resistências dos materiais estruturais também são tipicamente aleatórias. Tais aleatoriedades geram incertezas na resposta do modelo estrutural. Essas incertezas provocam impactos no desempenho dos sistemas de engenharia e, por consequência, sua existência não pode ser ignorada. A figura 1 ilustra de forma conceitual a relação de causa e efeito das incertezas em sistema de engenharia. Quando existem incertezas nos parâmetros de entrada de um sistema, essas se propagam para a resposta. Portanto, não há como garantir, de forma determinística, que a resposta do sistema será

sempre a desejada. Por isso, a análise probabilística aparece como uma ferramenta fundamental para aferir essas incertezas por meio da determinação da probabilidade de falha.

A teoria de confiabilidade estrutural surgiu como uma ferramenta para manipular as incertezas de forma racional. Os documentos normativos de projeto têm sido calibrados com os fundamentos dessa teoria. Nesse contexto, os projetistas consideram implicitamente as incertezas nas variáveis de projeto, através dos coeficientes parciais de segurança. Por outro lado, sob o ponto de vista de pesquisa, atualmente, o que se busca é a utilização da análise de confiabilidade explicitamente nas aplicações dos procedimentos de projeto.

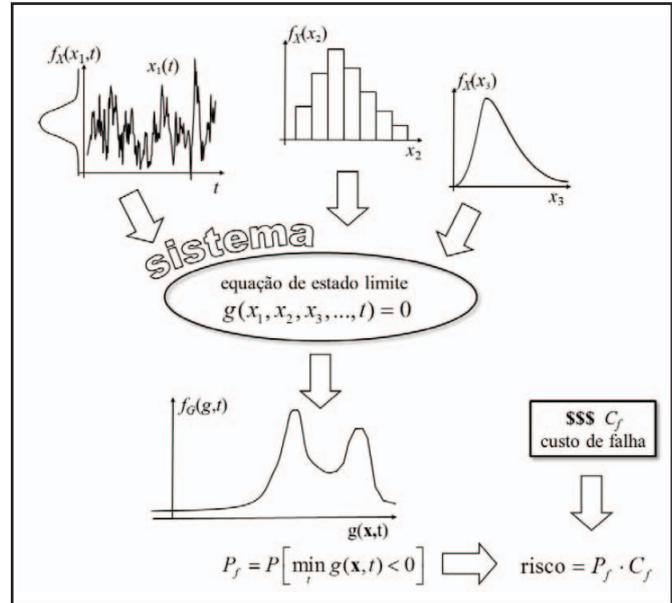


Figura 1 – Resposta de um sistema de engenharia sujeito a incertezas. Fonte: Beck (2019).

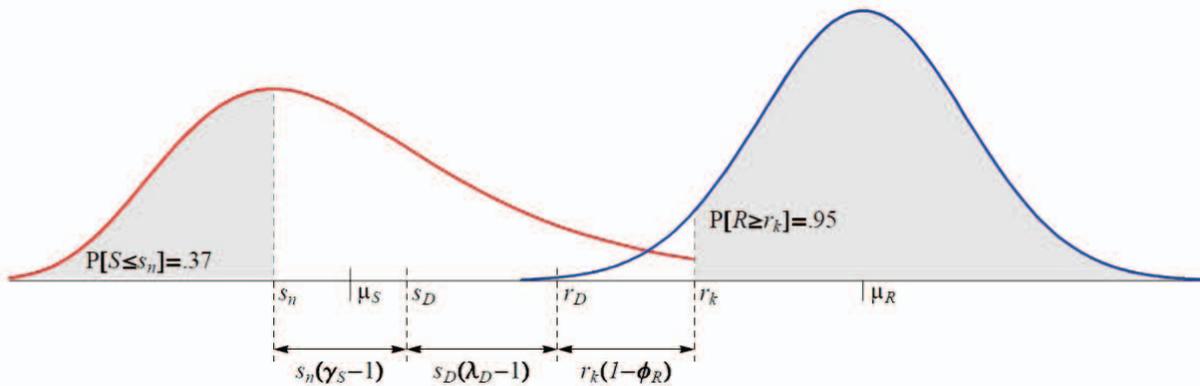


Figura 2 – Configuração típica de projeto estrutural empregando coeficientes parciais de segurança. Fonte: Beck (2019).

PROBLEMA FUNDAMENTAL DE CONFIABILIDADE

A existência de incertezas nas resistências dos materiais, propriedades geométricas e ações colaboram para que exista uma inevitável probabilidade de que a estrutura não desempenhe adequadamente seus requisitos de projeto (BECK, 2019). Essa probabilidade é definida como a probabilidade de falha (P_f), sendo mensurada por meio dos métodos de confiabilidade estrutural. O evento

complementar da P_f é a confiabilidade (C).

Os requisitos de projeto podem ser equacionados na forma de estados limites. A violação de um estado limite representa uma condição indesejável para a estrutura. Cada distinta maneira que possa conduzir a um estado limite é denominada de modo de falha. Os estados limites típicos para estruturas são apresentados na tabela 1.

Tipo de estado limite	Descrição	Exemplos
Último	Colapso total ou parcial da estrutura	Ruptura, colapso progressivo, fadiga etc.
Serviço	Interrupção do uso normal	Deslocamentos excessivos, vibração etc.

Tabela 1 – Estados limites típicos.

Os modos de falha podem ser descritos por meio de equações de estado limite. Para cada modo de falha, uma equação de estado limite $g(X)$ deve ser escrita, sendo X um vetor que engloba todas as variáveis aleatórias do modelo estrutural. A $g(X)$ estabelece a fronteira entre os domínios de falha Ω_f e não falha Ω_s . O Ω_f é formado por todos os pontos do espaço amostral de $X \in \mathfrak{R}^n$ que levam à falha da estrutura, enquanto Ω_s é o conjunto complementar ao Ω_f .

O problema fundamental da teoria de confiabilidade é a mensuração do valor da probabilidade de falha, que é calculada a partir da integração da função conjunta de densidade de probabilidade $f_X(x)$ no Ω_f . Devido à dificuldade da integração multidimensional, a mensuração do valor da P_f não pode ser determinada analiticamente, apenas para alguns casos individuais (MELCHERS & BECK, 2018). Neste sentido, duas abordagens surgiram: os métodos de simulação e os métodos de transformação.

Dentre os métodos de simulação, o amplamente utilizado é o *Monte Carlo Simulation* (MCS) e, dentre os de transformação, o mais empregado é o *First Order Reliability Method* (FORM). Neste estudo será apresentada uma solução analítica exata para calcular a P_f nos casos em que as variáveis aleatórias têm distribuição normal (ou lognormal) e equação de estado limite linear.

Problema fundamental de confiabilidade: equação de estado limite linear e variáveis aleatórias normais

$$M = R - S$$

O problema fundamental de confiabilidade, com equação de estado limite linear, pode ser resolvido por meio da variável margem de segurança (M), onde valores negativos de M correspondem à falha da estrutura, enquanto os positivos indicam segurança. Um valor nulo de M equivale à condição de estado limite. Na equação, R é a resistência e S é a solicitação. Se R e S são variáveis aleatórias normais não correlacionadas, os parâmetros de M são mensurados por:

$$\begin{aligned}\mu_M &= \mu_R - \mu_S \\ \sigma_M &= \sqrt{(\sigma_R)^2 + (\sigma_S)^2}\end{aligned}$$

onde μ_M , μ_R e μ_S são as médias das variáveis M , R e S , enquanto σ_M , σ_R e σ_S são os seus respectivos desvios padrões.

$$Y = \frac{M - \mu_M}{\sigma_M}$$

A variável M pode ser transformada em uma variável normal padrão Y (média nula e desvio padrão unitário), empregando a transformação de Hasofer & Lind, que permite avaliar analiticamente a P_f por meio da função de distribuição cumulativa normal padrão, $\Phi(\cdot)$, conforme ilustrado na figura 3.

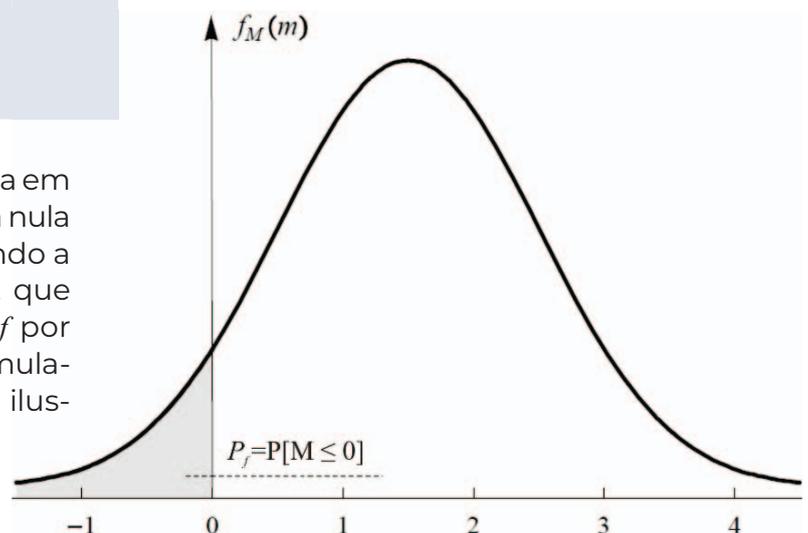


Figura 3 – P_f em função da margem de segurança. Fonte: Beck (2019).

