

REVISTA

# OBRAS CIVIS

DIRETORIA DE OBRAS CIVIS DA MARINHA

Edição nº 8 - Junho/2018



42

ANOS

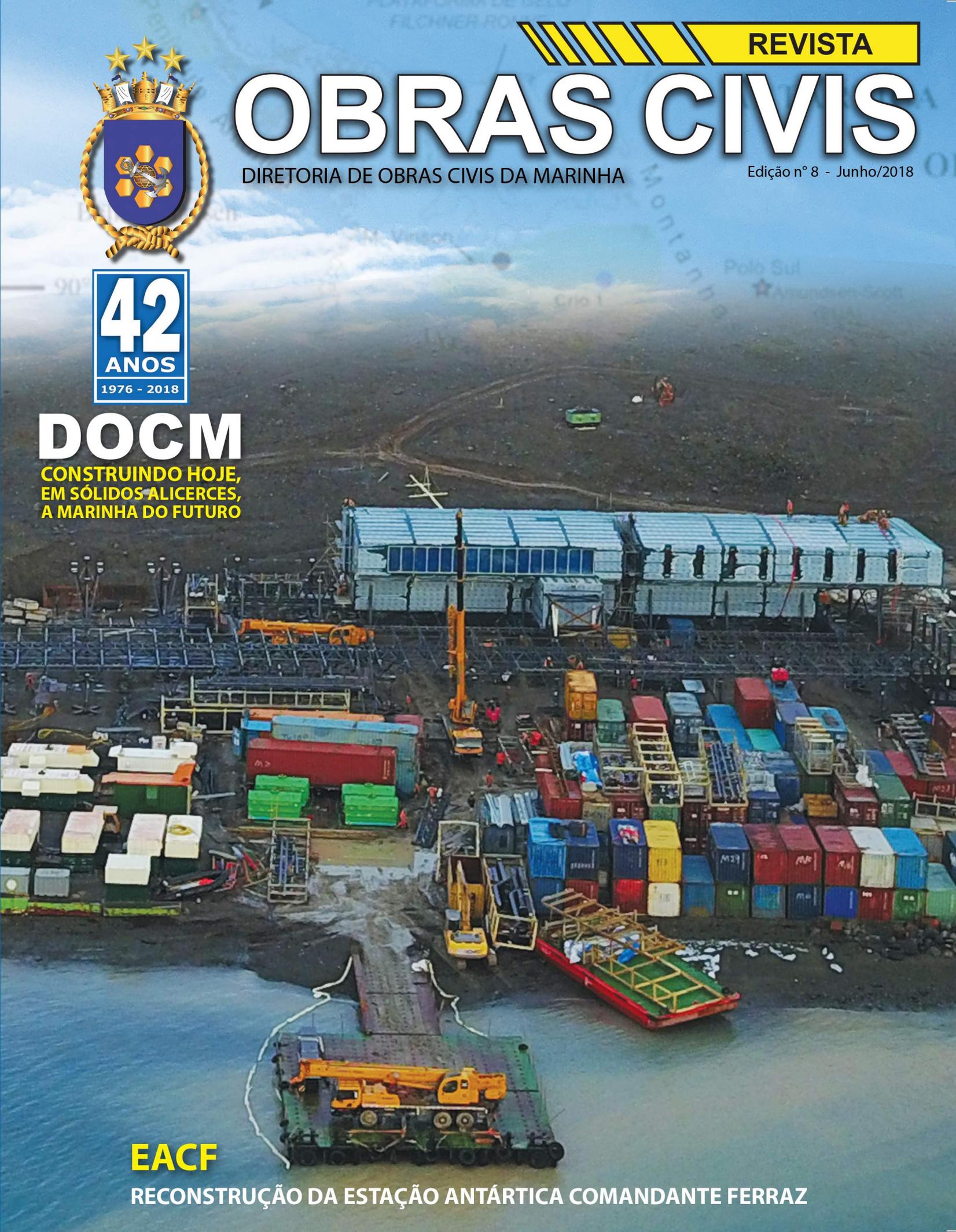
1976 - 2018

## DOCM

CONSTRUINDO HOJE,  
EM SÓLIDOS ALICERES,  
A MARINHA DO FUTURO

EACF

RECONSTRUÇÃO DA ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ



# 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 09AGO2004
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 26MAR2009
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 08/ABR/2016
V Alte	Flavio Macedo Brasil	09ABR2016 a 03/ABR/2018
V Alte	Marcos Sampaio Olsen	03ABR2018

*A Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM) memora, no dia 8 de Junho de 2018, 42 anos de sua criação, data esta que aproveitou a oportunidade para inaugurar a oitava da Revista “Obras Civis”.*

*A publicação, com periodicidade bianual, consolida-se como uma das principais ferramentas desta Organização Militar (OM) para a divulgação de artigos técnicos e notícias relevantes. Apresenta ainda aos seus leitores algumas das boas práticas de gestão implementadas na Instituição e tem se mostrado importante instrumento para a Gestão do Conhecimento na OM.*

*A Revista além dos artigos e trabalhos técnicos e acadêmicos nas áreas de Engenharia e Arquitetura e Urbanismo, elaborados pelo próprio corpo técnico e colaboradores, também possui uma seção destinada a divulgar as 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 de 2016 e 2017.*

*Nesta edição, destaco o artigo que aborda a experiência advinda pelo pessoal da DOCM empregado na fiscalização das obras de “Reconstrução da Estação Antártica Comandante Ferraz”, assim como as “Considerações Gerais sobre a aplicação das Redes Neurais artificiais na Engenharia Civil”, dentre diversos outros temas de cunho tecnológico, orçamentário e administrativo.*

*Desejo uma ótima leitura e reitero o compromisso em prestar um serviço de excelência com o firme propósito de contribuir para a manutenção, aprimoramento e ampliação do patrimônio imobiliário da Marinha. “Construindo hoje, em sólidos alicerces, a Marinha do futuro”*



**Marcos Sampaio Olsen**  
**Vice-Almirante**  
**Diretor**



## 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

Luis Henrique Caroli  
Almirante de Esquadra

### Diretor de Obras Civis da Marinha

Marcos Sampaio Olsen  
Vice-Almirante

### Presidente do Conselho Editorial

Paulo César Costa Barros  
Capitão de Mar e Guerra  
Vice-Diretor

### Editor

Fernanda Leal Benet  
Capitão de Fragata (EN)

### Redação e Revisão

Renata Ferreira da Silva Moreira  
Primeiro-Tenente (RM2-EN)

### Projeto Gráfico e Diagramação

Emílio Alexandre Frossard  
Programador / Designer Gráfico

### Auxiliar de Diagramação

Thatiane Christine da Silva  
Terceiro-Sargento (DA)

Visite nosso site na Intranet  
[www.docm.mb](http://www.docm.mb)

Acesse a versão digital da Revista em:  
<http://docm.mb/netuno/revista/revista2018.pdf>

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

**DISTRIBUIÇÃO GRATUITA**

REVISTA

# OBRAS CIVIS

JUNHO/2018

## Sumário

### NOTÍCIAS DA DOCM

- 3** DOCM Celebra Contrato com o Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos
- 4** DOCM Realiza Adestramento Funcional sobre Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização de Obras do PPROSUB
- 6** Corpo Técnico da DOCM participa de Curso de Gestão de Projetos
- 7** Militar e Funcionário Civil Padrão

### ARTIGOS TÉCNICOS

- 8** Reconstrução da Estação Antártica Comandante Ferraz
- 18** Ensaaios Não-Destrutivos em Obras Industriais
- 23** Aplicação de Fibra de Carbono na Construção Civil
- 30** Considerações Gerais sobre a Aplicação das Redes Neurais Artificiais na Engenharia Civil
- 37** O Termo de Execução Descentralizada (TED)
- 40** Análise Fluido-Termomecânica do Comportamento de Estruturas em Situação de Incêndio
- 48** Os Desafios Metodológicos do Orçamento Público
- 54** Aumento Da Resistência De Perfis Tubulares Utilizando Reforço De Chapa
- 58** Utilização De Modelos: Concepção, Compatibilização E Apresentação

### INFORMATIVO DA DOCM

- 64** Obras Concluídas
- 70** Obras em Andamento
- 76** Projetos Concluídos
- 77** Projetos em Andamento
- 83** Outras Atividades Relevantes
- 84** COMO INGRESSAR NA MARINHA

# DOCM

**CONSTRUINDO HOJE,  
EM SÓLIDOS ALICERCES,  
A MARINHA DO FUTURO**



# DOCM CELEBRA CONTRATO

## COM O INSTITUTO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE CUSTOS

No dia 27 de abril, foi celebrado acordo entre a Marinha do Brasil e o Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos (IBEC). A cerimônia de assinatura do contrato de prestação de serviço contou com a presença do Diretor de Obras Civis da Marinha (DOCM), Vice-Almirante Marcos Sampaio Olsen, do Presidente do IBEC, Professor Paulo Roberto Vilela Dias, e do Vice-Presidente Executivo do IBEC, Professor Fernando José da Rocha Camargo. Também participaram do evento o Chefe do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Civis relativas ao PROSUB, Capitão de Mar e Guerra (RM1-IM) Sérgio Nahal de Souza, e o Encarregado da Seção de Fiscalização de Obras Industriais do PROSUB, Capitão-Tenente (EN) Rodrigo Nogueira Ribeiro.



Assinatura do contrato entre IBEC e MB, com o Professor Paulo Dias, Vice-Almirante Olsen e o Professor Fernando Camargo.

A parceria entre a Marinha do Brasil e o IBEC iniciou-se em 2011 e desde então foram celebrados cinco contratos de consultoria para a análise de conformidade de custos para a verificação e o acompanhamento do orçamento das obras de construção do Estaleiro e Base Naval (EBN), em Itaguaí - RJ, atinente ao Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), a fim de garantir a economicidade em todas as etapas do empreendimento e buscar a otimização na aplicação dos recursos da União.



Da esquerda para a direita: Capitão de Mar e Guerra (RM1-IM) Nahal, Professor Paulo Dias, Vice-Almirante Olsen, Professor Fernando Camargo e o Capitão-Tenente (EN) Rodrigo Nogueira

## DOCM REALIZA ADESTRAMENTO FUNCIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DOS PROJETOS E DE FISCALIZAÇÃO DE OBRAS DO PROSUB

A Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM) realizou, no dia 26 de janeiro de 2018, no Auditório do Edifício Barão de Ladário, uma palestra voltada aos militares e servidores civis que atuam na área de engenharia e arquitetura.

A apresentação, realizada pela Capitão de Fragata (EN) Carla Feijó da Costa, teve como objetivo

compartilhar sua experiência como Supervisora de Obras Industriais do PROSUB por ocasião dos serviços realizados para viabilizar o transporte das Seções S3, S4 e 2B do Submarino Riachuelo da UFEM ao EBN, bem como divulgar os obstáculos enfrentados e os fatores de sucesso na missão.



CF (EN) Carla compartilhando sua experiência profissional com a Força de Trabalho da DOCM.

A DOCM tem adotado como prática a realização de palestras para troca de experiências profissionais e acadêmicas, que estão inseridas no Programa de Adestramento Funcional da OM.

O Adestramento é uma das formas de disseminar os conhecimentos adquiridos, trabalhando, assim, os conceitos emanados pela Gestão do Conhecimento.

### Transferências de seções do Submarino S-40 Riachuelo para o interior do Main Hall do Estaleiro do Complexo de Itaguaí é um marco notável do PROSUB



Transporte das seções S3, S4 e 2B do SB Riachuelo S-40 da UFEM ao EBN

Fonte : <http://www.defesanet.com.br/prosub/noticia/28170/PROSUB---Transferencia-das-Secoas-do-Submarino-S-40-Riachuelo/>

# CORPO TÉCNICO DA DOCM PARTICIPA DE CURSO DE GESTÃO DE PROJETOS

A Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM) coordenou a realização do Curso Expedito de Gestão de Projetos (C-Exp-GestProj), do Centro de Instrução e Adestramento Almirante Newton Braga (CIANB), no auditório do Edifício Barão de Ladário (EBL), para o seu Corpo Técnico e para voluntários das demais Organizações Militares.

No período de 05 a 15 de Março, o instrutor do CIANB, CMG (RM1-EN) Ricardo França Santos, apresentou, para 33 alunos, aulas expositivas e estudos de caso e aplicou um trabalho em grupo, que foi apresentado ao final do curso para aferição do aproveitamento e da habilitação da turma.

Com o objetivo de suplementar a habilitação técnico-profissional dos alunos para a utilização de ferramentas e técnicas de gerenciamento de projetos, alinhadas com as boas práticas difundidas pelo *Project Management Institute* (PMI), o curso será de grande utilidade para aprimorar e dar agilidade aos serviços prestados pela DOCM às suas OM clientes.



Execução de trabalhos práticos em grupo por parte dos alunos.



Militares participantes do Curso de Gestão de Projetos com o instrutor CMG (RM1-EN) França, do CIANB.



# MILITAR E FUNCIONÁRIO CIVIL

## PADRÃO

1º Semestre de 2017



2º Semestre de 2017





# ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ

RECONSTRUÇÃO DA ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ



**Capitão-Tenente (EN) Rafael Nunes Lins do Nascimento**

Membro do grupo de gerenciamento dos projetos e de fiscalização das obras civis relativas ao PROSUB

*Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e Curso de Extensão em Avaliações e Perícias Imobiliárias pela PUC-Rio (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro).*



**Capitão-Tenente (EN) Christovam Leal Chaves**

Encarregado da 2a. Seção de Instalações Mecânicas

*Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Programa de Mestrado Integrado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Portugal (FEUP), MBA em Gestão de Projetos – Universidade Cândido Mendes (UCAM) e Curso de Extensão em Engenharia do Ar Condicionado - Instituto Militar de Engenharia (IME).*

## 1. INTRODUÇÃO

Após a decisão do Brasil em reconstruir a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), a Marinha do Brasil (MB), por meio da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar, apoiada pela Diretoria de Obras Civas da Marinha, vem enfrentando diversos desafios de caráter técnico e logísticos, e que tornam esse, um dos projetos mais desafiadores para a engenharia da MB.

Desde a contratação da China National Electronics Imp.&Exp. Corporation (CEIEC), vencedora da concorrência internacional para contratação de uma empresa para reconstrução da Nova EACF, até a presente data, os trabalhos no continente antártico ocorreram em três fases distintas.

A primeira tratou das investigações e realização de ensaios geológicos-geotécnicos para o reconhecimento do subsolo do local de implantação da Estação, a fim de se obter o conhecimento do comportamento geomecânico do solo a baixas temperaturas, quando submetido ao calor. As campanhas de investigação e ensaios ocorreram nos Verões Antárticos de 2014/2015, e de 2015/2016, tendo sido conduzidos pelos engenheiros da MB.

A segunda fase foi a locação e implementação das fundações da Estação que ocorreu no Verão Antártico 2016/2017. Previamente, foram fabricados os elementos pré-moldados de concreto e estrutura metálica, que viriam a compor os blocos de fundação implantados durante o mesmo período. Assim como toda a EACF, a fabricação das peças e estruturas ocorreu na China e, posteriormente, foram transportadas por meio de navio para o continente antártico. Também durante a segunda fase, foram executadas as perfurações para instalação de inclinômetros, que serão utilizados para o monitoramento do terreno no entorno da Estação, além dos ensaios de carga em microestacas. Já a terceira e última fase diz respeito à fabricação, pré-montagem, transporte para a Antártica e montagem completa da EACF. O presente artigo discorrerá sobre o início da terceira fase dos trabalhos, que contemplam as etapas de fabricação, montagem e pré-montagem dos elementos da estrutura metálica, dos contêineres, equipamentos, da envoltória da Estação e teste dos equipamentos, antes do envio para o continente antártico.



## 2. FABRICAÇÃO DE ESTRUTURA METÁLICA

As peças da estrutura metálica da Estação foram fabricadas na cidade de Xangai, China. Um dos desafios enfrentados pela equipe de fiscalização da MB foi garantir o fiel cumprimento das rotinas de controle de qualidade. Ao longo da fabricação das peças foram realizados ensaios não destrutivos (Ultrassom e Líquido Penetrante), rigoroso controle dimensional, controle da galvanização e da pintura epóxi de acabamento.



Fabricação das estruturas

Ademais, a fim de facilitar a logística de desembarque e montagem no continente antártico, foi implementado um sistema individual de catalogação digital das peças, realizado por meio de software, onde cada peça possuirá um código que identificará o número e localização de cada elemento na estrutura.



Fabricação das estruturas

### 3. FABRICAÇÃO DOS CONTÊINERES

Face às dificuldades logísticas e ambientais existentes em uma construção no continente antártico, a concepção do projeto da Estação teve como alguns de seus princípios a modulação, a simplificação e a pré-fabricação dos elementos construtivos.

Para tanto, todos os compartimentos e ambientes da Estação foram concebidos tomando como base a unidade de um contêiner, sendo que os mesmos deveriam ser totalmente fabricados e pré-montados na China, assim como as peças da estrutura metálica e os elementos pré-moldados de concreto restante para serem executados no continente antártico apenas a montagem, interligação e comissionamento da Estação.

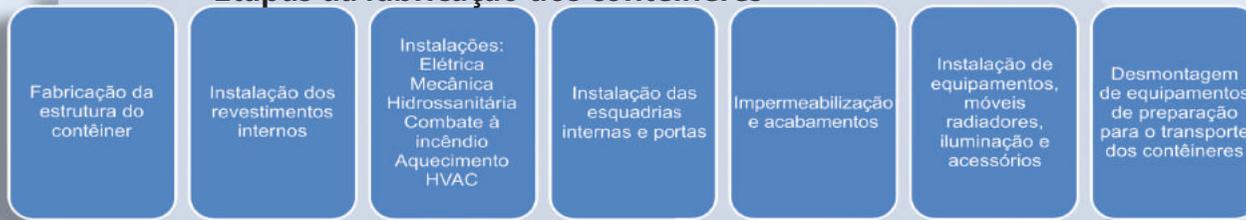
Para a construção dos 4,5 mil metros quadrados da nova EACF, foram fabricados, na cidade de Yangzhou, 226 contêineres, que, após a montagem da estação, se tornarão os laboratórios, alojamentos, biblioteca, áreas técnicas e os demais ambientes da Estação.

A fabricação dos contêineres era composta de 06 (seis) macro fases, conforme mostrado nas figuras abaixo. A primeira consistia na fabricação e pintura da estrutura metálica do contêiner (casco). A segunda, na execução dos revestimentos internos de piso, parede e teto, responsáveis pela garantia do isolamento térmico, isolamento acústico, isolamento de vapores d'água e pela compartimentação corta-fogo da Estação.

Concluída a etapa de revestimento interno, iniciava-se a terceira fase, contemplando a execução das instalações elétricas e de automação, as instalações hidrossanitárias, *Heating, Ventilation and Air Conditioning*, de combate à incêndio e rede de aquecimento.

Na quarta etapa, foram instaladas as esquadrias externas e portas internas e seus respectivos acabamentos. Ao final da quarta etapa, todo o contêiner era limpo e protegido para o início da quinta etapa que consiste na aplicação da camada impermeabilizante e do piso vinílico.

#### Etapas da fabricação dos contêineres



Contêiner com revestimento interno de barreira de vapor



Contêiner com revestimento interno e instalações

Por fim, na sexta etapa, foram executados os acabamentos, montagem de mobiliário, equipamentos, iluminação e acessórios.

Um dos desafios enfrentados pela equipe de fiscalização da MB foi o controle de qualidade, por parte da contratada, ao longo da linha de fabricação dos contêineres. O controle foi realizado por meio de checklist de qualidade, inspeções dos serviços em cada etapa de execução, ensaios e testes dos equipamentos e materiais aplicados. Um exemplo das dificuldades encontradas para a garantia da qualidade, foi a busca por um método para a verificação da estanqueidade do revestimento impermeabilizante à base de poliuréia, aplicado no piso das áreas molhadas dos contêineres.

Em virtude das características do projeto, não era possível atestar a qualidade do serviço de impermeabilização por meio do já consagrado teste de 72 horas com lâmina d'água (NBR-9575 Impermeabilização – Seleção e Projeto). E sem a garantia desse serviço, não era possível dar prosseguimento na fabricação dos contêineres.

Após a realização de pesquisa no mercado, foi optado pelo uso do Teste de Holiday Detector (ou Teste de Faísca) para verificação da continuidade do revestimento impermeabilizante. O princípio de funcionamento do teste é aplicar uma alta tensão

entre a parte externa do revestimento e o substrato interno por meio de uma escova metálica, mola ou com o acessório adequado.

Caso ocorra um furo, trinca ou poro, a alta tensão encontrará um caminho mais fácil e haverá um fechamento de arco voltaico (faísca) que acionará um alarme sonoro próprio do equipamento indicando assim a descontinuidade. Antes da utilização do sistema no contêineres, foram realizados ensaios em protótipo, em que foi evidenciada sua aplicabilidade no projeto. Além disso era verificada a espessura da camada impermeabilizante, de modo a garantir a espessura mínima de projeto de 3mm.



Utilização do *Holiday Detector* na verificação da impermeabilização do contêiner



Utilização do *Holiday Test* na verificação da impermeabilização do contêiner

#### 4. PRÉ-MONTAGEM

Devido à severidade do ambiente e aos desafios logísticos de transporte de materiais, pessoal e aquisição de sobressalentes, a pré-montagem da Estação fora do ambiente antártico é indispensável para, primeiramente, adestrar o pessoal que trabalhará na montagem, além de possibilitar a solução de interferências, detecção de possíveis falhas, avaliação da sequência construtiva e, se necessário, realizar ajustes. Desta forma, os trabalhos na Antártica deixam de ser uma surpresa, e sim a execução de uma ordem lógica de montagem já estabelecida e conhecida.

A pré-montagem ocorreu na cidade de Xangai, China, onde as estruturas dos blocos oeste, leste e técnico foram erguidas para receber os contêineres. Após a montagem dos contêineres na estrutura, foram montadas as instalações e a infraestrutura, dando-se prioridade àquelas redes que não permitiam ajustes no local, tais como rede de esgoto e dutos de HVAC. Em paralelo, foi executada a pré-montagem dos trechos mais críticos da envoltória.

Ao final de tais serviços, foi possível implementar melhorias voltadas para as especificidades do ambiente antártico, como um sistema de içamento com maior coeficiente de segurança, guindaste com maior capacidade de carga devido a necessidade de abertura de lança e melhorias no processo de galvanização.

Executando-se uma pré-montagem de um projeto concebido em software específico de modelagem, no caso o Revit, as incertezas e riscos de montagem serão, de fato, reduzidos.



## Pré-montagem do bloco oeste



## 5. ESTRATÉGIA DE GERAÇÃO DE ENERGIA

Quando nos referenciamos a uma instalação remota em ambiente antártico, o principal desafio em mente é a geração de energia e a climatização para manter uma temperatura mínima de conforto. Os sistemas de produção de energia (elétrica e térmica) visam dotar a EACF de autonomia e redundância necessárias para funcionar de forma eficiente, segura e com o máximo conforto para os seus usuários.

A concepção dos sistemas privilegiou, dentre outros fatores, a mitigação do impacto ambiental no ecossistema da Antártica e a otimização dos esforços associados ao transporte de materiais e combustíveis.

Em relação exclusivamente à geração de energia térmica para aquecimento, esta é prioritariamente gerada mediante o aproveitamento do calor do fluido de refrigeração e dos gases de exaustão dos motores a óleo diesel, que compõem a matriz de geração elétrica. Este sistema de produção de energia térmica baseado na recuperação de calor e uma caldeira elétrica é complementado por duas caldeiras a diesel, uma das quais servirá de reserva à outra com redundância de 100%, e uma caldeira elétrica.

Além disso, a nova estação será dotada de fontes de energias renováveis, em complemento aos grupos geradores diesel, que são a principal fonte de energia. As tecnologias consistem numa central de produção fotovoltaica, composta por 44 painéis fotovoltaicos, e numa central de produção eólica, composta por aerogeradores.

Os grupos geradores diesel que fornecerão energia elétrica à estação serão dotados de sistema de cogeração (CHP – *Combined Heat and Power*), que será capaz de aproveitar grande parte do calor normalmente dissipado para o ambiente.

De forma a proceder a verificação dimensional dos equipamentos produzidos, qualidade final dos produtos e atestar o desempenho, foram realizados testes de aceitação de fábrica nos equipamentos relacionados à produção de energia elétrica, térmica e fontes renováveis: caldeira elétrica, caldeiras a diesel, geradores, coletores solares térmicos, moto-geradores, dentre outros.

### 5.1 SISTEMA DE GERAÇÃO E ENERGIA E CALOR COMBINADO (COMBINED HEAT AND POWER, OU CHP)

O sistema CHP é o coração da EACF, que visa o aproveitamento da energia térmica dos gases de exaustão do motor, do ar de admissão pressurizado e do líquido de arrefecimento do motor, durante o funcionamento dos motores para produzir energia elétrica.

Tanto o ar pressurizado de admissão, com temperatura elevada, quanto o líquido de arrefecimento do motor, foram interligados a um trocador de calor, chamado de *Intercooler Heat Recovery Equipment* (IHRE). Já os gases de exaustão eram interligados a outro trocador de calor chamado de *Fume Heat Recovery Equipment* (FHRE).

Ambos FHRE e IHRE são equipamentos dimensionados exclusivamente para a solução de geração e cogeração em ambiente antártico. Foram realizados, primeiramente, testes em uma configuração experimental, para assim avaliar o potencial de recuperação de calor do sistema.

Uma vez conhecido o potencial de geração e recuperação, foi montado e testado o contêiner do grupo motor-gerador integrado ao sistema CHP. Em relação ao protótipo inicial, foram realizadas melhorias como o aumento das superfícies de troca de calor do FHRE e IHRE e o aumento da ventilação ao retirar anteparas do contêiner, sem comprometer a segurança.



Teste no protótipo do sistema CHP.



