

# OBRAS CIVIS

Construindo a Marinha do Futuro

NÚMERO 1  
DEZ / 2009



# Consórcio Nacional POUPEX

A melhor forma de conquistar o que você  
sempre quis, com a garantia da FHE.

Imóvel • Carro • Moto



Confira tudo o que o Consórcio Nacional POUPEX  
oferece para você e a sua família:

- As melhores taxas de administração • Grupos financeiramente equilibrados
- Atendimento personalizado • Alto índice de contemplação
- Agilidade na liberação do crédito • Único com garantia da FHE

Mais informações: 0800 61 3040



É com grande satisfação que apresentamos a primeira edição da Revista “OBRAS CIVIS”. Esta Revista tem o propósito de divulgar os principais projetos e obras desenvolvidos pela Diretoria de Obras Civas da Marinha (DOCM), bem como apresentar artigos técnicos relacionados à construção civil, com aplicação nas obras desenvolvidas na Marinha do Brasil (MB).

A MB, em consonância com o crescimento do País, está em constante expansão e tem por missão preparar o Poder Naval, a fim de contribuir para a defesa e a salvaguarda dos interesses da nossa Nação no mar, fonte inesgotável de recursos e riquezas.

Para o cumprimento de sua missão, a MB tem procurado investir em novas instalações, bem como manter e modernizar as já existentes.

Neste contexto, a MB percebeu a necessidade de possuir, em sua estrutura organizacional, uma Organização Militar especializada nesta área de conhecimento. Desta forma, foi criada há 33 anos a DOCM, com a tarefa de elaborar normas, procedimentos, especificações e instruções técnicas para as atividades de engenharia e arquitetura voltadas às obras civis da MB.

Assim, a DOCM vem contribuindo para construir, hoje, em sólidos alicerces, a Marinha do Futuro.

Boa leitura!

**SERGIO ROBERTO FERNANDES DOS SANTOS**

Contra-Almirante

Diretor

# REVISTA OBRAS CIVIS

Construindo a Marinha do Futuro

## Expediente

### Revista Obras Civis

Publicação da Diretoria de Obras Civis da  
Marinha - DOCM

Rua 1º de Março, 118 - Centro  
CEP 20010-000  
Rio de Janeiro – RJ

Sergio Roberto Fernandes dos Santos  
Contra-Almirante  
**Diretor**

Arlindo Moreira Serrado  
Capitão-de-Mar-e-Guerra  
**Vice-Diretor**  
**Presidente do Conselho Editorial**

Carlos Alberto Amim Torres Quintanilha  
Capitão-de-Mar-e-Guerra (RM1-FN)  
**Diretor de Redação**

Marcos Araujo Braz de Oliveira  
Capitão-de-Fragata (EN)  
**Editor**

Mauro Acher Levy Chahon  
Capitão-de-Fragata (RM1-EN)  
**Revisão**

Juliana Mussalam  
Primeiro-Tenente (RM2-EN)  
**Fotografia**

Emílio Alexandre Frossard  
Nathália Ivan Soares  
**Arte e Diagramação**

Visite nosso site  
<http://www.docm.mar.mil.br>  
<http://www.docm.mb>

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

**DISTRIBUIÇÃO GRATUITA**

## Sumário

Galeria dos Diretores .....	3
Histórico de Atuação da DOCM .....	4
Missão e Tarefas da DOCM .....	5
Cronologia das Principais Obras Executadas ao Longo da Existência da DOCM .....	6

### ARTIGOS TÉCNICOS

V Jogos Mundiais Militares RIO 2011	
"Os Jogos da Paz!" .....	14
Estaleiro e Base Naval .....	16
Estudo do Fluxo da Água e do Transporte de Contaminantes em Aquíferos Subterrâneos.....	18
Avaliação do Processo Eletrolítico para o Tratamento de Esgotos Sanitários, em Locais de Clima Frio.....	24
Condicionadores de Ar Mini Split - Solução Ideal? .....	31
Fontes Renováveis de Energia para a Estação Antártica Comandante Ferraz .....	34
Verificação de Patologias de Elementos Estruturais em Concreto Armado: Sugestão de Procedimentos.....	38
Conservação de Energia em Projetos Arquitetônicos.....	41
A Utilização do Pregão Eletrônico nos Serviços de Engenharia.....	42

### OBRAS EM 2009

Recuperação Estrutural do Cais do ECM - 2ª fase .....	47
Reforma do Prédio da Maternidade Oswaldo Nazareth para Abrigar as Instalações da CPRJ e SIPM .....	49
Modernização da Escola Naval .....	51
Modernização das Instalações do Colégio Naval .....	55
Construção da Nova Sede CPSP .....	56
Construção da Nova Sede do ComForSup .....	57
Construção de PNR na Área do Com7ºDN .....	59
Conclusão de Remanescentes da Obra de Recuperação do Cais da Bandeira do Com1ºDN .....	61

<b>POSTO</b>	<b>NOME</b>	<b>PERÍODO</b>
<b>C Alte (EN)</b>	Mozart Padilha de Souza (interino)	<b>09JUL1976 a 20AGO1976</b>
<b>V Alte</b>	Antônio Leopoldo Amaral Sabóia	<b>20AGO1976 a 20MAR1981</b>
<b>C Alte</b>	Bernard David Blower	<b>20MAR1981 a 15MAR1982</b>
<b>CMG</b>	Claus Dieter Eichler (interino)	<b>15MAR1982 a 16ABR1982</b>
<b>V Alte</b>	Dilmar de Vasconcellos Rosa	<b>16ABR1982 a 29JUL1983</b>
<b>V Alte</b>	Eduardo de Oliveira Rodrigues	<b>29JUL1983 a 20DEZ1983</b>
<b>V Alte</b>	José Maria do Amaral Oliveira	<b>20DEZ1983 a 16MAI1984</b>
<b>V Alte</b>	Waldemar José dos Santos	<b>16MAI1984 a 19ABR1985</b>
<b>C Alte</b>	João Maria Didier Barbosa Vianna	<b>19ABR1985 a 23ABR1987</b>
<b>V Alte</b>	João Geraldo Matta de Araujo	<b>23ABR1987 a 11ABR1988</b>
<b>CMG</b>	José Luiz Feio Obino (interino)	<b>11ABR1988 a 01AGO1988</b>
<b>C Alte</b>	José Luiz Feio Obino	<b>01AGO1988 a 26ABR1989</b>
<b>V Alte</b>	Domingos Alfredo Silva	<b>26ABR1989 a 08JAN1990</b>
<b>C Alte</b>	Roberto de Lorenzi Filho	<b>08JAN1990 a 26ABR1990</b>
<b>V Alte</b>	Roberto de Oliveira Coimbra	<b>26ABR1990 a 25FEV1991</b>
<b>C Alte</b>	Luiz Alberto de Carvalho Junqueira	<b>25FEV1991 a 31JUL1991</b>
<b>V Alte</b>	Luiz Alberto de Carvalho Junqueira	<b>31JUL1991 a 22ABR1992</b>
<b>C Alte (EN)</b>	José Antônio Azevêdo de Araujo	<b>22ABR1992 a 06MAI1998</b>
<b>V Alte</b>	Luiz Fernando Portella Peixoto (interino)	<b>06MAI1998 a 19AGO1998</b>
<b>C Alte (EN)</b>	Ricardo Torga do Carmo	<b>19AGO1998 a 15JAN2002</b>
<b>C Alte</b>	Luiz Antonio Monclaro de Malafaia	<b>15JAN2002 a 14MAI2003</b>
<b>C Alte</b>	Francisco Luiz Gallo	<b>14MAI2003 a 26NOV2003</b>
<b>C Alte</b>	José Eduardo Borges de Souza	<b>26NOV2003 a 09AGO2004</b>
<b>C Alte</b>	João Arthur do Carmo Hildebrandt	<b>09AGO2004 a 12ABR2006</b>
<b>C Alte</b>	Marcus Vinicius Iorio Hollanda	<b>12ABR2006 a 03AGO2006</b>
<b>C Alte</b>	Gener Martins Baptista	<b>03AGO2006 a 16ABR2007</b>
<b>C Alte</b>	Antonio Ruy de Almeida Silva	<b>16ABR2007 a 10AGO2007</b>
<b>C Alte</b>	Marcos Nunes de Miranda	<b>10AGO2007 a 26MAR2009</b>
<b>C Alte</b>	Sergio Roberto Fernandes dos Santos	<b>26MAR2009</b>

## Histórico de Atuação da DOCM



A Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM) foi criada por meio do Decreto nº 77.784, de 8 de junho de 1976. Especialmente, a partir de 1994, quando foi considerada uma Organização Militar Prestadora de Serviços (OMPS), a nossa Diretoria vem trabalhando incessantemente para atender às necessidades das nossas Organizações Militares de terra, cumprindo a importante missão de realizar atividades normativas, técnicas e gerenciais relacionadas com a engenharia e arquitetura voltadas às obras civis, como por exemplo: elaboração de projetos, contratação e fiscalização de obras, prestação de assessorias técnicas e realização de vistorias, avaliações, pareceres e perícias, em proveito do patrimônio imobiliário da nossa Marinha.

Desde os anos setenta ocorreram mudanças significativas que caracterizaram uma nova ordem mundial. O fim da bipolaridade, o surgimento de

uma potência hegemônica mundial, a formação de novos blocos econômicos, a valorização dos recursos energéticos e biológicos, a globalização das relações entre os países, reduzindo a sua soberania, são aspectos relevantes, entre outros, que influenciam o Brasil.

Neste contexto, ainda em transformação, a Marinha do Brasil (MB) tem buscado manter-se atualizada frente aos novos paradigmas tecnológicos. Ao ser incorporado um novo navio, submarino, aeronave, unidade de fuzileiros navais, sistema de armas ou de comunicação, é necessário prover os recursos logísticos para a sua operação e manutenção. Ampliam-se os centros de instrução, instalam-se novos simuladores para treinamento das tripulações, novas oficinas e facilidades industriais são construídas, novas edificações são erigidas ou reformadas.

Assim, a DOCM vem participando ativamente da maioria dos empreendimentos envolvendo obras civis, executados pela MB, no Brasil ou no exterior, estes últimos realizados por intermédio da Empresa Gerencial de Projetos Navais (EMGEPRON), empresa pública vinculada ao Comando da MB.

No Século XXI novos desafios estão por vir. A DOCM estará sempre pronta para trabalhar, com afinco e dedicação, no que lhe couber, contribuindo para a presença da MB em nossos rios e no mar, na defesa dos interesses do Brasil.



### **A DOCM tem o propósito de realizar atividades normativas, técnicas e gerenciais relacionadas com a engenharia e arquitetura voltadas às obras civis da Marinha**



Para consecução do seu propósito, cabem à DOCM as seguintes tarefas:

I - elaborar normas, procedimentos, especificações e instruções técnicas para as atividades de engenharia e arquitetura voltadas às obras civis da Marinha;

II - exercer a orientação, coordenação e o controle funcional e a orientação técnica das OM nos assuntos relacionados com a engenharia e arquitetura voltadas às obras civis;

III - orientar, coordenar e controlar as obras civis de grande complexidade ou vulto;

IV - executar anteprojetos e projetos definitivos de arquitetura e engenharia;

V - executar vistorias e avaliações técnicas nas instalações terrestres e emitir os respectivos laudos e pareceres;

VI - administrar as parcelas dos Planos e Programas da Marinha sob sua esfera de responsabilidade;

VII - administrar e manter as áreas comuns do Edifício Barão de Ladário (EBL), bem como as instalações de uso comum do pessoal lotado nas OM situadas no Prédio;

VIII - operar e manter o sistema de segurança e de controle de acesso de pessoal ao EBL; e

IX - implementar as ações decorrentes do Plano de Segurança Orgânica do EBL, no que diz respeito à administração de suas áreas comuns.

**Cronologia das principais obras executadas ao  
longo da existência da DOCM**



**2009**

**DOCM - 33 ANOS**

**CONSTRUINDO A MARINHA DO FUTURO**

## 1976

- Estabilização da lagoa na área residencial da barragem dos macacos, na Base Naval de Aratu (BNA);
- Instalação da sinalização dos helipontos, pistas, saneamento e serviços complementares no aeroporto da Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia (BAeNSPA); e
- Construção de oito residências para CB e MN na BAeNSPA.

## 1977

- Prédio do simulador de vôo da BAeNSPA;
- Modernização e ampliação do sistema de energia elétrica e da usina geradora da BAeNSPA; e
- Garagem e oficina mecânica da Casa do Marinheiro.

## 1978

- Prédio sede do Comando-em-Chefe da Esquadra (ComemCh);
- Ligação das Ilhas de Mocanguê Grande e Pequeno; e
- Construção do Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes (CEFAN).

## 1979

- Construção dos prédios administrativos e de oficinas do hangar nº 4 da BAeNSPA;
- Pavimentação do pátio de estacionamento de aeronaves do hangar nº 4 da BAeNSPA; e
- Primeira fase de construção do Centro de Mísseis e Armas Submarinas da Marinha (CMASM).

## 1980

- Construção do Prédio do Comando da Divisão Anfíbia (ComDivAnf);
- Recuperação do Prédio do Antigo Pacífico Central na Av. Brasil;
- Recuperação e Fornecimento do Equipamento de Cozinha e Lavanderia do Hospital da Tisiologia do Sanatório Naval de Nova Friburgo (SNNF); e
- Construção dos novos prédios do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD).

## 1981

- Construção do prédio para trânsito do pessoal da MB no Rio de Janeiro-RJ; e
- Reforma predial para implantação da Escola de Saúde do HNMD.

## 1982

- Construção de oito blocos de apartamentos para SO/SG, em Rio Grande-RS;
- Construção do prédio de CAV-P, prefeitura no CMASM; e
- Ampliação do Sistema de Energia Elétrica da BAENSPA.

## 1983

- Construção do Ambulatório Naval de Rio Grande (ANRG);
- Construção da nova Odontoclínica Central da Marinha (OCM);
- Construção de residências para oficiais em Rio Grande;
- Construção de cinco blocos de apartamentos para CB/MN em Rio Grande; e
- Construção do Centro de Jogos de Guerra da Escola de Guerra Naval (EGN).

## 1984

- Construção do prédio do Salão de Recreio da Diretoria de Abastecimento da Marinha (DAbM);
- Fabricação e montagem do Sistema de Armazenamento do Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão (CAAML); e
- Construção do Ambulatório Periférico da Ilha do Governador.

## 1985

- Construção do Píer para Fragatas e Contratorpedeiros na Base Naval do Rio de Janeiro (BNRJ);
- Construção de heliponto do CMASM;
- Construção da nova sede do CAAML; e
- Construção da nova Estação de Rádio da Marinha em Brasília (ERMB) .

## 1986

- Ampliação do cais de submarinos da Base Almirante Castro Silva (BACS);
- Ampliação do heliponto e urbanização da BNRJ;
- Construção do Depósito de Material de Eletrônica da Marinha no Rio de Janeiro (DepMEMRJ); e
- Construção do Ambulatório do Hospital Naval de Salvador (HNSa).

## 1987

- Recuperação das dependências do Tribunal Marítimo (TM);
- Construção do Hangar nº 5 e Prédio de Incêndio e Salvamento da BAENSPA; e
- Construção do Centro Hiperbárico no Centro de Instrução e Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché (CIAMA).

## 1988

- Construção da ligação definitiva do cais flutuante da Estação Naval do Rio Negro (ENRN);
- Construção da Casa do Marinheiro de Rio Grande; e
- Píer para atracação de navios na Base Naval de Val-de-Cães (BNVC).

## 1989

- Restauração do prédio colonial do Centro de Instrução Almirante Wandekolk (CIAW);
- Fornecimento e instalação de um carregador de baterias para submarinos na BACS; e
- Modernização do sistema de distribuição de energia elétrica da BAENSPA.

## 1990

- Construção da estação de tratamento magnético para navios na BNA;
- Contenção das encostas da ENRN; e
- Ampliação e reforma do Departamento de Aviônica e Armamento na BAENSPA.

## 1991

- Construção da primeira etapa do CC-TOM-X do Comando de Operações Navais (ComOpNav).

## 1992

- Ampliação da oficina de torpedos MK-46 do CMASM; e
- Construção da piscina olímpica e casa de bombas do Colégio Naval (CN).

## 1993

- Construção do prédio do simulador de manobras do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA);
- Construção do píer da Estação Naval de Rio Grande (ENRG); e
- Reforma e ampliação do alojamento para oficiais na BAENSPA.

## 1994

- Construção do centro de treinamento de natação da Esquadra na BNRJ;
- Construção do heliponto na Base Naval de Natal (BNN); e
- Construção do posto de radiogoniometria da Estação Radiogoniométrica da Marinha em Natal (ERMN).

## 1995

- Construção do prédio de apoio dos submarinos classe Tupi na BACS;
- Construção do prédio do simulador de treinamento de submarinos da classe Tupi no CIAMA;
- Construção de heliponto na BNVC; e
- Construção do auditório da Escola Naval (EN), com capacidade para 1000 pessoas.

## 1996

- Adaptação das antigas instalações do Lloyd Brasileiro, para a instalação da Capitânia dos Portos do Rio de Janeiro (CPRJ) e do Espaço Cultural da Marinha (ECM) no Rio de Janeiro; e
- Restauração parcial do prédio da Ilha Fiscal.

## 1997

- Reforma geral do edifício Almirante Tamandaré;
- Construção do galpão para guarda de viaturas anfíbias do CFN;
- Construção de hangar para aeronaves SAH-11;
- Construção de paióis do tipo PSF e PPP, obras de terraplanagem e pavimentação na Fábrica Almirante Jurandyr da Costa Muller de Campos (FAJCMC); e
- Implantação do sistema de radar para aeronaves da BAENSPA.

## 1998

- Reconstrução do Centro de Munição da Marinha (CMM);
- Construção da ponte de atracação e embarque da Capitania dos Portos do Paraná (CPPR);
- Reforma geral do Edifício Almirante Gastão Motta;
- Execução dos cortes rochosos na BACS;
- Construção da infraestrutura para instalação do sistema VOR/DME na BAENSPA; e
- Fornecimento e colocação de esquadrias e pintura de fachadas em vários edifícios situados no Complexo Naval do Comando do 1º Distrito Naval (Com1ºDN).

## 1999

- Restauração final da Ilha Fiscal;
- Construção do enrocamento da EN;
- Reforma do parque aquático da EN;
- Construção da nova biblioteca da EN;
- Construção da nova biblioteca da EGN;
- Construção do hangar para aeronaves de asas fixas na BAENSPA;
- Reforma da cozinha e refeitório da EN;
- Construção da rampa de acesso e ampliação do cais no canal da Ilha do Boqueirão;
- Construção da ponte de atracação do Depósito de Combustíveis da Marinha no Rio de Janeiro (DepCMRJ);
- Construção do novo parque aquático da Casa do Marinheiro (CMN); e
- Construção de um bloco de alojamentos, subestação, castelo d'água, casa de bombas e central de GLP na CMN.

## 2000

- Construção do prédio da 1ª CIAPOL no Grupamento de Fuzileiros Navais no Rio de Janeiro (GptFNRJ);
- Construção da infraestrutura de dois aparelhos de parada de aeronaves na pista de pouso da BAENSPA;
- Reforma da sede social da CMN;
- Recuperação do píer da Delegacia da Capitânia dos Portos em Itajaí (DelItajaí);
- Construção da ponte de atracação do CIAW;
- Construção de três paióis de munição e do edifício de apoio para o Complexo Naval de Ladário (BFLa);
- Construção de blocos de apartamentos para os submarinistas em Niterói-RJ; e
- Ampliação da pista de pouso na BAENSPA.