Por consequência, tem-se:

$$P_f = P [M \leq 0] = P \left[Y \leq - \frac{\mu_M}{\sigma_M} \right] = \Phi \left(- \frac{\mu_M}{\sigma_M} \right) = \Phi (-\beta)$$

em que β é o índice de confiabilidade e uma medida geométrica da P_f , uma vez que corresponde à mínima distância entre a equação de estado limite e a origem do espaço normal padrão, em conformidade com a figura 4, sendo dado por:

$$\beta \equiv \frac{\mu_M}{\sigma_M} = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{(\sigma_R)^2 + (\sigma_S)^2}}$$

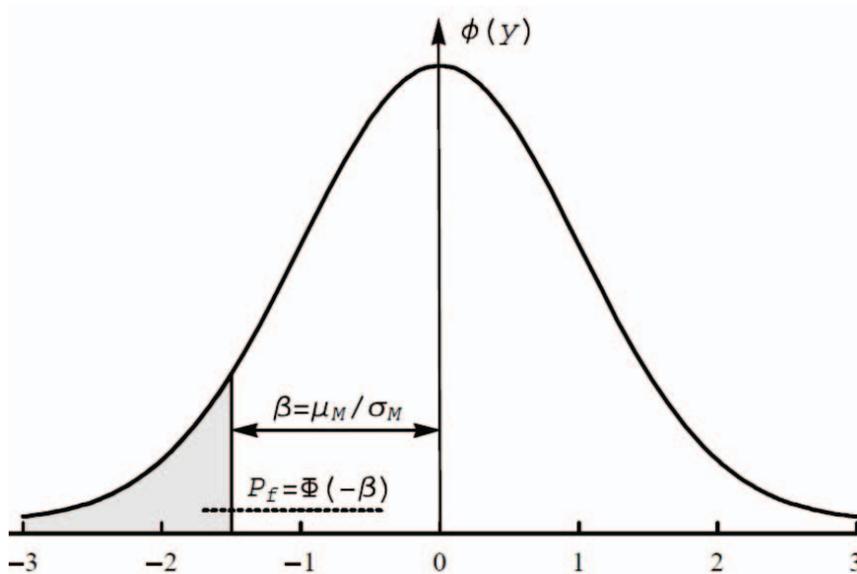


Figura 4 – P_f em termos da variável normal padrão Y . Fonte: Beck (2019).

A JCSS Probabilistic Model Code, norma internacional de análise probabilística do Joint Committee On Structural Safety, prescreve valores alvos para β , conforme apresentado na tabela 2, os quais os projetos de engenharia devem ser dimensionados para atingir, a fim de proporcionar a segurança estrutural.

Medida relativa do custo de segurança	Consequências leves de falha	Consequências moderadas de falha	Consequências graves de falha
Alto	3,10	3,30	3,70
Normal	3,70	4,20	4,40
Pequeno	4,20	4,40	4,70

Tabela 2 – Valores alvos para o β , relacionados a estados limites últimos.



De acordo com a JCSS (2001), as consequências leves de falha são aquelas em que o risco de morte é baixo, como, por exemplo, nas estruturas de silos, agrícolas, etc. Enquanto as consequências moderadas de falhas são aquelas em que o risco de morte é moderado, como em edifícios residenciais e comerciais. Já as consequências graves de falha são aquelas em que o risco de morte é alto, a exemplo de edifícios hospitalares, pontes etc.

Problema fundamental de confiabilidade: equação de estado limite linear e variáveis aleatórias lognormais

No caso de variáveis lognormais e equação de estado limite linear, uma solução analítica pode ser deduzida. Inicialmente, lembrando as propriedades da função logarítmica, escreve-se a equação de estado limite da seguinte forma:

$$Z = \frac{R}{S}$$

Tomando o logaritmo natural em ambos os lados da equação acima, obtém-se:

$$M = \ln(Z) = \ln(R) - \ln(S)$$

Como R e S têm distribuição lognormal, $\ln(R)$ e $\ln(S)$ têm distribuição normal e, por consequência, M também tem distribuição normal. Os parâmetros da distribuição lognormal (λ , ξ) são calculados pelas equações:

$$\xi = \sqrt{\ln \left[1 + \left(\frac{\sigma}{\mu} \right)^2 \right]}$$

$$\lambda = \ln(\mu) - 0,5 \cdot \xi^2$$

onde, μ e σ são, respectivamente, a média e o desvio padrão da variável aleatória.

Consequentemente, a equação para variáveis lognormais fica reescrita pela seguinte equação:

$$\beta \equiv \frac{\mu_M}{\sigma_M} = \frac{\lambda_R - \lambda_S}{\sqrt{(\xi_R)^2 + (\xi_S)^2}}$$

APLICAÇÃO: BARRA METÁLICA SUBMETIDA À TRAÇÃO

Elementos metálicos sujeitos à tração são encontrados em barras de treliças, pendurais, barras de contraventamento, tirantes etc. Como o esforço de tração não gera instabilidade nesses elementos, o modo de falha atuante é o escoamento da seção transversal.

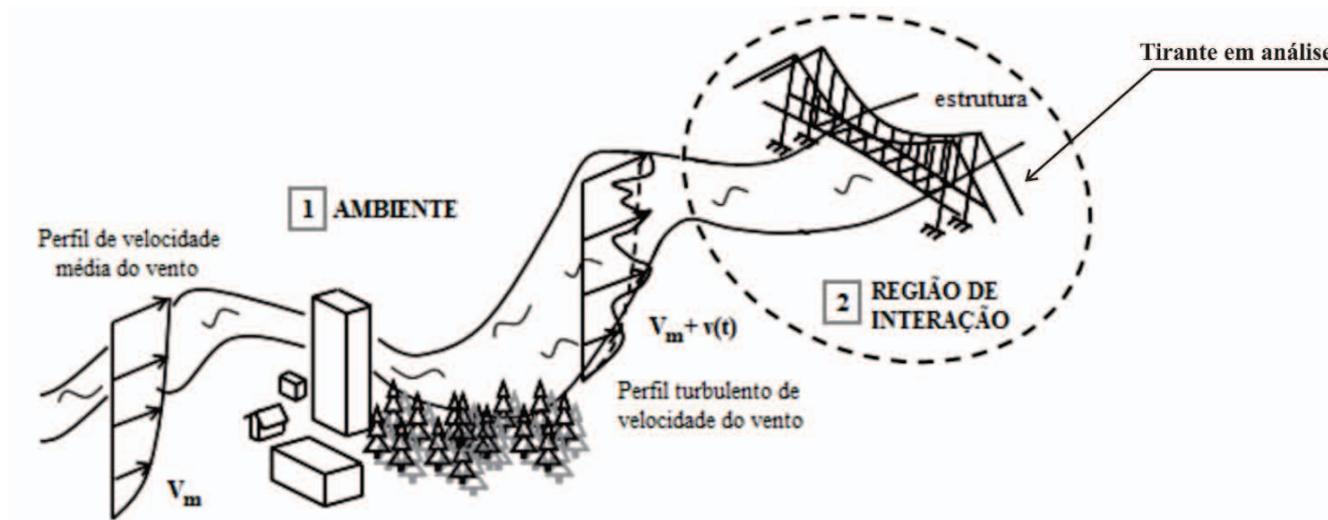


Figura 5 – Fluxo do vento e regiões com forte presença de incertezas. Fonte: Petrini (2009).



Figura 6 – Distribuição de tensão em barra tracionada.

A figura 5 ilustra uma ponte submetida a uma rajada de vento turbulento, a qual gera um esforço normal de tração no tirante em análise. Enquanto a figura 6 apresenta um desenho esquemático da distribuição de tensão no tirante. O tirante é formado por uma cantoneira simples de abas iguais (L 76 x 8mm) de aço ASTM A36 submetido a uma força normal (N) igual a 200 kN. A cantoneira tem área de seção transversal (A) igual a 11,48 cm². Esse esforço gera uma tensão normal ($\tau = N/A$) igual a 17,42 kN/cm². O modo de falha de escoamento da seção transversal é escrito pela seguinte equação de estado limite:

$$g(f_y, \sigma) = f_y - \tau$$

onde f_y é a tensão de escoamento do material e τ é a tensão atuante na seção transversal da barra.

A tabela 3 apresenta as estatísticas das variáveis aleatórias dessa equação e a tabela 4 resume os valores dos parâmetros dessas variáveis.

Variável	μ	cov	PDF	Referência
f_y	f_y	0,07	Lognormal	JCSS (2001)
τ	1,05 τ	0,10	Lognormal	Ellingwood et al. (1980)

Tabela 3 – Estatísticas das variáveis aleatórias.

Notas: (i) μ é a média; (ii) cov é o coeficiente de variação; e (iii) PDF é a função densidade de probabilidade.



Variável	μ (kN/cm ²)	σ (kN/cm ²)	ξ	λ
f_y	25,00	1,750	0,0699	3,2164
τ	18,29	1,829	0,0998	2,9014

Tabela 4 – Parâmetros das variáveis aleatórias lognormais - cantoneira L 76 x 8 mm.

Empregando a equação para variáveis lognormais, o índice de confiabilidade e a probabilidade de falha resultam em:

$$\beta = \frac{\lambda_R - \lambda_S}{\sqrt{(\xi_R)^2 + (\xi_S)^2}} = \frac{3,2164 - 2,9014}{\sqrt{0,0699^2 + 0,0998^2}} = 2,59$$

$$P_f = \Phi(-\beta) = \Phi(-2,59) = 0,0485 = 0,485\%.$$

Verifica-se que o valor de β não atende os valores alvos apresentados na tabela 2, implicando em uma probabilidade alta de ocorrência de escoamento da seção transversal da cantoneira L 76 x 8 mm. Neste caso, deve-se utilizar uma cantoneira com outras características geométricas, como, por exemplo, uma cantoneira L 76 x 9,5 mm, que resultaria nos parâmetros da tabela 5.