Teste nos conjuntos moto-geradores em sua configuração final

## 6. CONCLUSÃO

A reconstrução da EACF apresenta importância estratégica vital, não apenas para a Marinha, mas para o Brasil, uma vez que realizar pesquisas contínuas em terras e águas austrais são exigências para garantir uma cadeira com poder de voto no Tratado da Antártica. Entre as normas e acordos internacionais podemos citar o embargo até 2048 da exploração econômica na região. Quando for deliberado o futuro da exploração mineral, o Brasil terá voz ativa.

A nova estação apresenta premissas de sustentabilidade e eficiência energética inovadoras e exclusivas, permitindo a instalação de uma estação maior do que a anterior, sem necessidade de aumento de reserva de combustível, minimizando o impacto ambiental no ecossistema local.

Em relação à obra em si, a montagem e pré-montagem da Estação, bem como os testes dos equipamentos fora do ambiente antártico, foram indispensáveis para treinamento do pessoal, encontrando soluções que poderiam inviabilizar a montagem no local, caso não detectadas, ressaltando as dificuldades de clima, logística e janela de tempo restrita de trabalhos.

Por fim, a reconstrução da EACF conferiu aos engenheiros navais da Marinha do Brasil expertise técnica por meio de soluções desafiadoras e tecnologias mais atuais que, aplicadas à realidade do ambiente antártico, ampliaram ainda mais o leque de conhecimento para consecução da missão da Diretoria de Obras Civis da Marinha, deixando um legado alinhado à política estratégica da Marinha do Brasil.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR9575: Impermeabilizações, 2010 – Projetos e soluções

- DIRETORIA-GERAL DO MATERIAL DA MARINHA. DGMM 0601: Normas, Instruções e Padrões para um Sistema de Manutenção das Instalações Terrestres da Marinha do Brasil. Rio de Janeiro, 1997.

- Defesanet, A importância da presença na Antártica. Disponível em: < <http://www.portaleducacao.com.br/informatica/artigos/48358/google-analytics>>. Acesso em 8 de março de 2018.

**Capitão-Tenente (EN) Rodrigo Nogueira Ribeiro**

Encarregado da Seção de Fiscalização de Obras Industriais do PROSUB

*Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Augusto Motta - UNISUAM, Pós-Graduado em Engenharia de Segurança pela Faculdade Silva e Souza e Pós-Graduado em Gerenciamento de Projetos pelo Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos - IBEC e Mestrando em estruturas pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ.*

**Primeiro-Tenente (RM2-EN) Ailton Macêdo Medeiros**

2º Ajudante da Seção de Fiscalização de Obras Industriais do PROSUB

*Graduado em Tecnologia Mecânica (modalidade Projetos) pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - FATEC SP, graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Paulista - UNIP, cursando pós-graduação em Gerenciamento de Projetos pelo Instituto Brasileiro de Engenharia de Projetos - IBEC.*

# ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS EM OBRAS INDUSTRIAIS

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é apresentar ao leitor uma descrição sucinta de uma das principais ferramentas do controle da qualidade aplicada a materiais e produtos, bem com em instalações diversas, denominada Ensaio Não-Destrutivo (END), do termo inglês *“Nondestructive Testing (NDT)”*. Trata-se de um conjunto de técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos, sem danificá-los, sendo executados nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção. Contribuem para a qualidade dos bens e serviços, redução de custos e prevenção da vida e do meio ambiente. Nota-se ainda, que apesar da área médica utilizar-se das muitas das técnicas de END empregadas no campo industrial, o termo “ensaio não-destrutivo” não é citado em aplicações médicas.

## 2. HISTÓRICO

Embora não esteja definida uma data precisa referente ao desenvolvimento dos primeiros métodos utilizados, é certo que o surgimento de técnicas primárias datam de tempos muito remotos. Como exemplo, há relatos de que farinha e óleo eram utilizados em Roma, durante a Idade Antiga, na detecção de trincas em blocos de mármore. Além disso, ferreiros utilizavam técnicas sonoras de END ao detectarem diferentes tipos de metais durante o processo de fabricação, sob ação de marteladas.

### 3. TIPOS DE TESTE

A denominação dos ensaios, geralmente, refere-se ao tipo de meio penetrante ou equipamento utilizado no desenvolvimento dos mesmos, sendo que os mais utilizados, além do Ensaio Visual (EV), são atualmente: Ensaio de Partículas Magnéticas (PM), Ensaio de Líquido Penetrante (LP), Ensaio Radiográfico (ER), Ensaio de Ultrassom (US) e Ensaio de Estanqueidade (ES).

#### Ensaio de Partículas Magnéticas (PM)

O Ensaio de Partículas Magnéticas usa um ou mais campos magnéticos para localizar descontinuidades superficiais e adjacentes em aços ferromagnéticos. Quando o campo magnético encontra uma descontinuidade transversal à sua direção, a linha do fluxo magnético produz, por conta própria, um campo de vazamento de fluxo magnético, tal qual indicado na figura 1:

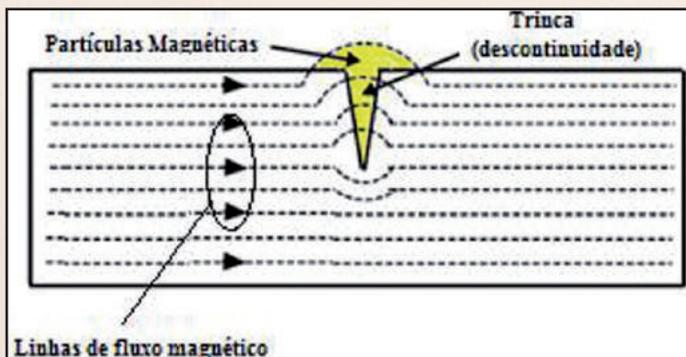


Figura 1 - Princípio de funcionamento de ensaio PM

Como as linhas de fluxo não trafegam bem pelo ar, quando partículas ferromagnéticas coloridas muito finas ("partículas magnéticas") são aplicadas à superfície do material, as mesmas ficarão em destaque ao longo da área de descontinuidade, reduzindo o espaço de ar e produzindo uma visível indicação na superfície da peça. As partículas magnéticas são compostas de pó seco ou em suspensão numa solução líquida, que podem ser coloridas através de corante visível ou fluorescente, as quais se iluminam sob a incidência de luz ultravioleta.

#### Ensaio de Líquido Penetrante (LP)

O princípio básico do Ensaio de Líquido Penetrante é que quando um líquido de viscosidade muito baixa (líquido penetrante) é aplicado à superfície de uma determinada peça, ele irá penetrar em fissuras abertas a partir da superfície. Uma vez removido o excesso de penetrante, o líquido

absorvido pelas fissuras fluirá de volta à superfície, apresentando uma indicação.

Ensaio por Líquido Penetrante podem ser utilizados em materiais magnéticos e não-magnéticos, porém, não é eficiente em materiais porosos. O processo de infiltração do Líquido Penetrante (LP) é mostrado na figura 2:

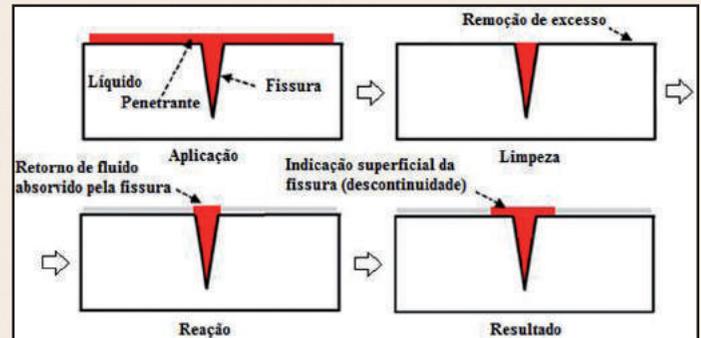


Figura 2 - Processo de infiltração de LP em descontinuidades de peças

Segue abaixo, conforme ilustrado pela figura 3, fiscalização in-loco de ensaios de Líquido Penetrante realizados em juntas soldáveis dos tanques de armazenamento de água potável da Central de Utilidades do Estaleiro e Base Naval para Submarinos (EBN), em Itaguaí -RJ, realizado em outubro de 2014:



Figura 3 - Fiscalização in-loco de ensaio de líquido penetrante nas dependências do EBN, em Itaguaí-RJ.

(A) – Tanques da Central de Utilidades e (B e C) – Etapas subsequentes do ensaio de LP, realizadas na junção soldável entre tubulação de dreno e fundo do tanque

Ao realizar um teste por Líquido Penetrante, é imperativo que a superfície a ser testada esteja limpa e livre de quaisquer corpos estranhos ou líquidos que possam impedir que o penetrante entre nas fissuras abertas até a superfície da peça. Após aplicar os procedimentos de limpeza e preparo citados acima e, com a utilização de uma luz negra para penetrantes fluorescentes, as fissuras (descontinuidades) poderão ser observadas.

**Ensaio de Radiografia (ER)**

O teste de radiografia industrial envolve a exposição de um objeto de teste de radiação penetrante, de modo que a radiação atravesse a peça inspecionada, podendo alcançar um filme de gravação colocado no lado oposto do referido objeto. Para materiais de baixa espessura ou de baixo peso específico, como o alumínio, testes de RAIO X são comumente aplicados, porém em materiais mais espessos ou de peso específico maiores (Aço-Carbono, aço-liga etc), os testes de gamagrafia (emissão de raios-gama) possuem grande emprego.

As áreas mais escuras representam a ausência de material, enquanto as mais claras demonstram o formato do objeto. Já em caso de trincas ou porosidades na peça a ser inspecionada, maior radiação passará por elas, causando também uma imagem escura no filme, conforme ilustrado na figura 4:

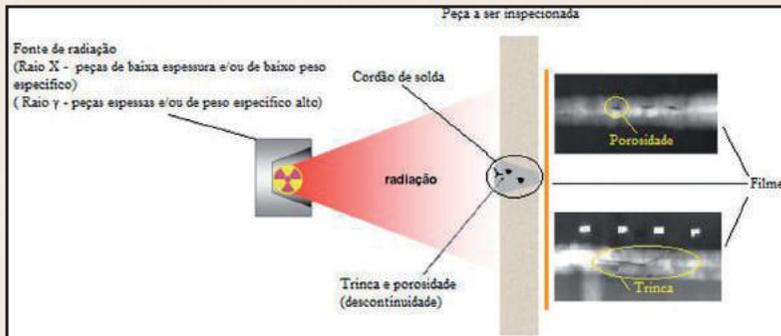


Figura 4: processo de emissão de filmes de radiografia industrial

Segue, conforme ilustrado nas figuras 5, 6 e 7, fiscalização in-loco de testes de radiografia em juntas soldáveis de tubulações das redes de utilidades do Estaleiro e Base Naval para Submarinos (EBN), em Itaguaí –RJ, realizado no dia 10/08/15:



Figura 5 – Localização da rede de utilidades



Figura 6 – Montagem de filme de gravação em solda de tubulação de O2

PROJ. N.	031/15	PROGRAMAÇÃO DE RADIOGRAFIA						ODEBRECHT		
BAIXA	04/02/15							EBN		
PROJETA	01/02							CENTRO TÉCNICO		
CLIENTE	SEABRINHA DO GRAMA	EMPREGAMENTO		Fiscal - EBN						
		INDICAÇÃO	DIÁM. CP	Ø	ESP. (mm)	WELDING	SOLDAS	MATERIAL	PROCESSO	TRAB.
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-02	3,77	2"	3,8	3-102	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-11	3,78	2"	3,8	3-102	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-14	3,82	2"	3,8	3-101	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-13	3,88	2"	3,8	3-102	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-12	3,88A	2"	3,8	3-101	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-24	3,228	2"	3,8	3-101	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-28	3,21	2"	3,8	3-01	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-27	3,25	2"	3,8	3-01	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-26	3,24	2"	3,8	3-222	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-25	3,24	2"	3,8	3-222	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-24	3,21	2"	3,8	3-222	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-23	3,21	2"	3,8	3-04	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4790-22	3,12	2"	3,8	3-04	ASME IX	ASTM A 106	TIG	

Figura 7 - Programação de spools de tubulações a serem ensaiados

## Ensaio de Ultrassom (US)

O ensaio de ultrassom é composto por ondas sonoras, com frequências acima de 20 KHz, geradas por um aparelho eletrônico. No ensaio, as ondas se propagam em um meio elástico, em direção à peça a ser ensaiada e, se for encontrado algum tipo de descontinuidade, será gerado um eco de reflexo na tela do aparelho de ultrassom, caracterizando a referida peça como não-conforme, tal qual ilustrado na figura 8:

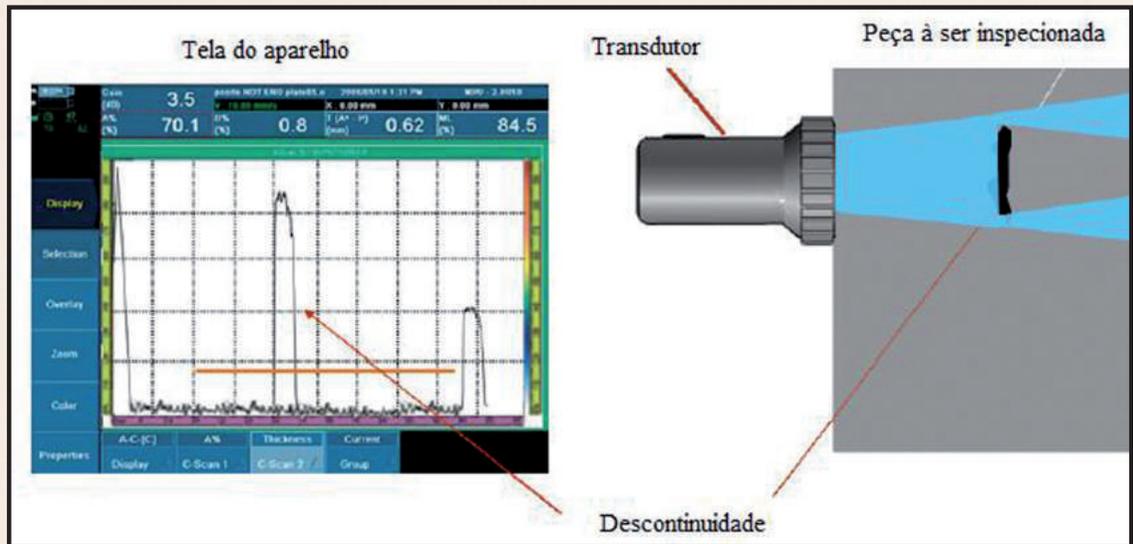


Figura 8 - Ciclo de verificação de descontinuidade por meio de ES

Geralmente, o teste de ultrassom é aplicado na detecção de descontinuidades em peças construídas a partir de metais ferrosos e não-ferrosos, tais como:

- Caracterização de não-conformidades de fabricação;
- Bolhas de gás em fundidos;
- Dupla laminação em itens laminados;
- Micro-trincas em itens forjados; e
- Escórias em uniões soldadas.

## Ensaio de Estanqueidade (ES)

A necessidade de uma perfeita estanqueidade em tanques ou tubulações contendo substâncias que façam parte de instalações de alto risco (área química, nuclear, aeroespacial etc.), impulsionou a busca por novos métodos capazes de detectar possíveis vazamentos de gases ou líquidos, a fim de obter uma efetiva garantia de segurança e proteção ambiental. Os métodos aplicados no ensaio de estanqueidade são, respectivamente:

• **Método da bolha com solução formadora de espuma:** Sendo a pressão no interior do objeto de ensaio maior que a pressão externa, o local suspeito de apresentar vazamento é, então, molhado com uma solução formadora de espuma de pequena tensão superficial, a qual apresentará bolhas caso a parede do recipiente possua descontinuidades, conforme figuras 9 e 10.

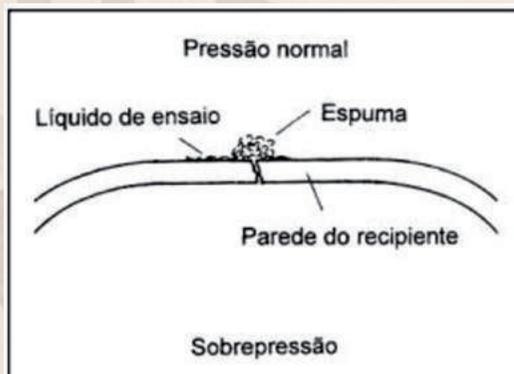


Figura 9 - Método da bolha com solução formadora de espuma



Figura 10 - Formação de bolhas na localização de vazamento em um tanque

• **Método da variação de pressão:** Neste caso, o objeto é submetido a uma pressão diferente da pressão ambiente e, caso ocorra o vazamento, será então medida e registrada a variação da pressão do sistema fechado após um determinado intervalo de tempo, conforme ilustrado na figura 11.

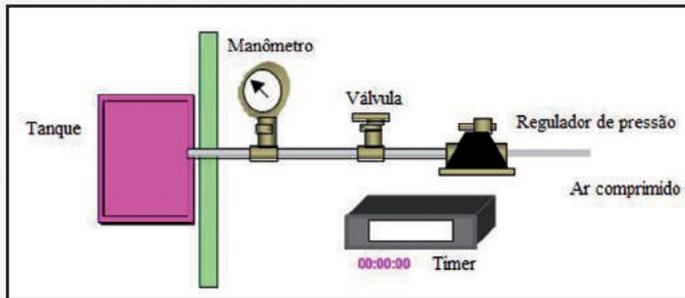


Figura 11 - Esquema do teste de queda de pressão

• **Método da detecção de vazamento por meio de gás Hélio:** A sonda aspiradora de hélio mais simples nada mais é do que uma mangueira, que tem uma de suas extremidades conectada a uma entrada especial do detector de vazamento de hélio e, em outra extremidade, apresenta um pequeno estrangulador (uma espécie de válvula reguladora), cuja função é permitir a passagem de uma pequena quantidade de gás. Assim, havendo vazamento no objeto de ensaio pressurizado, este estrangulador, o qual apresenta uma descontinuidade, permitirá que ocorra a passagem de um pequeno vazamento até a efetiva detecção do gás, vide figura 12.

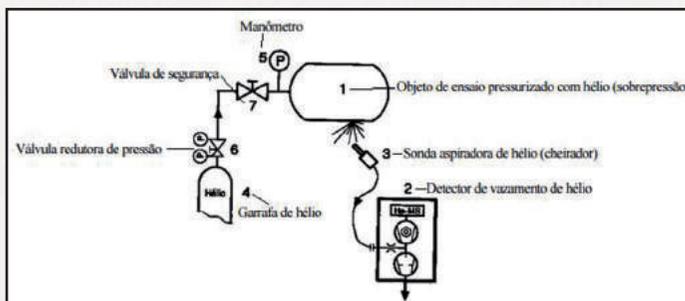


Figura 12 - Esquema do método de ensaio com detector de vazamento de hélio

Como medida preventiva, no sentido de evitar tais ocorrências, o Ensaio de Estanqueidade é largamente empregado em testes de componentes pressurizados ou despressurizados, onde existe o risco de escape ou penetração de produtos possivelmente tóxicos, assumindo desta maneira grande importância, por ser um instrumento que auxilia na proteção ao meio ambiente, bem como na prevenção de acidentes.

## 4. CONCLUSÃO

Vale lembrar que um ensaio não-destrutivo complementa outros ensaios, ou seja, quando for necessário detectar descontinuidades em uma peça, é recomendável o uso de mais de um ensaio. Por fim, é importante ressaltar que, apesar de todas as vantagens apresentadas nos testes citados, deve-se atentar para que sejam tomadas as devidas precauções a fim de evitar acidentes graves.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. CAMERINI, C.G. Desenvolvimento de sondas de correntes parasitas para detecção e quantificação de fase sigma e aço inoxidável duplex. Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.
- [2]. ANDREUCCI, R. Ensaio por Líquidos Penetrantes. 2001.
- [3]. ABENDI – Associação Brasileira de ensaios não destrutivos. Ensaio por ultrassom.
- [4]. ASNT – American Society for Nondestructive Testing.
- [5]. QCCC – Quality Control Council of Canada. shtml <http://www.qcccanada.com/ndt.shtml>.
- [6]. ZAHIRIAN, S. Evaluating Non-Destructive Testing (NDT) Methods used for the Inspection of Flowlines on Offshore Production Facilities. Masters dissertation in Offshore Technology – Industrial Asset Management. University of Stavanger, 2011.



**Primeiro-Tenente (RM2-EN) Larissa Azevedo Curty**

Ajudante da Divisão de Bioengenharia do Hospital Naval  
Marcílio Dias (HNMD)

Graduada em Engenharia Civil pela UENF (Universidade Estadual do Norte Fluminense), Mestrado em Engenharia Civil Ênfase em Estruturas pela PUC-Rio (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro).

# APLICAÇÃO DE FIBRA DE CARBONO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

## 1. INTRODUÇÃO

As fibras de carbono começaram a ser comercializadas no princípio da década de 1960, após extenso programa de pesquisa desenvolvido nos Estados Unidos, Inglaterra e Japão (Emmons et al., 1998b).

A idéia de reforçar estruturas de concreto armado com CFC (Compósitos de Fibras de Carbono) surgiu no início dos anos 80, no Japão. Os abalos sísmicos nessa região da Ásia, revelaram, através de diversos danos causados às estruturas, a necessidade de recuperação e reforço em curto intervalo de tempo. Esses foram os principais aspectos considerados para utilização desse material no confinamento de pilares (Machado, 2004).

Os construtores de automóveis passaram a utilizar os materiais compósitos de fibras de carbono para reduzir o peso das peças dos automóveis, o que leva a um menor consumo de combustível. Na indústria petrolífera, é cada vez maior a necessidade de redução do peso dos cabos de apoio de construções *offshore* e dos tubos de bombeamento de óleos.

As chapas de aço coladas com resina epóxi surgiram na década de 1960, na Europa e na África do Sul, sendo utilizadas a partir dos

anos setenta como método de reforço à flexão e à força cortante em vigas e lajes. Um aspecto negativo que este método apresentou foi o de problemas de durabilidade ligados à corrosão. Em 1980, a chapa de aço passou a ter a concorrência do reforço estrutural utilizando-se CFC, que faz parte de uma classe de materiais conhecidos por *Fibre Reinforced Polymers* (FRP), constituídos, basicamente, por duas fases: fibras e matriz polimérica. A Tabela 1 apresenta a comparação entre os principais parâmetros das fibras de carbono e das chapas de aço.

No Brasil, o uso da técnica do reforço com CFC ocorreu pela primeira vez em 1998 com o reforço do viaduto Santa Tereza em Belo Horizonte (Figura 1).



Figura 1 – Laje e viga reforçada no viaduto de Santa Tereza.  
([http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo\\_seminarios/construcao\\_civil/reforco\\_estrutural\\_com\\_fibras\\_de\\_carbono.pdf](http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf), visitado em 20/09/08).

Parâmetro	Fibra de Carbono	Chapa de Aço
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	1800 (Baixa)	7850 (Alta)
Resistência à tração (MPa)	3800 (Muito alta)	620 (Alta)
Módulo à tração (GPa)	227	200
Deformação na Ruína (%)	1,7	12
Corrosão	Não	Sim
Comprimento	Qualquer	Limitada
Manuseio e Aplicação	Fácil	Difícil
Resistência à Fadiga	Muito Boa	Adequada
Custo do Material	Alto	Baixo
Custo da Aplicação	Baixo	Alto
Espessura final	Muito Baixa	Baixa

Tabela 1 - Comparação entre reforço com chapas de aço e CFC

O sistema de reforço com CFC também é indicado quando ocorre mudança de utilização da estrutura, erros de projetos ou construção e para a reabilitação após abalos sísmicos ou incêndios. Esse sistema é indicado para reforço de vigas, lajes, paredes, pilares etc.

A sua boa flexibilidade permite a adaptação a várias formas, e a facilidade de aplicação leva à economia de custos e à redução do tempo de paralisação, além de ser não corrosivo, o que garante maior durabilidade e quase nenhuma manutenção.

Como desvantagens, o sistema de reforço com CFC apresenta incompatibilidade com superfícies irregulares, baixa resistência ao fogo e à exposição a raios ultravioletas, e pode estar sujeito ao vandalismo. Porém estes problemas também são apresentados por outros sistemas de reforço, como as chapas de aço coladas com resina epóxi. (SILVA FILHO, 2007).

Quando a tecnologia de reforço com CFC é usada no Brasil, as referências são as normas técnicas norte-americanas (ACI 440 2R:02 (2008)) e o boletim 14 da FIB (Federação Internacional do Concreto). No entanto, a tendência é de que o país, em breve, tenha sua própria norma técnica. Estimulado pela ABCE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural) foi criado um comitê na ABNT para estudar a criação de uma NBR sobre aplicação de fibra de carbono em estruturas de concreto armado (CIA . DE CIMENTO ITAMBÉ, 2015). O nome do comitê é "ABNT/ CEE-193 – Comissão de Estudo Especial de Materiais Não Convencionais para Reforço de Estruturas de Concreto" (ABNT, 2015).

O sistema de reforço com CFC pode ser apresentado nas seguintes formas:

- Fios de fibra de carbono: são enrolados sob tensão e colados sobre a superfície do concreto ou enrolados a seco e então curados a quente (Figura 2);



Figura 2 - Fios de fibra de carbono.

- Chapas pultrudadas: são chapas de polímeros reforçados com fibras de carbono impregnadas com resina epóxi ou poliéster, que resultam em perfis contínuos com os mais diversos formatos. O reforço se dá pela colagem destes perfis sobre a superfície de concreto (Figura 3);



Figura 3 - Chapa pultrudada de fibra de carbono.

- Tecidos de fibra de carbono: são tecidos pré-impregnados (preg), colados sobre a superfície com resina epóxi, com espessura similar a do papel de parede. Este sistema segue exatamente a curvatura do elemento e permite a aplicação em cantos vivos (Figura 4).