## 2001

- Contenção de encosta na Vila Humaitá, no Comando do 9º Distrito Naval (Com9ºDN);
- Obras de reforma do Edifício nº 12 da EN;
- Construção de garagem para abrigar carros de combate no CIACC;
- Modernização do pátio de treinamento de combate a incêndio do CAAML;
- Ampliação e recuperação estrutural do cais e píer da EN;
- Construção do prédio administrativo do CIAAN, na BAENSPA; e
- Construção de um edifício residencial para SO/SG na área da BAENSPA.

## 2002

- Construção da oficina de torpedos no CMASM.

## 2003

- Construção do novo centro de jogos de guerra da EGN.

## 2004

- Construção da nova infraestrutura da EN.

## 2005

- Construção da subestação e da casa de bombas do píer da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN);
- Reforma e ampliação do Edifício nº 4 da EN; e
- Reforma e ampliação do parque fabril do Laboratório Farmacêutico da Marinha (LFM).

## 2006

- Construção da nova ponte da EN;
- Finalização da construção da nova sede da 1ª CJM – Superior Tribunal Militar (STM);
- Instalação para o sistema de radar da BAeNSPA;
- Construção do depósito de materiais inflamáveis do LFM;
- Reconstrução do ginásio poliesportivo do CIAGA;
- Recuperação estrutural do píer da BNRJ;
- Reforma da torre de controle do aeródromo da BAeNSPA;
- Reforma do DIACTA para a nova sala APP-Radar;
- Reforma do Edifício nº 3 da EN;
- Reforma do Gabinete do Estado-Maior da Armada (EMA) no Rio de Janeiro; e
- Reforma na residência funcional do CEMA.

## 2007

- Recuperação estrutural da fachadas do HNMD;
- Reforma da cozinha do HNMD;
- Reforma do auditório do HNMD;
- Construção de cobertura da calha do rio Jacaré no HNMD; e
- Recuperação estrutural da ponte de acesso e do píer do Centro de Adestramento da Ilha da Marambaia (CADIM).

## 2008

- Construção do prédio administrativo do Depósito de Material de Saúde da Marinha no Rio de Janeiro (DepMSMRJ);
- Construção do novo Ambulatório Naval de Niterói (ANN);
- Adaptação da oficina de torpedos no CMASM;
- Reforma do telhado do Depósito de Fardamento da Marinha no Rio de Janeiro (DepFMRJ);
- Reforma do prédio da Diretoria de Portos e Costas (DPC);
- Construção do novo píer no Palácio da Alvorada – DF;
- Sondagem no Cais da Bandeira – Com1ºDN;
- Recuperação e ampliação da rampa de embarcações do Palácio da Alvorada – DF;
- Construção de um paiol de munição na FAJCMC;
- Reforma da sobreloja do EBL para abrigar as instalações do Centro de Tecnologia da Informação da Marinha (CTIM);
- Instalação do cabo elétrico submarino do CIAW;
- Substituição da rede de aguada submarina do CIAW;
- Modernização do sistema de ar-condicionado do TM;
- Recuperação estrutural do píer 2 e cais sul da BNRJ;
- Reforma geral no depósito de suprimentos de saúde;
- Reforma do 2º pavimento do prédio de ensino do Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo (CIASC); e
- Reforma de 4 câmaras frigoríficas do Depósito de Subsistência da Marinha no Rio de Janeiro (DepSubMRJ).

### Resumo dos serviços de engenharia prestados pela DOCM nos últimos anos

TRABALHOS TÉCNICOS	2005	2006	2007	2008	2009
Pareceres	03	06	11	07	11
Vistorias	102	82	58	69	65
Avaliações	06	17	06	12	08
Perícias	02	01	01	02	04
Assessorias Técnicas	22	26	38	49	22
Projetos Concluídos	124	120	95	139	114
Obras Fiscalizadas	28	22	25	59	39



V JOGOS MUNDIAIS  
MILITARES

RIO 2011  
Os jogos da paz!

## V Jogos Mundiais Militares RIO 2011 – “OS JOGOS DA PAZ!”

**Capitão-de-Fragata (EN) José Maria Rocha de Almeida**

*Encarregado da Primeira Divisão de Obras da DOCM. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense e pós-graduado (M.Sc.) em Patologia e Terapia das Estruturas em Concreto pela Universidade Federal Fluminense.*

Em assembléia-geral do Conselho Internacional do Esporte Militar, realizada em maio de 2007, o Brasil foi escolhido para sediar os V Jogos Mundiais Militares, no ano de 2011, na cidade do Rio de Janeiro.

O evento, contando com o apoio de autoridades federais e estaduais, reunirá, na cidade do Rio de Janeiro, um quantitativo entre 5.600 e 9.000 atletas militares de cerca de noventa países.

Dentre os benefícios que um evento desta dimensão proporciona, destaca-se o legado social representado pela construção de uma Vila Olímpica com 1.200 apartamentos, uma vez que, equitativamente convertidos em PNR para as três Forças Armadas, contribuirão significativamente para a redução do déficit de habitações funcionais para oficiais e praças, na cidade do Rio de Janeiro.

No que tange à construção da Vila Olímpica da Marinha do Brasil, ficou definido que o Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais (CGCFN) teria a atribuição, com o concurso dos demais Órgãos de Direção Setoriais, de orientar a construção da Vila Olímpica, em conformidade com as diretrizes do Ministério da Defesa (MD).

Concorrem para a efetivação deste empreendimento:

- a Caixa de Construções de Casas para o Pessoal da Marinha (CCCPM), na elaboração dos projetos básicos das obras necessárias;
- o Centro de Instrução Almirante Milcíades Portela Alves (CIAMPA), na condução dos processos licitatórios dos serviços preliminares;
- o Comando do Material de Fuzileiros Navais (CMatFN), na condução do processo licitatório para a construção da Vila Olímpica; e
- a Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM), na análise e aprovação dos projetos e fiscalização das obras.



A Vila Olímpica idealizada pela MB é composta de um conjunto residencial de 396 unidades habitacionais, distribuídas em 22 blocos de apartamentos de três pavimentos sobre pilotis, totalizando 52.786,10m<sup>2</sup> de área construída, localizada no Complexo Naval do Guandu do Sapê (CNGS), em Campo Grande, RJ.

Cada apartamento possuirá 110m<sup>2</sup> de área construída, compartimentado em sala, varanda, três quartos, sendo uma suíte, banheiro social, cozinha, área de serviço, quarto e banheiro de empregada.

A Vila Olímpica terá modernas instalações, projetadas de acordo com os conceitos atuais de proteção ao meio ambiente, segurança orgânica, economia de energia, iluminação de emergência, reuso dos recursos naturais e de acessos aos deficientes e idosos.

Em sua infraestrutura, destacam-se as instalações especiais de captação, armazenamento e tratamento para reuso das águas de chuvas, tratamento de esgotos domiciliares e aquecimento

solar, além das instalações normais de distribuição de água, energia e gás. Cada apartamento permite medições individuais de água, luz e gás, eliminando assim os desagradáveis rateios de condomínio.

O empreendimento possui:

- pórtico de identificação;
- áreas verdes;
- estacionamentos;
- áreas de lazer com quadras poliesportivas;
- campo de futebol;
- estação de tratamento de esgotos;
- cisterna;
- castelo d'água; e
- outros itens da infraestrutura de um condomínio, como iluminação pública, pavimentação, rede de incêndio e muro de alvenaria.



Figura 1 – Projeto para construção da Vila Olímpica.

# ESTALEIRO E BASE NAVAL

**Capitão-de-Fragata (EN) José Maria Rocha de Almeida**

*Encarregado da Primeira Divisão de Obras da DOCM. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense e pós-graduado (M.Sc.) em Patologia e Terapia das Estruturas em Concreto pela Universidade Federal Fluminense.*

A MB constatou que a posse de submarinos convencionais, por si só, não era o bastante para o cumprimento de sua missão constitucional de defender a soberania, integridade territorial e interesses do País no mar. Tornava-se necessário dispor, também, de submarinos nucleares em seu inventário de meios. Aqueles, em face de suas peculiaridades, para emprego preponderante em áreas litorâneas, em zonas de patrulha limitadas. Estes, graças à excepcional mobilidade, para a garantia da defesa avançada da fronteira marítima mais distante.

Para efetivar esta idéia, foi criada a Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN), dentro da estrutura

organizacional da Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM). Essa Coordenadoria tem as atribuições de gerenciar o projeto e a construção do estaleiro dedicado aos submarinos e de sua base; gerenciar o projeto de construção do submarino com propulsão nuclear; e, ainda, gerenciar o projeto de detalhamento do submarino convencional, a ser adquirido pela MB.

A construção do Estaleiro e da Base Naval está inserida no programa de parceria dos governos francês e brasileiro, que visa à transferência de tecnologia de construção de submarinos convencionais e nucleares da classe Scorpène.

Dentro desse escopo, cabe à DOCM assessorar a implantação da infraestrutura





Figura 1 - Estaleiro e Base Naval.

necessária, a ser construída, que dará o suporte imprescindível para viabilizar a construção e operação desses submarinos.

Esta infraestrutura está dividida em dois setores:

- Estaleiro Naval; e
- Base Naval.

No Estaleiro Naval, serão instaladas todas as facilidades necessárias à fabricação e manutenção dos submarinos convencionais e nucleares, visando a incorporar novas tecnologias e proporcionar avanço tecnológico para a Marinha e para o País.

Na Base Naval, serão implantadas facilidades necessárias ao apoio, treinamento e administração, proporcionando à MB instalações modernas e adequadas para absorver as tecnologias militares.

O Estaleiro e a Base Naval a serem implantados serão dedicados à construção, operação e manutenção de submarinos convencionais e nucleares e às demais atividades relacionadas a este tipo de embarcação, em especial centros de treinamento e capacitação.

O Estaleiro será construído no município de Itaguaí, no estado do Rio de Janeiro, ao lado do Porto de Itaguaí e nas proximidades da NUCLEP, que será um importante parceiro tecnológico e estratégico e onde está prevista a utilização dos serviços para fabricação de subseções e pintura do casco. Em uma área próxima às instalações da NUCLEP, será implementada uma área industrial denominada “Extensão do Estaleiro”, onde serão executadas atividades de montagem industrial e soldagem das seções do submarino e fabricadas as partes metálicas não-resistentes (“cradles”).

As instalações do empreendimento proporcionarão condições de oferecer atracação para submarinos convencionais e nucleares simultaneamente, com todos os sistemas de apoio necessários.

Como características especiais das instalações, devem ser considerados os sistemas múltiplos de segurança e proteção adequados ao tipo de atividade militar. Serão observadas todas as especificações e requisitos especiais, incluindo ambientais e nucleares, definidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, MB e órgãos internacionais correlatos.



# Estudo do Fluxo da Água e do Transporte de Contaminantes em Aquíferos Subterrâneos

**Capitão-Tenente (EN) Roberto Cruxen Daemon D'Oliveira**

*Ajudante da Divisão de Estruturas da DOCM. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestrando em Engenharia de Transporte pelo Instituto Militar de Engenharia.*

**Colaboradores:** *Carolina Ferreira Reis, Graduada em Engenharia Civil; Marcelo de Miranda Reis, Graduado em Engenharia Civil e Carlos Alexandre Bastos de Vasconcellos, Graduado em Engenharia Civil*

O presente artigo tem por objetivo comparar soluções numéricas utilizando o método de diferenças finitas (MDF) e o método dos elementos finitos (MEF), com soluções analíticas para a equação de advecção-dispersão relacionada ao problema de infiltração de um contaminante pontual e instantâneo em aquíferos subterrâneos. Diversos exemplos são apresentados, mostrando a convergência e acurácia dos métodos numéricos em relação à solução analítica.

## Introdução

A partir da década de 80, com o aumento da preocupação ambiental, as atenções no campo da modelagem de águas subterrâneas se voltaram para a contaminação dessas águas. Auxiliados pelos computadores, pesquisadores puderam tentar prever o comportamento desses contaminantes nos aquíferos, a fim de minimizar os danos provocados e/ou eliminá-los (Feitosa e Filho, 1997).

Tal previsão pode ser realizada por meio de modelos matemáticos que representam a realidade, os quais utilizam o método dos elementos finitos (MEF) e/ou método das diferenças finitas (MDF) para resolver as equações diferenciais que

governam tais fenômenos físicos. Tendo em vista a importância do método no auxílio à preservação dos aquíferos, este artigo utiliza-se de métodos computacionais para a resolução de modelagens matemáticas por MEF e MDF, a fim de compará-las com o método analítico e propor a solução mais adequada a problemas de campo reais.

## Transporte de Contaminantes por Advecção-Dispersão

O transporte por advecção é aquele em que sólidos dissolvidos ou calor são transportados à mesma velocidade da água do aquífero. Esse termo é preferido à convecção, pois, sendo rigoroso, convecção se refere à

movimentação de fluidos devido às diferenças de temperatura.

Outra maneira de movimentação de contaminantes em águas subterrâneas é a dispersão. Essa se refere à mistura e ao espalhamento causado em parte por difusão molecular e em parte por variações na velocidade, intrínsecas ao meio poroso. Em muitos problemas de campo, esse fator pode ser desprezado devido à heterogeneidade de grande escala do aquífero. Nesse caso, a dispersão ocorre pela movimentação seletiva do contaminante em volta das unidades menos permeáveis (Freeze e Cherry, 1979).

Se um traçador for injetado instantaneamente em um campo de fluxo uniforme, o mesmo se dispersa na direção do fluxo (longitudinal) e na direção perpendicular ao fluxo (transversal). Neste caso, ocorrerá uma maior dispersão na direção longitudinal do que na transversal. A Figura 1 mostra que o ponto inicial toma forma de uma nuvem elíptica, cuja concentração diminui a partir do centro seguindo a distribuição Gaussiana e o centro da nuvem representa o ponto inicial deslocado apenas por advecção. As distribuições de concentração longitudinal e transversal na elipse são mostradas pela superposição dos gráficos (Wang e Anderson, 1982).

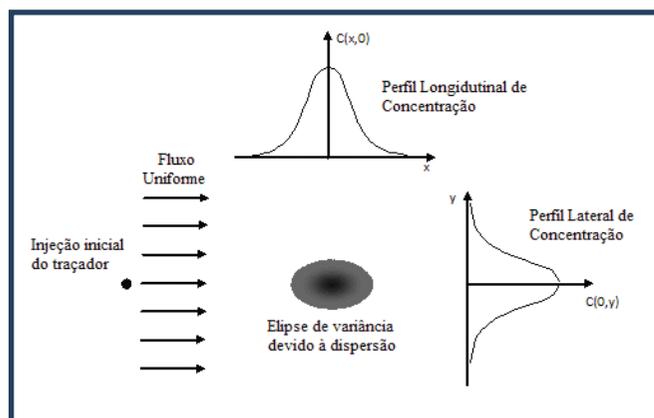


Figura 1 - Dispersão de um ponto de fonte instantânea em um campo de fluxo uniforme.

## Equação de Governo

Segundo Bear (1972, 1979), a dispersão de um contaminante em um aquífero é devida principalmente à heterogeneidade do meio, sendo, portanto, um resultado da existência de uma distribuição estatística dos caminhos do escoamento dentro das heterogeneidades locais.

Considere um campo de escoamento na qual a velocidade média linear tem as componentes  $v_x$  e  $v_y$ . O traçador é deslocado pelo fluxo de campo e ainda sofre dispersão. A velocidade microscópica em qualquer ponto do aquífero pode variar da velocidade linear média. As componentes  $v_x^*$  e  $v_y^*$  da velocidade microscópica relativa às componentes da velocidade média ( $v_x$  e  $v_y$ ) representam o movimento dispersivo.

A massa de fluxo é a quantidade de massa que cruza uma unidade de área perpendicular ao movimento do fluxo por unidade de tempo. A massa de fluxo dispersivo é a massa de fluxo que resulta das componentes de velocidade  $v_x^*$  e  $v_y^*$ . Em um volume infinitesimal sobre um ponto do aquífero, a descarga específica do mesmo através de uma face perpendicular à direção  $x$  é  $nv_x^*$ , em que  $n$  é a porosidade. Se  $C$  é a concentração do contaminante como uma massa por unidade de volume de água, então a massa dispersiva de fluxo na direção  $x$  será:

$$f_x^* = nCv_x^* \quad (1)$$

Similarmente, o fluxo dispersivo na direção  $y$  é dado por:

$$f_y^* = nCv_y^* \quad (2)$$

Define-se a componente longitudinal e transversal do coeficiente de dispersão para um campo de fluxo uniforme na direção  $x$  em que  $v_x = \bar{v}_x$  e  $v_y = 0$ . A componente longitudinal do coeficiente de dispersão é definida por analogia à Lei de Fick de difusão. Especificamente, o fluxo dispersivo é considerado proporcional

ao gradiente da concentração na direção de escoamento vezes a porosidade, ou seja,

$$nCv_x^* = -nD_L \frac{\partial C}{\partial x} \quad (3)$$

Analogamente, a componente transversal  $D_T$  do coeficiente de dispersão pode ser definida como:

$$nCv_y^* = -nD_T \frac{\partial C}{\partial y} \quad (4)$$

A massa total de fluxo na direção x ( $f_x$ ) é a soma dos fluxos advectivos e dispersivos. Desta forma:

$$f_x = n(C\bar{v}_x + Cv_x^*) \quad (5)$$

Considerando a hipótese de fluxo uniforme na direção x implica que a massa total de fluxo na direção y é devida apenas ao fluxo dispersivo, logo:

$$f_y = nCv_y^* \quad (6)$$

O princípio da conservação de massa requer que o operador divergente do fluxo seja igual à taxa de decréscimo da concentração de soluto por unidade de volume do aquífero. Assim, tem-se que:

$$\frac{\partial f_x}{\partial x} + \frac{\partial f_y}{\partial y} = -n \frac{\partial C}{\partial t} \quad (7)$$

A multiplicação da derivada da concentração de soluto no lado direito da equação pela porosidade visa a representar a variação da massa de soluto por unidade de volume do aquífero, ao invés de por unidade de volume de água, pois a concentração é definida pela massa de soluto por volume de água.

Aplicando as Eqs. (3), (4), (5) e (6) na Eq. (7), obtém-se:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( nD_L \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( nD_T \frac{\partial C}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (nC\bar{v}_x) = n \frac{\partial C}{\partial t} \quad (8)$$

Para um meio homogêneo em um campo de fluxo uniforme, o coeficiente de dispersão e a porosidade são independentes da posição. Desta forma, a Eq. (8) torna-se:

$$D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_T \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - \bar{v}_x \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (9)$$

## Método Numérico

Nesta seção serão apresentadas as formulações dos métodos de elementos finitos e diferenças finitas para a discretização da Eq. (9). Para fins de comparação dessas formulações será utilizado para a aproximação temporal o método de Euler explícito, sendo verificado o critério de convergência.

## Método de Elementos Finitos

Este método numérico baseia-se no método de Galerkin, cuja soma dos resíduos da solução aproximada  $\hat{C}$  dentro do domínio  $\Omega$ , ponderados pelas funções de interpolação nodais  $N_L(x,y)$ , é definida como sendo nula. Isto pode ser descrito com a seguinte expressão (Bathe, 1996):

$$\iint_{\Omega} \left( D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_T \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - \bar{v}_x \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{\partial C}{\partial t} \right) N_L(x,y) dx dy \quad (10)$$

onde  $L = 1, 2, \dots, N$ ; sendo  $N$  o número de nós do domínio  $\Omega$ . Considerando um elemento quadrangular de nós  $ijmn$ , a solução aproximada dentro desse elemento é a interpolação dos valores nodais, logo:

$$\hat{C}(x,y,t) = N_i^e(x,y)C_i(t) + N_j^e(x,y)C_j(t) + N_m^e(x,y)C_m(t) + N_n^e(x,y)C_n(t) \quad (11)$$

Os termos da segunda derivada são integrados por partes e a integração sobre o domínio do problema é feita elemento por elemento da seguinte forma:

$$\sum_e \left\{ \iint_e \left( D_L \frac{\partial \hat{C}^e}{\partial x} \frac{\partial N_L}{\partial x} + D_T \frac{\partial \hat{C}^e}{\partial y} \frac{\partial N_L}{\partial y} + \bar{v}_x \frac{\partial \hat{C}^e}{\partial x} N_L + \frac{\partial \hat{C}^e}{\partial t} N_L \right) dx dy \right\}$$

$$= \int_{\Gamma} \left( D_L \frac{\partial \hat{C}}{\partial x} n_x + D_T \frac{\partial \hat{C}}{\partial y} n_y \right) N_L d\Gamma, \quad (12)$$

onde  $\Gamma$  é o contorno do domínio  $\Omega$  e  $\bar{n} = (n_x, n_y)$  é o vetor unitário na direção normal ao contorno considerado.