Variável	μ (kN/cm ²)	σ (kN/cm ²)	ξ	λ
f_y	25,00	1,750	0,0699	3,2164
τ	15,43	1,540	0,0998	2,7313

Tabela 5 – Parâmetros das variáveis aleatórias lognormais - cantoneira L 76 x 9,5 mm.

$$\beta = \frac{\lambda_R - \lambda_S}{\sqrt{(\xi_R)^2 + (\xi_S)^2}} = \frac{3,2164 - 2,7313}{\sqrt{0,0699^2 + 0,0998^2}} = 3,98$$

$$P_f = \Phi(-\beta) = \Phi(-3,98) = 0,00003 = 0,00341\%.$$

Nota-se que a segurança está garantida utilizando a cantoneira L 76 x 9,5 mm, uma vez que o β é maior que o valor mínimo prescrito pela norma do JCSS.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deve ficar claro ao leitor que este exemplo é uma análise simplista, com o objetivo de apresentar a metodologia da confiabilidade estrutural. Para uma análise mais refinada, faz-se necessário incluir o regime de encruamento do material (hardening), isto é, o ganho de resistência do material com o aumento da superfície de plastificação. Neste caso, deve-se escrever a equação de modo de falha de escoamento da seção transversal em função da deformação plástica, implicando em uma equação de estado limite não linear e, por consequência, na utilização dos métodos de transformação ou da Monte Carlo Simulation ou ambos, os quais não foram aqui deduzidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BECK, A. T. Confiabilidade e segurança das estruturas. Rio de Janeiro: Elsevier Campus, 2019.
2. ELLINGWOOD, B. et al. Development of a Probability Based Load Criteria for American National Standard A58: Building code requirements for minimum design loads in buildings and other structures. Cambridge, MA: National Bureau of Standards, 1980. 228 p.
3. JOINT COMMITTEE ON STRUCTURAL SAFETY. JCSS Probabilistic model code. Denmark, 2001. 179 p.
4. MELCHERS, R. E.; BECK, A. T. Structural reliability analysis and prediction. New Jersey: John Wiley & Sons, 2018.
5. PETRINI, F. A probabilistic approach to Performance-Based Wind Engineering (PBWE). Tese (Doutorado de pesquisa) — Università degli Studi di Roma - La Sapienza, Rome, Italy, 2009.

Autor

1T (EN) Túlio Raunyr Cândido Felipe

Engenheiro Civil formado pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre, Doutor e Ph.D na Escola de Engenharia de São Carlos da USP em Engenharia de Estruturas.

OBRA DE REFORÇO DAS FUNDAÇÕES DO PÍER DO ESPAÇO CULTURAL DA MARINHA



Docas da Alfândega e Mercado do Peixe, em segundo plano; ao fundo, à direita, morro do Castelo e, à esquerda, ilha de Villegaignon. Fonte: Brasileira Fotográfica, autor Marc Ferrez (1843-1923)

A divulgação do patrimônio histórico e cultural da Marinha contribui para a conservação de sua memória e para o desenvolvimento da consciência marítima brasileira. Situado na Orla Conde, no Centro da cidade do Rio de Janeiro, o Espaço Cultural da Marinha (ECM) abriga parte importante do acervo da Marinha do Brasil (MB) e da história da navegação, e está inserido em um circuito cultural por sua localização e importância histórica na missão de divulgação das práticas marinheiras.

O Museu do ECM esteve fechado, em virtude das condições estruturais do píer sobre o qual

foi erguido, que é uma estrutura construída na segunda metade do século XIX, quando era formalmente conhecido como “Cais da Doca d’Alfândega”. Para solucionar os problemas de recalque apresentados, inicialmente em metade do píer, foi concluída, no ano de 2007, uma obra de reforço das fundações afetadas e, quando os mesmos problemas surgiram no restante da estrutura, uma nova intervenção foi necessária, tendo a respectiva obra sido fiscalizada tecnicamente pela Diretoria de Obras Civas da Marinha (DOCM), com conclusão em janeiro de 2021.





Vista aérea do píer do Espaço Cultural da Marinha.

ESTRUTURA DO PÍER DO ECM

O píer possui, aproximadamente, 300 m de comprimento por 17,5 m de largura. Sua estrutura é constituída de duas linhas de 24 pilares em blocos de granito, sobrepostos em estrados de madeira, sustentados por estacas de madeira cravadas no solo, e a superestrutura é amarrada com arcos transversais e longitudinais, sobre os quais foram contruídas lajes que formam o piso.

Problemas estruturais durante a construção causaram um colapso parcial da estrutura, fazendo com que o píer tivesse dois sistemas estruturais distintos: o primeiro, desde o Pilar 1 até o Pilar 8 (aproximadamente 90 m), com os arcos abertos de forma que o mar fluísse

sob eles; e o segundo, entre o Pilar 8 e o Pilar 24 (da sua extremidade com o continente até uma distância de 210 m), tendo sido construídos paramentos transversais e longitudinais ao píer, formando câmaras fechadas que foram aterradas.

Ao longo do tempo, e em função dos distintos sistemas estruturais adotados, a interface entre os dois sistemas sofreu recalques diferenciais, levando a deformações excessivas na estrutura do píer e causando danos na edificação sobre ele. Quando o segundo trecho começou a apresentar problemas de recalque, foi elaborado o projeto básico baseado na solução técnica adotada anteriormente.

Modelagem tridimensional do píer em estudo, vista do mar para o continente.



INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA PRELIMINAR

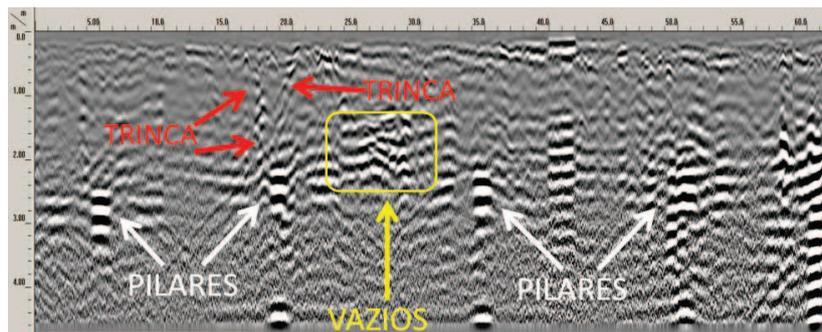
Em função das peculiaridades da estrutura do píer, utilizou-se levantamento Geofísico, com Georadar (GPR) e Pipe Locator, mapeando as estruturas e interferências subterrâneas presentes no cais, como a existência de tubulações, galerias de água, esgoto, elétrica (média e baixa tensão), vazios, nível d'água e estruturas existentes.

O método georadar baseia-se na medição das reflexões de um pulso eletromagnético direcionado para o subsolo, e o método pipe locator, empregado como método complementar ao georadar, utiliza a captação de campos eletromagnéticos para a detecção de interferências presentes no subsolo.

Essa investigação permitiu a identificação de trincas e vazios na estrutura e localização de dutos elétricos. Após os resultados apresentados no relatório Geofísico, foram realizados novos furos de sondagem, para determinar a altura e declividade das estruturas transversais do cais, confrontando com o perfil transversal típico do píer encontrado em relatos históricos.



Execução de levantamento geofísico com Georadar (GPR). Fonte: ScanGEO



Perfil de resultados típico com GPR para o píer. Fonte: ScanGEO

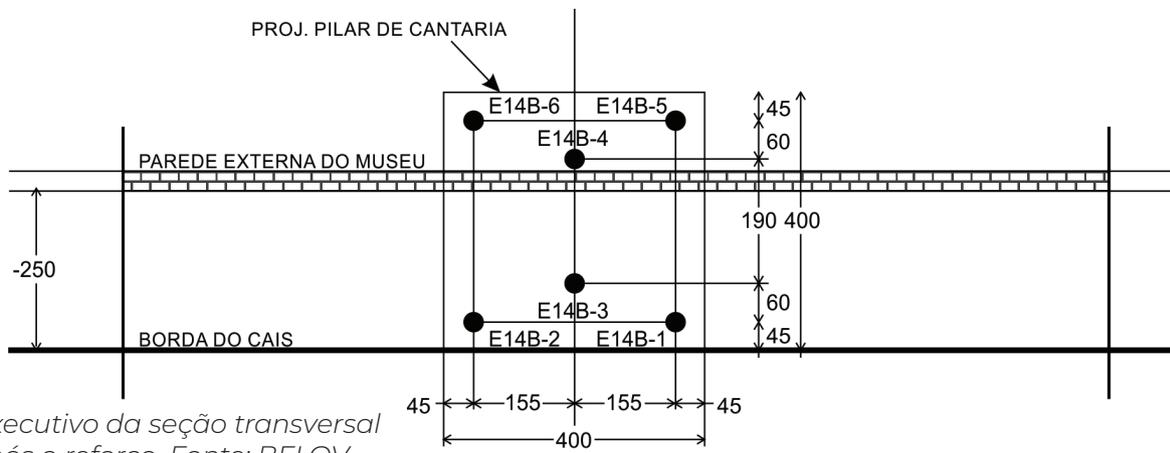
SOLUÇÃO TÉCNICA DO PROJETO BÁSICO

Dentre as diversas metodologias de fundações profundas, optou-se pela execução de estacas raiz, no trecho entre a laje de piso do píer até o limite inferior das pedras de cantaria, e estaca metálica, cravada no trecho abaixo desta seção até atingir a nega de projeto. Além disso, foi previsto utilizar seis estacas por pilar da estrutura, transferindo toda a carga vertical para a região com adequada capacidade de suporte.