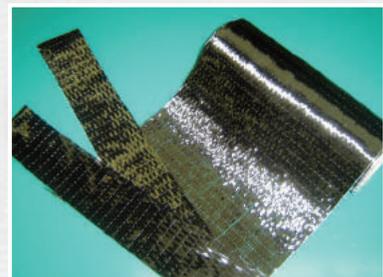
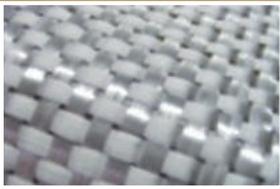


Figura 4 - Tecido de fibra de carbono.

## 2. TIPOS DE FIBRAS

Em reforço estrutural, além das fibras de carbono, podem ser utilizadas também fibras de vidro e aramida. As fibras são os elementos que proporcionam a resistência e a rigidez que se pretende atribuir aos materiais compósitos (Figuras 5, 6 e 7).



Fibras de Carbono: Rigidez, leveza, baixa deformação, satisfatória condutividade térmica e reduzido peso específico.

Figura 5 – Fibras de Carbono ([www.fibertex.com.br](http://www.fibertex.com.br), visitado em 2008).



Fibras de Aramida: Grande resistência mecânica; não corrói em água doce nem em água salgada e é incombustível.

Figura 6 – Fibras de Aramidas ([www.fibertex.com.br](http://www.fibertex.com.br), visitado em 2008).



Fibras de Vidro: Bom isolante térmico, boa resistência ao fogo, alta resistência mecânica etc. É um material compósito produzido basicamente a partir da aglomeração de finíssimos filamentos flexíveis de vidro com resina poliéster (ou outro tipo de resina), e posterior aplicação de uma substância catalisadora de polimerização.

Figura 7 – Fibras de vidro ([www.fibertex.com.br](http://www.fibertex.com.br), visitado em 2008).

Consideração	Fibra de Carbono	Fibra de Vidro	Fibra de Aramida
Alcalidade/Exposição à meios ácidos	Alta resistência	Não tolera	Não tolera
Expansão térmica	Próximo de zero, pode causar altas tensões de aderência	Similar ao concreto	Próximo de zero, pode causar altas tensões de aderência
Condutividade elétrica	Alta	Excelente isolante	Excelente isolante
Tolerância ao impacto	Baixa	Alta	Alta
Fluência e fadiga	Alta resistência	Baixa resistência	Baixa resistência

Quadro 1 - Comparativo entre as características dos diversos tipos de fibra.

### 3. COMPÓSITOS DE FIBRAS DE CARBONO

Os materiais compósitos são uma combinação de pelo menos dois materiais, que após a união ainda são identificados, sendo que juntos as propriedades do compósito por vezes se tornam superiores as de seus constituintes em separado (Figuras 8 e 9).

Os compósitos são formados pela matriz e por fibras dispostas aleatoriamente ou em direções definidas. A matriz serve como meio de transferência e distribuição de tensões entre as fibras, protege de agressões exteriores e impede os deslocamentos horizontais e transversais das fibras. As fibras têm a finalidade de restringir a propagação das fissuras funcionando como ponte de transferência das solicitações, garantindo assim a capacidade resistente após a abertura da mesma.

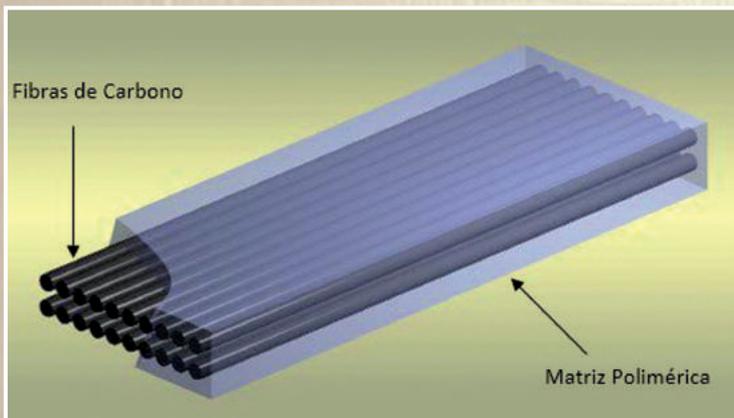


Figura 8 – Compósito de fibra de carbono.

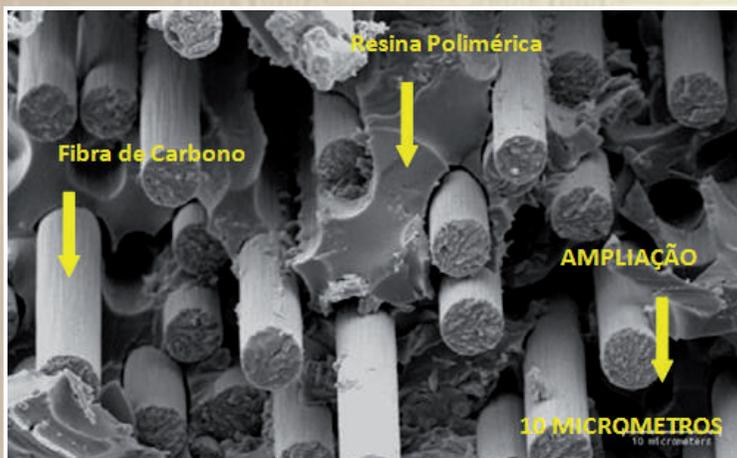


Figura 9 – Ampliação em microscópio eletrônico da matriz polimérica.

### 4. APLICAÇÃO DO SISTEMA DE REFORÇO COM CFC

A aplicação do reforço com CFC deve ser feita por profissionais especializados, para evitar que ocorram problemas na execução da colagem que posteriormente podem levar ao deslocamento prematuro do reforço. Portanto, a fase de preparação e colagem torna-se primordial para um bom desempenho da estrutura reforçada.

A superfície deve estar sã, isenta de qualquer partícula solta, pinturas, desmoldantes, contaminações de graxa ou de quaisquer outros materiais estranhos. Reparos do substrato, preenchimentos de bolhas e vazios e nivelamentos das superfícies devem ser realizados com argamassa epóxi tipo Sikadur® 43 ou a mistura de Sikadur® 30 com areia de quartzo Sikadur® 506 na proporção 1:1 em peso (SIKA 2010).

As figuras 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 apresentam as etapas de execução do reforço em CFC de um console de concreto armado utilizado na dissertação de Curty, 2009.



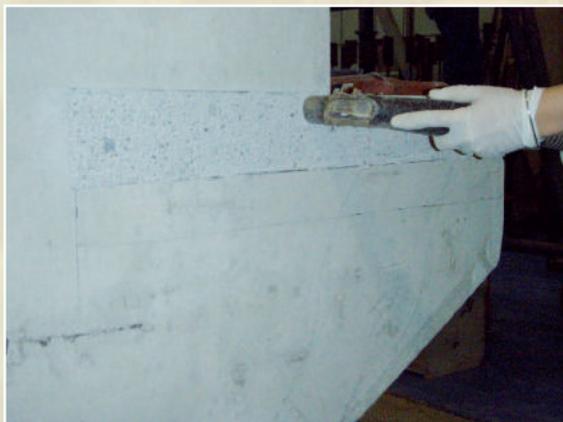
Figura 10 - Regularização da superfície com o uso de uma talhadeira.



**Figura 11 - Utilização de escova de aço em toda superfície de aplicação do CFC. Arredondamento das quinas e lixamento da superfície com o uso de uma esmerilhadeira, a fim de obter superfície plana.**



**Figura 14 - Utilização do rolo para obtenção de rugosidade para aderência do CFC.**



**Figura 12 - Uso de aspirador de pó para retirar qualquer poeira existente na superfície sobre a qual é colado o CFC.**



**Figura 15 - Colocação do CFC na superfície.**



**Figura 13 - Realizar a mistura da resina epóxica na proporção de 1:4, com posterior aplicação na superfície do concreto.**



**Figura 16 - Aplicação de mais uma demão de resina epóxica.**

## 5. APLICAÇÕES DO CFC NA ENGENHARIA CIVIL

As Figuras 17 a 23 mostram fotos de aplicações dos compósitos de fibras de carbono em reforços de estruturas de concreto.



Figura 17 – Reforço da Torre da Rede Globo de Televisão no Rio de Janeiro RJ. ([http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo\\_seminarios/construcao\\_civil/reforco\\_estrutural\\_com\\_fibras\\_de\\_carbono.pdf](http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf), visitado em 20/09/08).



Figura 18 – Reforço de pilares retangulares e de colunas. ([http://media.wiley.com/product\\_data/excerpt/61/04716812/0471681261.pdf](http://media.wiley.com/product_data/excerpt/61/04716812/0471681261.pdf), visitado em 20/09/08).



Figura 19 – Reforço em console. (<http://www.kcg.cc/index.php?id=117>, visitado em 18/05/2009).



Figura 20 – Reforço à flexão e à força cortante de viga externa do Edifício da Alcan Alumino do Brasil em Ouro Preto. ([http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo\\_seminarios/construcao\\_civil/reforco\\_estrutural\\_com\\_fibras\\_de\\_carbono.pdf](http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf), visitado em 20/09/08).



Figura 21 – Fábrica de Laticínios Itambé em Sete lagoas MG. ([http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo\\_seminarios/construcao\\_civil/reforco\\_estrutural\\_com\\_fibras\\_de\\_carbono.pdf](http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf)).



Figura 22 – Fábrica de Laticínios Itambé em Sete lagoas MG, onde foi executado um reforço ao redor dos furos na laje.

([http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo\\_seminarios/construcao\\_civil/reforco\\_estrutural\\_com\\_fibras\\_de\\_carbono.pdf](http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf), visitado em 20/09/08).



Figura 23 – Reforço da viga à flexão e à força cortante na Fundação Mineira de Educação e Cultura – FUMEC.

([http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo\\_seminarios/construcao\\_civil/reforco\\_estrutural\\_com\\_fibras\\_de\\_carbono.pdf](http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf), visitado em 20/09/08).

## 6. CONCLUSÃO

Este artigo visou apresentar algumas considerações sobre compósito de fibra de carbono. Conclui-se que, devido às propriedades mecânicas e à facilidade de aplicação, os materiais compósitos poliméricos têm se mostrado viáveis comparados a materiais convencionais, tais como chapas de aço. No entanto, faz-se necessário constantes estudos que possam avaliar, com maior precisão, a resistência e o comportamento dos mais variados tipos de peças de concreto armado reforçadas com compósitos de fibra de carbono, de modo a subsidiar normas nacionais sobre o assunto.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas <http://www.abnt.org.br/cb-193> , visitado em 2015
- **CESEC** – Centro de Estudos de Eng. Civil Professor Inaldo Ayres Vieira da Universidade Federal do Paraná <http://www.cesec.ufpr.br>, visitado em 20/09/08.
- **Cia. de Cimento Itambé** - <http://www.cimentoitambe.com.br/fibra-de-carbono-aguarda-norma-tecnica-brasileira>, visitado em 2015.
- **CURTY, L.A.**, Estudo Experimental dos Consoles Curtos de Concreto Armado Reforçados com Compósitos de Fibras de Carbono . Dissertação de Mestrado, PUC-RIO, Rio de Janeiro 2009.
- **EMMONS, P. H.; VAYSBURD, A. M.; THOMAS, J.** Strengthening Concrete Structures, Part II. Concrete International, Detroit, v. 20, n. 4, p.56-60, abr. 1998.b.
- **FIBERTEX** – Catálogo Eletrônico dos Produtos; [www.fibertex.com.br](http://www.fibertex.com.br), visitado em 2008.
- **KABBANI CONSTRUCTION GROUP**, [www.kcg.cc](http://www.kcg.cc) , visitado em 2009.
- **MACHADO, M, G.** Estudo Experimental da Ductilidade de Vigas em Concreto Armado Reforçadas à Flexão Utilizando Compósitos com Tecidos de Fibra de Carbono. Dissertação de Mestrado – Civil, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2004.
- **SIKA** – Catálogo Eletrônico de Produtos, [www.sika.com.br](http://www.sika.com.br), visitado em 2010.
- **SILVA FILHO, J. J. H.**, Reforço à Torção de Vigas de Concreto Armado com Compósitos de Fibras de Carbono. Tese de Doutorado, PUC–RIO, Rio de Janeiro, 2007.



**Capitão-Tenente (EN) Marcos William Magalhães L. de Carvalho**  
Encarregado da Seção de Vistorias, Avaliações e Engenharia Legal DOCM

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).



**Primeiro-Tenente (EN) Breno de Almeida Santos Oliveira**

Membro da Equipe de Fiscalização das Obras Civis Relativas ao PROSUB, a cargo da DOCM

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Mestre em Engenharia Civil (PGECIV) pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

# CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A APLICAÇÃO DAS REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NA ENGENHARIA CIVIL

## 1. INTRODUÇÃO

As Redes Neurais Artificiais, também conhecidas como RNAs, foram desenvolvidas originalmente na década de 40, pelo neurofisiologista Warren McCulloch do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) e pelo matemático Walter Pitts da Universidade de Illinois. Trata-se de um modelo computacional de inteligência artificial de alto desempenho inspirado no sistema nervoso central dos animais.

## 2. NEURÔNIOS BIOLÓGICOS

O sistema nervoso humano possui dezenas de bilhões de neurônios ligados entre si através de sinapses, formando quase 100 trilhões de conexões que possibilitam transmissões de sinais, traduzindo-se em aprendizagem e associação de informações. Estes neurônios são unidades básicas que transmitem impulsos elétricos, sendo capazes de armazenar e processar informações, conforme ilustrado na Figura 1.

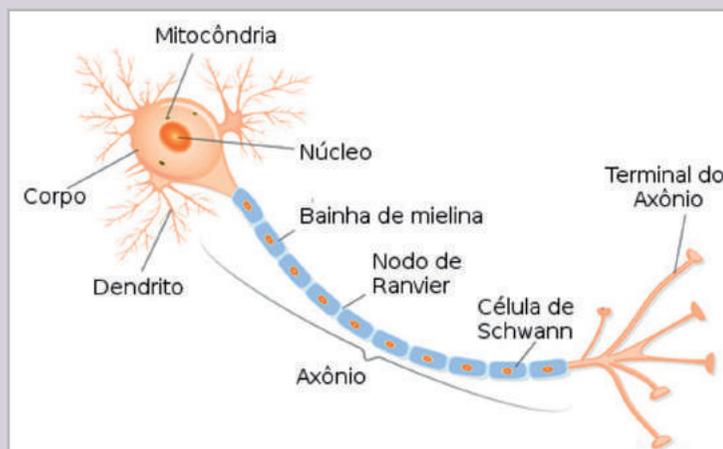


Figura 1 - Estrutura de um neurônio animal: corpo celular e o núcleo, dendritos (terminais de recepção dos sinais), axônio (canal de transmissão de sinais) e terminações sinápticas (<http://www.shutterstock.com/> [adaptado]).

Os neurônios recebem, de forma contínua, impulsos elétricos nas sinapses de seus dendritos provenientes de outros neurônios. Correntes elétricas atravessam o corpo da célula até a zona de disparo no começo do axônio. Os impulsos nervosos são reações físico-químicas que se verificam nas superfícies dos neurônios.

### 3. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Assim como os neurônios biológicos, as RNAs também possuem unidades fundamentais de processamento de dados (nós), de modo a simular o sistema nervoso animal. Um modelo de RNAs pode possuir centenas e até milhares de unidades básicas. As ligações de cada unidade são chamadas de links. Cada unidade é capaz de realizar operações com base nas informações de entrada. Com base nesta interação entre diferentes unidades surge o conceito de "inteligência artificial". Desta maneira, o aprendizado se dá através de exemplos, ou seja, dados reais e práticos que determinam a formulação de regras básicas, Tabela 1.

Características	Computador	Cérebro Humano
Velocidade	Nanosegundo	Milissegundo
Tipo de Processamento	Sequencial	Paralelo
Unidades de Armazenamento	10E+09 bits	10E+14 sinapses
Unidades de Processamento	±1024	10E+11

Tabela 1 - Comparação de características entre o cérebro humano e o computador (BARBOSA, 2004).

Na computação convencional existem comandos específicos. A máquina segue instruções pré-definidas através de uma lógica com operações booleanas. Os processos são lineares e os algoritmos de programação definem e limitam as ações. Nas RNAs, por sua vez, introduz-se o conceito dos perceptrons capazes de aprender funções novas. A lógica, neste caso, baseia-se em processos múltiplos e paralelos de programação por aprendizado.

Os neurônios artificiais são fundamentados no modelo matemático apresentado na Figura 2. As entradas  $X_1$  (analógicas ou discretas) são ponderadas por um peso sináptico  $W_{k1}$  e aglutinadas através de uma função de combinação que, por sua vez, transmite o sinal  $\mu_k$  para a função não linear de ativação que fornece a resposta final do elemento de processamento  $Y_k$ . Esta função enquadra-se, basicamente, em três classes distintas: função sinal, função linear por partes e função sigmoideal (mais utilizada), de acordo com a Figura 2.

As RNAs envolvem relações de entrada e saída e estão associadas à capacidade de assimilação, associação e aprendizado do cérebro humano. Correspondem a sistemas capazes de tomar decisões perante situações inesperadas e ambientes desconhecidos, operando de forma autônoma e com algoritmos de aprendizagem contínua, desenvolvendo, portanto, tarefas com alto nível cognitivo. As Redes Neurais Artificiais se diferem de uma simples programação de computadores com rotinas definidas.

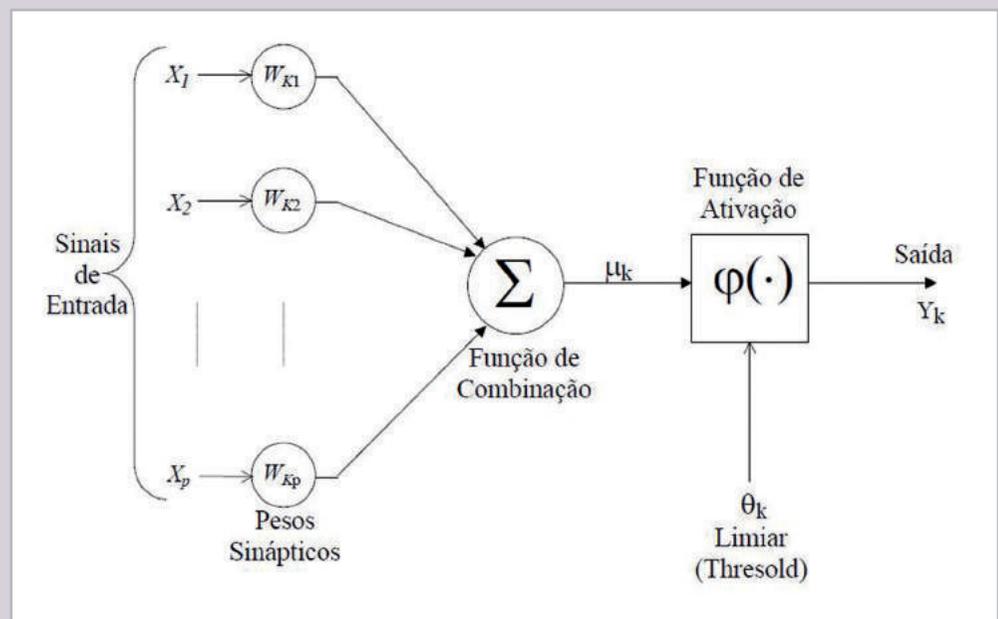


Figura 2 - Estrutura básica de um neurônio artificial (HAYKIN, 2001).

Em seguida, a Figura 3 apresenta uma arquitetura básica onde os neurônios artificiais são organizados em duas ou mais camadas, formando as chamadas Redes Neurais Multicamadas. Neste caso, a camada de entrada (que não realiza nenhum tipo de processamento) distribui os dados para a primeira camada. Estas, por sua vez, interconectam-se com os elementos das camadas mais elevadas.

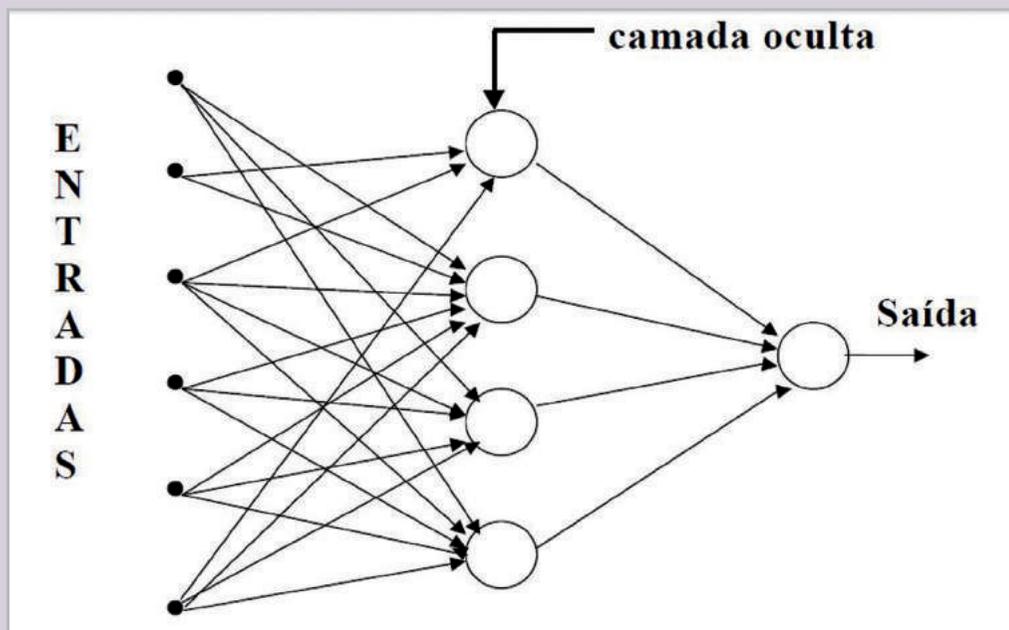


Figura 3 - Redes Neurais Multicamadas

Em séries temporais de dados, as Redes Neurais Multicamadas representam um modelo eficiente para o reconhecimento de padrões, classificação, mineração de dados, aproximação de funções e previsão de séries temporais, apontando características marcantes tais como a existência de ciclos, sazonalidades, tendências e mesmo periodicidades.

Cabe ressaltar que em comparação com os modelos tradicionais de previsão de séries temporais (modelos determinísticos e estocásticos) e de modelos de regressão múltipla, as RNAs apresentam um bom desempenho. Todavia, convém chamar a atenção para o fato de que para que um modelo estatístico possa ser considerado confiável, tal modelo necessita de uma grande variedade de parâmetros observados.

A partir da década de 80, as RNAs difundiram-se rapidamente no meio científico, representando, atualmente, um excelente meio de modelagem de sistemas complexos e não lineares. Inúmeros trabalhos de pesquisa têm desenvolvido ferramentas para aplicação das RNAs em diferentes campos de conhecimento, inclusive na indústria e nos negócios.

## 4. APLICAÇÕES NA ENGENHARIA CIVIL

Na Engenharia Civil, o uso das ferramentas das RNAs ainda é bastante recente. Nos últimos anos, esta estratégia de modelagem matemática vem ganhando um espaço cada vez maior devido à sua praticidade. As Redes Neurais têm fornecido resultados confiáveis em diversos setores de pesquisa envolvendo sistemas complexos utilizados em áreas como Hidrologia, Geotecnia, Estruturas, Engenharia de Transportes e Gerenciamento de Obras Civis.

### 4.1 HIDROLOGIA

As RNAs possuem uma grande importância no gerenciamento de recursos hídricos, influenciando diretamente na geração de energia elétrica (em trabalhos de otimização e simulação) e atividades agrícolas e industriais. Na Hidrologia, as RNAs são bastante úteis no tratamento estatístico de problemas que envolvem séries numéricas e variáveis hidrológicas de vazão de rios (dados fluviométricos), regimes pluviométricos, níveis de reservatórios etc. Além disso, as RNAs podem ser empregadas, também, para projeções climáticas, pois assim como nos modelos matemáticos tradicionais, as Redes Neurais permitem a formulação de modelos de previsão.

Deste modo, a Figura 4 ilustra um exemplo de alguns resultados apresentados por MONTENEGRO et al. (2010), onde podem ser comparadas as vazões semanais de rios previstas através das RNAs e as vazões observadas para o ano de 2000 para a área a montante do Reservatório de Três Marias da Bacia do Rio São Francisco. Na sequência, a

Figura 5 apresenta um comparativo entre o índice pluviométrico da cidade de Fortaleza/CE e os resultados das previsões utilizando RNAs, ao longo

de 40 meses, com base no emprego de uma série dessazonalizada (suavizada).

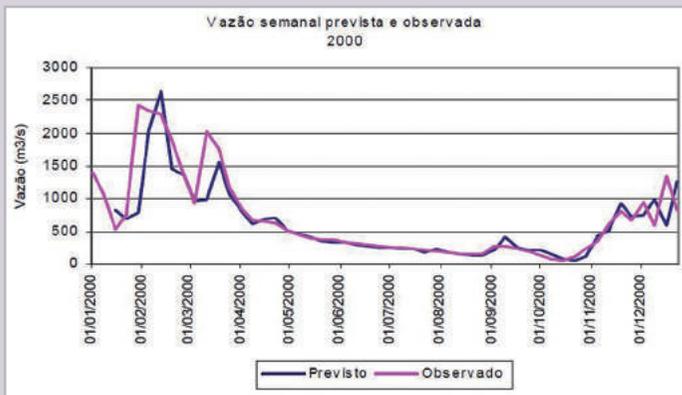


Figura 4 - Vazão semanal prevista e vazão verificada (MONTENEGRO et al., 2010)

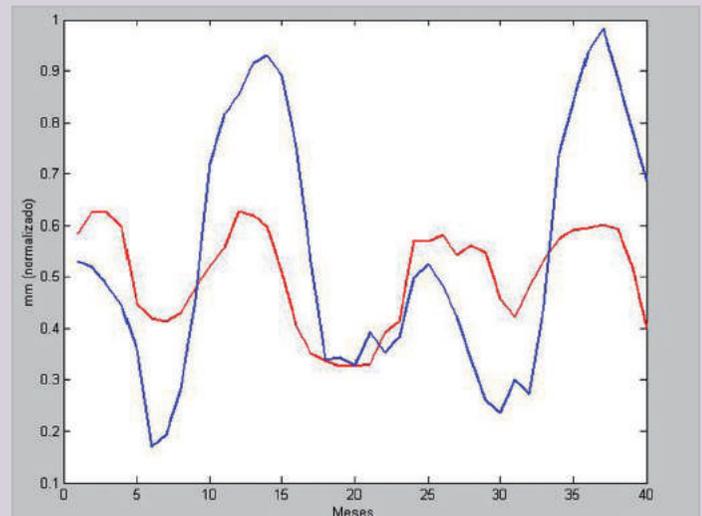


Figura 5 - Pluviometria prevista e verificada, considerando uma série dessazonalizada (BATTAGELLO et al., 2012)

## 4.2 GEOTECNIA

No campo da Geotecnia, as RNAs são bastante úteis, principalmente, para emprego em modelos de alerta de deslizamentos, como ilustrado pela Figura 6, os quais permitem a previsão de movimentos de massas de terra, que atualmente constituem causas bastante frequentes de perdas humanas e econômicas. Por esta razão, a determinação da ameaça por movimentos em massas e a capacidade de prever estes eventos têm sido um tema de grande interesse para a comunidade científica.