O sistema de equações representadas pela Eq.(12) pode ser escrito na forma matricial da seguinte forma:

$$([D] + [U])\{C\} + [P] \left\{ \frac{\partial C}{\partial t} \right\} = \{f\} \quad (13)$$

em que  $\{C\}$  é o vetor das concentrações nodais,  $\{\partial C/\partial t\}$  é o vetor derivada temporal das concentrações nodais,  $[D]$  é a matriz dispersão,  $[U]$  é a matriz advectiva e a matriz  $[P]$  corresponde à capacidade de dispersão do aquífero. Além disso, o vetor  $\{f\}$  corresponde aos fluxos prescritos no contorno e as fontes de concentração no domínio.

O termo da derivada da concentração em relação ao tempo é aproximado através do método de Euler explícito por meio da expressão:

$$\left\{ \frac{\partial C}{\partial t} \right\} = \frac{1}{\Delta t} (\{f\}^{n+\Delta t} - \{f\}^n) \quad (14)$$

## Método de Diferenças Finitas

Este método numérico consiste em discretizar a própria equação que governa o fenômeno físico em estudo. Para isso, será introduzida a seguinte notação:

$$C(x,y,t) = C(i\Delta x, j\Delta y, n\Delta t) \equiv C_{ij}^n \quad (15)$$

Aplicando-se na Eq. (9) o esquema de diferenças finitas de Euler avançado no tempo e centrado no espaço, obtém-se:

$$D_L \frac{C_{i+1,j}^n - 2C_{ij}^n + C_{i-1,j}^n}{(\Delta x)^2} + D_T \frac{C_{i,j+1}^n - 2C_{ij}^n + C_{i,j-1}^n}{(\Delta y)^2}$$

$$- \bar{v}_x \frac{C_{i+1,j}^n - C_{i-1,j}^n}{2\Delta x} = \frac{C_{ij}^{n+1} - C_{ij}^n}{\Delta t} \quad (16)$$

cujo erro de truncamento é  $O[\Delta t, (\Delta x)^2]$ , ou seja, primeira ordem no tempo e segunda ordem no espaço. Colocando a concentração no passo de tempo (n+1) em evidência, a Eq. (16) pode ser reescrita como:

$$C_{ij}^{n+1} = C_{ij}^n - (c/2) \cdot (C_{i+1,j}^n - C_{i-1,j}^n) + r_x \cdot (C_{i+1,j}^n - 2C_{ij}^n - C_{i-1,j}^n)$$

$$+ r_y \cdot (C_{i,j+1}^n - 2C_{ij}^n + C_{i,j-1}^n) \quad (17)$$

onde os coeficientes  $c$  (número de Courant),  $r_x$  e  $r_y$  são definidos por:

$$c = (v_x \Delta t / \Delta x); \quad r_x = (D_L \Delta t / (\Delta x)^2); \quad e \quad r_y = (D_T \Delta t / (\Delta y)^2) \quad (18)$$

Segundo Özişik (1994), aplicando-se a análise de Fourier para estabelecer o critério de estabilidade do presente método numérico tem-se:

$$c \leq 1; \quad r_x \leq 1/2; \quad e \quad r_y \leq 1/2 \quad (19)$$

## Exemplos Numéricos

Dois exemplos são apresentados para ilustrar a metodologia empregada nesse trabalho. O objetivo do problema é simular a dispersão em um campo de fluxo uniforme e unidirecional, recaindo na seguinte equação diferencial apresentada na Eq. (9).

Considerando  $D_T = 0$ , a Eq. (9) torna-se unidimensional e pode ser escrita como:

$$D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \bar{v}_x \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (20)$$

sendo a condição inicial e as condições de contorno definidas por:

$$\begin{cases} C(x,0) = 0, & \forall x \\ C(0,t) = C_0, & \text{para } t > 0 \\ C(\infty,t) = 0, & \text{para } t > 0 \end{cases} \quad (21)$$

A solução analítica do problema estabelecido pela Eq. (20) e condições apresentadas na Eq. (21) apresentada por Ogata e Banks (1961) é:

$$C(x,t) = \frac{C_0}{2} \left\{ \exp\left(\frac{\bar{v}_x x}{D_L}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{x+\bar{v}_x t}{2\sqrt{D_L t}}\right) + \operatorname{erfc}\left(\frac{x-\bar{v}_x t}{2\sqrt{D_L t}}\right) \right\} \quad (22)$$

onde a função erro complementar  $\operatorname{erfc}(z)$  é definida por:

$$\operatorname{erfc}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_z^{\infty} e^{-u^2} du \quad (23)$$

### Exemplo 1

Neste exemplo, será considerado o domínio  $0 \leq x \leq 100m$  e  $0 < t \leq 400$  dias, velocidade média do fluxo igual a  $v_x = 0.1$  m/dia e o coeficiente de dispersão longitudinal igual a  $D_T = 1.0$  m<sup>2</sup>/dia. A fim de observar a convergência dos métodos, baseado no critério de estabilidade da Eq. (18), foram testados três casos com malhas e intervalos de tempo diferentes:

- caso 1a:  $\Delta x = 10.0$  m e  $\Delta t = 5.0$  dias;
- caso 1b:  $\Delta x = 1.0$  m e  $\Delta t = 10.0$  dias; e
- caso 1c:  $\Delta x = 5.0$  m e  $\Delta t = 20.0$  dias.

A seguir as Fig. 2, 3 e 4 mostram a simulação numérica desses três casos:

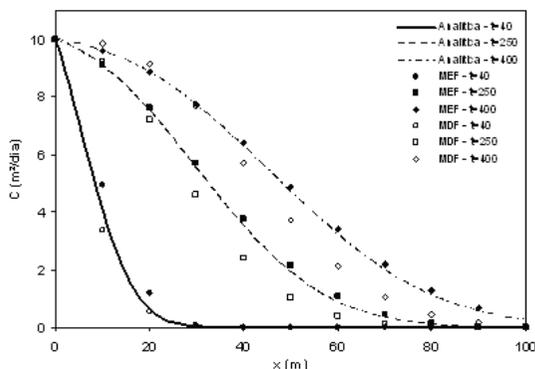


Figura 2 - Concentração ao longo do eixo x para o caso 1a

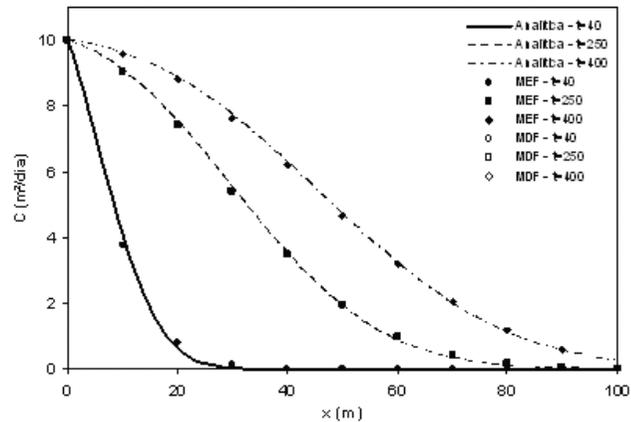


Figura 3 - Concentração ao longo do eixo x para o caso 1b.

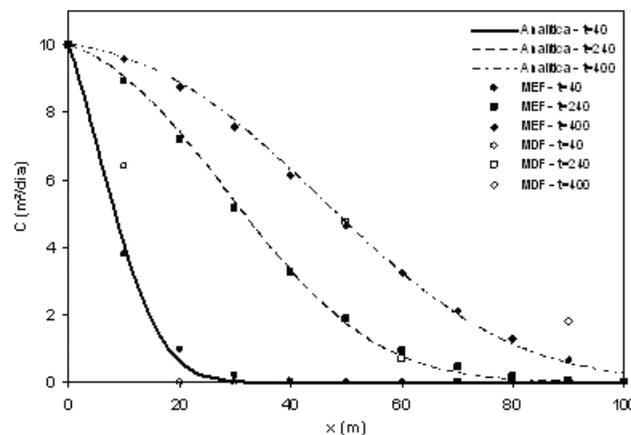


Figura 4 - Concentração ao longo do eixo x para o caso 1c.

### Exemplo 2

Neste exemplo, será considerado o domínio  $0 \leq x \leq 200m$  e  $0 < t \leq 500$  dias, fixou-se um tamanho de malha espacial de  $\Delta x = 10.0$  m e intervalo de tempo igual a  $\Delta t = 100.0$  dias. A fim de observar a convergência dos métodos, baseado no critério de estabilidade da Eq. (18), foram testados três casos com coeficientes físicos diferentes:

- caso 2a:  $v_x = 0.1$  m/dia e  $D_L = 0.5$  m<sup>2</sup>/dia ;
- caso 2b:  $v_x = 0.1$  m/dia e  $D_L = 0.1$  m<sup>2</sup>/dia ; e
- caso 2c:  $v_x = 0.2$  m/dia e  $D_L = 0.1$  m<sup>2</sup>/dia.

A seguir as Fig. 5, 6 e 7 mostram a simulação numérica desses três casos:

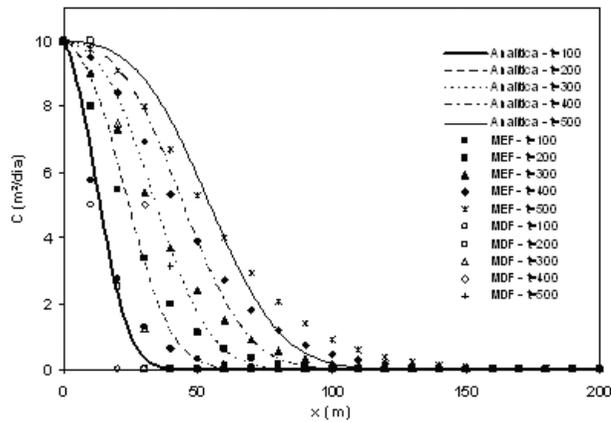


Figura 5 - Concentração ao longo do eixo x para o caso 2a.

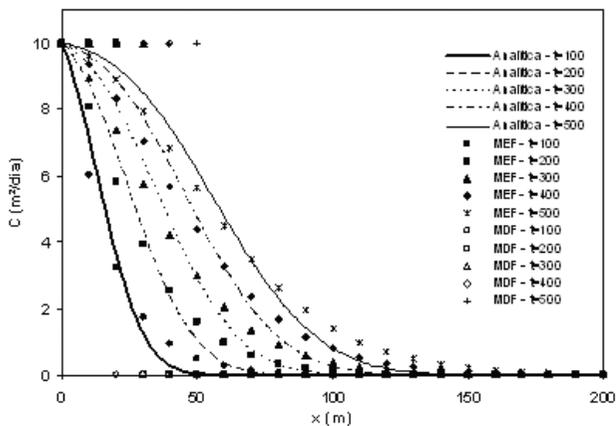


Figura 6 - Concentração ao longo do eixo x para o caso 2b.

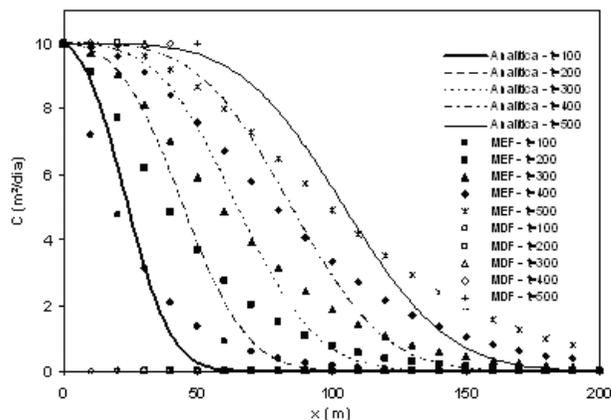


Figura 7 - Concentração ao longo do eixo x para o caso 2c.

## Conclusões

Da análise dos resultados apresentados pode-se observar que o MDF apenas convergiu no caso 1a, onde o critério de convergência apresentado na Eq. (19) foi atendido pelos dados da simulação. No caso 2a, embora o critério também fosse atendido, o MDF não convergiu devido ao passo de tempo ser relativamente grande.

Por outro lado, o MEF apresentou excelentes resultados para todos os casos dos exemplos 1 e 2, convergindo em todos os casos simulados, tendo perdido precisão apenas nos tempos  $t = 400$  dias e  $t = 500$  dias do exemplo 2.

Portanto, o presente artigo pode comparar soluções numéricas utilizando o MDF e o MEF com soluções analíticas para a equação de advecção-dispersão para o problema de infiltração de um contaminante pontual e instantâneo em aquíferos subterrâneos, concluindo que o MEF apresenta uma formulação mais robusta, mesmo utilizando um esquema de avanço no tempo de primeira ordem.

É certo que a presente pesquisa avançará, no tempo, assim como outros esquemas usuais da literatura, tais como Crank-Nicolson e Runge-Kutta (Wood, 1990), que são de ordem mais elevadas, e esquemas mais recentes, tal como a Aproximação Explícita de Green (Vasconcellos, 2008), que ainda não foi aplicada para a equação de advecção-dispersão.

## Referências

- Bathe, K.J., 1996. *Finite Element Procedures in Engineering Analysis*. 2 Ed., Prentice-Hall: Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Bear J., 1972. *Dynamics of Fluids in Porous Media*. Elsevier, New York, USA.
- Bear J., 1979. *Hydraulics of Groundwater*. McGraw-Hill, Inc., Haifa, Israel.
- Feitosa, F.A.C. e Filho, J.M., 1997. *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*, CPRM, LABHID-UFPE, Fortaleza-CE, Brasil.
- Freeze, R.A. e Cherry, J.A., 1979. *Groundwater*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Ogata, A. e Banks, R.B., 1961, *A Solution of the Differential Equation of Longitudinal Dispersion in Porous Media*. U.S. Geol. Survey Professional Paper 411-A, 7 pp.
- Özişik, M.N., 1994. *Finite Difference Methods in Heat Transfer*. CRC Press, Inc. Florida, USA.
- Vasconcellos, C.A.B., 2008. *Modelagem de Águas Subterrâneas utilizando a Aproximação Explícita de Green e o Método dos Elementos Finitos*, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Wang, H.F. e Anderson, M.P., 1982. *Introduction to Groundwater Modeling: Finite Difference and Finite Element Methods*, Academic Press, Inc., San Diego, USA.
- Wood, W.L., 1990. *Practical Time Stepping Schemes*. Clarendon Press, Oxford, USA.

# Avaliação do processo eletrolítico para o tratamento de esgotos sanitários, em locais de clima frio

**Capitão-de-Fragata (T) Carmen Josefa Miguelez Rodriguez**

*Encarregada da Divisão de Apoio Técnico da DOCM. Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro e pós-graduada (M.Sc.) em Engenharia Ambiental – Saneamento Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro.*

## Introdução

O Processo Eletrolítico, classificado como não-convencional, vem sendo estudado pela comunidade científica nacional (GIORDANO; BARBOSA FILHO, 2000; CRESPILO; RESENDE, 2004) e internacional (CHEN et al., 2005; HOLT et al., 2005) para tratamento de diversos efluentes, inclusive esgotos domésticos, apresentando várias vantagens que estimulam a verificação de sua aplicabilidade para locais em que os processos biológicos apresentam restrições, como locais de clima frio e/ou com grande variação de população (GIORDANO; BARBOSA FILHO, 2000).

Em 2005, foi solicitada pela Secretaria Interministerial de Recursos do Mar (SECIRM) à Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM), uma avaliação do processo eletrolítico (com eletrodos reativos) como uma das possíveis soluções para o tratamento dos efluentes da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF). Na época, considerando que era uma técnica não-convencional, foi realizada uma visita à Estação por um integrante do corpo técnico da DOCM, a fim de realizar levantamento das condições locais e, posteriormente, realizar um extenso levantamento junto a algumas instituições, empresas e universidades nacionais, quanto à viabilidade da solução e estimativa de custos para

implantação do mesmo. O processo eletroquímico utilizado no âmbito da Marinha do Brasil (MB) em alguns navios, por módulos importados, utiliza eletrodos inertes (AMRJ, 2005), sendo distinto do referido processo. Tal levantamento resultou em uma especificação que previa a operação do sistema em container climatizado a 10°C. Entretanto, devido a limitações de tempo e de disponibilidade para pesquisas aplicadas, o trabalho realizado não incluía pesquisas experimentais que comprovassem a adequabilidade do processo.

Assim, houve a escolha deste tema para o desenvolvimento deste artigo, visando a complementar o trabalho realizado, incluindo pesquisas experimentais em bancada de laboratório e ensaios químicos, contribuindo para um melhor conhecimento sobre essa técnica. Na EACF, local onde a temperatura ambiente é muito baixa (temperatura média anual de -1,8 °C (1986-2005)), a flutuação de população e o consumo energético (inclusive os gastos com climatização) são fatores limitantes, o processo eletrolítico foi considerado como uma opção interessante a ser investigada (RODRIGUEZ, 2008). No âmbito da Marinha do Brasil (MB), o mesmo poderá ter aplicabilidade na Instituição, em locais com flutuação de população e, principalmente, em instalações de apoio marítimo no tratamento de efluentes contendo águas salinas, comumente utilizadas

como veículo de diluição e de transporte nos sistemas de esgotos sanitários das embarcações. Recentemente, a concessionária Águas de Niterói, responsável pela operação da ETE de Mocanguê, apresentou interesse em desenvolver um estudo de viabilidade para tratamento dos efluentes das embarcações atracadas com a utilização do processo eletrolítico, devido às limitações dos processos biológicos para tratamento de tais efluentes. Do ponto de vista acadêmico, na área de Tratamento de Águas Residuárias, a pesquisa amplia os estudos relativos à eficiência e consumo de energia do processo eletrolítico, para o tratamento de esgotos domésticos, em uma faixa de temperatura mais baixa (7°C a 22°C). Os resultados encontrados podem ser aplicados em locais de clima frio e/ou em locais sujeitos a grandes variações populacionais.

### **Propósito do Artigo**

O estudo teve por propósito verificar a adequabilidade do processo eletrolítico com eletrodos reativos para o tratamento dos efluentes da EACF, identificando as suas vantagens, limitações e impactos associados. Para tal, um dos objetivos específicos consistiu na verificação da eficiência do processo eletrolítico, considerando faixa de temperaturas abaixo dos valores recomendados para o uso de processos biológicos (7°C a 21°C +/- 1°C) e aspectos associados de consumo de energia e eficiência de redução de carga orgânica. Assim, a pesquisa buscou informações relativas à influência da temperatura no processo e no consumo de energia, de forma a verificar as mínimas temperaturas adequadas para operação do processo, visando a minorar a demanda energética, considerando o consumo do processo e da climatização.