Para o trecho em solo, abaixo do limite inferior do pilar de cantaria, foram utilizadas

estacas de aço tubulares, tipo VMB-350 COR, de dimensões idênticas ao revestimento metálico da estaca-raiz que perfurou o granito, garantindo a compatibilidade dimensional no lançamento do material de reforço, além de facilitar a garantia da verticalidade das estacas e a aderência do novo material à estrutura antiga.

A solução proposta pelo Projeto Básico foi a mesma solução executada na etapa anterior do reforço, sendo três estacas calculadas para resistir apenas aos esforços do novo pavimento de concreto e três estacas para reforço da estrutura existente.



Detalhe executivo da seção transversal do pilar após o reforço. Fonte: BELOV

**A****B**

PROCEDIMENTO EXECUTIVO DAS ESTACAS

A metodologia e a logística para a perfuração e cravação das estacas variaram de acordo com a localização de cada pilar e de cada estaca, influenciando no tipo de equipamento de perfuração em solo, madeira ou pedra, e também no posicionamento do mesmo, devido a limitações de mobilidade pela presença da edificação.

O procedimento padrão para a execução de cada estaca foi realizar a perfuração da camada de pedra e/ou solo do pilar, variando de 8,00 m a 11,00 m de comprimento; inserir o tubo interno, realizando a conexão de elementos metálicos por solda contínua em toda a seção; e iniciar a cravação da estaca com martelo de 2 toneladas (peso mínimo), com capacete adequado e cepo de madeira protegendo o topo da estaca.

O comprimento projetado das estacas foi baseado nas sondagens, podendo-se interromper a sua cravação apenas ao ser atingido o critério de parada, ou seja, alcançando a rocha de natureza granítica identificada nas sondagens ou atingindo a nega de cravação de 3 mm. Ao ser atingida a nega especificada, realizou-se a limpeza do interior da estaca metálica e injetou-se argamassa de preenchimento.

As recomendações da norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6122/2020 – Projeto e execução de fundações, referentes à execução e controle de estacas raiz e metálicas, foram obedecidas. Os dados referentes à execução, como controle de cravação no trecho abaixo do atual píer, negas obtidas, comprimento cravado, cota de arrasamento e excentricidade, dentre outros, foram anotados em planilha de controle, individual para cada estaca, e enviados para o projetista imediatamente após a sua execução.

Execução de perfurações no maciço do píer (cantaria) na parte interna do prédio (A) e na área externa (B).

DIFICULDADES NA EXECUÇÃO DAS ESTACAS

Ao longo da realização efetiva dos serviços, foram encontradas algumas dificuldades, que variaram, predominantemente, devido à proximidade da edificação do museu (interferência com as paredes e cobertura da edificação) e da posição da estaca em relação ao mar (estacas externas ou internas do píer). Tais dificuldades eram, usualmente, observadas no início da execução de cada nova frente de obra.

As estacas externas são aquelas que compõem o conjunto de três estacas situadas mais próximas à face do píer em contato com o mar, em ambos os seus bordos. As estacas internas, por sua vez, formam o conjunto de três estacas restantes, espaçadas, aproximadamente, 2 m das estacas externas.

Plataformas Suspensas

Em função da proximidade dos furos com a face externa dos pilares do píer, não era possível o posicionamento adequado do equipamento de perfuração das estacas externas, tendo sido utilizadas plataformas metálicas suspensas, fixadas na edificação existente, para o posicionamento adequado das sondas durante a perfuração dos dois furos mais próximos à interface do pilar com o mar.

Balsa

A altura da cobertura da edificação do museu foi um fator limitante para a compatibilização do equipamento de cravação das estacas, pois não era possível a retirada das tesouras de cobertura da edificação, que garantiam a estabilidade das paredes de alvenaria. Um bate-estacas de menor porte foi disponibilizado no canteiro, porém, não possuía mobilidade adequada para a cravação, nem energia de cravação suficiente para a obtenção da nega das estacas.



Realização de perfuração com equipamento apoiado em plataforma suspensa.



Balsa apoiando na realização de cravações.



Balsa mobilizada no canteiro.

Assim, foi mobilizada uma balsa para apoiar o equipamento de cravação das estacas internas, sob a projeção da cobertura da edificação existente, com um martelo de 2 toneladas. Após a conclusão deste serviço, a balsa também foi utilizada para a cravação das estacas próximas à interface do píer com a terra, contribuindo para o aumento de produtividade.

Variabilidade do substrato

Durante a execução das estacas externas, a sonda de perfuração identificou, essencialmente, três substratos: rocha granítica, com veios de concreto; estrado de madeira; e solo compactado (conforme previsão do Projeto Executivo). No entanto, na execução das estacas internas, após o contrapiso da edificação do museu, havia uma camada de 2 a 4 m de solo desagregado, existente imediatamente acima da projeção do pilar de cantaria. A descoberta dessa nova camada de solo alterou o processo executivo previsto, sendo necessária a mobilização de escavadeiras para a abertura de valas e, nos trechos mais profundos, de encamisamento das perfurações até o topo da cantaria em granito.

Falsa nega e processo de limpeza

A cravação de estacas pode ser considerada concluída quando, por critérios geotécnicos bem definidos, a capacidade de carga do elemento estrutural é maior que a solicitação exigida de projeto. Tais critérios são definidos em Projeto Executivo e consistem em atingir determinada profundidade mínima ou índices de cravação que comprovem a capacidade de carga, como a nega da estaca.

Na etapa de cravações, a empresa contratada para a execução da obra encontrou solo mais resistente do que o previsto inicialmente, obtendo nega da estaca em profundidades médias de 35 m, consideravelmente inferior ao comprimento estimado em projeto, de 60 m. Devido a essa discrepância, houve a execução de sondagens de reconhecimento nos furos e mobilização de um equipamento de cravação com martelo de 3,3 toneladas (maior do que o previsto e utilizado até aquele momento, de 2 toneladas).

A conclusão obtida dos estudos foi que, devido ao formato circular vazado da estaca, parte do solo cravado acabava mobilizado por atrito dentro da estaca, aumentando



Realização de limpeza por circulação de água na extremidade de cravação da estaca, permitindo a ultrapassagem da cota de falsa nega.

virtualmente a resistência de ponta da cravação, sem aumentar a capacidade de carga real da estaca, num efeito conhecido como “embuchamento”. Assim, durante a cravação, ao ser atingido o resultado inicial impenetrável, com nega de 3 mm, era realizada a limpeza por circulação de água, ou “desembuchamento”, permitindo a continuidade da cravação, ultrapassando a falsa nega, até o atingimento de uma camada mais profunda e com a capacidade necessária.

Concretagem

Todas as estacas foram injetadas internamente até a cota de topo do píer, com argamassa de $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ ($2,5 \text{ kN/cm}^2$), com controle tecnológico normativo e pressão mínima de injeção de $2,0 \text{ kg/cm}^2$.

Para o trecho da estaca raiz nas estacas externas, além da argamassa no interior da estaca, também houve a injeção de calda de cimento no trecho entre a cantaria dos pilares e a face externa da estaca, a fim de garantir a aderência entre as estruturas. Porém, devido à interface entre a cantaria e a madeira e a existência de descontinuidades pontuais na matriz



Execução de concretagem com argamassa na parte interna de estaca.

da cantaria, além da necessidade de lançamento pressurizado, foram registradas grandes perdas de material durante a execução, interrompida apenas com o preenchimento e cura da calda em todos os vazios existentes.

A definição do traço e das adições necessárias à calda de cimento foi realizada durante a fase de execução da obra, tendo como base a geometria obtida localmente, após a conclusão das perfurações e cravações, a fluidez necessária para o lançamento e a resistência à tração da matriz de cimento que fornecesse aderência adequada entre o aço da estaca e a cantaria. O comprimento necessário para a transferência eficaz dos esforços foi definido no Projeto Executivo, de forma semelhante ao cálculo de aderência de uma barra de aço em um pilar de concreto armado convencional.

Para as estacas internas, devido ao diferente substrato observado, não foi realizada a injeção externa de calda de cimento.

CONTROLE GEOTÉCNICO E TECNOLÓGICO DA EXECUÇÃO

Devido à complexidade técnica dos serviços executados, a aplicação de controle tecnológico, executado conforme diversas normas técnicas reguladoras, foi necessária para a