Figura 6 - Deslizamentos de terra em Ilha Grande, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Outra aplicação importante das RNAs em Geotecnia se dá na classificação de solos, como, por exemplo, na modelagem constitutiva das areias e na aproximação de equações complexas. O trabalho com materiais de origem natural, tal como o solo, sempre foi uma questão de grande complexidade devido à grande variabilidade de suas propriedades físicas e por terem seu comportamento influenciado por diversos fatores, tais como: composição granulométrica e mineralógica, umidade, índice de vazios, estado de tensões, entre outros.

Na medida em que se conhece o comportamento desses materiais, maior controle e confiabilidade se tem em relação ao projeto e à obra, resultando assim em soluções de melhor qualidade técnica e maior viabilidade econômica. Com o passar do tempo, as teorias clássicas de mecânica do contínuo sofreram algumas modificações a fim de se adaptarem a solos e rochas, porém as equações originadas desse processo se tornaram cada vez mais complexas fazendo com que as soluções precisassem de métodos aproximados, tais como a utilização de Redes Neurais Artificiais. Alguns exemplos de utilização das RNAs se dão na classificação de solos na modelagem constitutiva das areias e na simulação da relação tensão-deformação dos solos.

### **4.3 ENGENHARIA ESTRUTURAL**

As RNAs podem ser empregadas, por exemplo, na avaliação de danos estruturais. Sistemas estruturais em suas variadas aplicações, incluindo-se veículos espaciais, automóveis e estruturas de engenharia civil, tais como prédios, pontes e plataformas de petróleo off-shore, acumulam dano durante suas vidas úteis. Em muitas situações, tal dano pode não ser visualmente observado. Do ponto de vista da segurança e do desempenho da estrutura torna-se desejável monitorar esta possível ocorrência, localizá-la e quantificá-la.

Deste modo, as RNAs identificam e quantificam o estágio do dano na estrutura, através

do aprendizado da relação causa-efeito, com base na presença dos defeitos e na variação da resposta estrutural dinâmica. O vetor de entrada das RNAs pode ser formado a partir dos valores das frequências naturais experimentais da estrutura, enquanto que o vetor de saída pode ser formado pelos níveis de falha existentes. A detecção de danos é muito importante para a adoção de medidas corretivas para garantir a segurança estrutural e para o cálculo da vida útil da estrutura.

As RNAs podem ser empregadas em conjunto com o Método de Simulação Direta de Monte Carlo, envolvendo avaliação de probabilidades de falha. Esta abordagem de natureza probabilística inclui o efeito de variabilidade espacial de suas propriedades (não lineares), frente à aleatoriedade das propriedades estruturais e de carregamento. Este tipo de problema envolve um grande número de variáveis aleatórias, por exemplo, na análise de treliças e pórticos planos e espaciais. As RNAs em conjunto com os Algoritmos Genéticos podem ser utilizados na otimização de estruturas reticuladas, na avaliação da melhor disposição das variáveis de projeto através da minimização ou maximização de funções objetivo.

### **4.4 ENGENHARIA DE TRANSPORTES**

No âmbito da Engenharia de Transportes, as RNAs aplicam-se principalmente na resolução de problemas envolvendo logística, planejamento e operação de transportes, por exemplo, para a estimativa de matrizes de origem-destino de carga. Esta aplicação foi realizada de forma pioneira por DOUGHERTY (1995). O autor analisou e listou os tipos de redes neurais mais eficientes, apontando os erros mais comuns e indicando os principais obstáculos para o desenvolvimento de modelos para Engenharia de Transportes.

Em seu trabalho de pesquisa, DOUGHERTY (1995) listou as principais aplicações das RNAs para a área de Transportes, no que diz respeito ao comportamento dos motoristas, classificação

e detecção de veículos, controle de tráfego, manutenção de pavimentos, transporte de cargas e logística, análise de padrão de tráfego etc. Cabe ressaltar que estes modelos matemáticos podem ser aplicados, também, nos setores de transportes rodoviários, aquaviários, ferroviários e aéreos.

Na engenharia de tráfego rodoviário, as RNAs podem resolver de forma eficiente problemas envolvendo matrizes origem-destino (OD) que são utilizadas para previsão de fluxo de trânsito. As RNAs oferecem boas opções para a manutenção de pavimentos, oferecendo diagnósticos e prognósticos. Neste caso, são usados processamentos de imagens de superfícies rodoviárias. No setor aquaviário, por sua vez, as Redes Neurais são bastante úteis para o controle de tráfego em ambientes confinados (canais).

Em seguida, a Figura 7 apresenta uma das aplicações das RNAs no planejamento de transportes para a estimativa de um índice potencial de viagens a partir de variáveis de mobilidade e acessibilidade. Neste gráfico ilustrado pela Figura 7 apresenta-se uma comparação onde são plotados concomitantemente resultados observados e resultados previstos nas RNAs para um conjunto teste. A linha reta representa a distribuição ideal dos pontos no gráfico, o que fornece uma idéia da dispersão dos erros do método utilizado.

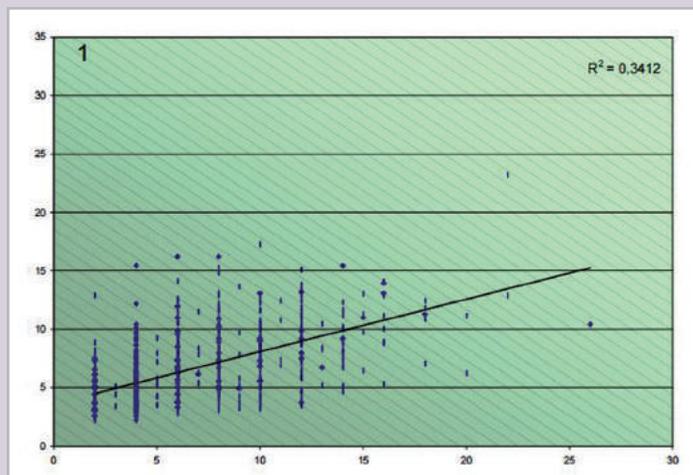


Figura 7 - Gráfico de dispersão entre o número de viagens observadas e o de viagens previstas pelas RNAs (RAIA JUNIOR, 2000)

#### 4.5 GERENCIAMENTO DE OBRAS CIVIS

Os diversos fatores que devem ser levados em conta no gerenciamento de operações no canteiro de obras não são totalmente conhecidos quando se faz previamente a programação da obra, de tal forma que uma tomada de decisão pelos engenheiros é uma tarefa de grande complexidade. Assim sendo, diversas técnicas computacionais têm sido empregadas, tais como simulação e programação matemática, partindo-se de modelos já consagrados como CPM e LOB.

As limitações e deficiências destas técnicas, quando aplicadas ao problema do gerenciamento da construção, têm implicado em resultados divergentes da realidade dos canteiros de obra, sendo essas técnicas, razoavelmente aplicadas em modelos de programação que somente são alimentados a posteriori pelos fatos observados no canteiro de obras. Tal fato tem gerado estudos que visam descrever um modelo de planejamento de obras baseado no emprego das RNAs para planejar os serviços e operações nos canteiros de grandes obras, subsidiando assim, a tomada de decisão pelos engenheiros e supervisores, dessa forma, contribuindo para minimizar os efeitos devido às imprevisibilidades tão comuns na construção civil.

Para tal, faz-se necessário que sejam identificados os diversos fatores (quantitativos e qualitativos) que mais interferem na tomada de decisões para a execução das operações. Estes fatores representariam as entradas da RNA, o que implica necessidade de que se tenha um banco de dados resultantes do acompanhamento na execução de obras passadas, nas diversas condições de gestão desejadas. Os dados coletados alimentariam a rede neural, a qual, após ser efetivamente treinada, teria condições de auxiliar na tomada de decisões.

## 5. CONCLUSÃO

Os modelos baseados em Redes Neurais Artificiais apresentam inúmeras contribuições positivas para a Engenharia Civil. Dentre algumas das vantagens das RNAs pode-se citar a capacidade de auto aprendizado com conhecimentos adquiridos na tomada de decisões, a rapidez e o custo reduzido na implementação computacional, a imunidade às falhas, devido à operação em paralelo das unidades de processamento, a capacidade de generalização, mesmo com dados incompletos e imprecisos, a imunidade a ruídos (erros) e a grande adaptabilidade com aplicações de tempo real. Por outro lado, as RNAs também podem apresentar algumas desvantagens como, por exemplo, a necessidade de um grande volume de dados históricos para se desenvolver um bom aprendizado, a demora no treinamento e necessidade de tratamento prévio dos dados. Neste caso, dados com uma qualidade ruim, certamente podem produzir resultados insatisfatórios.

Cabe ressaltar que na Engenharia Civil, as RNAs possuem aplicações bastante relevantes em diversas áreas de pesquisa. Na Hidrologia, modelos de previsão de chuvas e vazões de rios são úteis em políticas de planejamento de recursos hídricos e no dimensionamento de reservatórios para aproveitamento hidroelétrico. Em Geotecnia, por sua vez, destacam-se as ferramentas para classificação de solos e sistemas de alertas contra escorregamentos. Na Engenharia Estrutural, destacam-se os modelos de detecção de falhas estruturais e otimização de projetos. Na Engenharia de Transportes, as RNAs são muito úteis em sistemas logísticos de planejamento e operação de transportes, enquanto que no setor de Planejamento de Obras Civas as ferramentas aplicam-se de forma eficiente e eficaz na gestão de canteiros de obras.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, A.T.R: Mecanismo de Adaptação Baseado em Redes Neurais Artificiais para Sistemas Hiperfídia Adaptativos. Tese Doutorado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina/SC, 2004.
- HAYKIN, S.: Redes Neurais: Princípios e Prática. Bookman Editora, 2001.
- MONTENEGRO, GOMES, L. F. C., S. M. G. L., VALENÇA, M. J. S. Modelo Baseado na Técnica de Redes Neurais para Previsão de Vazões na Bacia do Rio São Francisco. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 15(1), 05-15, 2010.
- BATTAGELLO, V.A., CORDEIRO, M.X., DAL PINO Jr, A.: Redes Neurais Aplicadas à Previsão de Séries Temporais. Divisão de Ensino Fundamental. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA.
- DOUGHERTY, M.: A Review of Neural Networks Applied to Transport. Transportation Research. Part C: Emerging Technologies. Vol. 3(4), pp. 247-260, 1995.
- RAIÁ JUNIOR, A.A.: Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens Utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informações Geográficas. Tese Doutorado em Engenharia Civil. Universidade de São Paulo (USP). São Carlos/SP, Brasil, 2000.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

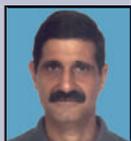
Participaram como coautores do presente artigo os Professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da UERJ.



### **Professor José Guilherme Santos da Silva**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PGECIV) da Faculdade de Engenharia (FEN) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

*Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (UFPA), Mestre e Doutor em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e Pós-doutor no Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE), no âmbito do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCTUC) da Universidade de Coimbra (UC).*



### **Professor Francisco José da Cunha Pires Soeiro**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PGECIV) da Faculdade de Engenharia (FEN) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

*Graduado em Engenharia Mecânica e de Automóveis pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), Mestre em Engenharia Mecânica pelo Instituto Militar de Engenharia (IME) e Doutor em Engineering Sciences pela Universidade da Flórida.*



**Capitão de Corveta (RM1-T) Vania Menezes Pereira da Silva**  
Assessora Jurídica da DOCM

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Veiga de Almeida, graduada em Direito pela Universidade do Rio de Janeiro, Pós-Graduada em Direito Público pela Universidade Gama Filho, Pós-Graduada pela Escola de Magistratura do Estado do Rio de Janeiro, Mestre em Engenharia Ambiental pela PUC-Rio.

# O TERMO DE EXECUÇÃO DESCENTRALIZADA (TED)

## 1. INTRODUÇÃO

Diante dos fatos novos que surgem, dia após dia, para a manutenção da Administração Pública e execução das suas atribuições, nasce a necessidade do Estado criar novas formas de contratar, não somente com o particular, mas também de realizar os movimentos financeiros que aperfeiçoem a boa gestão do dinheiro público, dando vida aos princípios da eficiência, transparência, efetividade, controle e probidade.

O termo ajuste abrange uma vasta modelagem contratual, desde os contratos administrativos tradicionais, regidos integralmente pela lei de licitações, até os convênios, consórcios, parcerias público-privadas, termos de cooperação, contratos de repasse, Termo de Execução Descentralizada (TED), dentre outros. Cada um deles tem como objetivo realizar o objeto a ser contratado pelo Estado, nas suas mais diversas necessidades.

O Termo de Execução Descentralizada é uma forma diferenciada de contratar, pois se trata, substancialmente, de um repasse financeiro entre os órgãos e/ou entidades integrantes do orçamento fiscal e da seguridade social da União, com o objetivo de realizar uma ação definida por metas, etapas e indicação dos recursos envolvidos, cujo custo certamente se torna mais competitivo do que aquele praticado pelo mercado, pois, de plano, verifica-se que é uma prestação de serviços sem a inclusão do lucro em seu custo de execução.

## 2. ARCABOUÇO JURÍDICO DO TED

O arcabouço jurídico do Termo de Execução Descentralizada é uma sucessão de normas ligadas ao momento econômico do país e às condições de repasse sob um regime rigoroso, para que se possa efetuar o devido controle do fluxo de recursos repassados e a sua correspondente ação executada. Este fluxo financeiro será operacionalizado de forma diferenciada também nos sistema de controle financeiro da União.

Ao efetuar uma busca nos sistemas governamentais<sup>(1)</sup> é possível constatar a vigência de poucos TED's em relação à quantidade existente de órgãos públicos com possibilidade de prestação de serviços. Em verdade, existem diversos órgãos públicos que executam serviços de interesse não somente para o próprio órgão, mas que também são de interesse de outros órgãos. Com isso, há inúmeras licitações para contratar o mesmo serviço prestado pela própria Administração Pública. Segundo o glossário disponível no sistema de convênios da União, tem-se a seguinte definição para o TED<sup>(2)</sup> :

*Instrumento por meio do qual é ajustada a descentralização de crédito entre órgãos e/ou entidades integrantes dos Orçamentos Fiscal e da Seguridade Social da União, para execução de ações de interesse da unidade orçamentária descentralizadora e consecução do objeto previsto no programa de trabalho, respeitada fielmente a classificação funcional programática.*

<sup>(1)</sup> Portal de Convênios do Ministério de Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (SICONV) e Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal (SIAFI).

<sup>(2)</sup> Disponível em <http://portal.convenios.gov.br/ajuda/glossario/termo-de-execucao-descentralizada>. Acesso em 07fev2018.

A palavra acordo vem do Latim ACCORDARE, uma variante de CONCORDARE, estar em harmonia, concordar, de COM, junto, mais COR, coração<sup>(3)</sup>. O Termo de Execução Descentralizada é um acordo, tecnicamente conhecido como Contrato da Administração, em seu sentido amplo, que visa alcançar todos os ajustes bilaterais firmados pela Administração. Logo, esta expressão Contrato da Administração é um gênero de diversos tipos de ajustes<sup>(4)</sup>.

OTED, como um ajuste bilateral, enquadra-se como um ajuste de descentralização orçamentária de um órgão para o outro, com um fim específico de executar ações de interesse de ambos os órgãos envolvidos, denominados órgão descentralizador e órgão descentralizado.

Não se pode dizer que o TED é um contrato administrativo, em seu sentido estrito, já que o conceito de contrato administrativo, adotado na presente pesquisa, é o do doutor Carvalho Filho<sup>(5)</sup>:

*Ajuste firmado entre a Administração Pública e um particular, regulado basicamente pelo direito público, e tendo por objeto uma atividade que, de alguma forma, traduza o interesse público.*

De plano, fica fácil de entender o porquê do não enquadramento neste conceito, já que a transferência dos recursos é feita entre dois órgãos públicos, e não entre a Administração Pública e um particular.

Além disso, pode-se depreender a não obrigatoriedade da subsunção à Lei nº 8.666/1993, sendo recomendável, contudo, a observância de alguns conceitos ali prescritos, já que podem ser utilizados por analogia para a melhoria da instrução processual do TED, que deve ser executado após

farta instrução processual dos atos que o antecedem e subsidiam a sua formalização no Sistema Integrado da Administração Financeira (SIAFI)<sup>(6)</sup>.

A descentralização financeira está prevista no Decreto nº 825, de 28 de maio de 1993<sup>(7)</sup>, que estabelece as normas para a programação e execução orçamentária e financeira dos orçamentos fiscal e da seguridade social, aprova quadro de cotas trimestrais de despesa para o Poder Executivo e dá outras providências. Em seguida, foi editada a norma sobre licitações e contratos, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993<sup>(8)</sup>. A Portaria Conjunta nº 8, de 7 de novembro de 2012<sup>(9)</sup>, contém a indicação dos elementos mínimos que devem compor a minuta de um Termo de Cooperação para Descentralização de crédito: I - Identificação: (Título/Objeto da Despesa); II - UG/Gestão-Repassadora e UG/Gestão-Recebedora; III - Justificativa: (Motivação/Clientela/Cronograma físico); IV - Relação entre as Partes: (Descrição e Prestação de Contas das Atividades) e V - Previsão Orçamentária: (Detalhamento Orçamentário com Previsão de Desembolso). E ainda há o Decreto nº 6.170, de 25 de julho de 2007<sup>(10)</sup>, que dispõe sobre as normas relativas às transferências de recursos da União mediante convênios e contratos de repasse, e dá outras providências.

A despeito de se tratar de um ajuste com um repasse financeiro como gênero, as regras relativas às transferências de recursos da União mediante convênios e contratos de repasse, dispostas na Portaria Interministerial nº 424, de 30 de dezembro de 2016 (que estabelece normas para execução do estabelecido no Decreto nº 6.170, de 25 de julho de 2007) não contemplam o Termo de Execução Descentralizada (TED), como se verifica em seu art. 2º, entretanto, sugere-se que alguns conceitos ali descritos sejam adotados.

(3) Disponível em <http://origemdapalavra.com.br/site/palavras/acordo/>. Acesso em 19jan2018.

(4) FILHO, José dos Santos Carvalho. Manual de Direito Administrativo. 25ª ed., São Paulo: Atlas, 2012, pg. 173

(5) Ibidem, pg. 173

(6) Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br/siafi>. Acesso em 8fev2018.

(7) Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/Antigos/D0825.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D0825.htm). Acesso em 6mar2018.

(8) Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8666cons.htm). Acesso em 6mar2018.

(9) Disponível em: <http://portal.convenios.gov.br/legislacao/portarias/portaria-conjunta-n-8-de-7-de-novembro-de-2012>. Acesso em: 6mar2018.

(10) Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6170.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6170.htm). Acesso em: 6mar2018.

Neste tipo de ajuste, haverá duas figuras diferenciadas: a unidade descentralizadora e a unidade descentralizada. O seu objeto deve estar diretamente ligado à ação orçamentária que foi conferida à unidade descentralizadora, o que quer dizer que esta está delegando à unidade descentralizada a execução de um serviço que lhe foi direcionado por meio de plano de trabalho estabelecido na forma de metas, etapas e fases. O fato mais importante é que o objeto a ser executado no TED deve estar previsto no Plano de Trabalho da unidade descentralizadora e a unidade descentralizada

tem que ter a aptidão para executar o serviço a ele destinado, pois no caso de subdelegação deste serviço pela unidade descentralizada haverá uma distorção da finalidade do TED.

A execução do Plano de Trabalho é de fundamental importância, pois as dotações descentralizadas serão empregadas obrigatória e integralmente na consecução do objeto previsto pelo mesmo, devendo ser respeitada fielmente a classificação funcional programática.

### 3. CONCLUSÃO

A necessidade de se obter bens e serviços a menor custo tem sido um requisito desafiador para as ações do gestor público. Embora as licitações públicas sejam um procedimento que tem na seleção a busca da melhor proposta ao menor custo, nem sempre isso se torna uma realidade. Os fornecedores que se habilitam a receber da Administração Pública por empenho tem receio do grande risco de não ocorrer o efetivo pagamento, além de já ter embutido em seu comportamento o mau hábito de incluir despesas indiretas que podem vir a não ocorrer durante a execução do serviço/entrega do material/equipamento. Assim, nem sempre a proposta da empresa licitante vencedora do certame representa que a Administração obteve o melhor preço, ou de baixo custo.

O TED é um ajuste que representa a otimização dos recursos da Administração Pública sob uma visão gerencial e financeira de forma macro e pode e deve ser considerado como um excelente instrumento de contratação entre os órgãos públicos.





**Primeiro-Tenente (EN) ) Julio Cesar Gonçalves da Silva**

Ajudante da 3ª Seção de Arquitetura do Departamento de Projetos

*Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Mestre e Doutor em Engenharia Civil pelo Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ, estágio Pós-Doutoral como Pesquisador Visitante no National Institute of Standards and Technology (NIST) nos Estados Unidos da América e no Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.*

# ANÁLISE FLUIDO-TERMOMECÂNICA DO COMPORTAMENTO DE ESTRUTURAS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, graves incêndios ocorridos em instalações industriais demonstram que mesmo em face da baixa probabilidade de ocorrência destes eventos, seu elevado grau de destruição é responsável por vastos prejuízos, sejam estes em perdas materiais, perdas humanas ou danos ambientais. Este tipo de acidente pode ser visto até mesmo em instalações de grande porte, que em geral possuem ambientes altamente controlados e onde os prejuízos financeiros podem atingir grandes escalas. Acidentes graves ocorridos nos últimos anos demonstram a fragilidade deste tipo de instalação, perante o poder de destruição de incêndios fora de controle.



Incêndio atinge tanques de combustível em Santos,  
no litoral de São Paulo (fonte: g1.globo.com)

Um dos casos marcantes em nosso país foi o incêndio que causou o afundamento da plataforma P-36 da Petrobrás, no dia 15 de março de 2001. Além da perda da plataforma, estimada em 500 milhões de reais e das 11 vítimas fatais, os prejuízos foram largamente ampliados pela interrupção da produção. Na época do acidente, os 80 mil barris diários extraídos por esta plataforma correspondiam a 6% da produção nacional.



Incêndio causou o afundamento da Plataforma P-36 da Petrobrás  
Fonte <https://dinamicaglobal.files.wordpress.com/2016/01/p-36.png>

Um grande incêndio, iniciado no dia 02 de abril de 2015, atingiu seis tanques de combustíveis no Porto de Santos/SP e demorou 192 horas para ser considerado extinto. Durante o combate foram utilizados 8 bilhões de litros de água que, em parte, foram escoados para o mar, provocando grande impacto ambiental. A interdição do acesso ao Porto de Santos também gerou graves prejuízos financeiros.

O comportamento de elementos estruturais em situação de incêndio é comumente avaliado através de procedimentos simplificados, disponíveis em normatização nacional e internacional, como por exemplo: ABNT NBR 15200: 2012, ABNT NBR 14323: 2013 e EN 1993-1-2: 2005. Entretanto, estas simplificações não são capazes de considerar efeitos de segunda ordem ou mesmo o comportamento global de estruturas, pois estão restritas a formulações analíticas para membros isolados e às teorias de pequenas deformações e pequenos deslocamentos.



Incêndio atinge tanques de combustível em Santos, no litoral de São Paulo (fonte: g1.globo.com)

Atualmente, modelos numéricos avançados baseados no Método dos Elementos Finitos (MEF), permitem a avaliação do comportamento global de estruturas, considerando não linearidades geométricas e o regime inelástico dos materiais. Todavia, a aplicação destes modelos para situação de incêndio é realizada através de uma representação simplificada das condições de exposição térmica, como por exemplo, a curva de incêndio padrão, presente em ABNT NBR 14432: 2001 e EN 1991-1-2: 2002, com destaque para os seguintes trabalhos: Dotreppe e Franssen (1985), Franssen (2005), Landesmann e Batista (2005), Landesmann et al. (2005), Sarraj et al. (2007), Wang et al. (2010) e Dai et al. (2010). Vale ressaltar que estas simplificações não são capazes de representar as condições reais do incêndio, ou mesmo sua evolução ou duração (SILVA, 2014).

Por outro lado, modelos baseados na Fluidodinâmica Computacional (FDC) são capazes de fornecer uma descrição mais realística do desenvolvimento do incêndio, considerando a distribuição espacial da carga térmica, bem como sua influência na evolução do campo de temperaturas do meio (MCGRATTAN et al., 2013a; MCGRATTAN et al., 2013b). Embora seja possível observar um histórico avanço no desenvolvimento de cada uma destas áreas, apenas nos últimos anos foi possível observar esforços no sentido de realizar uma análise refinada capaz de considerar as contribuições de ambos os campos, podendo citar: Prasad e Baum (2005), Kumar et al. (2006), Duthinh et al. (2008); Baum (2011), Silva e Landesmann (2010a), Silva e Landesmann (2010b), Silva e Landesmann (2013), Silva et al. (2014), Silva (2014), Silva et al. (2016) e Zhang et al. (2016).