### **Desenvolvimento**

O processo eletrolítico baseia-se nos fenômenos da eletrólise, estudados por Faraday no século XIX, e a aplicação inicial de seus fundamentos

para tratamento de efluentes, especificamente esgotos, é atribuída aos químicos ingleses Leeds e Webster no final daquele século (WIENDL, 1998). No início do século XX, o processo eletrolítico foi aplicado no tratamento de esgotos em várias localidades dos EUA, e divulgado no Brasil em 1909, pelo engenheiro sanitarista Saturnino de Brito, após sua visita à ETE de Santa Mônica, Califórnia.

Os artigos científicos apresentavam várias vantagens do processo, relacionadas principalmente a qualidades organolépticas (baixa turbidez, reduzida coreausência de odor) e sanitárias, tais como: produzir sedimentos imputrescíveis, evitar o desprendimento de gases fétidos, não permitir a proliferação de moscas e reduzir a presença de microorganismos (GIORDANO, 1999).

Entretanto, na década de 20, o processo eletrolítico caiu em desuso, sendo o fato associado provavelmente a dificuldades insuperáveis para a época (NETTO et al., 1985), bem como possivelmente por estar relacionado ao desenvolvimento e disseminação dos processos biológicos, talvez por fatores econômicos: “a degradação biológica de efluentes líquidos ainda é o método mais econômico para a eliminação de poluentes orgânicos” (BILA, 2006). Apesar dessa descontinuidade em seu uso, encontram-se na literatura referências (GIORDANO, 1999) que demonstram a manutenção de interesse no processo, podendo-se destacar: a publicação de estudos realizados em 1959 por Foyn, com o primeiro registro da utilização da água do mar em escala de laboratório para aumento da condutividade do esgoto (SIFUENTES, 1992); a implantação de ETE's eletrolíticas, a partir de 1963 na Noruega (WIENDL, 1998); e a divulgação dos resultados de uma planta de tratamento eletrolítico associada à tecnologia de flotação por ar difuso, para a remoção de óleo do efluente da Ford Motor Company (OBLINGER et al., 1986 apud (GIORDANO, 1999).

Os processos biológicos, ainda os mais difundidos, de modo geral, tentam reproduzir por processos tecnológicos (em condições controladas e em taxas mais elevadas) os fenômenos naturais que ocorrem em um corpo d'água após o lançamento de despejos, ou seja, a autodepuração, no qual a matéria orgânica é convertida, por mecanismos naturais, em produtos mineralizados inertes (VON SPERLING, 1996). Participa do processo um conjunto de microorganismos, formado principalmente por bactérias, além de protozoários, fungos, algas e vermes, havendo a necessidade, para o bom funcionamento do sistema, de um equilíbrio dinâmico estabelecido por interações ecológicas na comunidade microbiana, em função dos processos de transformação ocorridos no meio, além de condições de temperatura e pH adequadas. “De maneira geral, a taxa ótima de crescimento das bactérias ocorre dentro de faixas de temperatura e pH relativamente limitadas, embora a sua sobrevivência possa ocorrer dentro de faixas bem mais amplas” (VON SPERLING, 1996). Segundo Jordão e Pessoa (1995), a faixa ideal para a atividade biológica é 25° a 35°C, sendo ainda 15°C a temperatura abaixo da qual as bactérias formadoras do metano se tornam inativas na digestão anaeróbia.

A partir do final do século XX (década de 80), intensificaram-se as pesquisas de forma que atualmente o processo eletrolítico pode ser classificado como uma tecnologia com grande potencial de incremento para tratamento de diversos tipos de efluentes. Apresenta diversas características que atendem a vários fatores limitantes inerentes a situações específicas nem sempre atendidas por processos biológicos: requer pouco espaço, permite implantação modular, a sua operação independe de organismos sensíveis às variações abruptas de temperatura e carga, fácil automação, entre outras.

Segundo Smith e Riddle (2007), os fatores locais na Antártica que mais interferem no uso de

processos biológicos são: as baixas temperaturas e as variações repentinas de carga orgânica decorrentes da flutuação nas populações das estações de pesquisa, de forma similar ao problema enfrentado nos balneários (GIORDANO, 1999; GIORDANO; BARBOSA FILHO, 2000). As baixas temperaturas reduzem a eficiência do tratamento biológico e, como consequência, facilidades de aquecimento devem ser incorporadas ao sistema de tratamento. Logo, o consumo de energia inerente aos processos biológicos (bombas, aeradores (sistemas aeróbios), equipamentos de controle e auxiliares) é ainda aumentado pela necessidade de aquecimento e climatização em faixas de temperatura bem superiores à ambiente.

O aumento da demanda energética na Antártica implica em um maior consumo de combustível fóssil, principal componente da matriz energética local, com aumento de custos e de riscos ambientais. Apesar disto, a tendência de adoção de processos biológicos também é reproduzida na Antártica, sendo o processo adotado na maioria das estações (THOMSEN, 2004; HUGHES, 2004). Entretanto, estudos recentes como os publicados por Thomsen (2004) e por Smith e Riddle (2007) já divulgam as dificuldades associadas ao uso de processos biológicos na região. Thomsen (2004) pesquisou uma solução para o tratamento de efluentes da Estação antártica sueca Wasa (operada durante o verão). Realizou um extenso levantamento das soluções implantadas na região e diante das limitações, considerou uma solução modular com precipitação química, usada anteriormente pela Suécia em operações militares em outro país, como não a ideal, mas a mais adequada para Wasa. Entretanto, a melhor solução para cada estação depende de suas peculiaridades, as quais devem ser avaliadas criteriosamente, considerando-se a tecnologia disponível, desempenho, disponibilidade de água doce na forma líquida, custos e principalmente facilidade e confiabilidade de operação e de manutenção.

Thomsen não avaliou em seu estudo a opção do processo eletrolítico, mas de acordo com o seu levantamento, encontrava-se em funcionamento na estação russa Progress (77 residentes no verão e 20 no inverno) o processo eletrolítico, implantado em 2004, com a previsão de instalação desse tipo de sistema até 2010 nas demais seis estações russas na Antártica, inclusive na estação Vostok (25 residentes no verão e 13 no inverno) localizada no interior do continente.

### Metodologia Utilizada

Os experimentos com o processo eletrolítico utilizaram amostras de esgoto bruto coletadas em um condomínio residencial, no RJ, com consumo de água per capita da ordem de 300 a 350 L/hab/dia (similar ao da EACF em condições normais), e foram realizadas em laboratório credenciado pelo INMETRO, no decorrer de 2007. Neste estudo, foram adotadas condições experimentais com dois reatores com capacidade de 4L, e cujas variáveis foram: temperatura (7°C, 12°C, 17°C e 22°C ± 1°C), distância entre as placas (0,9 cm e 1,8 cm), material dos eletrodos (Al e Fe), tensão aplicada (2,1 V a 12,1 V) e tempo de retenção na câmara (10 a 46 min.), sendo investigado principalmente o efeito da variação da temperatura na eficiência do processo e no consumo de energia (Figura 1).



Figura 1- Equipamentos utilizados durante os ensaios.

Para avaliação da eficiência do processo eletrolítico no tratamento do esgoto doméstico, foram realizadas análises dos parâmetros DQO, sólidos em suspensão (SST), DBO5, turbidez e volume de lodo gerado, utilizando como referência o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st edition”. Inicialmente os testes foram realizados com o pH e condutividade do esgoto bruto coletado (da ordem de 500 µS/cm). Posteriormente, foi realizado um ajuste da condutividade para valores da ordem de 900 µS/cm, estimado a partir de análises de condutividade da água utilizada na EACF.

### Resultados Obtidos

Na faixa de temperatura ( $\Theta$ ) de 7°C a 22°C, o principal efeito observado foi a redução do consumo de energia e aumento da temperatura, conforme Figura 2 e coerente com informações constantes na literatura (CRESPILHO; RESENDE, 2004).

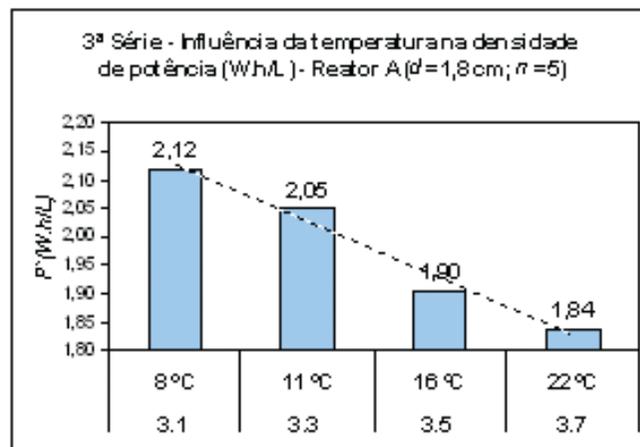


Figura 2 - 3ª série de ensaios - Influência da variação de temperatura no consumo de energia nos processos eletrolíticos no reator A (anodos de Al (n=5), i=2,9 A e t=15 min).

Foi possível verificar-se a eficiência dos eletrodos de desgaste de alumínio (Al), e de aço carbono (Fe), nos reatores A (distância entre placas (d) = 1,8 cm) e B (d=0,9 cm), em temperatura de 12°C, aplicando-se o processo durante 15 min (Reator A) e 20 min (Reator B), tendo sido obtidos os resultados mostrados na Figura 3:

### Comparação entre eletrodos alumínio (3ª série) x eletrodos de aço carbono (4ª série)

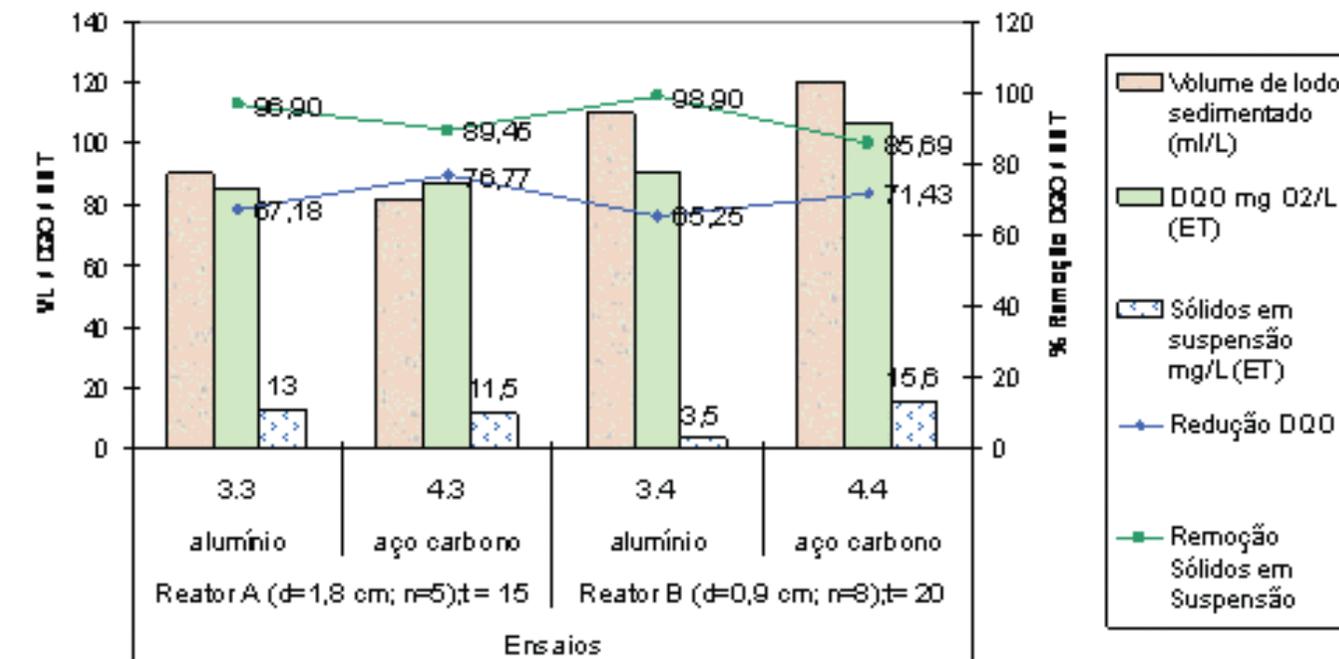


Figura 3 - Resultados obtidos com eletrodos de desgaste de alumínio (Ensaios 3.3 e 3.4) e de aço carbono (Ensaios 4.3 e 4.4).

Os índices alcançados, em temperatura de 12°C nos reatores A e B respectivamente, para redução de DQO foram de 77% e 71% (eletrodos de Fe) e 67% e 65% (eletrodos de Al); e os índices de remoção de Sólidos em Suspensão Totais (SST) alcançados foram de 97% e 99% (eletrodos de Al) e 70% e 86% (eletrodos de Fe). Sob temperatura de 15°C e condições de condutividade da ordem de 900  $\mu$ S/cm, aplicando densidade de corrente de 22,9 A/m<sup>2</sup>, 4,5 V, tempo de retenção de 25 min, e usando eletrodos de desgaste de Fe, os resultados apresentaram valores de DQO no efluente tratado de 65 mg/L (redução de 89%), DBO de 56 mg/L (redução de 64%), SST de 8 mg/L, com turbidez de 11,3 uT e, após filtração, turbidez de 3,2 uT, consumo de energia de 0,8 Wh/L. O aspecto é límpido e a qualidade final obtida é compatível para ser submetida a tratamento de desinfecção (Figura 4).



Figura 4 - Amostras de Efluente tratado e tratado e filtrado (direita). O processo eletrolítico como solução de engenharia.

A seguir é apresentado o fluxograma do modelo conceitual do sistema de tratamento de esgotos com o processo eletrolítico, conforme a Figura 5 e o Quadro 1. O sistema é feito com módulos opcionais de automação e monitoramento à distância. Entretanto, isto não dispensa um acompanhamento diário da ETE.

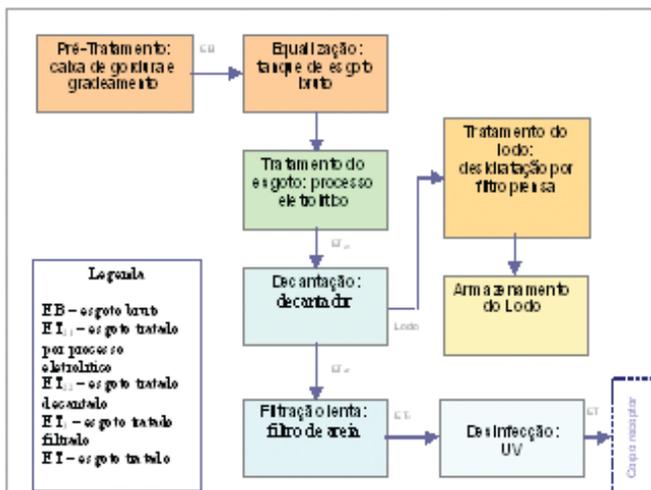


Figura 5 - Fluxograma da ETE com processo eletrolítico (RODRIGUEZ, 2008).

Operação	Descrição
Pré-Tratamento	Composto de gradeamento, com o objetivo de separar os sólidos grosseiros, além de contribuir para a integridade dos equipamentos e módulos subsequentes do sistema. Considera a existência de caixa de gordura.
Processo eletrolítico	Responsável pela eletrofloculação, eletrocoagulação e oxidação da matéria orgânica.
Decantação	Destinada à sedimentação dos flocos, separação do lodo e clarificação do efluente tratado, sendo utilizada uma unidade de decantação.
Tratamento do lodo	Realiza o adensamento do lodo gerado por meio de equipamentos do tipo filtro prensa. Após a redução de volume, pela redução da umidade, os resíduos gerados (lodo desaguado), podem ser acondicionados em tambores ou bolsas específicas para resíduos (BIG BAG'S).
Filtração	Fase do tratamento destinada à retenção de sólidos em suspensão e diminuição da turbidez, realizada por meio de um filtro de areia.
Desinfecção	Etapa destinada a garantir a eliminação dos agentes patogênicos no efluente tratado, diminuindo o risco de contaminação da fauna e flora locais e pode ser realizado por meio da aplicação de ultravioleta.
Armazenamento do lodo	Guarda temporária dos resíduos até a sua retirada da área.

Quadro 1 - Descrição das etapas apresentadas no fluxograma da Figura 5.

A Figura 6 ilustra a ETE de Glicério, localizada no município de Macaé (RJ) e administrada pela EMHUSA (Empresa Pública Municipal de Habitação, Urbanização, Saneamento e Águas de Macaé), que utiliza o processo eletrolítico com resultados satisfatórios. Em 2005, durante o levantamento realizado pela DOCM, foi efetuada visita técnica ao local por equipe do AMRJ e da DOCM. A Figura 7 ilustra uma calha eletrolítica vazia.



Figura 6 - Calha eletrolítica - ETE de Glicério, Macaé (DOCM, 2005).



Figura 7 - Calha eletrolítica vazia (GIORDANO, 1999).

## Conclusões

A eficiência da redução de matéria orgânica é influenciada por diversos parâmetros, ou seja: pela densidade de corrente aplicada (J), pela tensão (U), pelo tempo de aplicação do processo eletrolítico (t), todos relacionados à potência aplicada (P), além dos materiais do eletrodo e da temperatura do efluente. As variáveis tempo, intensidade de corrente e condutividade, também influenciam no consumo de energia.

Para  $\Theta = 7^{\circ}\text{C}$  a  $22^{\circ}\text{C}$ , o principal efeito observado foi a redução linear do consumo de energia com o aumento da temperatura, com um aumento médio no consumo de energia de 1 a 2 % por  $^{\circ}\text{C}$  diminuído a partir de  $22^{\circ}\text{C}$ .

Assim, os resultados obtidos recomendam a operação do processo eletrolítico com efluentes em temperaturas acima de  $12^{\circ}\text{C}$ , embora o processo seja operacional na faixa de temperatura avaliada ( $7^{\circ}$  a  $22^{\circ}\text{C}$ ), constituindo-se em uma alternativa para locais de clima frio.

A qualidade final do efluente, alcançada em escala de laboratório, atende aos parâmetros de redução de matéria orgânica estabelecidos pela legislação nacional (Resolução CONAMA nº 357/2005) e em legislações estaduais mais restritivas, como a do Estado de Minas Gerais (D.N. 10/86), que estabelece valores de DQO inferiores a 90 mg/L, de DBO5 inferiores a 60 mg/L e SST inferiores a 60 mg/L. O aspecto visual do efluente tratado após decantação era límpido e os valores de SST obtidos abaixo de 12 mg/L, compatíveis para serem submetidos a tratamento de desinfecção, conforme recomendado por Smith e Ridle (2007) para o ambiente antártico.

O consumo de energia estimado para o processo eletrolítico, com base nos resultados obtidos nos ensaios em bancada de laboratório, e na estimativa de efluentes gerados, foi de 0,24 kW/hab.dia. O mesmo sofre acréscimos em função dos demais equipamentos da ETE e, principalmente, da climatização do ambiente. Uma das grandes vantagens do processo eletrolítico consiste no mesmo ter apresentado resultados favoráveis a partir de 12 °C, muito inferior ao recomendado para os processos biológicos (25°C a 30°C), permitindo a manutenção das redes de esgoto e climatização do container nessa faixa de temperatura.

A faixa ideal de operação no processo eletrolítico envolve o equilíbrio entre: eficiência de remoção de matéria orgânica, menor geração de volume de lodo possível e menor consumo energético, sendo recomendável, nas demais aplicações, o estudo prévio de tratabilidade com o efluente a ser tratado ou similar para determinação dos parâmetros mais adequados de operação.

## Referencias Bibliográficas

- AMRJ. Parte de manual de ETE com equipamento "Omnipure - Severn Trent de Nora". 2005. Manual Técnico.
- BILA, D. M. Notas de aula da disciplina Tratamento de Águas Residuárias - FEN-07723. Mestrado Profissionalizante em Engenharia Ambiental: Saneamento Ambiental. UERJ, Rio de Janeiro, 2006.