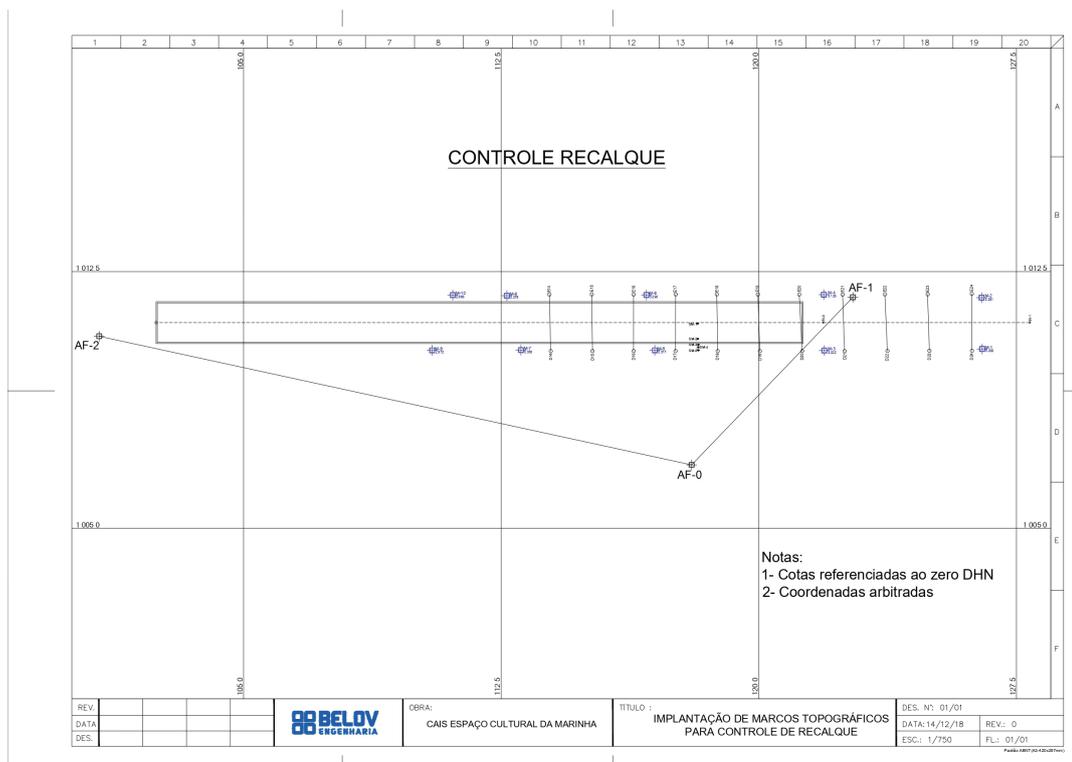
garantia da boa execução da obra e o bom funcionamento em serviço dos elementos estruturais construídos.

Controle de recalques da estrutura existente

A motivação principal para a realização das obras de reforço no píer em lide foi a promoção da interrupção do processo de recalques, que vinha sendo, claramente, observada através de danos na edificação assentada sobre ele. Soma-se a isto o histórico de colapso existente na estrutura, quando de sua construção, que reflete-se no aspecto visual do píer e aumenta o grau de preocupação técnica durante a sua utilização.

Em 2013, foi realizado um estudo detalhado das condições do píer, após a conclusão da primeira etapa de reforço, que atestou grande parcela do recalque ocorrendo por fuga de partículas do aterro sob a laje, devido aos ciclos de marés. Apesar dessa conclusão e devido à existência constante de vibrações e de cargas elevadas sobre a estrutura durante a obra de reforço, foi considerada fundamental a realização de acompanhamento topográfico das cotas de dez pontos representativos do píer.

O controle de recalques buscou identificar



Locação dos pontos de controle do píer e pontos georreferenciados para medição. Fonte: BELOV

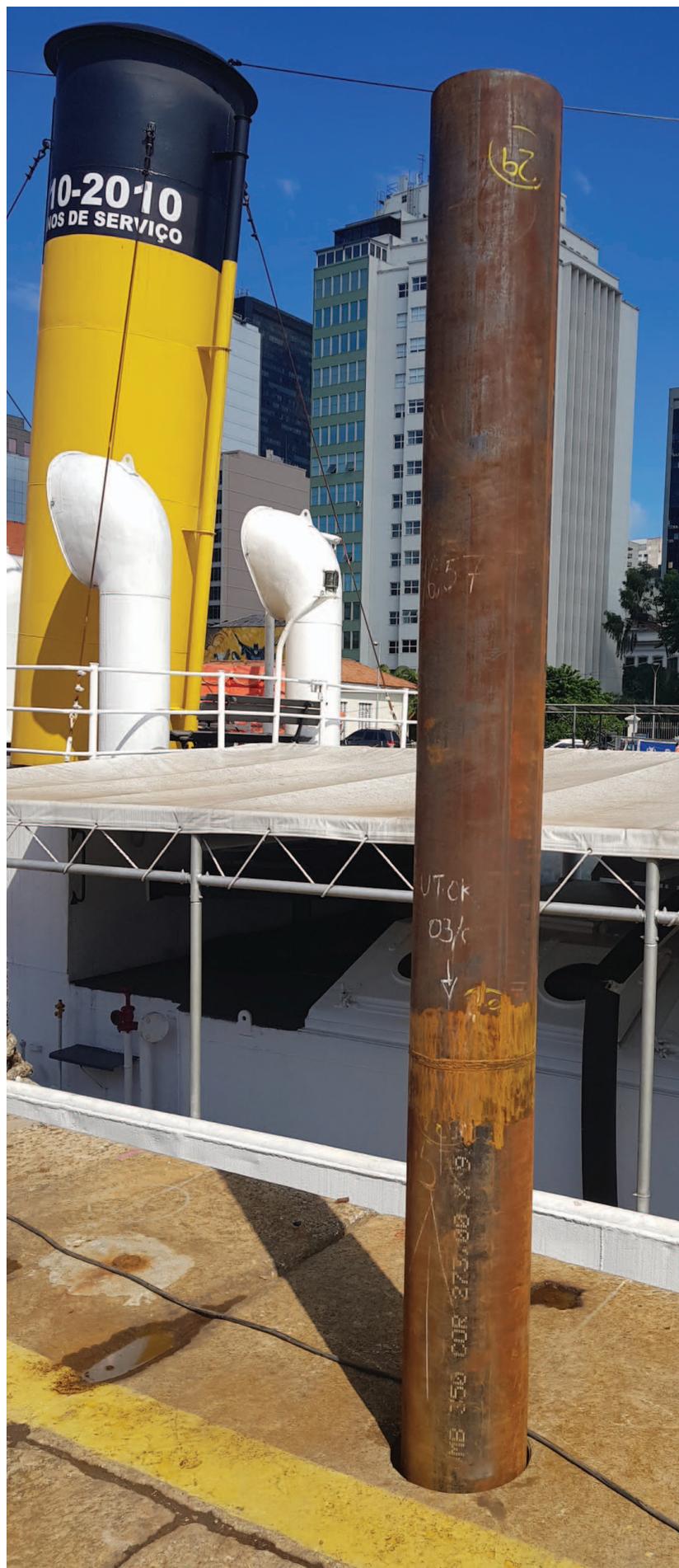
movimentações anormais da estrutura portuária durante a obra, que pudessem sinalizar risco aos usuários. Através desse controle, realizado semanalmente, foram observadas variações de cotas totais de, no máximo, 10 mm ao longo de toda a execução da obra, mesmo em períodos críticos de execução de perfurações e de cravações.

Embora a estrutura esteja reforçada e considerando a variabilidade constante das marés na Baía de Guanabara, é recomendada a continuidade da realização de controle de recalques da estrutura, de maneira a atestar a estabilidade proporcionada pelas obras de reforço e conferir a estanqueidade dada aos aterros do píer, pelo reforço das cortinas realizado concomitantemente à execução das estacas.

Controle de execução de soldas

As estacas metálicas, depois de cravadas nos furos, chegaram a comprimentos que variaram de 28 a 42 m. Uma vez que os tubos metálicos são comercialmente fornecidos em comprimentos de 8 a 12 m, foi necessária a realização de soldas ao longo da extensão da estaca. Porém, a seção da junta soldada representa um trecho de fragilidade na estaca, o qual foi altamente solicitado por esforços compressivos e de alta energia durante o processo de cravação.

Assim, foram realizados controles de soldagem em todos os perfis cravados. Todas as soldas executadas na obra foram realizadas na presença de um inspetor de soldagem, devidamente habilitado. Cada solda realizada possui um relatório de inspeção visual, que atesta as condições da junta, antes (pre welding) e depois da soldagem (post welding), totalizando 767 juntas de soldagem. Destas, 76 (10%) foram inspecionadas utilizando equipamentos de ultrassom, de maneira a atestar a integridade das soldas executadas através de pequenos carregamentos dinâmicos (impulsos mecânicos).



Detalhe do aspecto final de uma junta de solda executada nas estacas metálicas.