Recentemente, Silva (2014) apresentou uma metodologia capaz de extrair as variáveis necessárias dos resultados da simulação de incêndio (FDC) e prescrever a exposição térmica como condição de contorno da etapa termomecânica (MEF), realizando um acoplamento unidirecional entre estes dois campos de análise. O objetivo do presente artigo é oferecer uma breve introdução desta metodologia, que viabiliza uma forma direta de avaliar o estado de tensões, a degradação dos materiais e a estabilidade global de estruturas em cenários específicos de incêndio.

## 2. METODOLOGIA

A descrição do comportamento de estruturas em situação de incêndio, através de um modelo fluido-termomecânico, trata de um domínio que engloba os espaços abertos por onde o fogo e a fumaça escoam, somados à estrutura e seus componentes; através dos quais a energia térmica e os carregamentos mecânicos são distribuídos. Entretanto, as etapas envolvidas na solução do problema proposto requerem diferentes métodos de solução, e a realização desta tarefa através de um único domínio esbarra em diversas complicações, como por exemplo, as dimensões das células e ou elementos, assim como diferenças nos algoritmos e passos de tempo (SILVA, 2014; SILVA et al., 2016).

Sendo assim, este procedimento decompõe o domínio único descrito acima e ilustrado na Figura 2a, em duas partes: a primeira é utilizada para a simulação do incêndio e a segunda volta-se para a análise termomecânica das estruturas. Durante a simulação do incêndio, a estrutura é representada de forma simplificada e o domínio é ampliado para captar adequadamente a propagação do incêndio e o escoamento da fumaça e dos gases quentes, como pode ser observado na Figura 2b. Já na análise termomecânica, somente a estrutura é avaliada e a etapa anterior é representada apenas pela aplicação do fluxo de calor, como condição de contorno, nas superfícies expostas ao incêndio (Figura 2c). Com a finalidade de transferir as informações, entre as etapas da análise, ambos os domínios possuem o mesmo sistema de coordenadas espaciais (Figuras 2b e 2c).

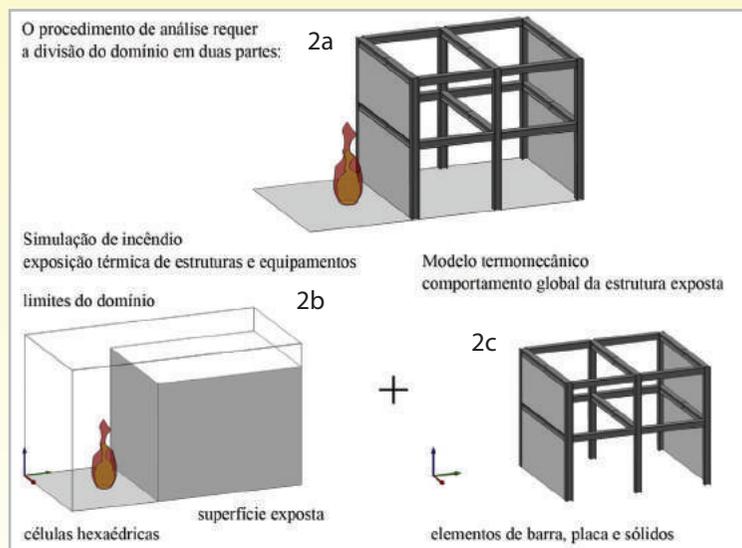


Figura 2 - Ilustração da divisão do domínio para o procedimento de análise:  
 - 2a) descrição do problema;  
 - 2b) representação para a simulação do incêndio;  
 - 2c) discretização para a análise termomecânica (fonte: SILVA, 2014).

Modelos avançados voltados para simulação de incêndios - como por exemplo, o Fire Dynamics Simulator (FDS, MCGRATTAN et al., 2013) - são capazes de prover resultados que representam a descrição tridimensional da evolução do incêndio, a energia radiativa incidente em superfícies e a temperatura nos gases. Entretanto, não são capazes de obter a distribuição de temperatura em sólidos de forma precisa (SILVA, 2014). Conseqüentemente, o fluxo total de calor não pode ser calculado adequadamente ao final da simulação do incêndio. Deste modo, para transpor esta barreira torna-se necessário um tratamento adicional às superfícies expostas.

Para estabelecer a interface entre a simulação de incêndio e a análise termomecânica de maneira mais apurada, considera-se o conceito da temperatura da superfície adiabática (*Adiabatic Surface Temperature - TAST - WICKSTRÖM, 2004*). Diversos trabalhos de pesquisa consideram que esta variável é capaz de combinar a complexidade do fenômeno de transferência de calor, por radiação e convecção, em uma única variável escalar, podendo citar: Wickström et al. (2007), Sandström et al. (2009) e Wickström et al. (2010). Entretanto, a metodologia desenvolvida por Silva (2014) considera necessário transferir ainda o coeficiente de transferência de calor por convecção ( $h$ ) para uma definição correta do fluxo total de calor. A combinação destas duas variáveis ( $h$  e TAST - resultados da simulação do incêndio) gera a caracterização da exposição térmica das superfícies.

Com a finalidade de obter estas variáveis de forma automatizada, o código FDS2FTMI foi criado e incluído no repositório oficial do FDS (MCGRATTAN et al., 2013a). Esta ferramenta varre os resultados obtidos ao final da simulação do incêndio e obtém as variáveis necessárias para incluir as condições de contorno adequadas na análise termomecânica. Recentemente, o FDS2FTMI foi utilizado por diversos trabalhos, destacando: Silva et al. (2014), Silva (2014), Silva et al. (2016) e Zhang et al. (2016).

OANSYS(SAS,2009)é uma ferramenta computacional comercial baseada no Método dos Elementos Finitos (MEF), voltada para simulação numérica de diversos fenômenos físicos. Esta ferramenta é utilizada aqui para realizar uma análise termomecânica baseada no método da transferência de carregamentos. Neste método, as duas análises são resolvidas separadamente e os resultados obtidos são aplicados como carregamento na etapa seguinte. No caso da análise termomecânica, a distribuição de temperatura nos elementos estruturais é prescrita no modelo mecânico; e a análise mecânica permite determinar o comportamento estrutural global durante o tempo de evolução do incêndio. Os efeitos da expansão térmica não são considerados durante a análise térmica, uma vez que a mesma não inclui os deslocamentos como graus de liberdade em sua solução. Sendo assim, este efeito é considerado durante a análise mecânica. Através deste tipo de análise é possível obter os deslocamentos, tensões e deformações, durante o aquecimento e arrefecimento da estrutura.

Nas análises simplificadas, utilizadas comumente pela engenharia de estruturas, considera-se, até mesmo por critérios de utilização, que os deslocamentos e deformações sofridos pela estrutura são pequenos em relação às dimensões da mesma. Diferente do comportamento estrutural em temperatura ambiente, durante a ação de incêndios é possível admitir que a estrutura sofra deslocamentos e deformações desde que a estabilidade global seja mantida. Desta forma, a não linearidade geométrica deve ser incluída nas análises avançadas de estruturas submetidas à ação de incêndios, permitindo também a consideração de efeitos de segunda ordem, como efeitos de catenária e membrana. Tais efeitos podem levar a uma ampla modificação no comportamento destas estruturas, o que não é capturado por análises simplificadas ou procedimentos normativos.

### 3. ESTUDO DE CASO

Neste estudo, um pilar em perfil H simplesmente apoiado é exposto a um incêndio localizado. O pilar possui 3 metros de altura e seção transversal com 0.3 m (mesa) x 0.4 m (alma) e 12.5 mm de espessura de alma e 16 mm de espessura das mesas. O cenário de incêndio é uma poça (pool fire) de 20 cm x 20 cm, localizada a 40 cm da alma (a partir do centro da poça), como apresentado na Figura 3. A tensão de escoamento do aço é 250 MPa e o módulo de elasticidade é 205 GPa, em temperatura ambiente (20°C). As propriedades térmicas e mecânicas são consideradas como dependentes da temperatura, como sugerido em EN 1993-1-2: 2005.

O pilar é discretizado através de elementos de placa (shell elements - MEF) e cada lado destes elementos planos estará exposta a uma condição de exposição térmica distinta, tanto radiação incidente como temperatura do gás ao redor da superfície serão diferentes. O código é projetado para incluir esta habilidade: de prescrever o fluxo de calor correspondente nas camadas superior e inferior dos elementos de placa de acordo com a exposição térmica. A distribuição da TAST aos 15 minutos de desenvolvimento de incêndio é apresentada na Figura 3. Como a fonte do incêndio está próxima à alma, a região da alma próxima ao incêndio alcançará as temperaturas mais elevadas e estará mais aquecida do que as demais partes da seção transversal (Figura 3a). O modelo discretizado através do MEF é apresentado na Figura 3b, onde alguns pontos seguem destacados para facilitar a leitura dos resultados, considera-se ainda a face exposta ao incêndio com o índice 1 e a outra face com o índice 2.

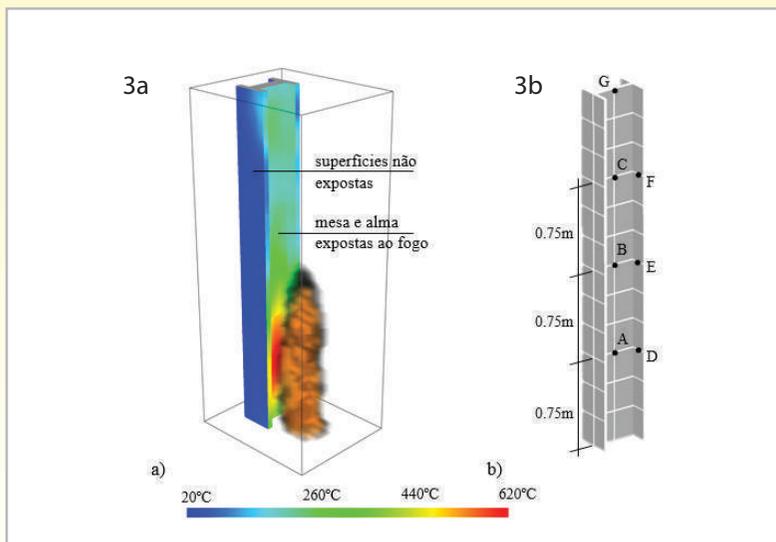


Figura 3 - Ilustração do cenário de incêndio com pilar em perfil H e distribuição da TAST em 15 min:  
- 3a) modelo 3D;  
- 3b) modelo MEF.

A distribuição da temperatura da superfície segue ilustrada na Figura 4 e sua evolução segue apresentada na Figura 5. As temperaturas máximas foram alcançadas nos pontos próximos à fonte do incêndio, A e D. No ponto A1, a temperatura está ao redor dos 430°C com 1 h de evolução do incêndio, e 425°C em A2 no mesmo instante. Nesta temperatura, o aço já apresenta redução na tensão de escoamento. Para os pontos D1 e D2, a temperatura é de aproximadamente, 369°C, e 363°C, respectivamente. A temperatura decresce de acordo com a distância da origem do incêndio (B, E – Figura 5) e estes pontos estão mais afetados pela condução térmica do que pela exposição ao incêndio (Figura 4).

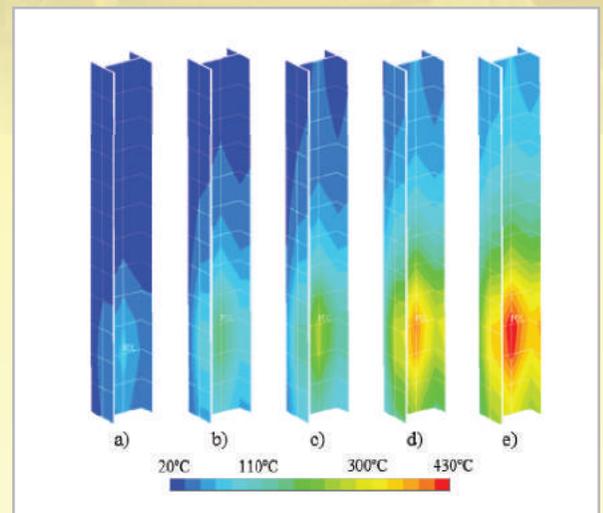


Figura 4 - Distribuição da temperatura na superfície do pilar:  
4a) 5 min; 4b) 10 min; 4c) 15 min; 4d) 30 min; 4e) 60 min.

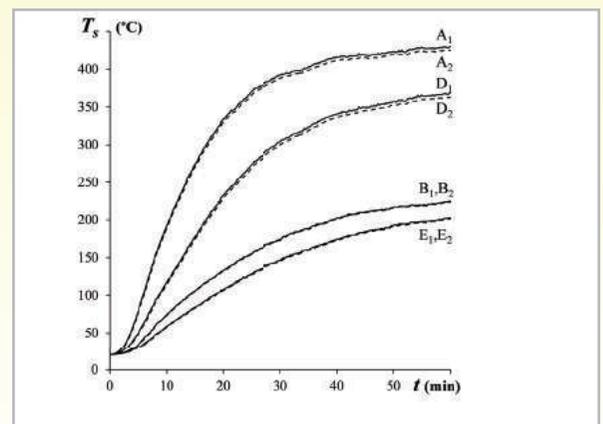


Figura 5 - Evolução da temperatura na superfície em função do tempo de desenvolvimento do incêndio.

Este pilar simplesmente apoiado está submetido à carga vertical de 325 kN, o que corresponde a 1/50 da carga crítica de flambagem de Euler. Nestas condições, o pilar estaria próximo ao estado de tensão uniforme e os deslocamentos horizontais gerados seriam relacionados ao gradiente térmico aplicado pelo incêndio localizado.

A distribuição das tensões de von Mises ( $S$ ) segue ilustrada na Figura 6, e a evolução da tensão de von Mises e dos deslocamentos ( $\delta$ ) nos pontos do pilar (Figura 3) seguem na Figura 7a e 7b. No início do incêndio, as tensões estão mais altas nas áreas próximas a origem do incêndio (que também possuem as temperaturas mais altas – Figura 4). A expansão das áreas mais aquecidas das mesas cria um momento fletor devido ao gradiente de temperaturas (Figura 4c), o que gera deslocamentos horizontais (A, D – Figura 6d,e; Figura 7b). O módulo de elasticidade e o limite de proporcionalidade começam a regredir a partir dos 100 °C (EN 1993-1-2: 2005). Estas modificações nas propriedades mecânicas do material reduzem o estado de tensões e aumentam as deformações em alguns pontos da estrutura (Figura 6d,e,f; Figura 7a). Como um exemplo, no ponto A, um pico na tensão de von Mises é observado aos 12 minutos de evolução do incêndio (Figura 7a) quando a temperatura está ao redor dos 220 °C. Esta mudança abrupta é motivada pela redução do limite de proporcionalidade e do módulo de elasticidade, que afetam o comportamento da estrutura mesmo antes de redução na tensão de escoamento (o que se inicia aos 400 °C, ou 34 minutos para o ponto A – Figura 5). Como este pilar é simplesmente apoiado, o deslocamento vertical não é restringido e a expansão térmica faz com que o pilar aumente seu tamanho. O deslocamento vertical no topo do pilar atinge os 7 mm após 1 h de desenvolvimento de incêndio (G – Figura 3) como exposto na Figura 7a e 7b.

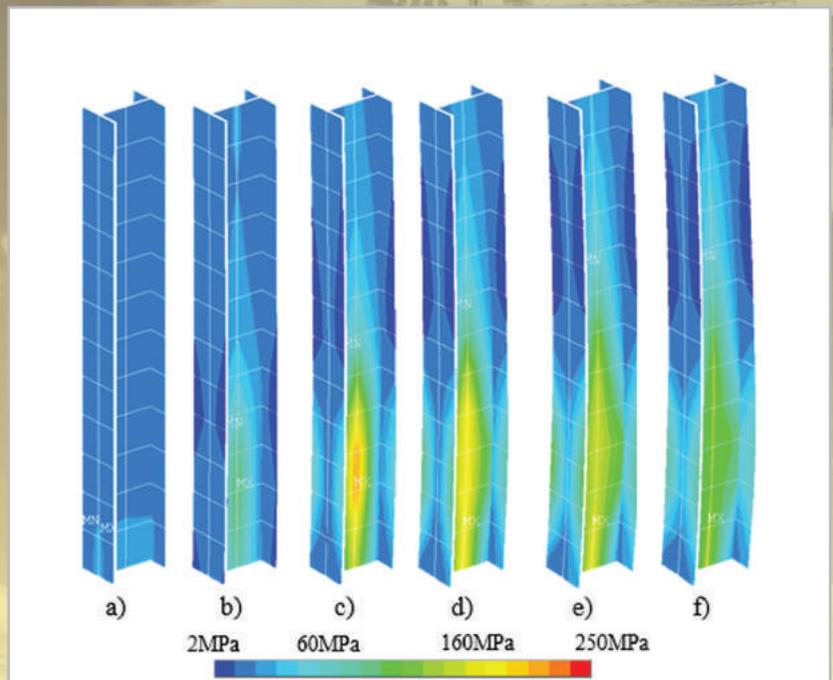


Figura 6 – Distribuição das tensões de von Mises (deslocamentos amplificados em 15x): 6a) início; 6b) 5 min; 6c) 10 min; 6d) 15 min; 6e) 30 min; 6f) 60 min.

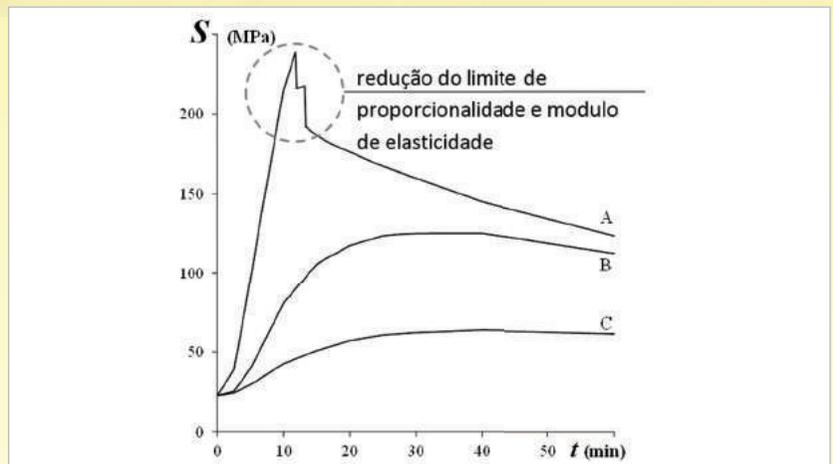


Figura 7a - Evolução do comportamento termomecânico: tensões de von Mises

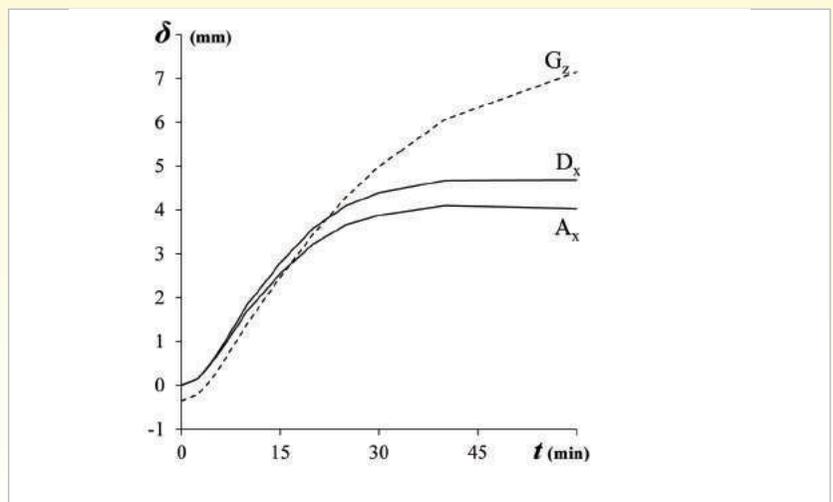


Figura 7b - Evolução do comportamento termomecânico: deslocamentos.

## 4. CONCLUSÕES

Este exercício demonstra a aplicabilidade desta metodologia para analisar o comportamento de estruturas em situações de incêndio. O código e as rotinas criadas para automatizar o procedimento desta metodologia permitem a aplicação desta metodologia a estruturas de grandes dimensões, como instalações industriais de alto nível (plataformas e refinarias de petróleo, estruturas de contenção em instalações nucleares, isolamento de rotas de fuga etc.). Um estudo de validação deste procedimento foi apresentado ainda em Zhang et al. (2016), com boa correlação entre os resultados.

A metodologia de análise baseia-se em um acoplamento unidirecional, pois a etapa termomecânica utiliza os resultados obtidos pela simulação do incêndio. Desta forma, pequenas modificações na estrutura, modificações na malha de elementos finitos e/ou redimensionamentos, não requerem que todo o procedimento seja reiniciado. Além desta, outra vantagem do acoplamento unidirecional é permitir que cada etapa da análise seja realizada por um grupo de pesquisa, cada um com suas respectivas expertises.

## 5. BIBLIOGRAFIA

ABNT NBR 14323: 2013, Dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas aço-concreto de edifícios em situação de incêndio, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2013.

ABNT NBR 14432: 2001, Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2001.

ABNT NBR 15200: 2012, Dimensionamento de pilares em situação de incêndio, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2012.

BAUM, H., 2011, "Simulating fire effects on complex building structures", *Mechanics Research Communications*, v. 38, pp. 1-11.

DAI, X.H., WANG, Y.C., BAILEY, C.G., 2010, "Numerical modelling of structural fire behaviour of restrained steel beam-column assemblies using typical joint types", *Engineering Structures*, v. 32, pp. 2337-2351.

DOTREPPE, J. e FRANSSSEN, J., 1985, "The Use of Numerical Models for the Fire Analysis of Reinforced Concrete and Composite Structures", *Engineering Analysis*, v. 2 (2), pp. 67-74.

DUTHINH, D., MCGRATTAN, K., KHASKIAC, A., 2008, "Recent advances in fire-structure analysis", *Fire Safety Journal*, v. 43, pp. 161-167.

EN 1991-1-2, 2002, EUROCODE 1 - Actions on Structures - Part 1-2: General Actions - Actions on Structures exposed to fire, Comité Européen de Normalisation, Brussels.

EN 1993-1-2, 2005, EUROCODE 3 - Design of steel structures - Part 1.2: Structural fire design, Comité Européen de Normalisation, Brussels.

FRANSSSEN, J., 2005, "SAFIR. A Thermal/Structural Program Modelling Structures under Fire", *Engineering Journal*, v. 42 (3), pp. 143-158.

KUMAR, S., MILES, S., WELCH, S., VASSART, O., ZHAO, B., LEMAIRE, A., NOORDIJK, L., FELLINGER, J., FRANSSSEN, J., 2006, FIRESTRUC

- Integrating advanced three-dimensional modelling methodologies for predicting thermo-mechanical behavior of steel and composite structures subjected to natural fires, Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel.

LANDESMANN, A. e BATISTA, E., 2005, "Inelastic analysis of cylindrical steel containment vessels under internal accident conditions", *Nuclear Engineering and Design*, v. 235, pp. 541-555.

LANDESMANN, A., BATISTA, E., ALVES, J., 2005, "Implementation of advanced analysis for steel-framed structures under fire conditions", *Fire Safety Journal*, v. 40 (4), pp. 339-366.

MCGRATTAN, K., HOSTIKKA, S., MCDERMOTT, R., FLOYD, J., WEINSCHENK, C., OVERHOLT, K., 2013a, *Fire Dynamics Simulator User's Guide*, NIST Special Publication 1019 (sixth edition), National Institute of Standards and Technology, Maryland, EUA.

MCGRATTAN, K., HOSTIKKA, S., MCDERMOTT, R., FLOYD, J., WEINSCHENK, C., OVERHOLT, K., 2013b, *Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide, Volume 1: Mathematical Model*, NIST Special Publication 1018 (sixth edition), National Institute of Standards and Technology, Maryland, EUA.

PRASAD, K. e BAUM, H. R., 2005, "Coupled fire dynamics and thermal response of complex building structures", In: *Proceedings of the Combustion Institute*, v. 30, pp. 2255-2262.

SANDSTRÖM, J., WICKSTRÖM, U., VELJKOVIC, M., 2009, "Adiabatic Surface Temperature: A sufficient Input Data for a Thermal Model", In: *Proceedings of Application of Structural Fire Engineering*, pp. 102-107, Prague, Czech Republic.

SARRAJ, M., BURGESS, I.W., DAVISON, J., PLANK, R., 2007, "Finite element modelling of steel fin plate connections in fire", *Fire Safety Journal*, v. 42, pp. 408-415.

SAS, 2009, *ANSYS Reference Manual - version 12*, Swanson Analysis Systems Inc.

SILVA, J.C. e LANDESMANN, A., 2010a, "Application of a 3D Fluid-Thermal-Mechanical Model for Performance-Based Analysis of Composite Structures under Fire", In: *Proceedings of SSRC Annual Stability Conference*, Orlando, EUA.

SILVA, J.C. e LANDESMANN, A., 2010b, "A coupled Fluid-Thermal-Mechanical Analysis of Composite Structures under Fire Conditions", In: *Proceedings of SDSS'Rio 2010 - Stability and Ductility of Steel Structures*, Rio de Janeiro, Brasil.

SILVA, J.C. e LANDESMANN, A., 2013, "Performance-based analysis of steel concrete composite floor exposed to fire", *Journal of Constructional Steel Research*, v. 83, pp. 117-126.

SILVA, J.C., 2014, *Modelo Tridimensional de Interface para Análise Fluido-Termomecânica de Estruturas em Situação de Incêndio*, Tese de Doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro.