- CHEN, J. P.; CHANG, S-Y.; HUNG, Y-T. Electrolysis. In: WANG L. K.; HUNG Y-T.; SHAMMAS N. K. *Physicochemical Treatment Processes*. Humana Press, 2005. Chapter 10, p. 359-378. (*Handbook of Environmental Engineering*, v. 3).

- CRESPILO, F. N., REZENDE, M. O. O. *Eletroflotação: princípios e aplicações*. São Carlos: RiMa, 2004.

- DOCM/AMRJ. Relatório da visita efetuada na Estação de Tratamento de Esgotos de Glicério - Macaé, em 11 mar. 2005. Rio de Janeiro, 14 mar. 2005.

- GIORDANO, G. Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos. 1999. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.

- Giordano, G.; Barbosa Filho, O. *O processo eletrolítico aplicado ao saneamento ambiental de balneários*. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 2000, Rio Grande do Sul. Anais eletrônicos... [s.l.]: ABES, 2000. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/i-055.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2008.

- HOLT, P. K.; BARTON, G. W.; MITCHELL, C. A. *The future for electrocoagulation as a localized water treatment technology*. Chemosphere, v. 59, p. 355-367, apr. 2005.

- HUGHES, Kevin.A. *Reducing sewage pollution in the Antarctic marine environment using a sewage treatment plant*. Marine Pollution Bulletin, Cambridge, UK, n. 49, p. 850-853, 2004.

- JORDÃO E. P.; PESSÔA C. A. *Tratamento de esgotos domésticos*. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

- NETTO, J. B. P.; NOGUEIRA, W. A.; RAMOS, W. *Experiência Capixaba na Aplicação do Processo de Coagulação elétrica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13, Maceió, 1985. Anais.... Rio de Janeiro: ABES, 1985, Tema - água, p.1-23.

- RODRIGUEZ, C. J. M. *Tratamento de efluentes líquidos na Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF): avaliação da aplicabilidade do processo eletrolítico*. 2008. 251f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental: Saneamento Ambiental) – UERJ, Rio de Janeiro, 2008.

- SIFUENTES, E. L. S. E. Estudo do Tratamento Eletrolítico das Águas Residuárias de uma Indústria de Doces. 1992. 172p. Tese Doutorado (Engenharia de Alimentos): Universidade Estadual de Campinas, 1992.

- SMITH, J. J.; RIDDLE, M. (2007) Sewage disposal and wildlife health in Antarctica, in Kerry, K.; Shellam, M.; Riddle, M., Eds. *Diseases of Antarctic Wildlife*, chapter Unknown. Springer-Verlag.

- THOMSEN, A. Waste water treatment in Antarctica: a feasibility study for grey water at Wasa station. 2004. 66f. Thesis (Master of Science Industrial Ecology). KTH, Stockholm, 2005.

- VON SPERLING, M. *Princípios básicos do tratamento de esgotos*. 2. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

- WIENDL, W.G. *Processo Eletrolítico no Tratamento de Esgotos Sanitários*. Rio de Janeiro: ABES, 1998. 368p.

# Condicionadores de ar mini split - Solução ideal?

**Capitão-de-Corveta (EN) Maurício Passos Ribeiro**

*Encarregado da Divisão de Projetos de Instalações da DOCM. Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e pós-graduado (M.Sc.) em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal Fluminense.*

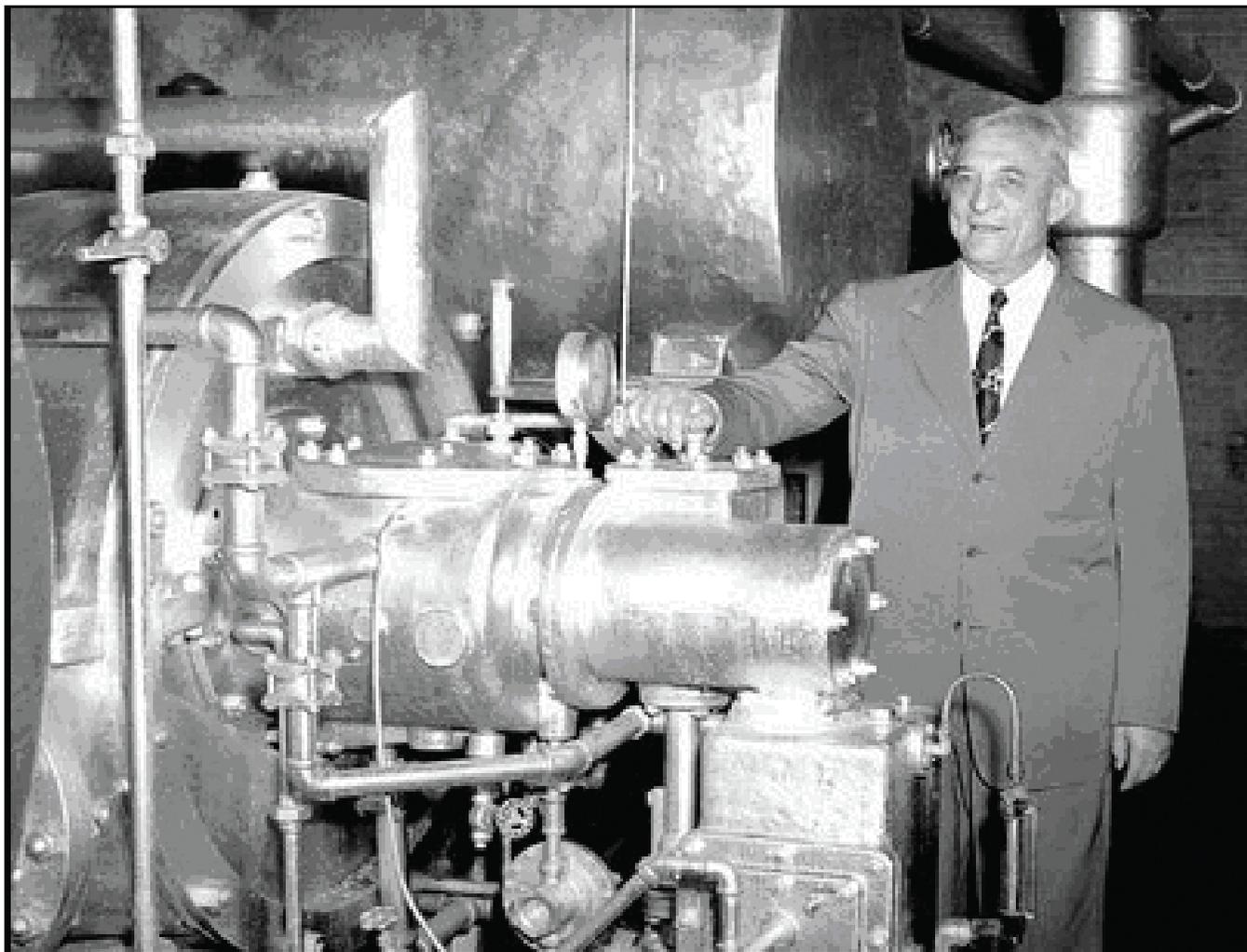


Figura 1 - Carrier e a primeira máquina de ar-condicionado.

## Introdução

Neste artigo pretende-se passar ao leitor, de forma simples e acessível, uma noção sobre as vantagens e desvantagens do uso dos condicionadores de ar do tipo split para conforto. Esta iniciativa ganhou força em função das inúmeras solicitações para instalação desse tipo de equipamento, recebidas pelo Departamento de Projetos da DOCM, uma vez que as OM clientes, ao solicitarem um projeto, muitas vezes vêem nessas máquinas a solução

ideal para grandes sistemas de condicionamento de ar. Ao longo do texto, veremos que isso nem sempre é verdade.

## Como surgiu o condicionador split

O condicionador de ar foi inventado no início do século passado pelo engenheiro Willis Haviland Carrier, cujo objetivo era solucionar os problemas de impressão de uma gráfica americana, que ocorriam devido às variações de temperatura

e umidade locais. Tal advento tornou Carrier conhecido como o “pai do ar condicionado”.

Após a Segunda Guerra Mundial, buscando uma alternativa aos condicionadores convencionais, os japoneses criaram os condicionadores split, mais silenciosos e compactos, características mais adequadas às pequenas moradias japonesas e à elevada densidade demográfica.

### **Aspectos da qualidade do ar interior e legislação sobre o assunto**

A qualidade do ar que respiramos nos ambientes passou a ter destaque no Brasil após a morte do Ministro Sérgio Mota decorrente de complicações respiratórias, cuja causa suspeitou-se ser a má conservação do sistema de ar condicionado.

Fatos bastante parecidos ocorreram no exterior. Em um hotel da Filadélfia-EUA, morreram várias pessoas após um surto de pneumonia, a mesma que possivelmente provocou a morte de Sérgio Mota e que pode se desenvolver em sistemas de ar condicionado quando não são observados os cuidados mínimos de manutenção e limpeza.

Trata-se da Síndrome dos Edifícios Doentes e de doenças relacionadas com edifícios sem manutenção adequada no sistema de ar condicionado central, cujos sintomas são irritação nos olhos, dor de cabeça, problemas respiratórios, ressecamento das mucosas, irritação de pele, congestão nasal, garganta irritada, náuseas, sonolência, fadiga exagerada e até problemas de concentração no trabalho.

A partir desses episódios a ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), entidade de referência internacional sobre o assunto, estabeleceu valores mais altos para as taxas de

renovação de ar recomendadas, no intuito de minimizar o problema.

Em 1998, após a morte de Sérgio Mota, o então Ministro da Saúde, José Serra, solicitou a elaboração e publicou a Portaria 3.523 MS. O Brasil passou a ter uma lei imputando responsabilidades aos proprietários e mantenedores de sistemas de ar condicionado sobre a qualidade do ar interior que respiramos. Esta Portaria posteriormente foi complementada pelas Resoluções da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) RE 176 e RE 09. Esta última contempla os parâmetros para análise e definição da qualidade mínima necessária do ar interior, definindo inclusive taxas mínimas de renovação de ar ( $m^3$ /pessoa).

No que tange às normas técnicas, em 2008 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) concluiu a revisão da NBR 6401 – Instalações centrais de ar condicionado para conforto – Parâmetros básicos de projeto. Passou então a vigorar a NBR 16401 – Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários, documento no qual fica clara a preocupação dos órgãos reguladores com a qualidade do ar interior, definindo níveis de filtragem bem mais rigorosos e novos critérios para o cálculo da taxa de renovação de ar.

### **Aspectos técnicos das máquinas split**

Split vem da língua inglesa e significa divisão. Daí a origem do nome desses condicionadores nos quais há uma separação entre as unidades evaporadora (parte fria) e condensadora (parte quente).

Quando comparados aos condicionadores de janela, além do aspecto estético, os split apresentam a vantagem de serem mais silenciosos, pois a unidade condensadora, que comporta o ruidoso compressor, fica afastada do ambiente condicionado. Mas as vantagens param por aí.

Como a tecnologia empregada em ambos os tipos de máquinas é praticamente a mesma, os rendimentos são similares, embora alguns vendedores insistam em oferecer máquinas split como mais eficientes.

Outra característica relevante diz respeito aos componentes internos. As máquinas split foram projetadas para serem compactas e de baixo custo, portanto seus componentes internos deixam a desejar em termos de robustez, o que acaba levando a menores níveis de confiabilidade dessas instalações.

Os condicionadores split possuem ainda uma deficiência marcante que é a ausência de renovação de ar exterior. Existem alguns modelos no mercado que prometem uma pequena renovação de ar, mas as taxas normalmente não são suficientes. Portanto, o ar do ambiente fica o tempo todo sendo recirculado. Com isso, as exigências de filtragem e renovação de ar preconizadas na legislação não são atendidas, colocando em risco a saúde dos usuários. A questão vai ficando mais crítica à medida que a concentração de pessoas aumenta.

Para contornar a ausência de renovação de ar, os projetistas são obrigados a empregar sistemas complementares para insuflação de ar, que requerem a instalação de caixas de ventilação volumosas, filtros, intertravamentos elétricos etc. Com isso, as vantagens no

uso do split que eram menos ruído e a menor necessidade de espaço físico, são praticamente anuladas.

## Conclusão

Analisando o histórico do surgimento deste tipo de equipamento, é possível inferir que foram criados para aplicações pontuais, ou seja, condicionamento de pequenos estabelecimentos e residências, não devendo ser vistos, portanto, como a solução ideal para o condicionamento de ambientes maiores e com maior carga térmica. As máquinas split devem ser empregadas em situações muito específicas e com todo o cuidado necessário para garantir a qualidade do ar interior.

Para o condicionamento dos ambientes de maior área, os sistemas de ar condicionado central são os mais indicados. Atualmente, existem sistemas mais robustos, que permitem o perfeito atendimento à legislação vigente sobre qualidade do ar interior, com maior eficiência energética. Embora o custo de instalação dos sistemas centrais seja mais elevado, este gasto poderá ser perfeitamente recuperado ao longo dos anos em função da maior durabilidade dos equipamentos e do melhor aproveitamento energético. Cabe ao projetista avaliar as variáveis envolvidas e definir o sistema que melhor atenderá ao cliente.

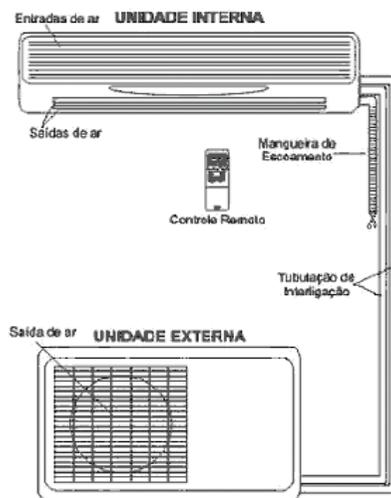


Figura 2 - Componentes do Sistema Split.



# Fontes renováveis de energia para a Estação Antártica Comandante Ferraz

**Capitão-de-Corveta (EN) Carla Feijó da Costa**

*Encarregada da Seção de Instalações Elétricas da DOCM. Graduada em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e pós-graduada (M.Sc.) em Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.*

Este artigo tem como propósito efetuar a análise da viabilidade da utilização de fontes renováveis de energia na Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF).

A utilização dessas fontes de energia tem como principal objetivo buscar soluções para a redução da emissão de poluentes no meio ambiente, causados pela planta de geração de energia a diesel que atualmente opera no continente, e aumentar a confiabilidade do sistema elétrico de abastecimento do local, provendo uma fonte de energia complementar e redundante ao sistema elétrico existente.

## Análise da Viabilidade Técnica

Para verificar inicialmente se a idéia era exequível, foram analisadas as facilidades das estações que operam no continente. Existem, atualmente, 111 estações em atividade na Antártica, operadas por 29 países e coordenadas pelo Conselho de Gestores dos Programas Nacionais Antárticos (COMNAP). Algumas delas já utilizam fontes de energia renovável.



Figura 1 - Parque eólico em operação na estação MAWSON, da Austrália. Dois aerogeradores de 300kW chegam a atender 90% da carga da estação (Fonte: Australia Antarctic Division).

Em fevereiro deste ano, foi inaugurada a estação Princess Elizabeth, operada pela Bélgica, que tem 100% de energia gerada por fontes renováveis: eólica, solar e aquecimento por painéis solares coletores. Deste modo, essa estação se tornou um marco tecnológico no continente, por ser a primeira estação a gerar ZERO em emissões de poluentes para o meio ambiente Antártico.



Figura 2 - Estação Princess Elizabeth – 100% da geração de energia por fontes renováveis (Fonte: Estação Antártica de Pesquisa da Bélgica).

Deste modo, pode ser verificado que o uso de fontes renováveis de energia nas estações da Antártica poderia ser tecnicamente viável. As estações construídas recentemente e que contam com maiores inovações tecnológicas utilizam a referida fonte de energia em toda planta ou como fonte de energia complementar. Mas, em quaisquer casos, as vantagens econômicas, técnicas e ambientais são significativas, o que tornou o referido estudo relevante.

Assim, o próximo passo foi a análise dos recursos ambientais disponíveis no local, para verificar como os mesmos poderiam ser aproveitados para a geração de energia. Os dados utilizados foram do Projeto Meteorológico do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que tem como objetivo produzir ciência e tecnologia nas áreas espacial e do ambiente terrestre, realizando previsão do tempo para a EACF, monitorando regiões de atuação, auxiliando pesquisas, registrando dados de variação de clima e sensação térmica, atuando na EACF desde 1985. O Projeto Meteorológico do INPE disponibiliza, na sua página da Internet, dados referentes à

intensidade e direção do vento e intensidade de radiação solar. Podem ser verificados gráficos e planilhas mensais, com dados diários coletados a cada 3 horas e coletados de hora em hora, médias anuais e valores extremos, e dados apresentados em tempo real. Para este estudo, foram analisados todos os dados e compilada uma base com dados, de hora em hora, dos últimos 10 anos.

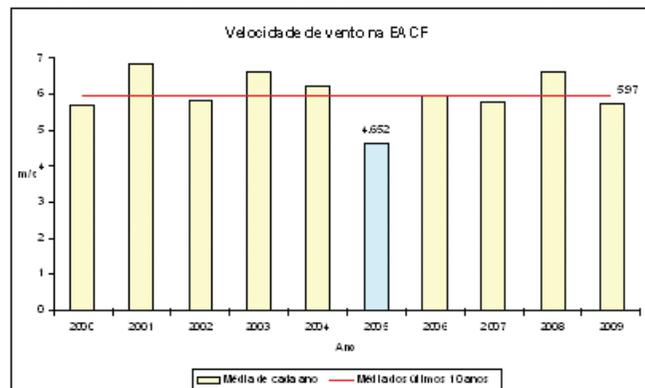


Figura 3 - Recurso eólico disponível na EACF- Valores médios de cada ano (Fonte: INPE).

Realizando uma comparação do perfil do recurso eólico disponível no local e do perfil solar, pode-se verificar que os recursos são complementares. Apesar de o recurso eólico ser muito mais significativo em termos de utilização para a geração de energia, os meses onde foram verificados menores valores de velocidade do vento foram aqueles com maiores valores de radiação solar, o que levou para uma análise sobre a utilização de um sistema híbrido, isto é, aquele que utiliza fonte de energia solar e eólica, se complementando.

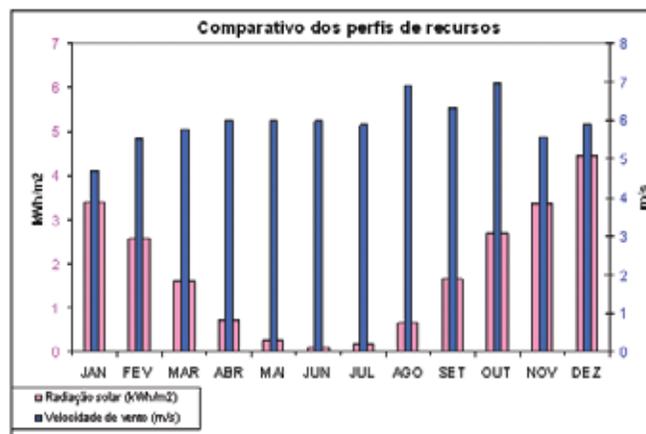


Figura 4 - Recurso eólico e solar disponível na EACF- Valores médios mensais dos últimos 10 anos (Fonte: INPE).



Após o conhecimento do perfil dos recursos disponíveis na EACF, foi necessária a avaliação da carga elétrica do local. Foram utilizadas, como base de dados, as informações prestadas pelos eletricitistas da Estação, que, por email e por telefone, enviaram medições e dados da carga elétrica. Além desses dados, foi utilizado o diagnóstico energético realizado pela Dra. Jussara Fardin, pesquisadora da Universidade Federal do Espírito Santo, que visitou o local por solicitação da SECIRM e realizou medições, ao longo de uma semana, da carga elétrica.