Cravação e teste de carga das estacas

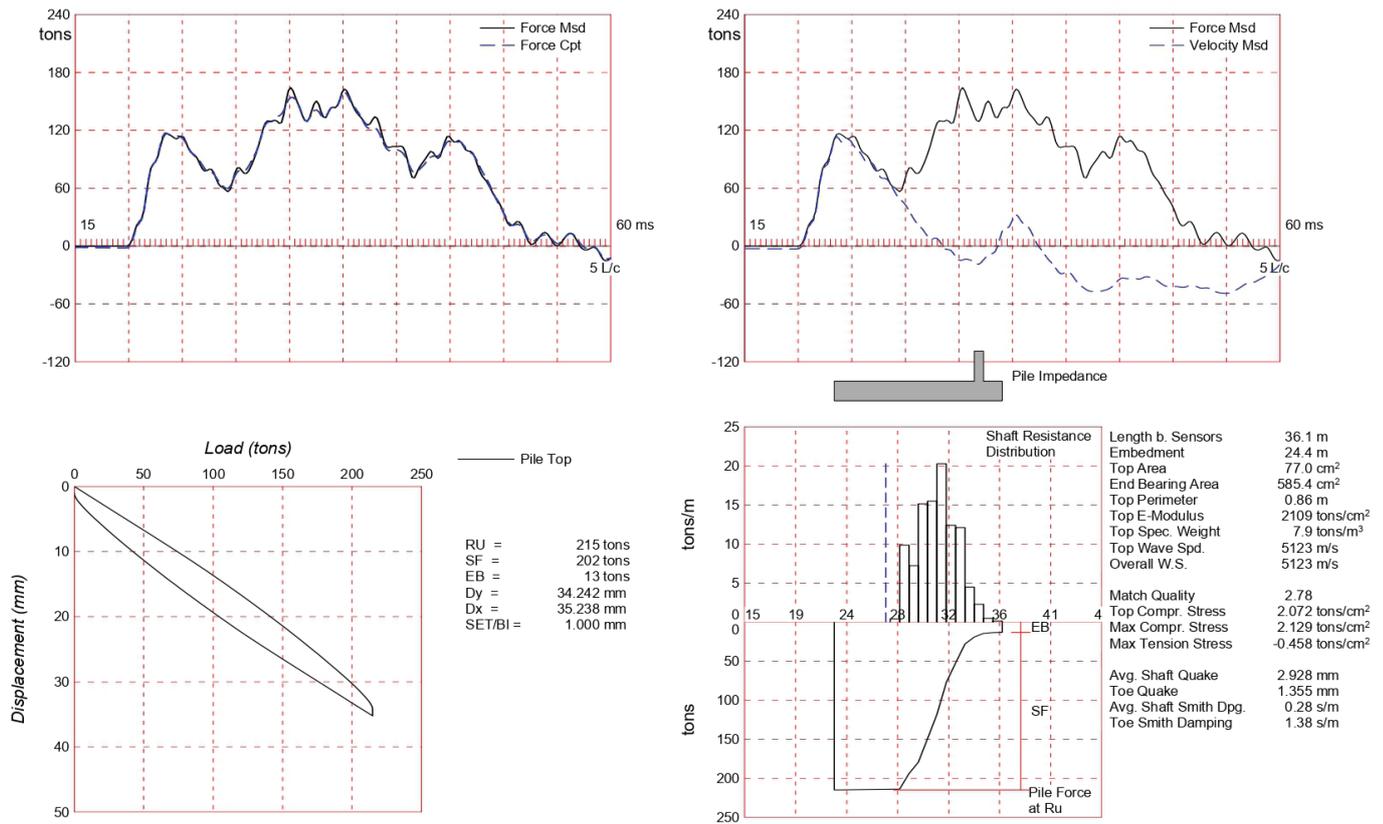
A cravação das estacas e o processo de “desembuchamento”, citado anteriormente, foram controlados a partir de documentos denominados “Boletins de Cravação”, individuais para cada estaca e indicando possíveis fragilidades, como inclinação com a vertical e excentricidade com relação ao Projeto Executivo, além da quantidade de juntas de solda.

A resistência das estacas foi atestada através de provas de carga, em quantidade definida conforme critérios normativos e variabilidade de solo existente no local.

Das 144 estacas cravadas, foram realizados onze ensaios dinâmicos do tipo “CAPWAP”, que forneciam a capacidade de carga (por atrito lateral e por resistência de ponta), com base nos sinais obtidos após a aplicação de golpes mecânicos na estaca, através de sensores localizados em seu comprimento. Adicionalmente, foi realizado um ensaio de carga estática, de carregamento tipo “lento”, obtendo uma curva do tipo “carga (tf) x deslocamento (mm)” que, através de extrapolações teóricas, fornece a capacidade de carga total do elemento cravado.

Belov Engenharia - Museu da Marinha ; Pile: E18B-3; Tubular metálica - Rec 5 dias; Blow: 5 (Test: 28-May-2020 12:23:)
PDI Engenharia

02-Jun-2020
CAPWAP(R) 2014-3



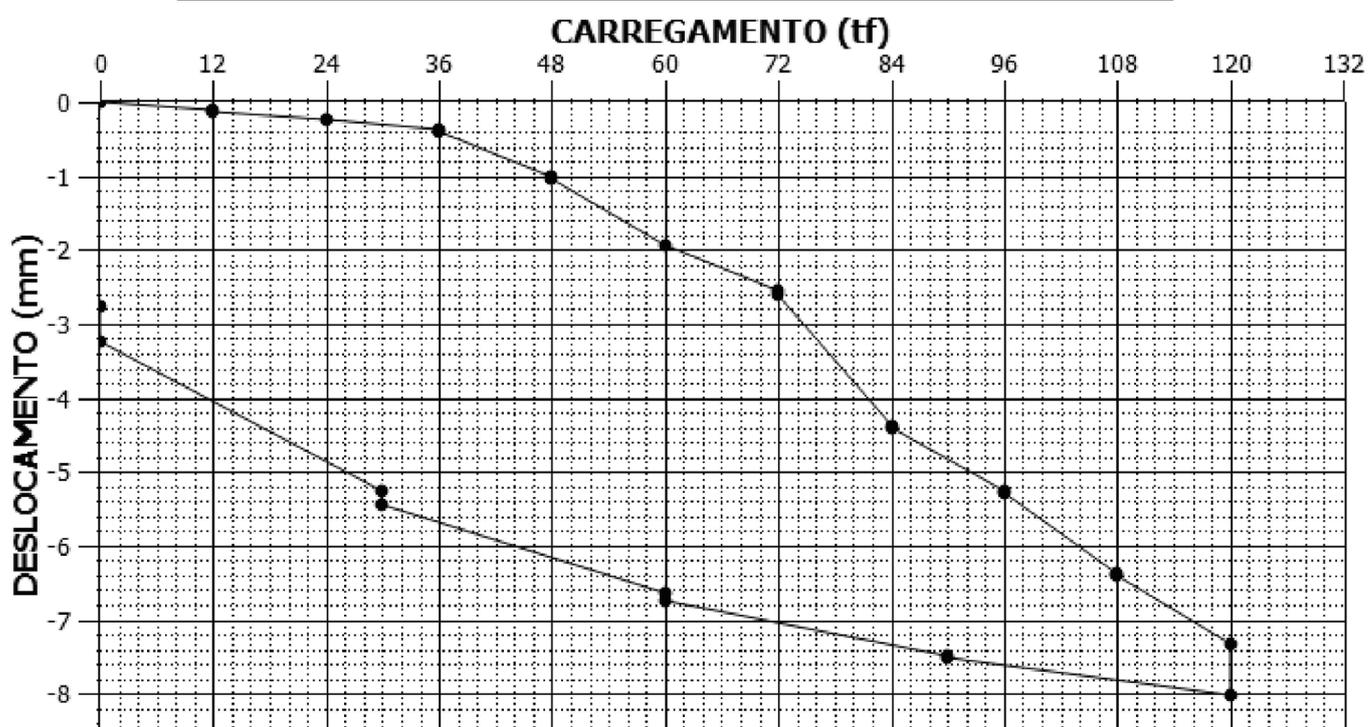
CAPWAP(R) 2014-3 Licensed to PDI Engenharia

Resultado do processamento dos sinais do ensaio CAPWAP em uma das estacas metálicas cravadas.
Fonte: PDI Engenharia



Atuador hidráulico e estrutura de reação para realização da prova de carga estática.

CURVA CARREGAMENTO x DESLOCAMENTO



Curva carga-deslocamento resultante da prova de carga estática.



Estudo Preliminar de Arquitetura vencedor para o novo Museu Marítimo do Brasil. Fonte: messina | rivas e Ben-Avid Studio

Vista aérea

CONCLUSÃO

Além do reforço dos pilares com estacas cravadas, a obra de reforço do píer do ECM abrangeu a reforma dos arcos submersos que formam o paramento do píer (recuperação da estanqueidade com uso de cortinas de concreto) e a construção de piso autoportante de concreto no trecho reforçado (acréscimo da capacidade de carga do píer sem acréscimo de esforços na estrutura antiga), assuntos não abordados neste artigo. Com as obras realizadas, o píer pôde ser colocado à disposição do Patrimônio Histórico da MB para, com segurança aos usuários, manter as exposições no ECM.

Ao realizar a manutenção de estrutura tão particular e histórica para a cidade do Rio de Janeiro, a MB contribui para a preservação do

patrimônio arquitetônico e cultural brasileiro e possibilita o planejamento de novos marcos arquitetônicos para o local, encontrando-se em andamento os estudos para a construção do futuro Museu Marítimo do Brasil (MuMa) no píer do ECM.

Após a promoção de um concurso, realizado por parceria da MB com o Instituto de Arquitetos do Brasil – RJ, para o recebimento de propostas arquitetônicas para o novo museu, o escritório de projetos vencedor encontra-se elaborando o Estudo Preliminar de Arquitetura. Em função da experiência adquirida nas obras de reforço do píer e da larga experiência de seu corpo técnico, a DOCM atuará como coautora do projeto do MuMa.

Autores

CT (EN) Analucia Meyrelles Monteiro Piovezan

Engenheira Civil formada pela Universidade Federal do Espírito Santo-UFES. Pós-Graduada em Engenharia do Meio Ambiente (UFES). Mestrada em Engenharia de Transportes pelo Instituto Militar de Engenharia (IME).

IT (EN) Franklin Marim Amate Toledo

Engenheiro Civil formado pela Universidade de São Paulo (USP). Mestrando em Engenharia de Estruturas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).



OBRAS E PROJETOS DESENVOLVIDOS PELA DOCM NO BIÊNIO 2021-2022



Embora o biênio 2021-2022 tenha sido caracterizado pela imposição de grandes desafios para a elaboração de projetos pela DOCM, em decorrência da necessidade de adequação das rotinas de funcionamento frente à pandemia do novo Coronavírus, há que se ressaltar algumas conquistas marcantes no período, no campo dos projetos de obras civis da Marinha do Brasil.

Uma das principais foi o pleno atendimento da meta estabelecida pelo Decreto Presidencial nº 10.306, de 02 de abril de 2020, que visa a consecução da 1ª fase de implantação do *Building Information Modelling* (BIM) nas obras públicas, qual seja, a utilização no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM.