SILVA, J.C., LANDESMANN, A., RIBEIRO, F.L., 2014, "Performance-based analysis of cylindrical steel containment Vessels exposed to fire", *Fire Safety Journal*, v. 69, pp. 126-135.

SILVA, J.C., LANDESMANN, A., RIBEIRO, F.L., 2016, "Fire-thermomechanical interface model for performance-based analysis of structures exposed to fire", *Fire Safety Journal*, v. 83, pp. 66-78.

WANG, P., WANG, Y., LI, G., 2010, "A new design method for calculating critical temperatures of restrained steel column in fire", *Fire Safety Journal*, v. 45, pp. 349-360.

WICKSTRÖM, U., 2004, "Heat transfer by radiation and convection in fire testing", *Fire and Materials*, v. 28, pp. 411-415.

WICKSTRÖM, U., DUTHINH, D., MCGRATTAN, K., 2007, "Adiabatic Surface Temperature for Calculating Heat Transfer to Fire Exposed Structures", In: *Proceedings of The Eleventh Interflam Conference*, Londres, Reino Unido.

WICKSTRÖM, U., ROBBINS, A., BAKER, G., 2010, "The Use of Adiabatic Surface Temperature to Design Structures for Fire", In: *Proceedings of Structures in Fire (SIF)*, pp. 951-958, Michigan, EUA.

ZHANG, C., SILVA, J.C., WEINSCHENK, C., KAMIKAWA, D., HASEMI, Y., 2016, "Simulation Methodology for Coupled Fire-Structure Analysis: Modeling Localized Fire Tests on a Steel Column", *Fire Technology*, v. 52, pp. 239-262.



**Primeiro-Tenente (RM2-EN) Luciana dos Santos da Costa Campos**  
Ajudante da Divisão de Orçamento da DOCM

*Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Volta Redonda - Fundação Oswaldo Aranha (UNIFOA).*



**Primeiro-Tenente (RM2-EN) Monica dos Santos Pereira**  
Ajudante da Divisão de Orçamento da DOCM

*Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Veiga de Almeida (UVA).*

# OS DESAFIOS METODOLÓGICOS DO ORÇAMENTO PÚBLICO

## 1. INTRODUÇÃO

Esse artigo tem como objetivo informar a importância que o administrador público deve ter com as etapas de planejamento, a qualidade do projeto básico e as etapas da elaboração do orçamento.

Para atingir o proposto, foi realizada pesquisa bibliográfica e entrevista com profissional experiente, com mais de trinta anos no mercado, para demonstrar como o orçamento elaborado de forma adequada pode ser um instrumento determinante para o sucesso de uma concorrência pública.

## 2. IMPACTO DO PLANEJAMENTO PARA ORÇAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS NO BRASIL

O administrador público deve se ater, com muito cuidado, ao planejamento, que tem na sua fase de elaboração anterior à licitação, o **Estudo Preliminar e/ou Anteprojeto**, o qual deve ter em mente o estudo de viabilidade técnica, viabilidade econômica e avaliação dos impactos ambientais, que precedem, obrigatoriamente, o projeto básico. Essa fase é muito importante para o sucesso do empreendimento; caso contrário, ao se constatar a configuração de prejuízos por falha da não

realização desses estudos, um projeto que não se presta a sua finalidade, deve ensejar apuração de responsabilidade e ressarcimento ao erário.

Orienta a Consultoria-Jurídica da União no Estado do Rio de Janeiro (CJU-RJ), reforçando essa ideia, com a leitura de "Boa Prática Consultiva":

- Boa Prática Consultiva - BPC nº 7 para aspectos técnicos a responsabilidade na tomada de decisão é sempre da autoridade gestora; e
- Boa Prática Consultiva - BPC nº 31 após a devolução do processo pela assessoria jurídica, pois faltaram elementos suficientes e conclusivos, caso as providências não sejam imprescindíveis a uma nova análise, caberá ao órgão corrigir ou resolver cada questionamento.

Diante disso, o gestor deve ser assessorado por profissional técnico sênior, que atue como gerente ao planejar um empreendimento, elaborando as informações e orientações de cada área de interesse.

O projeto de Arquitetura define o programa de necessidades nas especificações técnicas; o projeto de Estrutura estabelece o método construtivo, tais como necessidades de terraplanagem, acessos, pavimentações, mapeamento das infraestruturas existentes.

Aos projetos complementares acrescentam-se os estudos quanto às condições de sustentabilidade da obra, verifica-se sua aplicabilidade para o sistema de energia solar, captação de águas pluviais, medidores individualizados para consumo de água, energia, gás, etc.

É importante a existência dos critérios de sustentabilidade, tanto na economia de água, luz e materiais, como também para descarte dos resíduos sólidos (coletas de lixo, resíduos e entulhos), e líquidos (tratamento e destino de efluentes e águas servidas), adequados à legislação ambiental vigente.

### 3. A QUALIDADE DO PROJETO BÁSICO

Os aspectos normativos da administração pública visam o planejamento, organização, coordenação e controle (Princípios de Fayol). A implementação desses princípios constitui-se na responsabilidade principal do administrador.

**Com base na definição dada para o projeto básico pela Lei Geral de Licitações (LGL), Lei nº 8666/1993, são necessários:**

- a) Projetos de Arquitetura e Engenharia são as expressões gráficas;
- b) Especificações Técnicas, Memorial Descritivo e Caderno de Encargos de obra, são as definições escritas;
- c) Orçamento de referência são os valores monetários;
- d) Cronograma Físico-Financeiro é o compromisso no tempo;
- e) Edital de Licitação são as regras administrativas; e
- f) Contrato de Empreitada é a formalização legal.

### 4. PROJETOS DEFICIENTES

A falta de planejamento no dimensionamento do prazo necessário para elaboração de projetos, a falta de visão global e de critérios de medição para Fiscalização e o descomprometimento com o resultado são os principais problemas verificados na elaboração de projetos básicos e executivos, ocasionando a paralisação de obras, prorrogação e termos aditivos abusivos.

**É importante ao projetar além do estado da arte nos projetos gráficos, especificações claras e objetivas, é preciso buscar a visão dos critérios de medição:**

1	QUAIS NORMAS	Buscar nas normas de execução quais os controles da execução que se aplicam na medição
2	QUE MATERIAIS	Quais os materiais que são aplicados na medição
3	EQUIPAMENTOS	Que equipamentos se fazem necessários para medição
4	CONTROLE	Qual o controle de qualidade a exigir junto com a medição
5	COMPOSIÇÃO CUSTO UNITÁRIO	Ver o que compõem o preço unitário se de acordo com o especificado, para não ocorrer duplicidade de medição
6	COMO MEDIR	Qual a forma de medição
7	QUANTIDADES	Devem ser arbitradas de acordo com as unidades utilizadas no comércio ou no mercado facilitando a medição

## 5. ORÇAMENTO DE REFERÊNCIA

Segundo a Lei Geral de Licitação (LGL)

Seção II - Das Definições – Art. 6º Para os fins desta Lei, considera-se:

f) orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados;

Seção III - Das Obras e Serviços – Art. 7º As licitações para a execução de obras e para a prestação de serviços obedecerão ao disposto neste artigo e, em particular, à seguinte sequência:

§ 2º As obras e os serviços somente poderão ser licitados quando:

II - existir orçamento detalhado em planilhas que expressem a composição de todos os seus custos unitários.

### Quantitativos

O Acórdão AC 1874/2007 do Tribunal de Contas da União (TCU) veda o uso de planilhas orçamentárias com superestimativa dos quantitativos dos serviços previstos. É recomendado que não seja deixado à Fiscalização a tarefa de reter os quantitativos excedentes, uma vez que ela própria, está sujeita aos controles internos ditados pelo projeto da obra, tanto no referencial físico e financeiro do empreendimento.

### Preços

O decreto nº 7.983/2013 que consolidou as normas emanadas pelas Leis de Diretrizes Orçamentárias (LDO), ressalta a graduação da ação a ser desenvolvida pelo orçamentista para montar preços:

a) Art. 3º o preço tem como base a tabela SINAPI;

b) Art. 4º o preço para rodovias/estradas tem como base a tabela do Sistema de Custos Referenciais de Obra (SICRO) do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT);

c) Art. 6º quando não houver sucesso nas tabelas de referência é facultado obter preços em tabelas publicadas por entidades reconhecidas, bem como especializadas no ramo; e

d) Art. 8º quando necessário pode e devem ser ajustados os preços referenciais à sua necessidade pontual, demonstrada a pertinência em relatório técnico.

## Encargos Sociais

O detalhamento dos Encargos Sociais deve, também, ser anexado ao processo de licitação.

Quanto aos encargos sociais desonerados, instituído inicialmente pela Lei 12.546/2011 para obras e serviços da construção civil, em seu art. 7º, subtrai a alíquota de 20% do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), nos encargos sociais sobre a mão de obra e inclui a Contribuição Previdenciária sobre a Renda Bruta (CPRB), nos tributos do BDI. Com o advento da Lei 13.161/2015, que altera os valores da CPRB, prevista no Art. 7º para 4,5%; também altera o Art. 9º, no § 13 onde coloca que é opção pela tributação substitutiva prevista no Art. 7º será manifestada pela empresa mediante o pagamento da CPRB relativa a janeiro de cada ano, bem como no § 14, de que excepcionalmente, para o ano de 2015, a opção prevista será manifestada mediante o pagamento da CPRB relativa a novembro de 2015. Desta forma, a opção será manifestada mediante o pagamento da CPRB pela empresa contratada que, se for possível a desoneração, deverá constar no contrato.

## Benefício e Despesas Indiretas - BDI

O BDI é um elemento primordial no processo de formação de preços, pois representa parcela relevante no valor final do empreendimento.

Conforme a Súmula nº 258/2010 do TCU, é obrigatório anexar ao edital de licitação os detalhamentos das parcelas do BDI e as composições de custos unitários do orçamento; este último, não tem a obrigatoriedade de publicação devendo acostar ao processo de licitação, para eventual consulta em futuras prestações de contas.



Em conformidade com o TCU, em seu Acórdão nº 2622/2013, são as seguintes parcelas mínimas que compõem o BDI, para Obras e Serviços de Engenharia:

Sigla	Taxa	Valor Mínimo	Valor Médio	Valor Máximo
AC	Administração Central	3%	4%	5,5%
S + G	Taxa de Seguro mais Garantia	0,8%	0,8%	1,00%
R	Riscos e Imprevistos	0,97%	1,27%	1,27%
DF	Despesas Financeiras	0,59%	1,23%	1,39%
L	Lucro Bruto	6,16%	7,40%	8,96%
I	Taxa representativa dos impostos	6,65%	6,65%	6,65%

**Taxa Representativa dos Impostos: I = CONFINS + PIS + ISS + CPRB\***

**Federais:**

CONFINS = 3,00%

PIS = 0,65%

(Contribuição Previdenciária sobre a Receita Bruta) CPRB\*

**Municipais:**

ISS = 3,00%

\* no exemplo não foi acrescentado a alíquota que será de 2% para os contratos em vigor com essa alíquota, e posteriormente a janeiro de 2016 é opcional pagar 20% no INSS ou 4,5% de CPRB.

$$\text{Fórmula: BDI} = \frac{((1+AC+S+R+G) (1+DF) (1+L)) - 1}{(1-I)}$$

Importante saber que os parâmetros para taxas de BDI especificados no Acórdão nº 2622/2013, em substituição aos referenciais contidos nos Acórdãos nº. 325/2007 e 2.369/2011, são faixas de critérios estatísticos, conforme demonstrativo abaixo:

Tipos de Obra	Valor Mínimo	Valor Médio	Valor Máximo
Construção de edifícios	20,34%	22,12%	25,00%
Construção de rodovias e ferrovias	19,60%	20,97%	24,23%
Construção de redes: água, coleta de esgoto e pluviais	20,76%	24,18%	26,44%
Construção e manutenção de estações e redes energia	24,00%	25,84%	27,86%
Obras portuárias, marítimas e fluviais	22,80%	27,48%	30,95%

Há diversos fatores que tendem a influenciar as taxas de BDI, como o porte da empresa, sua natureza específica, sua localização geográfica, seu prazo de execução, a facilidade de encontrar fornecedores no local da obra, os riscos envolvidos nas contratações, a situação econômica e financeira da empresa e do país, dentre outros.

Portanto, não é razoável admitir apenas um valor médio de referência para o BDI de cada tipo de obra sem levar em conta uma margem ou faixa que possibilite contemplar todas essas variações que, na realidade, são observadas na formação do valor do BDI.

#### **BDI DIFERENCIADO – Súmula nº253/2010 do TCU**

Comprovada a inviabilidade técnico-econômica de parcelamento do objeto da licitação, nos termos da legislação em vigor, os itens de fornecimento de materiais e equipamentos de natureza específica que possam ser fornecidos por empresas com especialidades próprias e diversas e que representem percentual significativo do preço global da obra devem apresentar incidência de taxa de Bonificação e Despesas Indiretas - BDI reduzida em relação à taxa aplicável aos demais itens.

#### **Prazo**

No tocante ao prazo ou à validade para um projeto, ou para um orçamento, não se pode generalizar; é sempre algo a ser definido caso a caso, mas como critério inicial, utiliza-se 180 dias, que é o contido na Instrução Normativa nº 05 da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação (SLTI) do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), no Art. 2º: “A pesquisa de preços serão admitidos os preços cujas datas não se diferenciem em mais de 180 (cento e oitenta) dias”.

#### **Análise do Orçamento**

A partir do orçamento sintético verifica-se na curva ABC quais os serviços da obra que possuem grande impacto financeiro:

- de Classe A: de maior importância, valor ou quantidade, correspondendo a 20% do total;
- de Classe B: com importância, quantidade ou valor intermediário, correspondendo a 30% do total;
- de Classe C: de menor importância, valor ou quantidade, correspondendo a 50% do total.

Em seguida, verifica-se os preços de referência, para esses serviços. Os orçamentos analíticos, que são compostos pelas composições de custos unitários, são analisados e os preços dos insumos dos itens de maior relevância. Qualquer variação ou modificação na quantidade pode majorar substancialmente o orçamento total.

Nesta etapa é verificado se os preços dos insumos estão compatíveis com os de mercado e se as quantidades estão de acordo com o projeto.

Para cotação de preços dos insumos, conforme AC 2984/2013 do TCU, no tocante aos valores que impactam no empreendimento, curva “A”, os preços das tabelas de referência não contemplam descontos com a barganha para grandes quantidades e/ou efeito cotação. Recomenda-se efetuar pesquisa de mercado, mesmo que tenha o preço do Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), em conformidade com a Portaria do TCU de nº 128/2014, Art. 10, as pesquisas de preços no mercado deverão:

I - no caso de pesquisa de preços realizada em lojas na internet, ser documentados a página pesquisada em que conste o preço, a descrição do bem, e a data da pesquisa;

II - no caso de pesquisa de preços realizada por telefone, ser registrados e documentados o número do telefone, a data, o horário, o nome da empresa e das pessoas que forneceram o orçamento; e

III - no caso de pesquisa de preços realizada por e-mail ou correspondência, devem ser documentados o pedido e a resposta do fornecedor.

#### **Auxílio aos Orçamentistas**

Medidas para evitar as falhas comuns nos orçamentos públicos:

- (1) obter a descrição de todos os eventos, serviços e tarefas a serem executadas;
- (2) verificar as quantidades nas memórias de cálculo e, se corretas, devem estar bem claras de maneira a verificar os dimensionamentos e as quantificações feitas;
- (3) utilizar obrigatoriamente os preços das tabelas de referência;
- (4) na falta desses preços, elaborar composições de custos unitários, pesquisar preços no mercado em conformidade com a instrução normativa nº 5 do MPOG, utilizar de

outras publicações especializadas como o Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE) de Sergipe, Informativo SBC do Rio de Janeiro e Pini de São Paulo, bem como cumprir as exigências da Súmula 258/2010 do TCU que veda uso de unidades genéricas; e

(5) sempre apresentar a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e o Registro de Responsabilidade Técnica (RRT) do responsável pela elaboração do orçamento.

Essa sistemática é importante, pois há vários erros na apropriação do preço unitário e no levantamento dos quantitativos, por exemplo:

a) ocorrência de duplicidade, na aplicação do percentual de perdas nas quantidades dos materiais; e

b) ausência de descontos de vãos, taxas de empolamento, que afetam o cálculo das áreas significativas

#### **Auxílio aos projetistas**

Sugere-se a verificação ou atualização dos projetos e especificações com elaboração anterior a seis meses, em virtude de materiais que possam estar obsoletos.

Cabe ao projetista facilitar a visão do critério de medição de seu projeto.

Aos projetistas e orçamentistas na elaboração do projeto/orçamento recomenda-se:

- Verificar a especificidade do serviço para obter a melhor viabilidade técnico-econômica; e
- Priorizar a mão de obra mensalista. Utilizar a mão de obra horista somente quando sua produtividade for inferior a 176 horas mensais.

## **6. CONCLUSÃO**

Este trabalho objetivou analisar a relevância do orçamento como instrumento da gestão pública, demonstrando que um bom orçamento não é obtido sem a elaboração de um planejamento. Uma de suas tarefas é calcular os custos e a identificação imediata de distorções que podem gerar problemas aos gestores públicos.

Assim, observa-se que um orçamento de referência eficiente é fundamental para a Organização.

Portanto é necessário que o Orçamento de Referência seja eficiente e eficaz, para orientar o administrador na condução adequada dos negócios públicos, permitindo, também, esta comprovação junto aos órgãos fiscalizadores.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- TCU Obras Públicas - Recomendações básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas - 3ª Edição - 2013
- Lei nº 8666/1993 - Lei Geral de Licitação (LGL)
- Magaldi, Francisco José Brum. Relatório dos Representantes (RR) - Conclave I Seminário de Orçamento de Obras (I SEORC) - Diretoria de Obras Civas da Marinha - 2015
- DIAS, Paulo R. Vilela. Uma Metodologia de Orçamentação para Obras Civas, 5ª Edição - 2004.
- DIAS, Paulo R. Vilela. Novo conceito de BDI – Obras e Serviços de Consultoria, 4ª Edição -2011.
- DIAS, Paulo R. Vilela. Estimativa de Custos de Obras e Serviços de Engenharia, 2ª Edição -2011.





**Capitão-Tenente (EN) Douglas Rodriguez Brasil**  
Encarregado da Divisão de Prefeitura da Base Almirante Castro e Silva (BACS)

*Graduado em Engenharia Civil e Mestre em Estruturas pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).*

# AUMENTO DA RESISTÊNCIA DE PERFIS TUBULARES UTILIZANDO REFORÇO DE CHAPA

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, nota-se um incremento substancial do uso e aplicação dos perfis tubulares como elementos estruturais. Essas estruturas apresentam excelentes propriedades de resistência à compressão, torção e flexão nas diversas direções. Por serem constituídas por aço de elevada resistência e baixo peso próprio, as estruturas confeccionadas em perfis tubulares atendem a uma enorme variedade de solicitações de projeto, propiciando soluções leves e econômicas, conseqüentemente uma redução significativa nos custos devido à possibilidade de execução de uma fundação mais econômica, um canteiro de obras menos obstruído, mais limpo e racionalizado. Suas aplicações podem ser observadas nas diversas estruturas apresentadas nas Fotos 1, 2, 3 e 4.



Foto 2 - Passarela BR-060, Goiânia.



Foto 3 - Viaduto Transcarioca, Rio de Janeiro.



Foto 1 - Estádio Castelão, Fortaleza.



Foto 4 - Museu do Amanhã, Rio de Janeiro.

## 2. DIMENSIONAMENTO DE LIGAÇÕES TUBULARES

Dentre muitas vantagens, as que sobressaem na aplicação dessa tecnologia construtiva são flexibilidade e exiguidade. Perfis tubulares podem ser utilizados em estruturas mistas (tubos preenchidos com concreto), apresentando um ganho de resistência adicional a esforços aplicados. Por possuírem menor área superficial, se comparadas às seções abertas, são obtidos menores custos de pintura e proteção contra o fogo, facilitando os serviços de manutenção e minimizando seus custos.

Uma ligação do tipo “T” reforçada entre perfis RHS – seções tubulares retangulares para o banzo, CHS – seções tubulares circulares para o montante e uma chapa de espessura reduzida para o reforço, pode aumentar a resistência da estrutura de modo a suportar um carregamento maior do que seria suportado pela estrutura sem a chapa de reforço.

Para se dimensionar estrutura com perfis tubulares ou o reforço de uma ligação com perfis tubulares, são necessários que sejam considerados alguns critérios iniciais. Sendo assim, as equações propostas para cálculo da força resistente e as condições de validade de ligações com perfil tubular são apresentadas na norma brasileira NBR 16239 (2013), intitulada “Projetos de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edificações com Perfis Tubulares”.

## 3. AUMENTO DA RESISTÊNCIA DA ESTRUTURA TUBULAR COM APLICAÇÃO DA CHAPA DE REFORÇO

A ligação tipo T com chapa de reforço é utilizada para se obter uma melhor resposta da estrutura, onde a chapa de reforço é aplicada na parte superior do banzo, na região da solda que faz a ligação com o montante, com o intuito de se aumentar o valor da força resistente aplicada no sentido axial ao montante.

A aplicação da chapa de reforço pode ser feita de duas formas, sendo uma, denominada reforço tipo “chapa”, na qual a chapa de reforço é colocada antes da execução da solda da ligação, entre o banzo e o montante, como apresentado na

Fig. 1, e a outra, denominada reforço tipo “colar”, em que a chapa de reforço é colocada em forma de colar, sobre a parte superior do banzo ao redor da solda da ligação como apresentado na Fig. 2, para estruturas já executadas anteriormente sem o reforço.

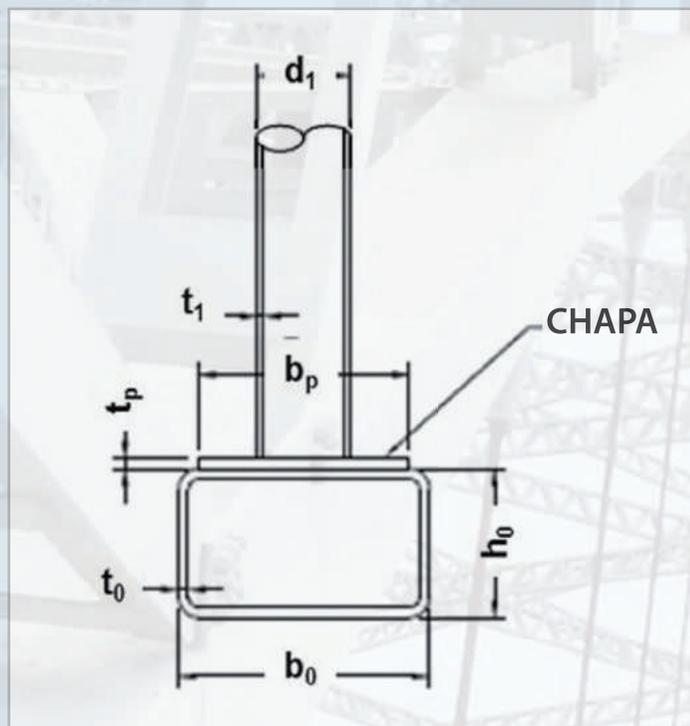


Figura 1 – Modelo de reforço tipo “Chapa”

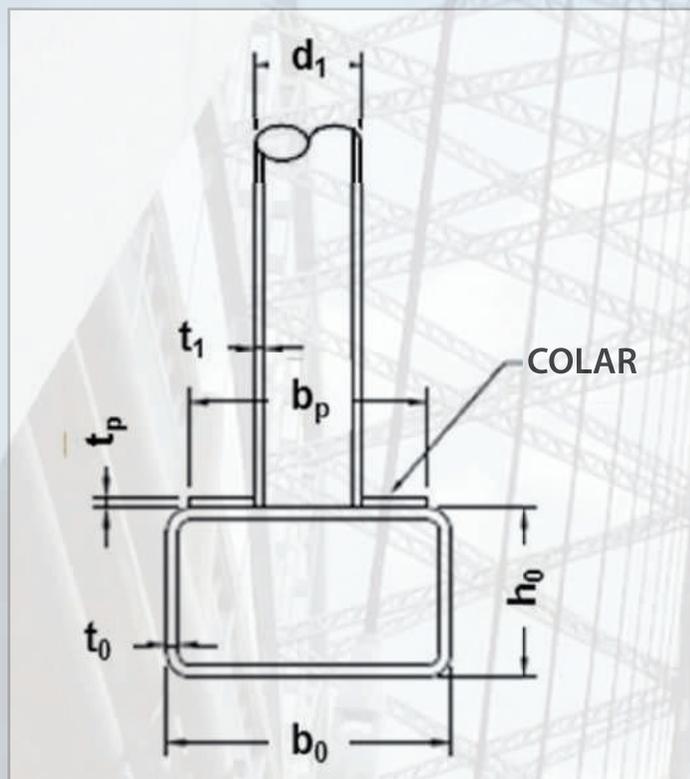


Figura 2 – Modelo de reforço tipo “Colar”

Considerando-se as premissas anteriores, foi realizada a modelagem da ligação da estrutura tubular, em elementos finitos, no programa de análise estrutural Ansys 12.0 - Fig. 3, com a criação de três materiais diferentes, sendo um para o banzo (perfil tubular retangular 110x60x48,1mm), um para o montante (perfil tubular circular 38,1x3,2mm) e um para a solda. As espessuras do banzo e da chapa de reforço (espessura de 3,0mm) foram somadas ( $t_0+t_p$ , sendo  $t_0$  a espessura do banzo e  $t_p$  a espessura do reforço) em uma mesma área (Fig. 4). Observa-se na Fig. 3, que foi considerado engaste nas extremidades do banzo e apoio móvel de primeiro gênero no topo do montante liberando o deslocamento no sentido axial do montante. A Fig. 5 representa o modelo numérico criado em elementos finitos para o reforço tipo colar e tipo chapa.