### **Análise da Viabilidade Econômica e Ambiental**

Para esta análise, foram realizadas simulações da situação atual da EACF, considerando as emissões de poluentes e o consumo de diesel pela planta existente.

### **Resultados Obtidos**

Foram realizadas diversas simulações de casos e configurações utilizando geradores a diesel, aerogeradores e painéis fotovoltaicos. A configuração ótima encontrada foi a de um sistema híbrido, com 2 Aerogeradores de 125kW, 1 gerador a diesel de 150kW e 10 painéis fotovoltaicos de 0,13kW.

Com a implementação do referido sistema, a previsão é a geração de 50% da energia por fonte renovável, com redução do consumo de combustível em, aproximadamente, 170.000 litros/ano, e das emissões de dióxido de carbono, ocasionadas pela queima de combustível, em 450 toneladas/ano.

Deste modo, cabe ressaltar que, apesar da configuração ótima sugerir um diesel gerador e dois aerogeradores, é imprescindível que existam outros equipamentos (geradores, aerogeradores e painéis fotovoltaicos) prontos para entrar em operação para o caso de avaria ou redução nos recursos disponíveis. A configuração ótima representa apenas uma configuração mínima que é capaz de atender à carga da EACF. Porém, para um local inóspito, com temperaturas baixas e sem opção de energia de concessionária, a existência de fontes de energia redundantes deixa de ser um cuidado e passa a ser indispensável.

Para a instalação do sistema proposto, deverão ser consideradas diversas outras variáveis e os estudos deverão ser aprofundados, principalmente em relação às condições físicas do local de instalação, as adaptações necessárias aos componentes para suportar as condições atípicas da região (lubrificação especial para suportar as baixas temperaturas e rotores reguláveis, próprios para suportar as rajadas de vento) e custos de instalação, considerando fundações e materiais necessários para a fixação dos aerogeradores no solo e condutores.

Durante a análise do local mais adequado à instalação dos aerogeradores, devem ser instalados anemômetros em diversas alturas, para uma análise do perfil do vento direcionada para o uso de energia eólica. Além da variação da velocidade com a altura, também devem ser consideradas as variações da direção do vento para posicionar os aerogeradores. Para os painéis fotovoltaicos, devem

ser avaliados os locais de instalação, considerando a inclinação do painel em relação ao plano horizontal e a direção que os mesmos deverão ser instalados, considerando a radiação incidente. Todos esses cuidados devem ser tomados para que haja um aproveitamento máximo dos recursos existentes.

Um esforço conjunto dos órgãos técnicos da Marinha do Brasil e de todos os Ministérios, Organizações e empresas que apóiam e subsidiam o PROANTAR, poderiam viabilizar tais alterações na planta elétrica da EACF.

A abundância de vento, as dificuldades e os custos de transporte de diesel para o continente e as características de proteção ambiental da região comprovaram que a utilização de fontes renováveis de energia para a EACF é uma boa opção para a redução de custos e para o atendimento de solicitações do Tratado da Antártica pelo nosso País, tornando a Estação Brasileira cada vez mais próxima do padrão de qualidade exigido dos países que detém o direito de explorar o local com o maior potencial científico do Planeta.



Figura 5 - Vista aérea da EACF.

# Verificação de patologias de elementos estruturais em concreto armado: sugestão de procedimentos.

**Capitão-Tenente (EN) Newton Fagundes de Carvalho**

*Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense e mestrando em Engenharia Civil na área de Materiais, Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas pela Universidade Federal Fluminense.*

## Introdução

A verificação das condições de integridade dos elementos estruturais em concreto armado deve ser realizada a partir de uma criteriosa inspeção. Devem ser identificadas todas as anomalias (patologias) existentes, e reunidos os dados técnicos necessários à análise do problema, com o objetivo de propor as soluções cabíveis.

Este artigo apresenta uma sugestão de procedimentos para uma verificação simplificada das patologias nas peças em concreto armado. Ressalta-se, porém, que outros procedimentos e ensaios podem ser incluídos, a critério do profissional responsável, objetivando-se um diagnóstico mais preciso. Não serão discutidos ou analisados os aspectos estatísticos relacionados ao tratamento dos dados obtidos por inspeções e ensaios. Neste caso (tratamento de dados), deverá ser consultada a bibliografia pertinente.

## Procedimentos

São apresentados a seguir os procedimentos sugeridos para o estudo da integridade dos elementos estruturais em concreto armado, quais sejam:

- inspeção visual;
- determinação do potencial alcalino do concreto;

- determinação dos teores de cloretos e sulfatos no concreto; e

- determinação do potencial de corrosão.

## Inspeção Visual

Trata-se de uma visita ao local, com o objetivo de se delimitar a área a ser estudada, identificar os tipos de patologias e definir os ensaios e demais procedimentos técnicos necessários à investigação das anomalias. Também devem ser consultados os projetos e/ou as plantas existentes e coletados todos os demais dados pertinentes, podendo ser de grande valor a realização de entrevistas com os próprios usuários e/ou vizinhos da construção em análise. Nesta ocasião, também deve ser realizado um levantamento fotográfico para o registro formal e confecção de relatórios.

Neste primeiro contato com o objeto de estudo, além de proceder a verificação da estrutura existente à luz do projeto, no que couber, devem ser observados os seguintes aspectos nas peças em concreto armado:

- uniformidade da coloração;
- presença de manchas;
- fissuras e deslocamentos;
- corrosão das armaduras, e

- variações de volumes e demais não-conformidades julgadas pertinentes.

### Determinação do Potencial Alcalino do Concreto

O potencial alcalino é obtido a partir do ensaio colorimétrico. Este ensaio é realizado com aplicação de solução de fenolftaleína (solução indicadora), para se determinar a espessura de carbonatação da peça estrutural.

A carbonatação reduz o pH do concreto a valores inferiores a 10, predispondo as barras de aço embutidas (armaduras) à corrosão eletroquímica. Os ensaios são realizados nos elementos definidos a partir da inspeção visual procedida.

Após o corte manual do concreto, em determinados pontos das peças e em espessuras equivalentes aos cobrimentos, é pulverizada a solução indicadora, conforme a Figura 1, e verificada a espessura de carbonatação, por meio da modificação de coloração, conforme apresentado na Tabela 1.

Os resultados dos ensaios colorimétricos de alcalinidade podem ser apresentados numa tabela, e os locais de execução indicados em croquis e/ou fotografias.



Figura 1 - Aplicação de solução indicadora em corpo de prova de concreto rompido, com a finalidade de demonstrar a diferença na coloração.

Tabela 1. Resultados dos ensaios colorimétricos de alcalinidade do concreto.

Coloração apresentada pela peça	Condições do Concreto
Cor Rosa	Boa
Cor natural do concreto	Carbonatado

### Determinação dos teores de cloretos e sulfatos no concreto

Os teores de cloretos e sulfatos são verificados a partir de ensaio, em laboratório, e comparados com os respectivos limites determinados por normas.

As amostras do concreto são retiradas com o emprego de uma furadeira elétrica, em até 20 mm de profundidade da peça estrutural. Os procedimentos do ensaio são estabelecidos pelo ACI 318/31. Os resultados devem ser apresentados com as indicações dos locais, profundidades e respectivos teores de cloretos e sulfatos.

### Determinação do Potencial de Corrosão

Este processo fornece os dados sobre as zonas eletroquimicamente mais ativas, com maior disposição à corrosão, das peças de concreto armado aparentemente sãs. Permite-se, desta forma, levantar ou monitorar os estados de corrosão e a sua evolução, antes de um maior comprometimento da estrutura.

O equipamento utilizado é um conjunto semi-pilha, como pode ser visto na Figura 2, o qual consiste em um eletrodo de referência cobre-sulfato e um voltímetro de alta resistência aparente.



Figura 2 - Exemplo de equipamento utilizado para a determinação do potencial de corrosão (COURI, 2008).

Devem ser observados os procedimentos estabelecidos na ASTM C-876/87 – Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Steel in Concrete. As regiões a serem verificadas são aquelas que se apresentam aparentemente sãs, aproximadamente até 30cm no entorno de cada ponto afetado pela carbonatação/corrosão.

A faixa de potencial e a respectiva probabilidade de existência de corrosão constam na Tabela 2. Os resultados são apresentados para cada peça em estudo, devendo constar, além da localização, os respectivos potenciais de corrosão médios e as probabilidades de existência de corrosão.

Tabela 2. Faixa de Potencial x Probabilidade de Existência de Corrosão.

FAIXA DE POTENCIAL (MV)	PROBABILIDADE DE EXISTÊNCIA DE CORROSÃO
Mais positivo que -200	Menor que 10%
Entre -200 e -350	Incerta
Mais negativo que -350	Maior que 90%

### Conclusão

A análise direta das patologias, realizada a partir dos dados obtidos por intermédio dos procedimentos apresentados, permite indicar e localizar os problemas que interferem diretamente sobre o comportamento da estrutura em concreto armado. Cabe ao profissional analisar as possíveis causas das anomalias e propor as soluções técnicas mais adequadas, sob os pontos de vista técnicos de engenharia e de economia de recursos. Devem ser observadas as questões relativas aos custos envolvidos, primando-se pela economia dos recursos, sem que esta, porém, interfira de forma negativa na qualidade dos resultados.



Figuras 3 e 4 - A ação da corrosão, é mais acentuada em obras marítimas.

### Bibliografia

- UCHÔA, Sílvia Beatriz B. *Inibição de Corrosão em Concreto Armado: eficiência e comportamento do sistema tiouréia/molibdato de sódio*. 2007. Tese (Doutorado em Química e Biotecnologia) – Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: *Projeto de estruturas de concreto: procedimento*. Rio de Janeiro, 2003. 221 p.
- COURI, Gilberto. *Curso de Observações das Estruturas: notas de aula. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil*, Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ. 2008.

# Conservação de energia em projetos arquitetônicos

**Capitão-Tenente (EN) Marco Antonio Lacerda**

*Primeiro Ajudante da Segunda Seção de Projetos de Arquitetura da DOCM. Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.*

O Projeto Arquitetônico de uma edificação deve tirar o máximo proveito das condições ambientais em prol da economia energética e conforto dos usuários. O melhor desempenho energético e ambiental nas edificações está ligado à orientação, à forma e à massa do edifício. Com a correta utilização desses elementos, tirando partido das condições locais, como iluminação e ventilação naturais, aliados à correta especificação dos materiais, é possível uma redução de 30% na demanda de energia destinada à iluminação artificial e para os sistemas de condicionadores de ar.

No projeto do Comando do Grupamento de Patrulha Naval do Leste (ComGptPatNavL), elaborado recentemente pela DOCM, foram adotadas as seguintes técnicas e materiais para conservação de energia:

- a maior fachada do edifício foi orientada para o vento predominante, proporcionando um maior resfriamento das superfícies e dos ambientes internos; e
- utilização de brises solares com lâminas perfuradas, que é um material utilizado para o controle da radiação solar nas áreas envidraçadas, sendo que o espaçamento entre as lâminas não bloqueia a ventilação natural e os orifícios existentes permitem a iluminação natural e visão do meio externo.

Em lugares onde predomina o clima tropical, com bastante incidência solar, que é o caso da cidade de Salvador, ocorrem grandes aumentos de temperaturas no interior das construções, com predominância da transferência de calor através da cobertura da edificação. Dessa forma, para reduzir

o calor, foram empregadas telhas do tipo duplas, em alumínio, com acabamento branco polido e miolo em poliuretano expandido, sendo que a superfície da telha permite uma alta refletância da radiação solar e o miolo um bom isolamento térmico.

Com essas soluções adotadas no projeto arquitetônico, a potência projetada do sistema de ar condicionado foi reduzida significativamente, o que irá proporcionar economia, tanto na instalação do equipamento quanto na sua utilização.

O prédio da sede do ComGptPatNavL ainda não foi construído, porém pode-se ter uma noção de como o mesmo irá ficar, por meio dos desenhos de suas fachadas, contidos nas figuras abaixo.



Fachada Noroeste



Fachada Sudeste

# A Utilização do Pregão Eletrônico nos Serviços de Engenharia

**Primeiro-Tenente (AA) Vania Menezes Pereira da Silva**

*Assessora Jurídica da DOCM. Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Veiga de Almeida e graduada em Direito pela Universidade do Rio de Janeiro.*

Após o advento da teoria da relatividade, em um nascer do pensamento científico, o homem passou a assentar sua realidade nas comprovações das experiências, com a conscientização de que a velocidade e o tempo são elementos que detêm o poder da relativização dos conceitos, conseqüentemente, sobre a relativização das verdades conhecidas. Assim, a visão científica de um objeto é uma questão momentânea e influenciada pelo conhecimento de seu observador, restando, aos ansiosos por respostas, o longo caminho da pesquisa. Não é diferente o estudo do Direito, ciência humana, onde o comportamento humano e suas relações possuem variáveis infinitas. O mesmo se dá com a Engenharia, influenciada pelas sucessivas descobertas científicas que alteraram e alteram o rumo da história.

Esta colocação inicial serve para esclarecer que este artigo não pretende esgotar, nem criar soluções definitivas, senão trazer à superfície questões polêmicas que, com a prática reiterada de atos e procedimentos, vence algumas idéias e apresenta possíveis mudanças diante de novos paradigmas.

A responsabilidade do agente público, militar ou funcionário civil, é a mesma para o uso de toda a receita, mas o fato é que, ao licitar os serviços de engenharia, o Administrador Público deve observar, com especial interesse, a destinação dos recursos orçamentários. Para tanto, deve coordenar o trabalho de seleção da melhor empresa, dentro de uma adequada

técnica de engenharia, selecionar corretamente a modalidade licitatória, objetivando o menor custo para a Administração, a fim de compatibilizar as metas dos Comandos e a disponibilidade de recursos orçamentários pela União.

Inicialmente, importa diferenciar obra de engenharia e serviço de engenharia, quando no artigo 6º, da lei das licitações, prevê que obra é toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação (inciso I); e serviço é toda atividade destinada a obter determinada utilidade de interesse para a Administração, tais como: demolição, conserto, instalação, montagem, operação, conservação, reparação, adaptação, manutenção, transporte, locação de bens, publicidade, seguro ou trabalhos técnico-profissionais (inciso II).

Verifica-se que o critério é subjetivo, tendo em vista que uma demolição, uma montagem, uma reparação, dentre outros, podem ser enquadrados tanto em um quanto em outro inciso, ficando esta questão dependente de aferição do caso concreto, de acordo com a razoabilidade, aferindo-se a motivação da escolha pela modalidade adotada em face do resultado desejado pela Administração, bem como pela justificativa contida nos autos de que o serviço a ser prestado pela futura contratada é considerado comum pela administração.

O estudo da utilização do pregão eletrônico para a contratação de serviços de engenharia é um tema pouco discutido em sua vertente

prática. A confusão legislativa que se criou com as edições sucessivas de normas que regulassem o pregão eletrônico, aliada à resistência de interesses privados com movimento contrário à transparência do procedimento licitatório, tornou a aplicação efetiva das normas em uma aparente impossibilidade material.

Alguns autores afirmam categoricamente que o uso do pregão eletrônico nos serviços de engenharia é possível; outros refutam a idéia. Esta discussão decorre da confusão legislativa que decorreu da sucessão de edições normativas. A Lei nº 8.666/1993 é a lei que norteia as licitações públicas. No entanto, há também a Lei nº 10.520/2002, a qual inseriu a modalidade do pregão como uma inovação. Por fim, o Decreto nº 5.450/2005 regulamentou a modalidade eletrônica do pregão.

A questão central é que a Lei nº 10.520/2002 versa sobre aquisição de bens e serviços comuns e, para ser comum, apenas o serviço de engenharia se enquadra, pois as obras reservam em si uma complexidade oposta àquela modalidade. Pior, o referido Decreto proíbe o pregão para serviços de engenharia. Entretanto, a lei, que lhe é posterior, silenciou, tendo uma corrente doutrinária entendido que o silêncio da proibição significa a autorização.

A despeito das diversas discussões, a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) foi a primeira no Estado de São Paulo a realizar o pregão eletrônico para serviços de engenharia, o que resultou no ano de 2006 em um total de 189 (cento e oitenta e nove) licitações nesta modalidade, gerando uma economia de mais de R\$ 245 (duzentos e quarenta e cinco) milhões. E, apesar das diversas vertentes jurídicas, o que se quer imperiosamente é a economia no setor público, gerando a

eficiência constitucional, este princípio máxime no ordenamento jurídico.

Decerto, ao se deparar com a diferença entre serviço e obra de engenharia, razão há para aqueles que repelem a utilização da modalidade de pregão eletrônico para as obras de grande vulto. Isto porque, na modalidade de pregão eletrônico, o seu rito é mais célere, o que representa menos exigências técnicas, e a vontade legislativa de evitar o contato entre o pregoeiro e as empresas licitantes é mitigada pela visita ao local da obra.

Em verdade, aqueles que alegam não ser possível a utilização do pregão eletrônico para os serviços de engenharia informam que não há como exigir a qualificação técnica das empresas. Contudo, esta assertiva é equivocada. Informa a procuradora do Município, Adriana Maurano<sup>1</sup>, em entrevista prestada à Revista Construção, que o pregão não impede a exigência de qualificação técnica pelo poder público. O que ocorre, na verdade, é a inversão de fases, com abertura do envelope de habilitação apenas da licitante que oferecer o melhor preço. Este também é o pensamento de grande parte dos Advogados da União, que elegem a via do pregão eletrônico como a via correta para o processamento das licitações de serviços de engenharia consideradas comuns, conforme consta na Nota Jurídica AFM/NAJ/CGU nº 263/2006 e tantas outras que a sucederam.

Também, uma consulta a qualquer tempo no portal do governo “comprasnet” é suficiente para demonstrar que, majoritariamente, os administradores estão se socorrendo do pregão para os serviços de engenharia. Isto por razões já demonstradas de otimização de procedimentos e economia vultosa ao longo de um ano de execução financeira, atendendo ao princípio da eficiência.

---

1 MAURANO, Adriana. O pregão eletrônico. Revista construção mercado. São Paulo: PINI, ano 7, 2007.

Cabe uma última análise sobre a assertiva do uso do pregão eletrônico para os serviços de engenharia, no que tange ao serviço comum. Decerto, há determinados serviços que apresentam uma complexidade objetiva, como a construção e reforma de portos, barragens, pontes, cais, trapiches etc, estes inclusive se caracterizando como obras de engenharia. Contudo, não resta dúvida de que a reforma de um edifício requer técnica de engenharia, mas não significa que seu padrão de desempenho e qualidade não possam ser descritos no edital, já que, necessariamente, o projeto básico, dentro do Termo de Referência, deverá possuir a descrição pormenorizada dos serviços e que a contratada é a "expert" na execução do mesmo, já que a licitante deve ser uma empresa de engenharia ou um profissional habilitado para tal.

Decerto, a pintura de uma fachada de um edifício de dez andares é mais complexa que a pintura de uma edificação de um andar, mas o que importa é a experiência da empresa, bem como de sua equipe técnica e seu acervo técnico no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA). Para pequenos serviços, sugere-se a manutenção do requisito de atestado técnico registrado no CREA, pois isto impede que se contratem pessoas sem capacitação técnica para a execução dos serviços de engenharia. Como o pregão eletrônico tem obtido ótimos resultados no que tange à economia, este requisito não tem onerado a Administração, pelo contrário, tem-se obtido resultados bastante favoráveis.

É interessante incluir no processo da licitação, quando da fase interna, um Termo de Justificativa Técnica contendo os motivos e as razões que nortearam a decisão pelo uso do pregão eletrônico e porque este foi enquadrado como serviço comum. Este termo atende à Lei nº 9.784/1999, que prevê que os atos administrativos

devem ser sempre motivados, agregando valor e legitimidade a todo o processo.