Desde 2020, investimentos em capacitação na DOCM resultaram na evolução do domínio da utilização das ferramentas BIM pelo corpo técnico, elevando de 50% para quase 100% do efetivo técnico com curso concluído em desenvolvimento de projetos utilizando as referidas ferramentas. Cabe ressaltar que o processo continuado de treinamentos e capacitação deverá, a longo prazo, abranger todo o efetivo de engenheiros civis e arquitetos da Marinha, bem como os diversos níveis de conhecimento e maturação.

Outra evolução observada no processo foi a solidificação dos conceitos necessários para a obtenção de Estudos Técnicos Preliminares com maior detalhamento, capazes de comprovar a viabilidade técnica, econômica e ambiental do empreendimento. É fundamental para o sucesso nas fases subsequentes do desenvolvimento do projeto que sejam observadas as condições impostas pelas diversas variáveis e condicionantes, tais como a localidade, as características



Figura 1 - Planta baixa do setor de fisioterapia do HCM.



do terreno e as decorrentes da logística para obtenção e disponibilidade dos materiais, assim como os requisitos urbanísticos, exigindo a customização da solução, o que torna cada projeto único e desenvolvido sob medida para cada situação.

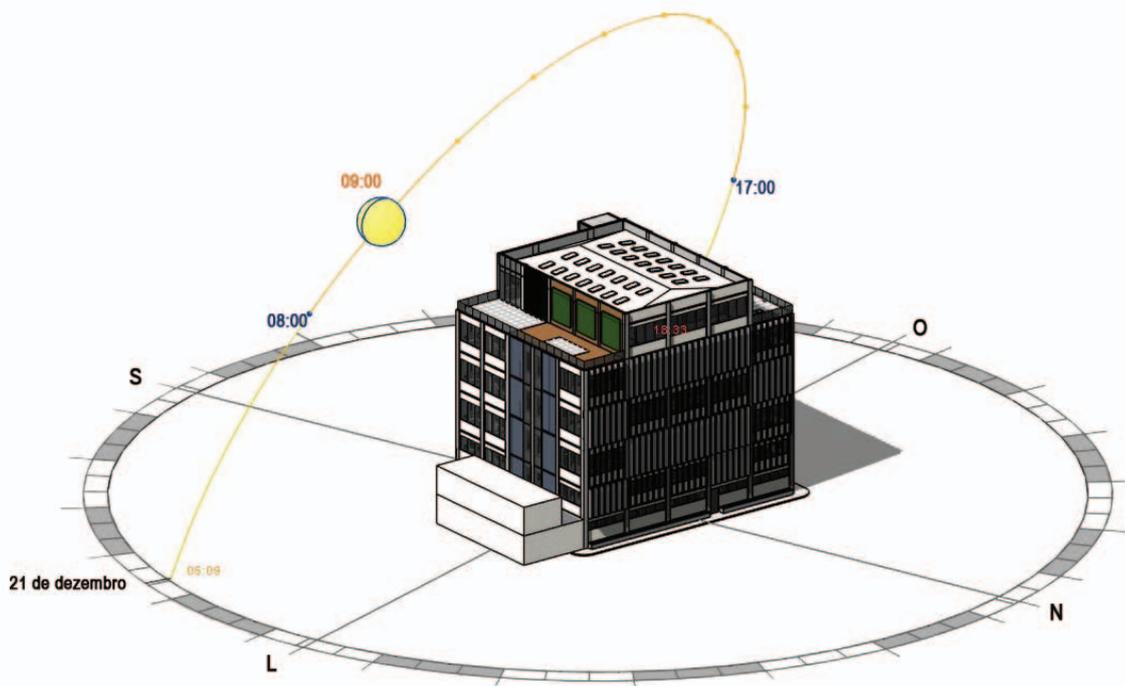


Figura 2 - Análise da orientação solar em edifício do CNIC.

Foram desenvolvidos pela DOCM, no biênio 2021-2022, mais de quarenta projetos de engenharia de médio e grande vulto, incluindo projetos de Segurança Contra Incêndio, atendendo a diversas Organizações Militares de todos os setores da MB; desde a implantação de novas OM, como o Centro de Intendência da Marinha em Parada de Lucas (CeIMPL); de *retrofit* de edificações; de contenção e estabilidade de encostas; de infraestrutura portuária; de modernização de instalações hospitalares e de sistemas prediais, como elevadores, climatização, infraestrutura elétrica e de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), canalizações preventivas, de estações de tratamento de água e de esgoto; e de instalações para o treinamento físico-militar, como a modernização do Parque Aquático da Escola Naval, visando atender aos requisitos internacionais de desportos aquáticos.

Atualmente, 55 projetos encontram-se em elaboração, abrangendo diversos vultos e especialidades, enquanto outros 34 já estão programados para início em 2023, dentre os quais destacam-se os projetos de revitalização das instalações elétrica e mecânica do Edifício Almirante Tamandaré (EdAT); da 3ª fase de reforma do Edifício nº 17A, sede da Base Naval da Ilha das Cobras (BNIC); do Hospital Naval de Niterói (HNN); das novas instalações do Batalhão de Defesa



Nuclear, Biológica, Química e Radiológica de ARAMAR (BtIDefNBQR-ARAMAR); de construção do novo hangar do EsqdHU-2, dos novos hangaretes e do pátio de lavagem da Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia (BAENSPA); de construção de paióis de munição nos Comandos do 2º, 4º e 9º Distritos Navais; de *Retrofit* do Edifício nº 25; e de modernização da cozinha do Complexo Naval da Ilha das Cobras (CNIC).

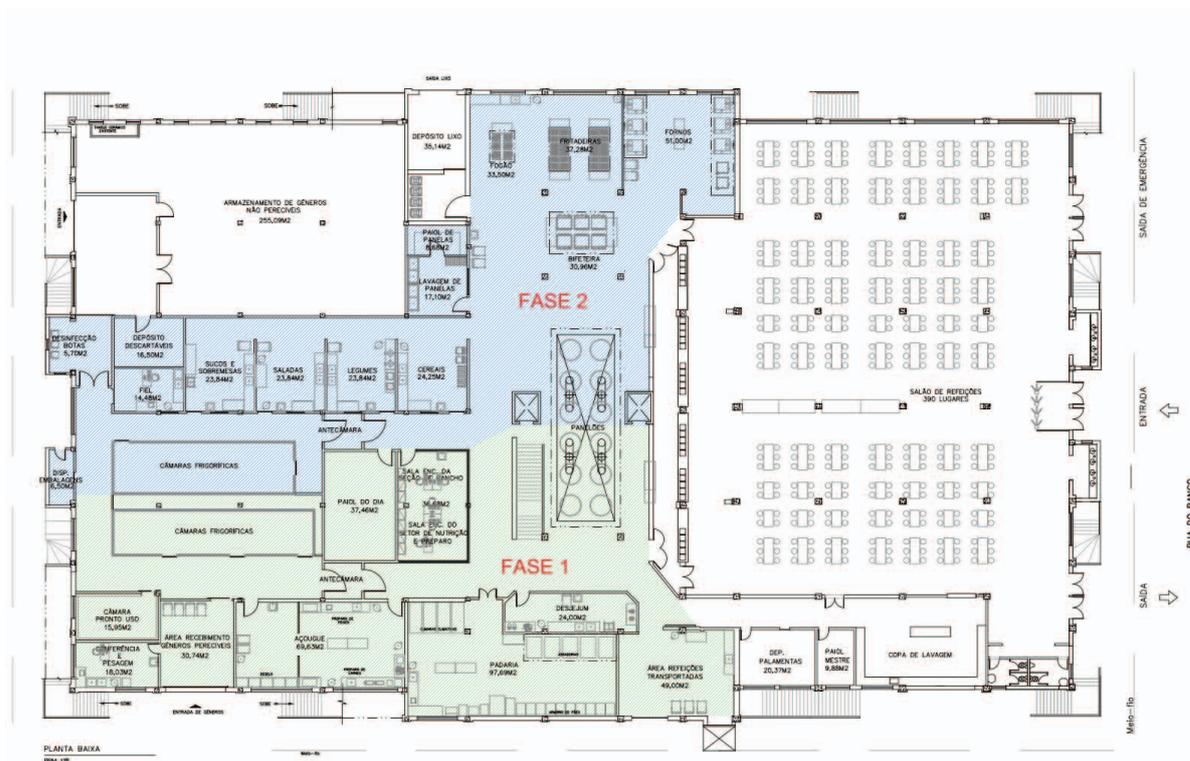


Figura 3 - Planta baixa do novo rancho do CNIC.

Atendendo aos requisitos de sustentabilidade nas licitações públicas e acompanhando o desenvolvimento tecnológico do setor, ressalta-se a implantação da digitalização dos projetos de engenharia da Diretoria, possibilitando a entrega de arquivos eletrônicos dotados de assinatura digital ICP-Brasil dos respectivos projetistas e orçamentistas.

Dessa forma, a DOCM encontra-se plenamente capacitada a apoiar os setores da MB nos projetos de obras civis, utilizando-se das ferramentas mais modernas para o correto dimensionamento, detalhamento e orçamentação, de forma integrada e colaborativa.



Figura 4 - Estudo preliminar e perspectivas do novo hangar do EsqDHU-2.