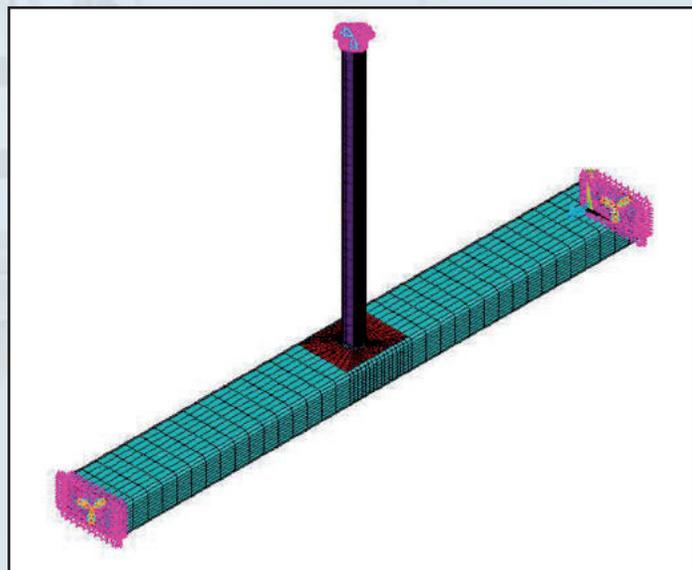


Figura 3 – Modelo numérico em elementos finitos criado no programa Ansys 12.0

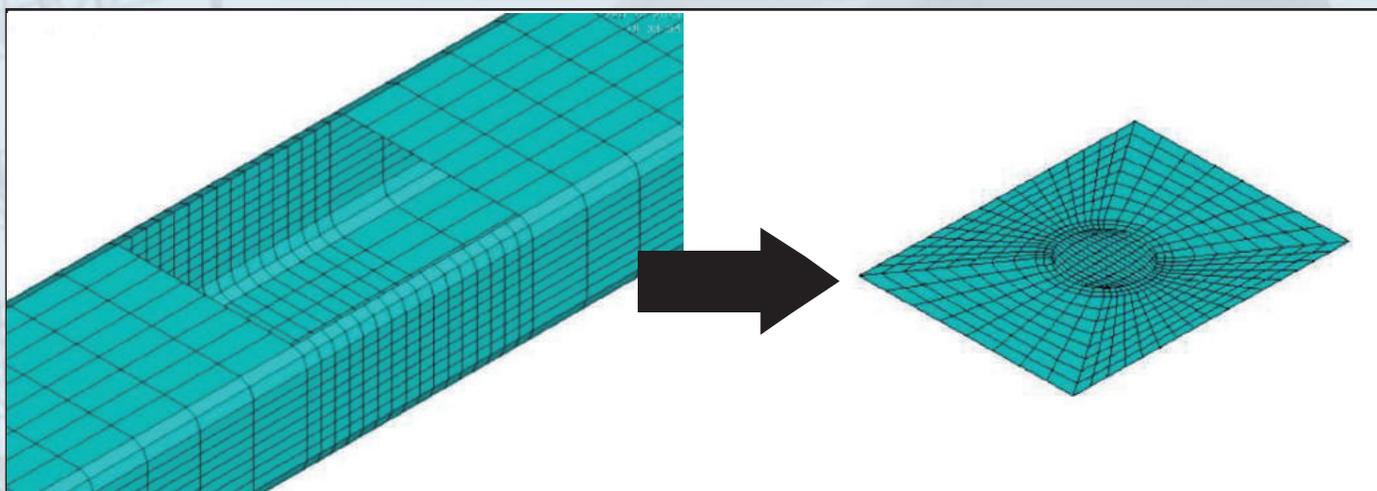


Figura 4 – Malha da chapa de reforço ( $t_0+t_p$ ) em elementos finitos

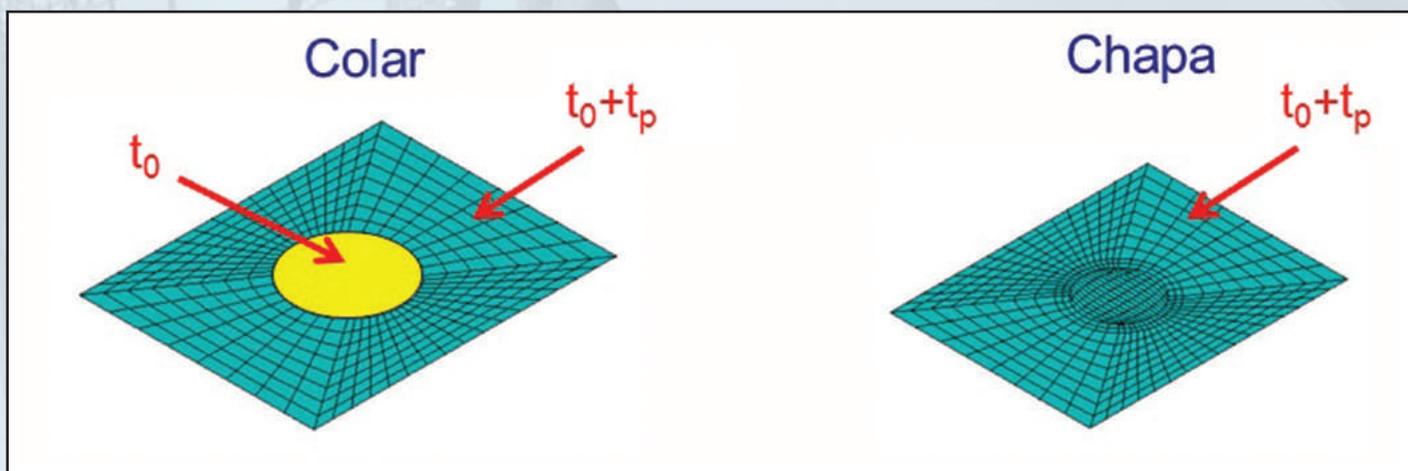


Figura 5 – Malha do reforço tipo colar e tipo chapa em elementos finitos

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Comparativo entre reforço tipo “colar” versus reforço tipo “chapa”

Diante dos resultados obtidos, pode-se observar na Fig. 6, que o ganho de resistência, ao utilizar reforço tipo “chapa” com espessura de 3,0mm, é maior que o apresentado pelo reforço tipo “colar”, em toda a extensão do gráfico. ( $N_s$  é a resistência no estado limite de serviço e  $N_u$  é a resistência no estado limite último).

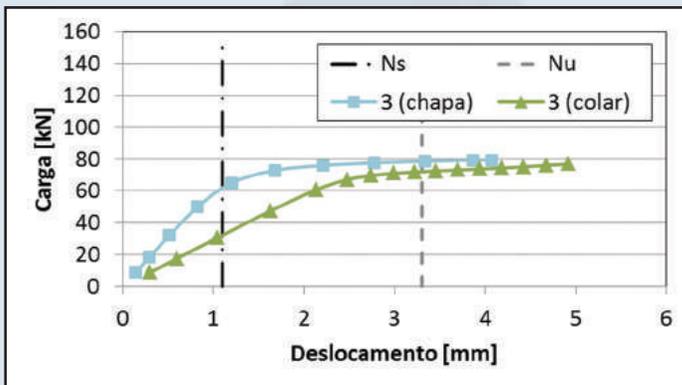


Figura 6 – Malha da chapa de reforço ( $t_0+tp$ ) em elementos finitos

### 4.2. Comparativo entre carga axial de compressão versus tração aplicada no montante

Observa-se na Fig. 7, que para uma chapa de reforço com espessura de 3,0mm, aplicando carga de tração e carga de compressão no montante da ligação, inicialmente, há um ganho de resistência igual para ambos os casos; logo em seguida, a partir do estado limite de serviço ( $N_s$ ), a chapa de reforço começa a apresentar um aumento na resistência da ligação, para a carga axial de tração, em relação à carga axial de compressão, sendo esta diferença observada claramente no estado limite último ( $N_u$ ).

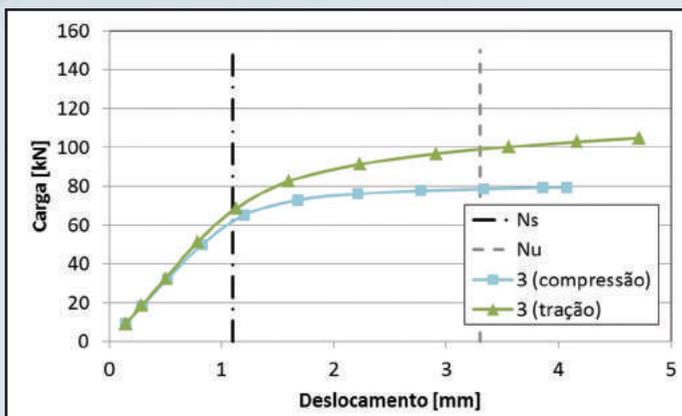


Figura 7 – Comparativo para chapa de reforço com espessura de 3,0mm

## 5. CONCLUSÃO

O uso de estruturas com perfis tubulares se torna interessante e viável quando existe a necessidade de se executar construções com grandes vãos e uma estrutura mais leve.

A norma brasileira NBR 16239 (2013) contempla os dados e orientações necessários para o dimensionamento de estruturas com perfis tubulares, que devem ser utilizados nos projetos dessas estruturas.

Para os resultados apresentados, foi considerada uma carga axial aplicada sobre o montante sob a forma de deslocamento prescrito, de tração e outra de compressão, separadamente. Foi desenvolvida também a análise de dois tipos de geometria para o reforço, sendo o reforço tipo “colar” e o reforço tipo “chapa”.

Havendo a necessidade de se realizar um reforço estrutural na ligação, de modo a aumentar sua resistência, este pode ser executado com uma chapa de pequena espessura, soldada na parte superior do banzo, no local da ligação. Esta chapa serve para aumentar a espessura do banzo na região da ligação, que é mais solicitada pela carga aplicada.

Deve ser citada também a diferença entre os resultados obtidos devido a aplicação da carga axial sobre o montante, na forma de tração e de compressão, levando-se a concluir que, nos gráficos apresentados, as curvas referentes ao carregamento de tração evidenciam uma resistência maior em relação ao carregamento de compressão na ligação soldada, apresentando assim, um melhor desempenho do reforço na ligação soldada para a aplicação da carga axial de tração no montante.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ansys 12.0<sup>®</sup>, 2010. ANSYS - Inc. Theory Reference.

- Brazil, D. R., 2013. Análise de ligações tubulares T com reforço de chapa. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.

- NBR 16239, 2013. Projetos de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edificações com Perfis Tubulares.



**Primeiro-Tenente (RM2-EN) Artur Mendes de Oliveira**  
Ajudante da 1ª Divisão de Obras da DOCM

*Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal Fluminense (UFF), MBA em Gestão de Projetos pelo Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (IBMEC).*

## UTILIZAÇÃO DE MODELOS: CONCEPÇÃO, COMPATIBILIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO

### 1. INTRODUÇÃO

Por muitas vezes, os desenhos técnicos são de difícil compreensão para o público não especializado, por essa razão, o corpo técnico costuma adotar o uso de modelos de representação espacial do projeto arquitetônico, seja por meio de modelos virtuais gerados por computador ou modelos físicos (maquetes), que representam o projeto em escala reduzida. Vemos isso bastante difundido, por exemplo, em apresentações imobiliárias.



Figura 2 - Modelo virtual de um restaurante.  
Fonte: Imagem do autor



Figura 1 - Modelo físico de um empreendimento imobiliário.  
Fonte : [www.rvmaquetes.blogspot.com.br/](http://www.rvmaquetes.blogspot.com.br/)

A contribuição da adoção de modelo de representação espacial do projeto arquitetônico no meio da construção civil, está muito além da simples apresentação de um projeto concluído. Veremos como o corpo técnico envolvido na concepção do projeto e na execução da obra, pode se beneficiar de três aspectos envolvidos no projeto: concepção, compatibilização e apresentação.

## 2. MODELO COMO CONCEPÇÃO - EXEMPLOS AO LONGO DA HISTÓRIA

Muitas pessoas, até mesmo no meio especializado, equivocadamente costumam pensar que a adoção destes recursos é algo recente, fruto do avanço tecnológico. Porém, os modelos físicos em escala reduzida estão presentes na história da humanidade há muito tempo.

Já na antiguidade as maquetes tinham propósitos que iam além da apresentação de uma idéia, e eram utilizadas também na fase de concepção do projeto para analisar os recursos a serem empregados, mão de obra e até mesmo a logística da construção. Modelos com esta finalidade foram adotados por diversas civilizações para construções, por exemplo, de obras públicas e empreendimentos de defesa.

Fazendo um breve apontamento ao longo da história da utilização de modelos como concepção, não há como deixar de citar o arquiteto modernista catalão Antoni Gaudí. Já no século XIX, Gaudí adotou um modelo de concepção para as suas obras que conciliavam simultaneamente a concepção formal (relativo a forma) e estrutural.

Para elaborar o projeto arquitetônico e estrutural, Antoni Gaudí construía um modelo complexo bastante eficiente utilizando cordas e pesos proporcionais a carga real da edificação. Para isso, utilizava o método de modelo suspenso, ou seja, o modelo ficava preso ao teto fazendo com o que os pesos gerassem naturalmente forma as cordas. Isso o ajudava a compreender o comportamento estrutural da edificação, enquanto a forma arquitetônica podia ser observada através de um espelho junto ao piso. Este artifício revolucionou o método de concepção com utilização de modelos, sendo até hoje objeto de estudos e pesquisas.



Figura 3 - Reprodução de um modelo suspenso, método adotado por Antoni Gaudí.  
Fonte: [www.arcoweb.com.br/noticias/arquitetura/dez-maquetes-mais-complexas-ultimo-seculo](http://www.arcoweb.com.br/noticias/arquitetura/dez-maquetes-mais-complexas-ultimo-seculo)



Figura 4 – A Sagrada Família de Antoni Gaudí.  
Fonte: [www.herancacultural.com.br/blog/2013/10/antoni-gaudi/](http://www.herancacultural.com.br/blog/2013/10/antoni-gaudi/)

### 3. MODELO COMO CONCEPÇÃO – MÉTODOS CONTEMPORÂNEOS

Atualmente, coexistimos com uma grande variedade de formas de elaboração de modelos físicos utilizados para a concepção do projeto. Alguns utilizam variados recursos tecnológicos, como podemos observar nos trabalhos do arquiteto contemporâneo canadense Frank Gehry. Gehry captura a forma dos seus modelos utilizando recursos avançados de scanner 3D, até então utilizados para a construção de navios. O modelo físico scaneado em 3D gera pontos que permitem a elaboração do modelo virtual por computador, depois deste processo são gerados os desenhos técnicos com representações bidimensionais.



Figura 5 – Scanner 3D.  
Fonte : [www.goscan3d.com](http://www.goscan3d.com)



Figura 6 – Maquete elaborada pelo escritório do arquiteto Frank Gehry. Fonte : [www.gettyimages.com](http://www.gettyimages.com)

O arquiteto brasileiro Paulo Mendes da Rocha, vencedor do prêmio Pritzker de 2006, principal prêmio da arquitetura mundial, em seu processo de criação utiliza modelos simples feitos rapidamente em papel. A experiência com este processo rendeu a publicação do livro “Maquetes de Papel”. Paulo Mendes da Rocha defende que neste processo as ideias e soluções emergem do reconhecimento visual das formas percebidas durante o ato projetual de realização da maquete.

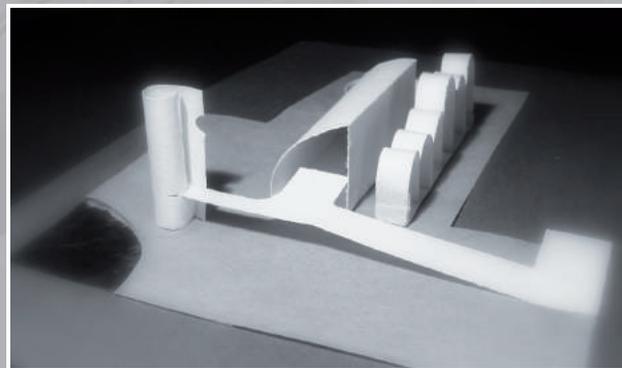


Figura 7 – Modelo de concepção em papel elaborado pelo arquiteto Paulo Mendes da Rocha.  
Fonte : Livro Maquetes de Papel. Autor Paulo Mendes da Rocha

### 4. MODELO COMO COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Desde de 1970 há uma grande discussão a respeito de projetos colaborativos. A crescente necessidade de conjugar o projeto de arquitetura de grande complexidade com projetos complementares, como por exemplo, estrutural, hidrossanitário, condicionamento de ar, elétrica e lógica, demandam a utilização de ferramentas capazes de conjugar estas informações, além do componentes indispensáveis ao gerenciamento de projeto e obra, como o tempo e os custos envolvidos. Em resposta a essa necessidade, hoje temos a grande difusão de modelos virtuais utilizados para a compatibilização de projetos.

Os modelos virtuais utilizados com esta finalidade utilizam tecnologia conhecida como BIM (*Building Information Modeling*). Possuem a característica de armazenar atributos de projetos enquanto simultaneamente os representa graficamente em três dimensões.

Devemos ainda considerar que durante a concepção dos projetos, por vezes, é possível detectar com observação do modelo a interferência entre os projetos. Portanto as modelagens virtuais que adotam este princípio possuem dentre outras vantagens a característica de evidenciar as interferências rapidamente, o que exige da equipe multidisciplinar a necessidade de reinterpretar e revisar os projetos.

Hoje existe uma grande quantidade de softwares que conjugam simultaneamente no projeto arquitetônico todos os projetos complementares, modelo virtual em 3D, planilha de quantitativo de material e custos envolvidos. A imagem abaixo mostra um modelo virtual seccionado, exibindo as instalações presentes no entreforro e a interferência do mesmo na arquitetura.



Figura 8 – Compatibilização de projetos com utilização de modelo virtual.  
Fonte : [www.evermotion.org](http://www.evermotion.org)

## 5. MODELO COMO APRESENTAÇÃO

Comumente vemos a utilização de modelos físicos ou virtuais como recurso de apresentação auxiliando a compreensão do projeto, podendo ainda ter outras finalidades como obtenção de parceiros investidores, apresentação para concorrências e testes de materiais de acabamento.



Figura 9 – Imagem de um modelo virtual elaborado pelo software 3D Studio Max.  
Fonte : [www.evermotion.org](http://www.evermotion.org)

Uma das grandes vantagens da utilização dos modelos eletrônicos deve-se ao fato de possibilitar sua visualização em diferentes proximidades, apresentando tanto as visões gerais do empreendimento como ampliações de pequenos detalhes, uma vez que não possui visualizações em escalas definidas como nos modelos físicos.

Inúmeros softwares podem ser utilizados para a elaboração de modelos virtuais. O software 3D Studio Max é um dos mais empregados devido a grande gama de recursos, compatibilidade com outros softwares como Autocad e Revit, além de possibilitar tanto a realização de imagens estáticas como vídeos de alta qualidade, sendo também utilizado por diversos segmentos, como a indústria do cinema, por exemplo.

Os vídeos elaborados por modelos virtuais possibilitam a apresentação, simulando, por exemplo, um passeio virtual em um empreendimento a ser construído. Embora seja um excelente recurso, o grande tempo de processamento sempre foi um grande entrave para a sua elaboração. O software Lumion apresenta uma excelente alternativa para isso, possibilitando a elaboração de vídeos de alta qualidade em um tempo de processamento muito menor do que o dos demais softwares. Isto se deve a utilização de tecnologias de processamento em tempo real, muito semelhante a tecnologia atualmente adotada em jogos eletrônicos.

Algumas pessoas ainda costumam dizer que os modelos virtuais possuem a desvantagem de não possuírem uma volumetria física, sendo apresentados como imagens impressas, projeções ou em telas como imagens estáticas ou vídeos. Porém um recurso tecnológico tem mudado este panorama. Sendo cada vez mais difundido e a custo cada vez mais acessível, as impressoras 3D possibilitam a materialização dos modelos virtuais.

Portanto, os modelos virtuais hoje podem se tornar modelos físicos. De acordo com os principais fabricantes de impressoras tradicionais, em poucos anos as impressoras 3D irão se tornar um artigo doméstico, tornando a materialização de modelos virtuais algo recorrente em nosso dia a dia.



Figura 10 – Modelo físico elaborado a partir do modelo virtual.

Fonte: [www.baboo.com.br/hardware](http://www.baboo.com.br/hardware)

## 6. CONCLUSÃO

Muito mais do que um recurso de apresentação, a utilização de modelos traz benefícios como maior segurança para a realização de aplicação de recursos financeiros em um empreendimento, pois permite conhecer a edificação com precisão antes mesmo da realização da obra. Sendo isso realizado a um baixo custo quando comparado ao custo de construção de um empreendimento.

Sendo físico ou virtual, os modelos podem ainda ser utilizados em todas as fases do projeto e inclusive nas obras como ferramenta de gerenciamento, quando estas demandam grande complexidade logística.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ROCHA, Paulo Mendes da. Maquetes de Papel. São Paulo: Cosac Naify, 2007
- TSCHUMI, Bernard. Concepto, contexto, contenido. Arquine
- Revista Internacional de Arquitectura Y Diseño. Vol. 34, 2005.
- OXMAN, R. "The thinking-eye: visual re-cognition in design emergence". Design Studies, v. 23, p. 135-164, 2002.
- SKETCHES of Frank Gehry. Direção: Sydney Pollack. Produção: Ultan Guilfoyle. Estados Unidos: Sony Pictures Classics, 2006. 86 minutos, Dolby Digital (legendado), cor, formato: 35mm.
- UNIEDUCAR INTELIGÊNCIA EDUCACIONAL. Disponível em: <<https://www.unieducar.org.br/>>. Acesso em: 09 de novembro de 2015.
- EA + STUDIO. Disponível em: <<http://www.eamais.net/projeto/edificios-comerciais/kennedy-towers>>. Acesso em: 11 de novembro de 2015
- EVERMOTION. Disponível em: <<http://www.evermotion.org/>>. Acesso em: 18 de novembro de 2015.

# **INFORMATIVO** **DOCM**

**PRINCIPAIS OBRAS E PROJETOS**



**ANOS DE REALIZAÇÕES**

**CONSTRUINDO HOJE,  
EM SÓLIDOS ALICERCES,  
A MARINHA DO FUTURO**

### A Obra

Durante o ano de 2016 iniciou-se as obras necessárias nas subestações (SE) do Centro de Instrução Almirante Wandenkolk (CIAW), para a adequação das mesmas ao recebimento de dois novos cabos submarinos de energia elétrica oriundos do Complexo do Comando do Primeiro Distrito Naval (Com1ºDN), no centro do Rio de Janeiro/RJ, e da Ilha da Fiscal energia oriunda da Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), além da instalação do sistema de geração de energia em emergência. Ainda foram instaladas duas novas redes de água potável, garantindo o abastecimento ininterrupto de água e energia elétrica a Ilha das Enxadas. A obra foi entregue em janeiro de 2017.



#### A Obra

Em 2017 foi concluída a construção da rede de distribuição elétrica aérea compacta de Média Tensão (MT) do Depósito de Combustíveis da Marinha no Rio de Janeiro (DepCMRJ). A obra foi necessária devido as avarias sofridas na rede elétrica em anos anteriores causadas pelos desmoronamentos da encosta, onde está localizado o DepCMRJ. A nova rede elétrica foi construída ao lado oposto da existente, garantindo maior confiabilidade em relação a novos desmoronamentos da encosta e menor impacto na interrupção de fornecimento de energia elétrica à OM.





### A Obra

Em 04 de agosto de 2017 foi inaugurada a Odontoclínica Central da Marinha. A nova estrutura, modernizada e ampliada, possui 32 novos consultórios e contou com a expansão do Departamento de Ensino e Cursos de Aperfeiçoamento, ampliação da capacidade do auditório e incremento no setor radiológico. Além de melhorias na infraestrutura predial, com a aquisição de novos equipamentos, novas instalações de gases medicinais, renovação e substituição dos sistemas elétricos, hidráulicos, de condicionamento de ar e detecção e combate a incêndio, a OM adquiriu novos mobiliários odontológicos e administrativos, utensílios e equipamentos específicos para sua completa reestruturação.





### A Obra

Adaptação do antigo refeitório de Cabos e Marinheiros do Complexo Naval do Abastecimento (CNAb) para que na referida edificação sejam operadas as atividades atinentes a um Posto de Distribuição de Uniformes (PDU).

A obra foi concluída em 29/03/2017.

### A Obra

Por se tratar de um serviço de sondagem, a metragem a ser perfurada foi estimada e com o decorrer dos serviços foi observada a presença de rocha em uma profundidade muito antes do esperado. Assim, a execução da sondagem rotativa em solo SPT estimada em 420m, foi executada em um total de 318,45m e a sondagem rotativa em rocha estimada em 55m, foi executada em um total de 18,00m. Para ambas as sondagens, o critério de paralisação seguiu o previsto na NBR 6484:2001.

A obra foi concluída em 17/07/2017.



### A Obra

Realizada a reforma no antigo Banco Santander com a construção de área de banheiro, chuveiros e vestiário para SO e SG, bem como a reforma dos banheiros que atendem ao auditório e pintura do Hall dos Almirantes.

A obra foi concluída em 30/07/2017.