A despeito da vertente crítica existente, este artigo parte do pressuposto de que é possível a utilização de pregão eletrônico para os serviços de engenharia, que se enquadram numa escala de complexidade técnica inferior em relação às obras de engenharia. Uma vez acatado tal pressuposto, confronta-se o peso da análise de uma qualificação técnica à distância, que possa avaliar adequadamente as licitantes, sem se subtrair da necessidade de obter documentação clara e precisa sobre a capacidade técnica da empresa, a fim de que esta possa ser habilitada.

A habilitação das empresas é efetuada mediante o atendimento aos requisitos constantes no artigo 27 da Lei nº 8.666/1993, que prevê a habilitação jurídica, qualificação técnica, qualificação econômico-financeira, regularidade fiscal e declaração de que o empregador não emprega menor de idade, em cumprimento ao disposto no inciso XXXIII, do artigo 7º da Constituição da República Federativa do Brasil.

Nos pregões eletrônicos, as empresas devem estar previamente cadastradas no Sistema de Cadastro de Fornecedores (SICAF), para que possam participar das licitações. O SICAF detém a informação de que a licitante atendeu aos requisitos de habilitação jurídica, qualificação econômico-financeira e regularidade fiscal. Portanto, no caso da habilitação parcial estar válida, resta ao pregoeiro e sua equipe aferir a qualificação técnica e receber a declaração de que o empregador não emprega menor de idade, no caso. É certo que, para a licitação de um serviço de engenharia, será necessário que o pregoeiro ou um dos membros da equipe possua conhecimentos suficientes para aferir a qualificação técnica, cujos dados a serem analisados não necessitam imperiosamente de um especialista da engenharia, mas, certamente, a sua

existência é recomendável, pois as dificuldades técnicas podem ser causa de interposição de recursos e até mesmo de anulação de alguma decisão emanada.

Os documentos técnicos a serem aferidos devem ser previamente selecionados, com a mesma seriedade com que se deve aferir o edital e o consequente contrato a ser celebrado entre as partes. Sugere-se que se utilize o modelo disponível na SGM-102, como base para a redação, acrescentando-se, apenas, as especificidades técnicas do serviço, que deve estar exaustivamente detalhado, compondo o Termo de Referência, anexo ao edital.

Na impossibilidade da participação de engenheiros como assessores técnicos, o pregoeiro e sua equipe de apoio devem estar qualificados para saberem identificar, pelo menos, um atestado de obra, uma Certidão de Acervo Técnico (CAT), emitida pelo CREA, uma Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), uma documentação de vínculo empregatício, dentre outros. Não pode ser esquecido que as condições apresentadas durante a habilitação deverão ser mantidas para a assinatura do contrato, bem como para cada pagamento (inciso XIII, artigo 40).

Prevê o renomado Jurista Marcos Juruena Villela Souto<sup>2</sup>, à página 182, do seu livro *Direito Contratual*, que deve ser feita criteriosa análise de requisitos atinentes à qualificação da empresa e do seu pessoal, em atendimento ao disposto no art. 30, da Lei nº 8.666/1993. Para ele, a qualificação técnica se subdivide em três tipos, a saber: capacidade genérica, capacidade específica e capacidade operativa. A capacidade genérica é aquela aferida por meio da comprovação da inscrição da licitante no órgão fiscalizador (CREA).

A capacidade específica envolve a experiência e a estrutura para o atendimento do objeto, cujas provas são feitas por meio de atestados, também registrados no CREA, e a capacidade operativa, que é a indicação das instalações e aparelhamento técnico a serem disponibilizados para a realização do objeto.

A prova da capacidade específica, pois, é feita mediante a apresentação de atestados, como parâmetro para identificar as obras com características semelhantes ao objeto, devidamente registrados, nos quais deverão constar a relação do pessoal, de seu corpo técnico, a fim de que se possa aferir a respectiva experiência, bem como as suas instalações e aparelhamento. Neste ponto, é importante descrever alguns conceitos, tendo em vista a grave confusão feita por diversos doutrinadores.

No que tange à experiência dos profissionais, é certo que esta é devidamente comprovada com a inscrição de sua prestação de serviço de engenharia no órgão fiscalizador (CREA), o que é feito mediante a ART.

No que tange aos atestados, como parâmetro para identificar as obras com características semelhantes ao objeto, estes também deverão estar devidamente registrados no órgão fiscalizador (CREA), para que se possa registrar a ART.

O douto professor Hely Lopes Meirelles<sup>3</sup>, à página 271, do seu livro *Direito Administrativo Brasileiro* informa que a qualificação técnica é um conjunto de requisitos profissionais que o licitante apresenta para executar o objeto da licitação. Abrange o registro, no órgão fiscal da sociedade, de atestados que certifiquem o desempenho

---

2 SOUTO, Marcos Juruena Villela. *Direito Administrativo Contratual*, 5. ed. - Rio de Janeiro: Lúmen Júris, 2004

3 MEIRELLES, Hely Lopes. *Direito Administrativo Brasileiro*, 22. ed - São Paulo: Malheiros, 1998

anterior do profissional, o que poderá ser visto pela ART do mesmo, descrita na CAT. Vale lembrar que o acervo técnico é do profissional, razão pelo qual é necessário comprovar o vínculo empregatício do mesmo com a empresa. Também abrange a indicação do pessoal a ser alocado e o aparelhamento disponível.

Todas estas informações deverão ser aferidas pelo pregoeiro e sua equipe. Por este fato, torna-se relevante o bom treinamento da equipe, em especial sobre a documentação não constituinte do SICAF, este regulado pelo Decreto nº 3.722, de 9 de janeiro de 2001, alterado pelo Decreto nº 4.485, de 25 de novembro de 2002.

A utilização do pregão eletrônico pela Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM) iniciou-se no ano de 2006, de forma tímida e ainda em fase experimental, e foi sendo implementada aos poucos. Hoje, como resultado da utilização desta modalidade, foram executados onze pregões eletrônicos de serviços de engenharia, dos quais destacam-se a elaboração de um projeto básico de engenharia capaz de instruir um processo licitatório para as obras necessárias à reforma e ampliação do prédio da Odontoclínica Central da Marinha (OCM), as obras de recuperação da laje do teto da garagem do Gabinete do Comandante da Marinha no Rio de Janeiro (GCM-RIO), reforma e reconstrução das calçadas do Edifício Barão de Ladário (EBL) e as obras de reforma do telhado da Procuradoria Especial da Marinha (PEM).

## Referências

- BRASIL. Resolução nº 218, 1973, da Confederação Nacional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Disponível em: [http://creaapp.crea-rj.org.br/pls/portal/docs/PAGE/PORTAL\\_CREA\\_RJ/ARQUIVOS/PDF/RESOLUCAO/RESOLUCAO%20N218.PDF](http://creaapp.crea-rj.org.br/pls/portal/docs/PAGE/PORTAL_CREA_RJ/ARQUIVOS/PDF/RESOLUCAO/RESOLUCAO%20N218.PDF). Acesso em: 6 mar. 2007.
- BRASIL. Lei nº 5.194, de 1 de fevereiro de 1966. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 fev. 1966. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/sicon/PaginaDocumentos.action>. Acesso em: 5 mar. 2007
- BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Diário

Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/sicon/PaginaDocumentos.action>. Acesso em: 5 mar. 2007

- BRASIL. Decreto nº 1.094, de 13 de março de 1994. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 mar. 1994. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/sicon/PaginaDocumentos.action>. Acesso em: 5 mar. 2007
- BRASIL. Decreto nº 3.722, de 9 de janeiro de 2001. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/sicon/PaginaDocumentos.action>. Acesso em: 5 mar. 2007
- BRASIL. Lei nº 10.520, de 17 de junho de 2002. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 jun. 2002. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/sicon/PaginaDocumentos.action>. Acesso em: 5 mar. 2007
- BRASIL. Decreto nº 5.450, de 8 de agosto de 2005. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 ago. 2005. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/sicon/PaginaDocumentos.action>. Acesso em: 5 mar. 2007
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/sicon/PaginaDocumentos.action>. Acesso em: 5 de mar. 2007.
- BITTENCOURT, Sidney. Pregão eletrônico. 3. ed. Rio de Janeiro: Temas & idéias, 2005.
- FILHO, Marçal Justen. Comentários à lei de licitações e contratos administrativos. 11. ed. São Paulo: Dialética, 2006.
- GASPARINI, Diógenes. Comissões de licitação. 1. ed. – São Paulo: NDJ, 1997.
- JACOBY, Jorge Ulisses Fernandes. Vade Mécum de licitações. 3. ed. – Belo Horizonte: Fórum, 2004.
- MAURANO, Adriana. O pregão eletrônico. Revista construção mercado. São Paulo: PINI, ano 7, 2007.
- MACIEIRA, Silvio e outro. Como elaborar projeto, monografia e artigo científico. 4 ed. – Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2006.
- MEIRELLES, Hely Lopes. Direito Administrativo Brasileiro. 22. ed. – São Paulo: Malheiros, 1998.
- MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. Manual do pregoeiro. Brasília, DF, 2006.
- NETO, Diogo de F. Moreira. Curso de Direito Administrativo. 12. ed. - Rio de Janeiro: Forense, 2004.
- SOUTO, Marcos Juruena Villela. Direito Administrativo Contratual. 5. ed. – Rio de Janeiro: Lúmen Júris, 2006.



# Recuperação Estrutural do Cais do Espaço Cultural da Marinha (ECM) – 2ª Fase



Figura 1 - Vista aérea do Cais do Espaço Cultural da Marinha.

O cais que abriga o Espaço Cultural da Marinha (ECM) está localizado na Avenida Alfred Agache, s/nº, Centro, Rio de Janeiro – RJ, e foi construído em 1867. As suas fundações são em estacas de madeira e a sua superestrutura é em cantaria de pedras. Há cerca de quatro anos, a parte central do cais começou a afundar, o que obrigou a Marinha do Brasil a interditar parcialmente o local.

A Empresa EPT – Engenharia e Pesquisas Tecnológicas S.A. foi contratada para executar as obras de recuperação estrutural do cais, no trecho compreendido entre os pilares P1 e P9.

Tais obras compreendem a execução de novas fundações em estacas de aço, injetadas com calda de cimento, no quantitativo de doze estacas por arco e inclui a execução de novo vigamento da superestrutura e pavimentação de novo heliponto.



Figura 2 - Obras em andamento no Cais do Espaço Cultural da Marinha.



Figura 3 - Obras em andamento no Cais do Espaço Cultural da Marinha.

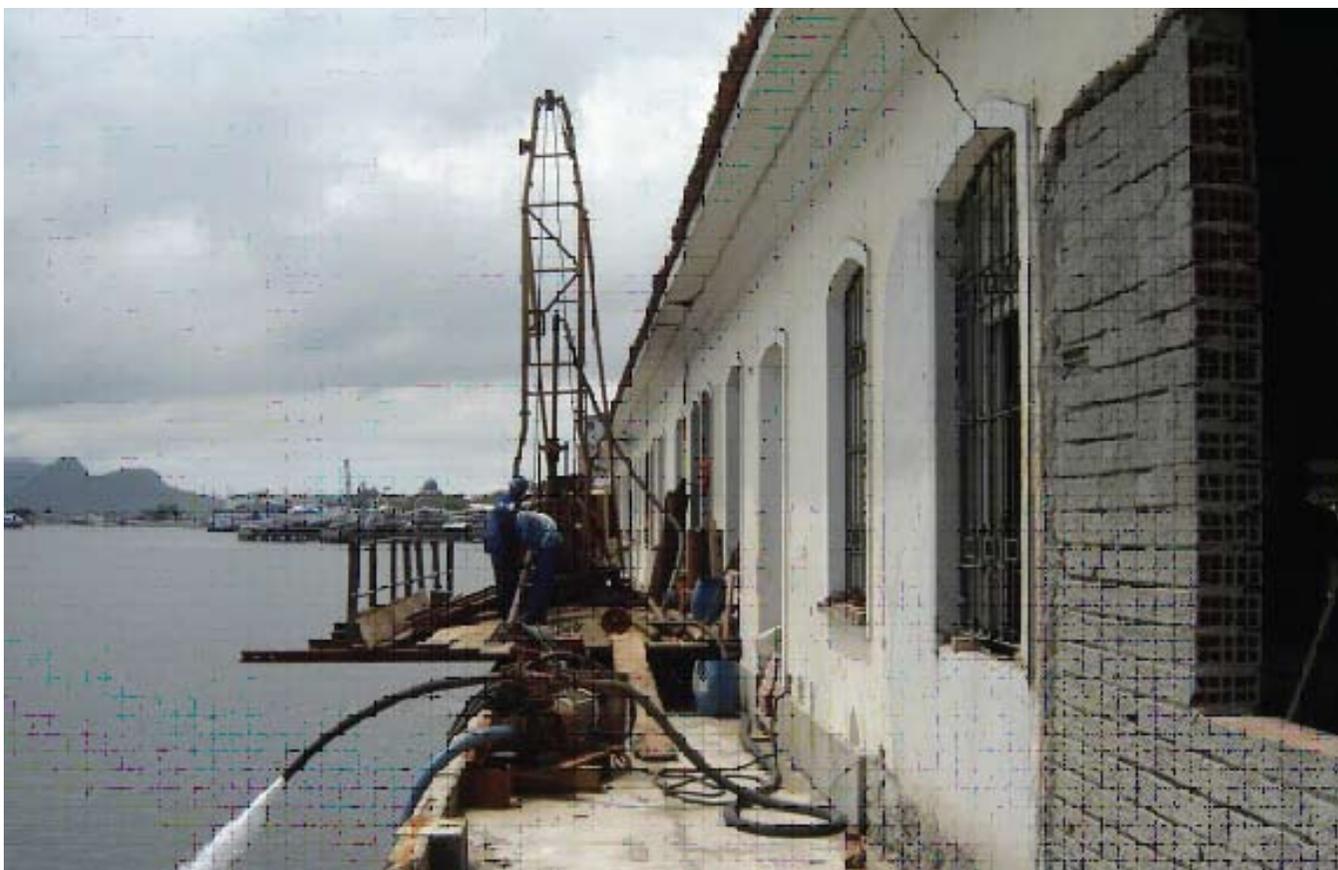


Figura 4 - Obras em andamento no Cais do Espaço Cultural da Marinha.

# Reforma do Prédio da Maternidade Oswaldo Nazareth para abrigar as instalações da Capitania dos Portos do Rio de Janeiro (CPRJ) e do Serviço de Inativos e Pensionistas da Marinha (SIPM)

A Empresa Ravi Engenharia e Construções Ltda. foi contratada para executar as obras de reforma geral no pavimento térreo e para a construção do mezanino que abriga, atualmente, em seus pavimentos superiores, a Maternidade Oswaldo Nazareth localizada à Av. Alfred Agache, s/nº, Centro – Rio de Janeiro – RJ.

Estas obras abrangeram as instalações de auditório, garagens, alojamentos, oficina e paiol da Capitania dos Portos do Rio de Janeiro (CPRJ) e foram compostas pelas seguintes áreas de atuação:

- demolição de elementos estruturais;
- recuperação e reforço estrutural de vigas, lajes e pilares;
- construção de estruturas em concreto armado;
- instalações hidrossanitárias e elétricas;
- reforma e acréscimo de edificação;
- construção de auditório; e
- instalação de sistema de ar-condicionado central.

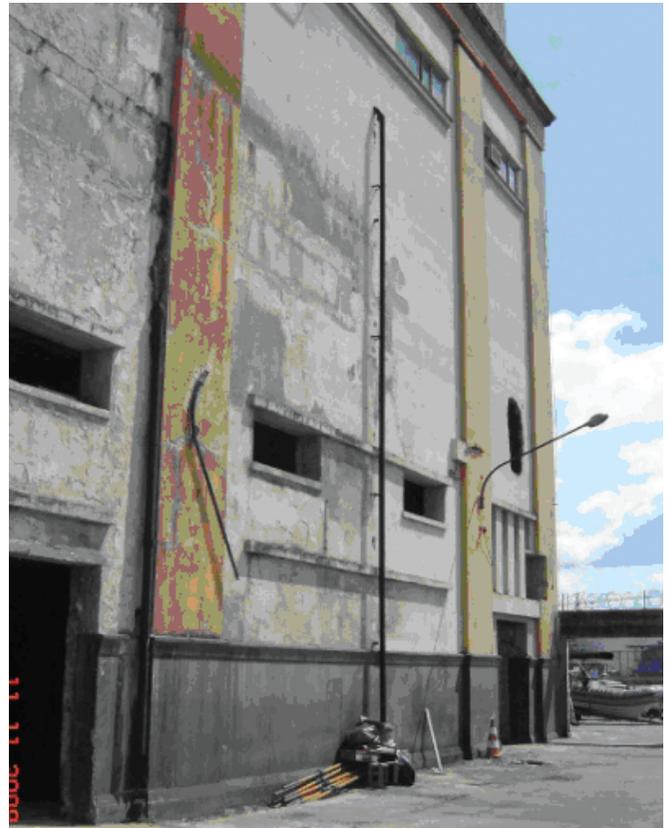


Figura 1 - Fachada do prédio da Maternidade Oswaldo Nazareth antes das obras de reforma.

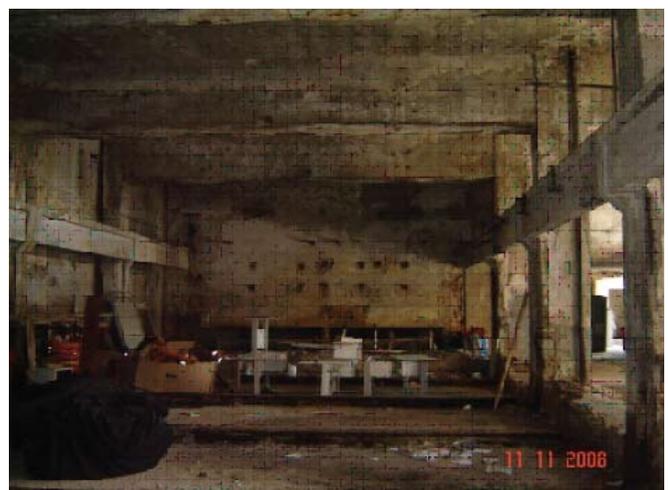


Figura 2 - Pavimento térreo do prédio da Maternidade Oswaldo Nazareth antes das obras de reforma.



Figura 3 - Pavimento térreo do prédio da Maternidade Oswaldo Nazareth durante as obras de reforma para receber as instalações da CPRJ.



Figura 4 - Hall de acesso ao auditório.



Figura 5 - Auditório.

Em 19 de dezembro de 2008, foi celebrado entre o Serviço de Inativos e Pensionistas da Marinha (SIPM) e a Empresa CHM–Engenharia e Construção Ltda. o contrato para execução das obras de reforma parcial do térreo, mezanino e segundo pavimento do prédio em referência.

Estas obras abrangeram as instalações de escritórios e áreas de apoio pertencentes ao SIPM, incluindo instalações da maternidade no pavimento térreo e no mezanino e foram compostas pelas seguintes áreas de atuação:

- demolição de pisos e alvenarias;
- recuperação estrutural de vigas, lajes e pilares;
- compartimentação em divisórias removíveis;
- instalações hidrossanitárias e elétricas; e
- instalação do sistema de ar-condicionado central.



Figura 6 - Segundo pavimento do prédio da Maternidade Oswaldo Nazareth durante as obras de reforma para receber as instalações do SIPM.



Figura 7 - Instalações em utilização do SIPM.

# Modernização da Escola Naval (EN)



Figura 1 - Vista área da Escola Naval.

A Alta Administração Naval estabeleceu um plano plurianual visando à modernização das instalações da Escola Naval (EN), localizada na Avenida Silvio de Noronha s/nº – Ilha de Villegagnon – Centro – Rio de Janeiro (RJ).