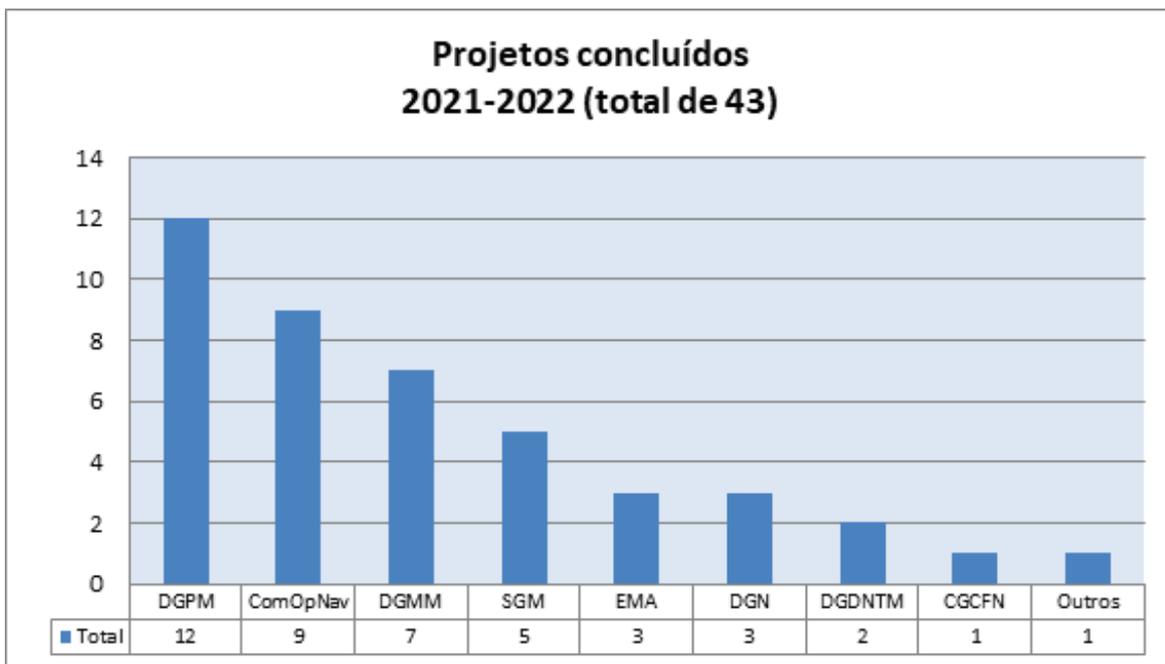


Figura 5 - Projetos concluídos pela DOCM no biênio 2021-2022 (por setor).



EDIFÍCIO 8 – FRAGATAS DA CLASSE TAMANDARÉ



Demolição do 3º pavimento do Edifício 08, no AMRJ.

Como parte da infraestrutura necessária à implantação do Programa das Fragatas Classe Tamandaré, foi celebrado o contrato para a obra de reforma de áreas do 3º e 4º andares do Edifício nº 8 do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), na Ilha das Cobras, no Centro do Rio de Janeiro.

A obra de reforma tem por objetivo a adequação da edificação para instalação dos ambientes espelho do *Integrated Platform Management System* (IPMS) e do *Combat Management System* (CMS), simulando, exatamente, os sistemas que serão embarcados nas Fragatas, além da instalação do Data Center e da Superintendência de Integração de Programas, Gestão do Ciclo de Vida e do Conhecimento (SIPGCVC), relativos ao Programa das Fragatas Classe Tamandaré.

A obra será dividida em três fases, contemplando a execução das disciplinas de Arquitetura, Civil, Elétrica, Mecânica e Detecção e Alarme de Incêndio.



RESIDENCIAL OCEANIA E GUARÁ II



Execução das Fundações do Empreendimento Oceania.

Foram iniciadas em Brasília, em 15 de dezembro de 2021, as obras de construção dos empreendimentos residenciais Oceania e Guará II, cujos terrenos foram adquiridos pela Caixa de Construções de Casas para o Pessoal da Marinha (CCCPM), a qual gerenciou a elaboração dos Projetos Básicos e a licitação das referidas obras.

O empreendimento Oceania contará com um edifício residencial multifamiliar, composto por 66 unidades, com áreas entre 93 e 207 m², distribuídas em uma torre com 6 pavimentos tipo e um de lazer na cobertura. A solução técnica proposta engloba elementos de concreto armado, protendido, fundações profundas e fachadas em vidro.

Já o empreendimento Guará II contará com 28 unidades residenciais unifamiliares, com área privativa de 70 m², e cuja solução técnica compreende a execução de elementos de concreto armado, fundações profundas e alvenaria convencional.



CONSTRUÇÃO DA NOVA SEDE DO CENTRO DE INTENDÊNCIA DA MARINHA EM NITERÓI



Execução de pavimento da nova sede do CeIMNi.

Em maio de 2020, foi iniciada a obra de reforma do antigo Paio de Sobressalentes (POSE) da Base Naval do Rio de Janeiro, para abrigar a nova sede do Centro de Intendência da Marinha em Niterói (CeIMNi). A referida Organização Militar (OM) tem o propósito de centralizar as Gestorias de Execução Financeira, Pagamento de Pessoal, Pagamentos Imediatos e Obtenção dos navios da Esquadra e das Organizações Militares sediadas na Ilha de Mocanguê.

A obra, com previsão de conclusão em abril de 2023, contempla a execução de estruturas em concreto armado e protendido, estruturas metálicas, sistema de ar condicionado central, sistema hidráulico com água de reuso, nova infraestrutura elétrica e a instalação de materiais de acabamento.



REFORMA DA COZINHA PRINCIPAL E REFEITÓRIO DOS ASPIRANTES DA ESCOLA NAVAL



Região de ampliação da cozinha da EN.

No edifício 4 da Escola Naval, foram iniciadas as obras para a reforma da cozinha principal e do Refeitório de Aspirantes. A edificação, que tem 2.683,33 m² de área, atende a 1500 militares do Corpo de Aspirantes.

Com o objetivo de atender as exigências da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e melhorar a qualidade do serviço de alimentação prestado no local, além de incrementar o conforto nas condições de habitabilidade, a obra encontra-se em fase inicial, na execução das fundações, e conta com a Fiscalização Técnica da Diretoria de Obras Civas da Marinha (DOCM). A previsão de conclusão é dezembro de 2022.

Para a área da cozinha, estão previstas a reforma completa das instalações; a ampliação da área de armazenamento, com a construção de seis novas câmaras frigoríficas; a inclusão de novo sistema de captação e reuso de águas pluviais; e a instalação de uma usina de geração fotovoltaica sobre a nova estrutura de cobertura do estacionamento.



OBRAS DE INFRAESTRUTURA DOS PÁTIOS PARA FUTUROS HANGARES NA BAeNSPA



Pátio em concreto asfáltico do futuro Esquadrão HU-2 na BAeNSPA.

Foram concluídas, em fevereiro de 2022, as obras de construção da infraestrutura dos pátios para os futuros hangares HU-2 e VE-1/QE-1 na Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia.

Foram realizados os serviços de terraplenagem, implantação de redes de drenagem e construção de pavimento em concreto asfáltico nos pátios das áreas dos esquadrões HU-2 e VE-1/QE-1.

Os trabalhos foram executados por meio de Termo de Execução Descentralizada (TED), celebrado entre a Marinha do Brasil, representada pela Diretoria de Obras Civas da Marinha (DOCM), e o Exército Brasileiro, representado pela Diretoria de Obras de Cooperação (DOC). Para a realização dos serviços no local, a DOC enviou um destacamento do 2º Batalhão Ferroviário.



AMPLIAÇÃO DA OFICINA “Q-4” DO CENTRO DE MÍSSEIS E ARMAS SUBMARINAS DA MARINHA



Oficina “Q-4”, no CMASM.

Em abril de 2022, foi concluída a obra de ampliação da Oficina “Q-4”, no Centro de Mísseis e Armas Submarinas da Marinha (CMASM). A referida oficina será destinada à operação e manutenção do míssil SM39 Exocet, sendo parte importante do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB) e de grande relevância para o Programa Nuclear da Marinha e Construção do Núcleo do Poder Naval.

Como parte do PROSUB, a adequação da oficina, que contou com a Fiscalização Técnica da DOCM, tem como objetivo preparar o CMASM para armazenar, testar, executar a manutenção e distribuir os mísseis que equiparão os submarinos convencionais brasileiros da Classe Riachuelo.



ENTREGAS REALIZADAS NAS OBRAS DO PROSUB EM ITAGUAÍ-RJ



Edifício de Submarinos Convencionais

Em dezembro de 2021, o Edifício de Submarinos Convencionais foi entregue à Base de Submarinos da Ilha da Madeira (BSIM). Esse edifício, localizado na Área Sul da ilha, foi construído para abrigar, em cada pavimento, a tripulação dos 4 submarinos convencionais da Classe Riachuelo.

Em agosto de 2022, na área do Estaleiro de Manutenção, foi entregue à Diretoria Industrial da Marinha (DIM) o Mezanino da zona H1, um dos compartimentos da Oficina de Apoio à Manutenção de Submarinos. Esse mezanino dispõe de ampla área, com estações de trabalho, salas de reunião, gerência, banheiros, copa e área de estocagem de materiais. Os demais compartimentos da Oficina estão em fase final de construção, para entrega à Marinha do Brasil. O Terminal Rodoviário e a Estação de Controle de Veículos, localizados na Área Norte da ilha, foram entregues à BSIM nesse mesmo mês.



Mezanino da zona H1



Terminal Rodoviário e a Estação de Controle de Veículos

DOCM



46 anos dedicados à construção civil,
desenvolvendo projetos de engenharia,
fiscalização de obras, vistorias, pareceres,
perícias e assessorias técnicas, avaliações
imobiliárias e levantamentos topográficos,
em proveito do patrimônio imobiliário da MB.

DIRETORIA DE OBRAS CIVIS DA MARINHA
Rua 1º de Março, 118 - 15º andar Centro - Rio de Janeiro
RJ - CEP 20010-000

Acesse nosso site na Intranet
<http://www.docm.mb>