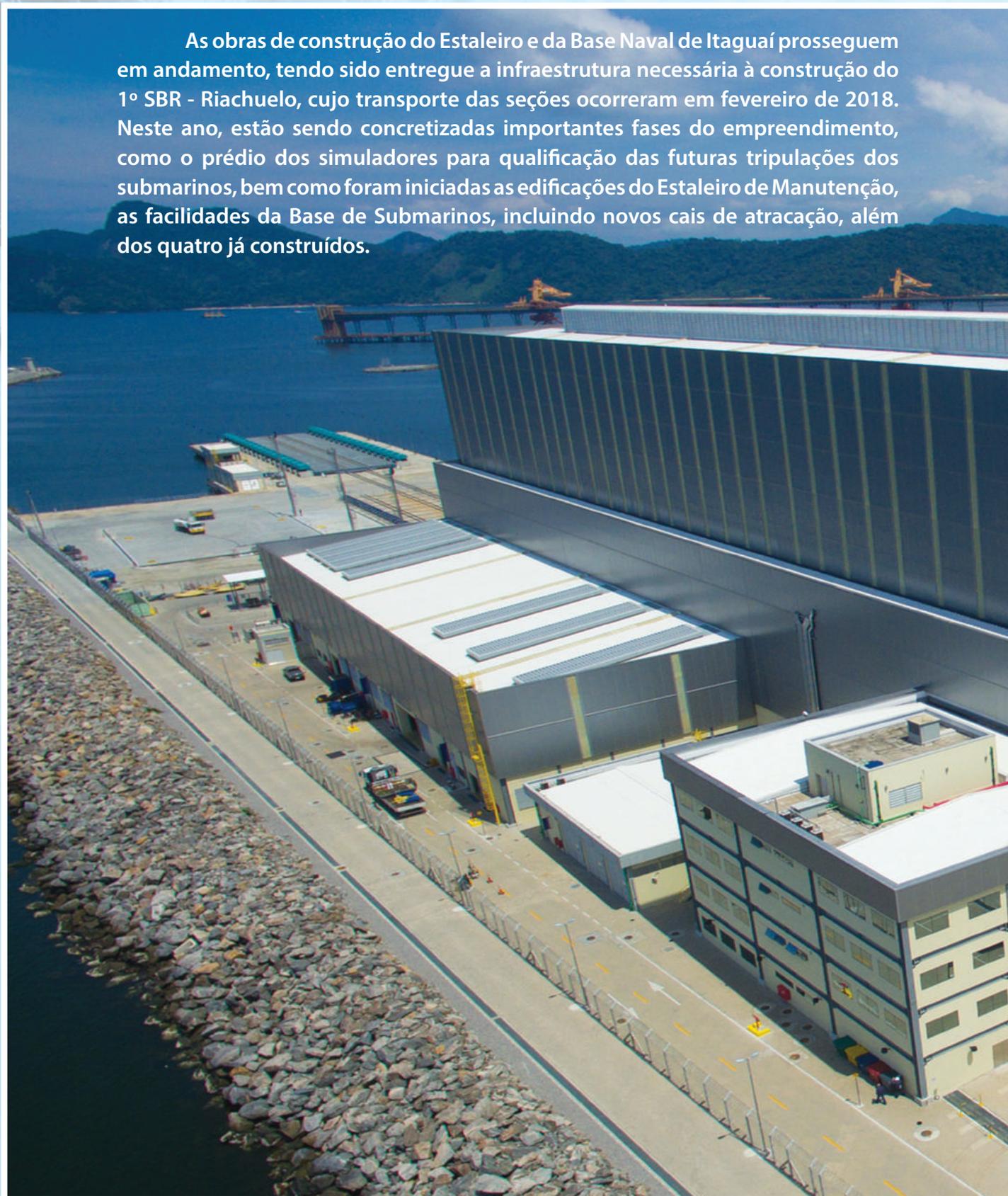


# PROSUB

## PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS

Construção do Estaleiro e Base Naval (EBN) do Programa de Desenvolvimento de Submarinos.

As obras de construção do Estaleiro e da Base Naval de Itaguaí prosseguem em andamento, tendo sido entregue a infraestrutura necessária à construção do 1º SBR - Riachuelo, cujo transporte das seções ocorreram em fevereiro de 2018. Neste ano, estão sendo concretizadas importantes fases do empreendimento, como o prédio dos simuladores para qualificação das futuras tripulações dos submarinos, bem como foram iniciadas as edificações do Estaleiro de Manutenção, as facilidades da Base de Submarinos, incluindo novos cais de atracação, além dos quatro já construídos.



# PROSUB

## PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS

Construção do Estaleiro e Base Naval (EBN) do Programa de Desenvolvimento de Submarinos.



OBRAS EM ANDAMENTO

# PROSUB

## PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS

Construção do Estaleiro e Base Naval (EBN) do Programa de Desenvolvimento de Submarinos.



OBRAS EM ANDAMENTO

# PROSUB

## PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS

Construção do Estaleiro e Base Naval (EBN) do Programa de Desenvolvimento de Submarinos.



Vista área da área do Estaleiro e Base Naval (EBN)



Prontificação do Ship-lift (elevador de navios)



Execução da cravação das camisas metálicas das fundações do cais 2 por percussão

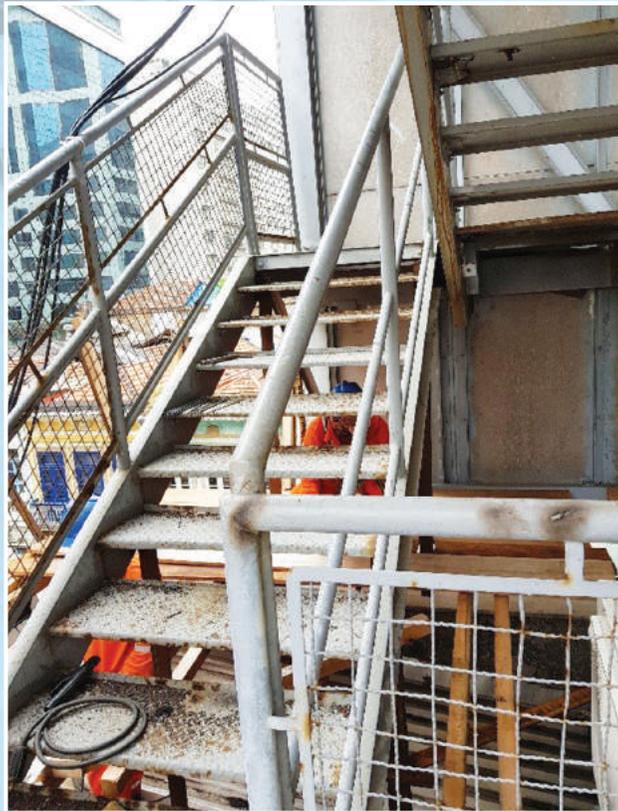
# DOCM

## DIRETORIA DE OBRAS CIVIS DA MARINHA

Obras de Reparo da Escada de Emergência do Edifício Barão de Ladário

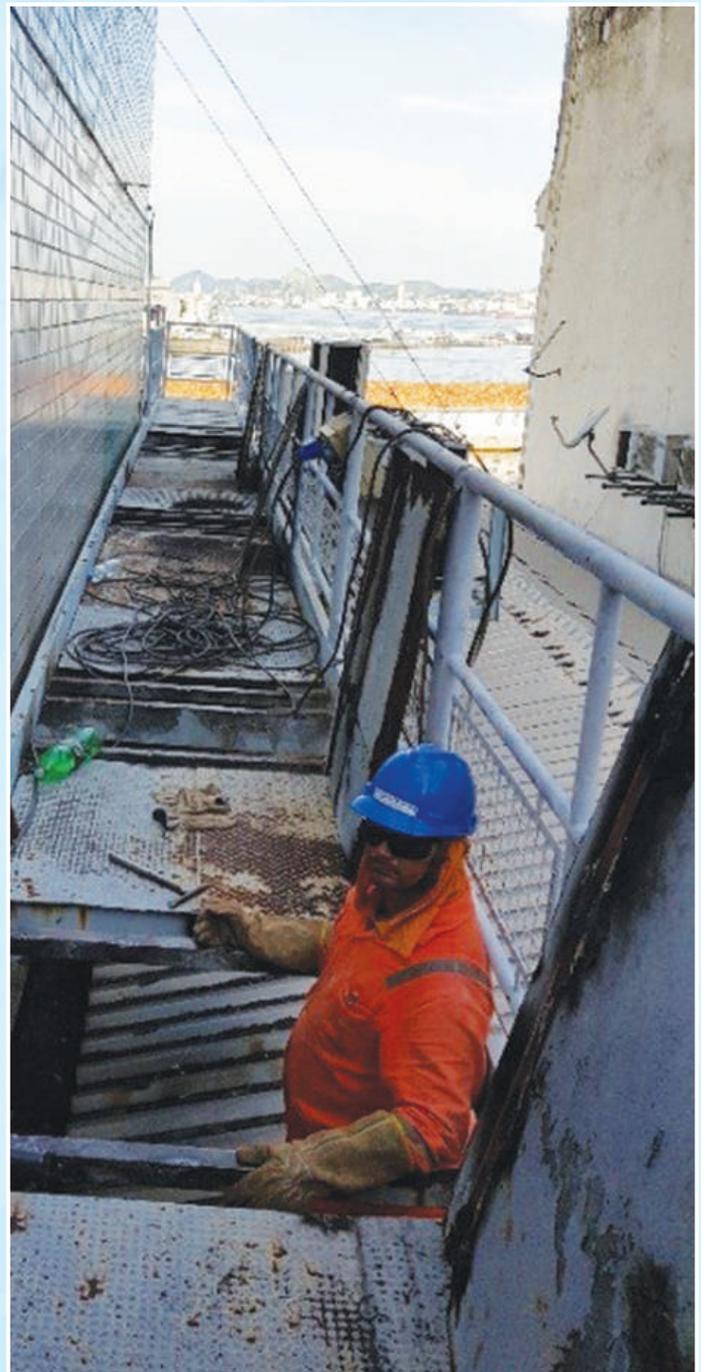
### A Obra

Encontra-se em andamento as obras de reparo da Escada de Emergência do Edifício Barão de Ladário, Centro - Rio de Janeiro. O edifício abriga 07 (sete) Diretorias de elevado valor estratégico para a Administração Naval. Conta com uma população de 1.176 pessoas, dentre Oficiais, Praças e Servidores Civis, dentre tais Diretorias, está a Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM).



A escada externa metálica do prédio possui 23 pavimentos e está sendo executada com substituição das chapas metálicas da passarela, patamares, degraus, telas do guarda-corpo, vigas e pilares.

A DOCM vem prestando fiscalização técnica da obra, que tem previsão de prontificação para setembro de 2018.





### A Obra

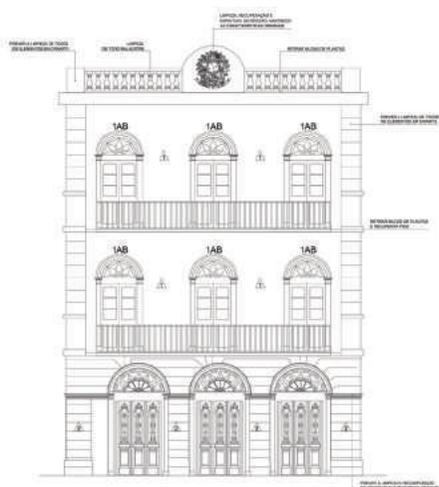
A Obra de modernização e ampliação do Rancho do CIAW consiste na reforma e expansão das áreas de cocção, preparo dos alimentos, paiol, lavagem, sala da nutricionista, frigoríficas, padaria, refeitórios e vestiários, além de área administrativa. As obras iniciaram em 04/02/2017 e o prazo de vigência do contrato é 27/02/2019. O novo rancho contempla refeitórios para guardamarinhas, suboficiais e sargentos, cabos e marinheiros com respectivamente 686, 136 e 196 lugares.



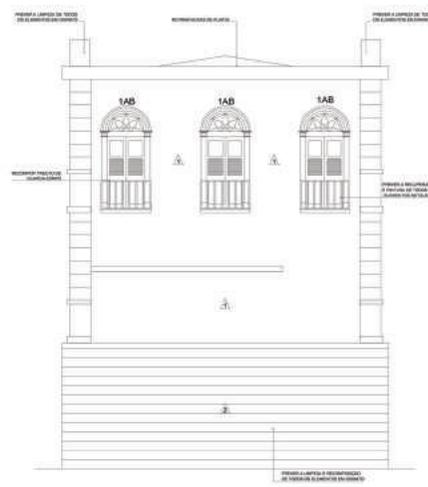
**O Projeto**

Foi iniciado em outubro de 2017 o Projeto Básico para a restauração da fachada e cobertura do prédio Alte Júlio de Noronha, sede do Estado-Maior da Armada, localizado na Praça Barão de Ladário.

A solução de arquitetura adotada foi a restauração com a preservação, da identidade do edifício, que foi construído em 1819 em virtude de seu valor histórico e arquitetônico.



1 FACHADA EXISTENTE- Frontal 2  
ESCALA: 1/150



2 FACHADA EXISTENTE- Frontal 3  
ESCALA: 1/100



### O Projeto

Encontra-se em elaboração o Projeto Básico de Engenharia que permitirá a contratação das obras de adequação do prédio da Ex-Maternidade Oswaldo Nazareth, localizado na Praça XV - RJ, que abrigará a Diretoria-Geral de Navegação (DGN), a Diretoria de Portos e Costas (DPC), escritório RJ da AMAZUL e a sede dos Escoteiros do Mar.

As atividades já desenvolvidas pela DOCM compreenderam ainda: o Estudo Preliminar de Arquitetura, o Projeto Arquitetônico das fachadas para aprovação pelo Instituto Estadual do Patrimônio Cultural (INEPAC) e Levantamento Estrutural. Este projeto abrange uma área construída de aproximadamente 7.300 m<sup>2</sup>.



#### O Projeto

Em abril de 2018 foi realizada a mobilização de equipamentos, canteiro de obras e pessoal para início da 1ª etapa de implantação dos hangares para os esquadrões VEC-1 e HU-2 na BAeNSPA, com duração prevista de 12 meses. De iniciativa da DOCM, a compartimentação do escopo das obras, autorizada pela SGM em abril de 2017, criou duas etapas distintas:

- 1ª Etapa) Terraplanagem, drenagem e pavimentação; e
- 2ª Etapa) Construção dos hangares.



Em maio de 2017, durante a revisão do Projeto Básico, a DOCM sugeriu novos locais para implantação dos hangares dentro da BAeNSPA com vistas a reduzir o prazo e custo da 1ª etapa. DAerM e ComForAerNav decidiram dar continuidade aos estudos de engenharia nos locais propostos pela DOCM.

O Projeto Executivo de engenharia referente a 1ª etapa foi desenvolvido por meio de uma parceria inovadora entre a DOCM e o 2º Batalhão Ferroviário (2º B Fv-EB), celebrada em outubro de 2017 por meio de Termo de Execução Descentralizada (TED).

A realização das obras de terraplanagem por meio dessa execução direta promoverá uma economia da ordem de 50%.

### O Projeto

Em prosseguimento ao Estudo de Viabilidade realizado anteriormente pela DOCM, este Programa para Projeto (PPP) regulará os serviços de elaboração dos Projetos de Engenharia para construção de Próprios Nacionais Residenciais (PNR) da Vila Naval de Itacuruçá (VNI) em Mangaratiba-RJ.

Nesta fase estima-se um complexo com 1760 unidades habitacionais, sendo 20 prédios de 12 andares e ainda uma área de aproximadamente 34.000m<sup>2</sup> destinadas a outras atividades, como: escola, hotel de trânsito, centro comercial, e áreas de lazer e de convivência tipo ARES (Área Recreativa, Esportiva e Social).



# EACF

## ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ

Obra de pré-montagem da Nova Estação Antártica Comandante Ferraz



PROJETOS EM ANDAMENTO

# EACF

## ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ

Obra de pré-montagem da Nova Estação Antártica Comandante Ferraz

### O Projeto

Os Fiscais da DOCM e da SECIRM acompanharam a obra de pré-montagem da Nova Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) em Xangai na China em 2017.

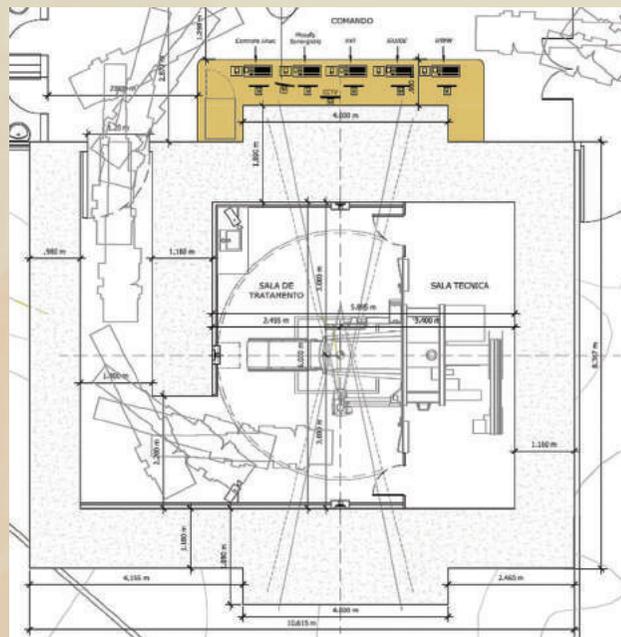
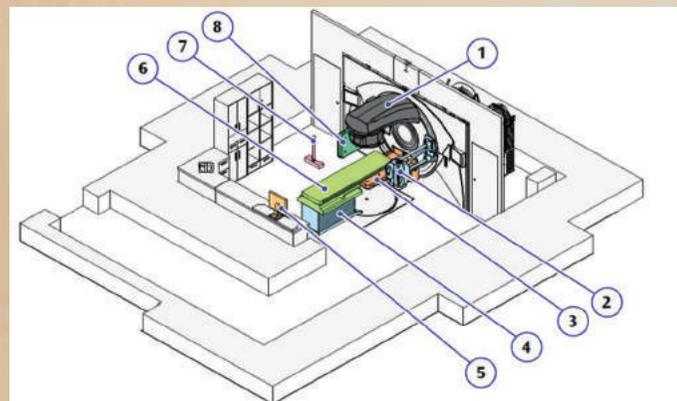
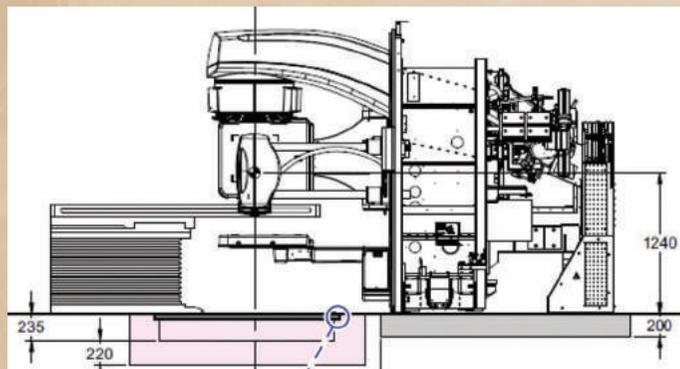
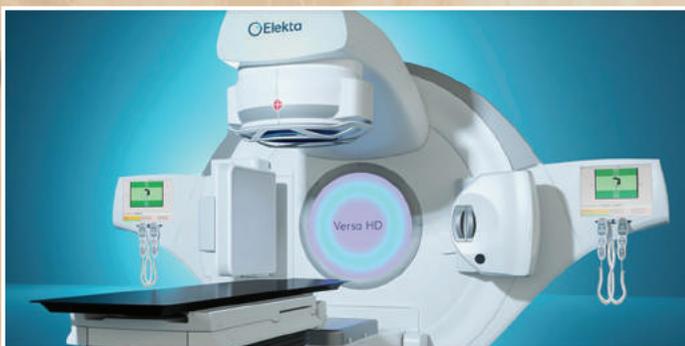
Ao longo do verão de 2017/2018, estão sendo montado na Antártica o Bloco Oeste, o Bloco Técnico, as Unidades Isoladas, entre outras obras.



### O Projeto

Este equipamento voltado para radioterapia necessita de um abrigo em concreto (bunker) para blindar a radiação proveniente deste tratamento. Em conjunção com a aquisição deste equipamento pelo HNMD, a DOCM está elaborando um Projeto de Engenharia para orientar as obras de construção deste abrigo.

Devido à complexidade da construção e da radiação envolvida, este projeto será submetido à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) para avaliação das blindagens e aprovação da operação do equipamento.



# OUTRAS ATIVIDADES RELEVANTES REALIZADAS OU EM ANDAMENTO PELA DOCM

A DOCM presta assessoria técnica às OM clientes para análise de projetos de engenharia, elaboração de projetos e Programas para Projetos (PPP), participações em Grupos de Trabalhos (GT) relacionados com a implantação de instalações terrestres levantamentos topográficos, entre outros assuntos técnicos. Estão relacionados abaixo algumas atividades já realizadas ou em andamento por esta Diretoria Especializada:

- **Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A. (AMAZUL):**

- Projetos complementares de HVAC (*Heating, ventilation, and air conditioning*) e assessoria à construção da nova sede AMAZUL.

- **Nova Sede da CTIM (Centro de Tecnologia da Informação da Marinha):**

- Estudo Preliminar para abrigar a nova sede da CTIM.

- **Construção dos Futuros Hangares Esquadrões HU-2 e VEC-1:**

- Elaboração de Termo de Execução Descentralizada (TED), com o Exército Brasileiro, para a execução das obras de infraestrutura dos novos hangares dos esquadrões HU-2 e VEC-1 na Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia.

- **Edifício Barão de Ladário (EBL):**

- Adequação das Instalações Elétricas no 12º andar do EdBL.
- Fiscalização da Obra de Recuperação da Escada Metálica de Emergência do EBL.

- **Diretoria-Geral do Pessoal da Marinha (DGPM):**

- Modernização da Praça D'Armas da DGPM

- **Diretoria de Saúde da Marinha (DSM):**

- Projeto de readequação do Ex-Ambulatório Naval de Campo Grande (ANCG) para uso de creche.

- **Centro de Instrução Almirante Wandenkolk (CIAW):**

- Projeto de Reforma da Cozinha e Rancho do CIAW.

- **Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD):**

- Projeto de Reforma e Ampliação do Rancho do HNMD.

- **Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia (BAeNSPA):**

- Projeto de Modernização da rede de distribuição elétrica aérea de Média Tensão (MT) da área operacional da Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia.

- **Antiga Maternidade Oswaldo Nazareth:**

- Projeto de Reforma de ampliação, adaptação e modernização do Edifício Oswaldo Nazareth, antiga Maternidade Oswaldo Nazareth, visando abrigar a Diretoria-Geral de Navegação (DGN), a Diretoria de Portos e Costas (DPC), a Amazônia Azul Tecnologias de Defesa SA (AMAZUL) e Escoteiros do Mar.

# COMO INGRESSAR NA MARINHA DO BRASIL NAS DIVERSAS ESPECIALIDADES DE ENGENHARIA E ARQUITETURA

## SERVIÇO MILITAR VOLUNTÁRIO (SMV) COMO OFICIAL DE 2ª CLASSE DA RESERVA DA MARINHA DO BRASIL (RM2)

### Principais Requisitos Necessários para Cadastramento

- Ser voluntário;
- Ser brasileiro nato, ambos os sexos;
- Ter menos de 45 (quarenta e cinco) anos de idade, tendo como referência o dia 31 de dezembro do ano da incorporação;
- Não atingir durante o primeiro ano de compromisso, o tempo de serviço militar máximo permitido pela legislação em vigor (10 anos); e
- Ter diplomas de cursos de nível superior, com validade nacional, nas habilidades fixadas pela Administração Naval.

### Seleção

Entrevista, Inspeção de Saúde e Verificação de Dados Biográficos.

### Local do Curso

Centro de Instrução Alte. Wandenkolk (CIAW),  
Rio de Janeiro / RJ.

### Situação do Curso

Guarda-Marinha do Corpo de Engenheiros da Reserva da Marinha (RM2-EN), fazendo jus, em tempo de paz, ao acesso gradual e sucessivo na hierarquia até o posto de Primeiro-Tenente.

Os interessados poderão obter informações detalhadas no site do Distrito Naval de sua região:

[www.com1dn.mar.mil.br](http://www.com1dn.mar.mil.br)  
[www.mar.mil.br/com2dn](http://www.mar.mil.br/com2dn)  
[www.mar.mil.br/com3dn](http://www.mar.mil.br/com3dn)  
[www.mar.mil.br/com4dn](http://www.mar.mil.br/com4dn)  
[www.mar.mil.br/com5dn](http://www.mar.mil.br/com5dn)

[www.mar.mil.br/com6dn](http://www.mar.mil.br/com6dn)  
[www.mar.mil.br/com7dn](http://www.mar.mil.br/com7dn)  
[www.mar.mil.br/com8dn](http://www.mar.mil.br/com8dn)  
[www.mar.mil.br/com9dn](http://www.mar.mil.br/com9dn)

## OFICIAL DO CORPO DE ENGENHEIROS DA MARINHA DO BRASIL

### Principais Requisitos Necessários à Inscrição

- Ser brasileiro nato, ambos os sexos;
- Ter menos de 36 (trinta e seis) anos de idade no primeiro dia do mês de janeiro do ano do início do curso; e
- Ter concluído com aproveitamento o curso superior relativo à profissão a que concorre (ou estar cursando o último ano, de forma que o mesmo esteja concluído até a data prevista no edital para a verificação dos documentos exigidos).

### Provas Aplicadas

Conhecimentos Profissionais, Redação e Tradução de Texto em Inglês.

### Local do Curso

Centro de Instrução Alte. Wandenkolk (CIAW),  
Rio de Janeiro / RJ.

### Situação após o Curso

1º Tenente do Corpo de Engenheiros (EN), fazendo jus, em tempo de paz, ao acesso gradual e sucessivo na hierarquia até o posto de Vice-Almirante.

### Demais Informações

[www.densm.mar.mil.br](http://www.densm.mar.mil.br)



[www.mar.mil.br](http://www.mar.mil.br)

Venha navegar com a Marinha na Internet

# Amazônia Azul<sup>®</sup>

O Patrimônio Brasileiro no Mar



**Marinha do Brasil, protegendo  
nossas riquezas na “Amazônia Azul”<sup>®</sup>**

*Com quase 4,5 milhões de Km<sup>2</sup>, a Amazônia Azul acrescenta ao País uma área equivalente a mais de 50% de sua extensão territorial.*



**Centro de Comunicação Social da Marinha**

# DOCM



**42** 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