Desta forma, foram reformados e ampliados o Edifício 12, a pista de atletismo, que passou a ter dimensões olímpicas, e iniciada a construção do Prédio de Apoio.

A Empresa ÓTIMA Empreendimentos e Construções Ltda. foi contratada para realizar as obras de reforma e ampliação do prédio de alojamento e camarotes para aspirantes, no Edifício 12, e para a construção do Prédio de Apoio.

No Edifício 12, foram executadas reformas em todo o prédio, constando de pavimento térreo, transformando-o em instalações do Departamento de Saúde da EN, com área de 434,00m<sup>2</sup>, e de quatro pavimentos de alojamentos e camarotes para Aspirantes, com área de 545,00m<sup>2</sup> cada, perfazendo um total de 2614,00m<sup>2</sup> reformados, além da sua cobertura.

Foi executada ampliação, por meio de uma construção contígua ao prédio existente, constando de pavimento térreo e mezanino, cada

um medindo 223,00m<sup>2</sup>, destinados, também, às instalações do Departamento de Saúde da EN, e de quatro pavimentos destinados a alojamentos e camarotes para Aspirantes, cada um medindo 280,00m<sup>2</sup>, perfazendo um total de 1566,00m<sup>2</sup>.



Figura 2 - Edifício 12 durante as obras de reforma.

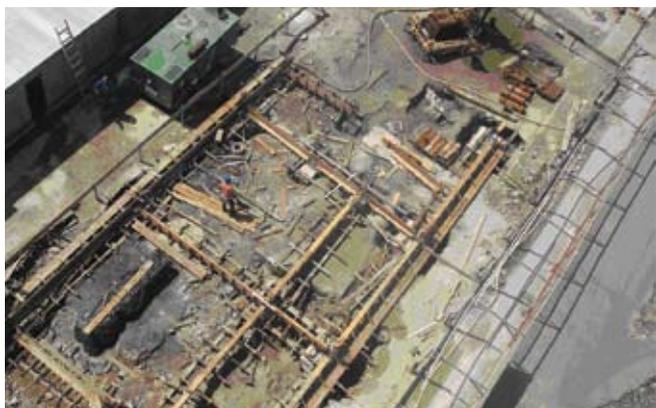


Figura 3 - Construção de prédio contíguo ao Edifício 12.



Figura 4 - Obras em andamento.



Figura 7 - Início das obras de construção do Prédio de Apoio - JUN2009

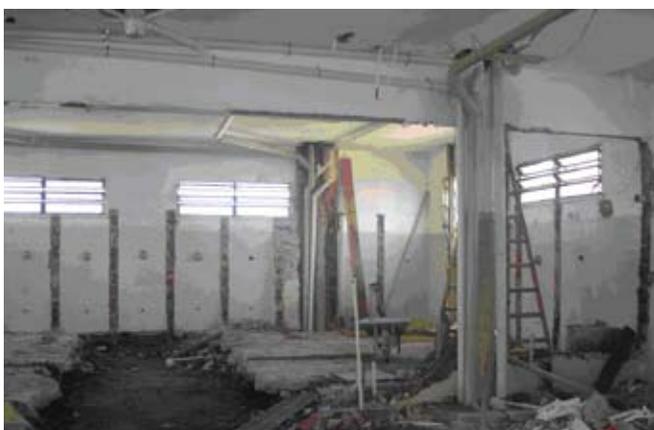


Figura 5 - Obras em andamento.



Figura 8 - Obras em andamento do Prédio de Apoio - SET2009.



Figura 6 – Obras de reforma do Edifício 12 prontificadas e finalização da construção contígua ao prédio existente.

Foram demolidos os prédios do Departamento de Serviços Gerais, da Garagem e das Oficinas, para que, no mesmo local, sejam construídos o novo Prédio de Apoio e da nova Garagem.

A Empresa RECOMA Construções, Comércio e Indústria Ltda. foi contratada para realizar as obras de reforma nas instalações esportivas, compreendendo o Campo de Esportes e Quadras Polivalentes.

Tratou-se da construção da base, em asfalto, para uma pista de atletismo (o piso sintético foi colocado pela Marinha) com seis raias, pista com 400 metros, nas dimensões e características recomendadas pela Confederação Brasileira de Atletismo, um campo de futebol no interior da pista, e a construção de três quadras polivalentes descobertas e cercadas por alambrados. Também, foram construídas redes de irrigação e drenagem para o gramado, iluminação, urbanização e pavimentação ao redor das novas instalações.

As obras foram realizadas conforme descritas abaixo:

- demolição das instalações esportivas (asfalto, com aproximadamente 3.200,00m<sup>2</sup>, uma quadra pavimentada em concreto com 970,00m<sup>2</sup> e um campo gramado com 7.600,00m<sup>2</sup>);
- demolição de 1.150,00m<sup>2</sup> de arruamento em asfalto;
- demolição de uma edificação (de um pavimento) com 600,00m<sup>2</sup>, que era ocupada pelo Departamento de Educação Física e pelo Departamento de Saúde;
- remanejamento de rede elétrica subterrânea e de iluminação existentes;
- remanejamento de caixas de inspeção de esgoto e respectivas redes necessárias;
- retirada de árvores, postes de iluminação e equipamentos de práticas de treinamento físico-militar que interferiam diretamente na implantação da nova pista;
- construção de base, em asfalto, com cerca de 5.300,00m<sup>2</sup>;
- instalação de equipamentos necessários para a prática de atletismo, tais como caixas de encaixe, tábua de impulsão, círculos e bases para arremesso, gaiola de proteção para arremesso do disco e martelo, construção de fosso em concreto (corrida de obstáculos), instalação de balizas (escamoteáveis) em tamanho oficial e bandeirinhas de canto para o campo de futebol;
- execução de rede de drenagem e de irrigação para apoio à manutenção do gramado;
- instalação de rede de iluminação para treinamentos no período noturno;

- construção de uma “torre de controle”, constituída por uma pequena edificação, com aproximadamente 10,00m<sup>2</sup>, em nível mais elevado que o nível da pista, destinado a abrigar equipamentos de comando e controle de competições; e
- execução de urbanização em torno da nova pista com a colocação de guias (meio-fio), construção de sarjetas, ralos, pavimentação com cerca de 5.200,00m<sup>2</sup>, rede captora de águas pluviais e remanejamento de um setor reservado para aves (gansos), constituído por um pequeno tanque em concreto para armazenagem de água e um cercado em tubos e tela.



Figura 9 - Retirada do gramado.



Figura 10 - Demolição da pista de atletismo.



Figura 11 - Colocação do novo gramado.



Figura 13 - Obras prontificadas.



Figura 12 - Construção de base, em asfalto, para uma nova pista de atletismo.



Figura 14 - Obras prontificadas.

A DOCM fiscalizou as obras de reforma das instalações esportivas, e atualmente fiscaliza a construção do Prédio de Apoio.

# Modernização das Instalações do Colégio Naval (CN)

O ensino médio da Marinha do Brasil (MB) é ministrado no Colégio Naval (CN), situado na Avenida Marques de Leão, Enseada Batista das Neves, Centro – Angra dos Reis – RJ. As atuais instalações são muito antigas e de elevado custo de manutenção. Por este motivo, estão passando por uma reforma de grande vulto, a fim de serem modernizadas, propiciando assim melhores condições para os alunos e instrutores.

A Empresa NBC Sistemas de Energia Ltda. foi contratada para realizar os serviços abaixo descritos:

- construção de uma rede preventiva de combate a incêndio e canalização preventiva para proteção das edificações de maior risco de incêndio;
- recuperação, substituição e ampliação da infraestrutura das instalações elétricas, lógica, telefonia, sonorização e luminotécnica; e
- recuperação e ampliação da infraestrutura de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem pluvial do complexo, cobrindo a área definida no seu Plano Piloto, abrangendo o espaço do CN como um todo, incluindo as áreas das residências dos oficiais, hotel de trânsito e clube de oficiais.



Figura 1 - Vista aérea do Colégio Naval.



Figura 2 - Obras de infraestrutura em andamento.



Figura 3 - Obras de infraestrutura em andamento.

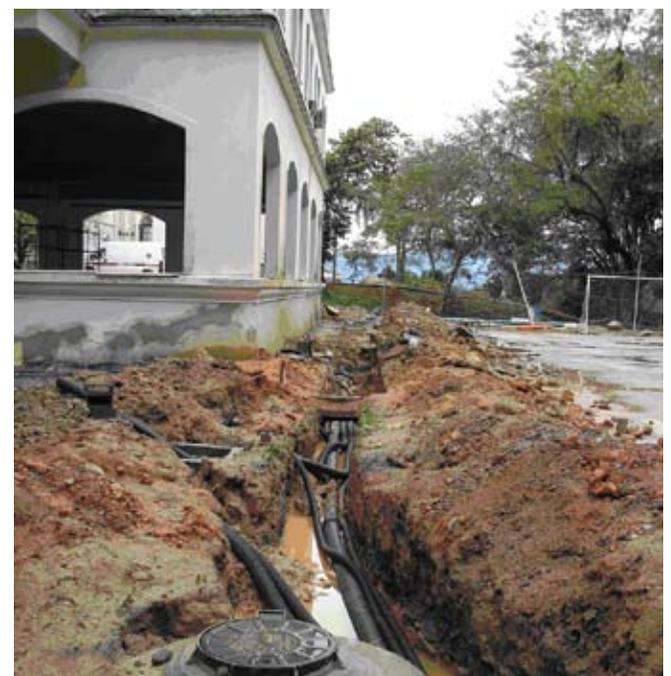


Figura 4 - Obras de infraestrutura em andamento.

# Construção da Nova Sede da Capitania dos Portos de São Paulo (CPSP)



Figura 1 - Maquete da nova sede da Capitania dos Portos de São Paulo.

A construção da nova sede da Capitania dos Portos de São Paulo (CPSP) no Cais da Marinha (Mortona) – Porto de Santos – São Paulo, foi iniciada pela Empresa Noreng Engenharia Ltda. e está tendo sua conclusão por meio da Empresa IBEG Engenharia e Construções Ltda., ambas contratadas pela EMGEPRON.

O projeto é composto por Pórtico de Acesso, Sala de Estado, Subestação, Prédio do Comando, Prédio de Apoio e Heliponto.

A obra está em andamento e a DOCM vem prestando assessoria à EMGEPRON no que tange à sua fiscalização.



Figura 2 - Terreno onde está sendo construída a nova sede da CPSP.

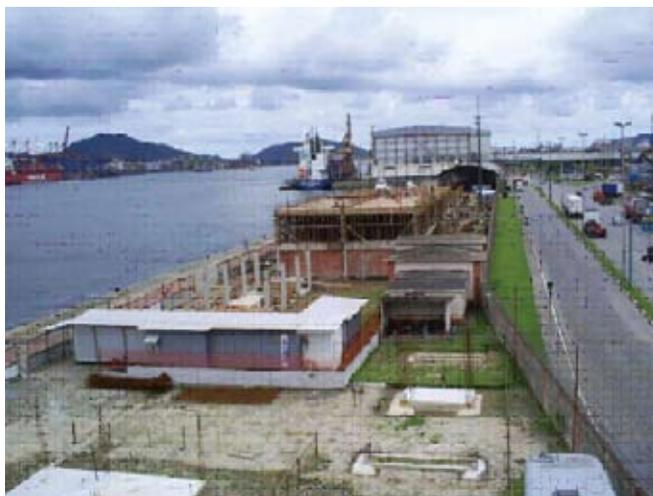


Figura 3 - Obras em andamento.



Figura 4 - Obras em andamento.



Figura 5 - Vista aérea da obra em execução.

# Construção da nova sede do Comando da Força de Superfície (ComForSup)

A Empresa NBC Sistemas de Energia Ltda. foi contratada para construir a nova sede do Comando da Força de Superfície (ComForSup) e dos Comandos dos Esquadrões subordinados, situados na Ilha de Mocanguê s/nº, Niterói - RJ.

Tratou-se da construção de um prédio de três pavimentos em estrutura de concreto armado, com área aproximada de 2900,00m<sup>2</sup>, onde foram instalados a sede do Comando e os diversos setores de conforto, áreas administrativas e de serviço das citadas Organizações Militares (OM). Também foi construído um prédio para a nova subestação de energia elétrica, em estrutura de concreto armado, contendo transformadores para a energização do complexo do ComForSup e Centro de Defesa Ambiental (CDA) da Petrobras.

A DOCM vem prestando fiscalização às obras em questão.



Figura 2 - Início das obras.



Figura 3 - Obras em andamento.



Figura 1 - Terreno onde são construídos a nova sede do ComForSup e o prédio para a nova subestação de energia elétrica.



Figura 4 - Obra em fase de acabamento.



Figura 5 - Construção do prédio para a nova subestação de energia elétrica.



Figura 6 - Finalização da alvenaria do prédio da subestação.

# Construção de PNR na área do Com7ºDN



A construção de 784 unidades de Próprios Nacionais Residenciais (PNR) na área do Comando do 7º Distrito Naval (Com7ºDN) – Águas Claras, Brasília – DF, foi iniciada em 2009 e terá a duração de 36 meses. A Empresa Antares Engenharia Ltda. é a responsável pela construção destas unidades.

Foram projetadas 56 unidades residenciais destinadas aos Oficiais, 648 aos Suboficiais e Sargentos e 80 aos Cabos e Marinheiros.

Em 12 de agosto de 2009, foi assinado o contrato com a Empresa Lumiar Engenharia e Construções Ltda., para assistir e subsidiar tecnicamente na fiscalização destas unidades.

A Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM) vem prestando assessoria às obras, no que tange à sua fiscalização.

Etapas Contratuais	Empreendimento	Endereço	Total PNR	Nº Pav.	Dest.
1ª	Empreendimento A	Quadra 208, Praça Sabiá, lote 03	56	14	OFICIAL
1ª	Empreendimento B	Quadra 208, Praça Sabiá, lote 09	80	10	CB/MN
1ª	Empreendimento J	Quadra 209, Praça Graúna, lote 07	60	15	SO/SG
2ª	Empreendimento D	Rua 21 Norte, lote 05	102	17	SO/SG
2ª	Empreendimento E	Rua 16 Norte, lote 01	72	12	SO/SG
2ª	Empreendimento F/G	Rua 24/25 Sul, lotes 19/20	192	16	SO/SG
3ª	Empreendimento C	Rua 25 Norte, lote 12	90	15	SO/SG
3ª	Empreendimento H	Rua 31 Norte, lote 10	104	13	SO/SG
3ª	Empreendimento I	Rua 35 Norte, lote 07	28	14	SO/SG



Figura 1 - Empreendimento "A" destinado aos Oficiais.



Figura 2 - Empreendimento "B" destinado aos Cabos e Marinheiros.



Figura 3 - Terreno do empreendimento "F/G" destinado aos Suboficiais e Sargentos.



Figura 4 - Empreendimento "J" destinado aos Suboficiais e Sargentos.

# Conclusão de Remanescentes da Obra de Recuperação do Cais da Bandeira no Com 1ºDN



Figura 1 - Vista do Cais da Bandeira antes do início das obras.

Em 2005 foram efetuadas inspeções técnicas, com mergulhadores, no Cais da Bandeira localizado no Comando do 1º Distrito Naval (Com1ºDN), Centro, Rio de Janeiro – RJ, e os resultados atestaram danos generalizados nas estacas-prachas metálicas que sustentam o Cais, com perda de material fino, ocasionando os afundamentos que se verificavam na retroterra do referido Cais.

A Empresa ENGREST Engenharia de Recuperação Estrutural Ltda., foi contratada para executar a obra de recuperação do Cais da Bandeira, abrangendo uma extensão de 270 metros, com execução de um novo paramento, em cortina de estacas-pranchas de concreto armado pré-moldado, apoiadas no solo e nos tirantes “Free Earth Support” já existentes.

A Diretoria de Obras Civas da Marinha (DOCM) está fiscalizando esta obra.

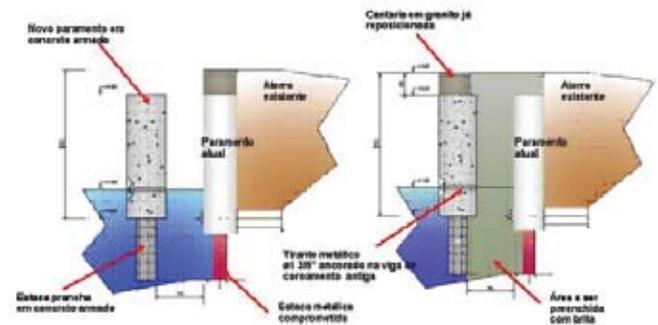


Figura 2 - Serviço a ser executado.

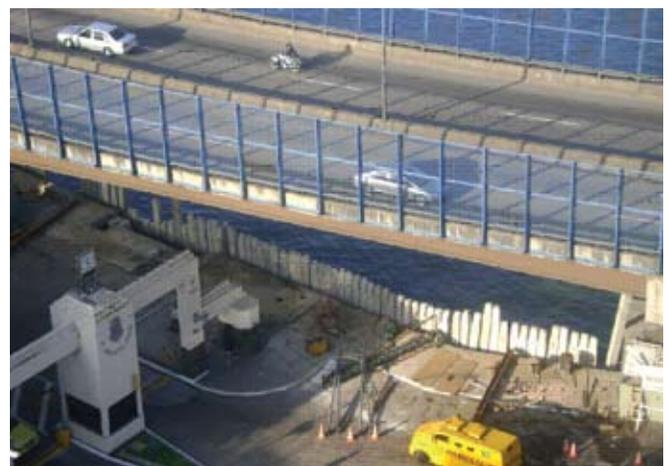


Figura 3 - Vista aérea do Cais da Bandeira retratando o andamento das obras.



Figura 4 - Obras em andamento.



Figura 5 - Obras em andamento.

# CONHECIMENTO DO MAR

*A FEMAR desenvolve, apóia e presta serviços especializados nas atividades de ensino, pesquisa, extensão e inovação tecnológica, voltadas para produção e a difusão do conhecimento do mar.*

Tel: (21) 3237-9500  
[www.fundacaofemar.org.br](http://www.fundacaofemar.org.br)



Fundação  
de Estudos  
do Mar



# Caixa da Marinha

## Seu sonho é a nossa missão!



- Sem fila de espera
- Financiamento Imobiliário
- Empréstimo Rápido
- Imóveis 100% financiados
- Bolsa de Imóveis
- Assessoria Imobiliária Gratuita

[www.cccpm.mb](http://www.cccpm.mb) (intranet) / [www.cccpm.mar.mil.br](http://www.cccpm.mar.mil.br) (internet)

### Nossa sede:

Rio de Janeiro - RJ (Próximo ao 1ºDN)  
Av. Rio Branco, 39-11º andar - Centro  
CEP: 20090-003  
Tel: (21) 2105-7400  
[atendimento@cccpm.mar.mil.br](mailto:atendimento@cccpm.mar.mil.br)  
[ouvidoria@cccpm.mar.mil.br](mailto:ouvidoria@cccpm.mar.mil.br)



### Possuímos filiais em:

Angra dos Reis (RJ) – Colégio Naval  
Belém (PA) – BNVC  
Brasília (DF) – Com7º DN  
Florianópolis (SC) – EAMSC  
Fortaleza (CE) – EAMCE  
Ladário (MS) – Com6º DN  
Manaus (AM) – Com9º DN  
Natal (RN) – BNNa  
Recife (PE) – CPPE  
Rio Grande (RS) – Com5º DN  
Salvador (BA) – Com2º DN  
São Pedro da Aldeia (RJ) – BAeNSPA  
São Paulo (SP) – Com8º DN



# DOCM



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



DIRETORIA DE OBRAS CIVIS DA MARINHA  
Rua 1º de março, 118 – 15º e 16º andares  
Centro, Rio de Janeiro-RJ CEP 200010-000

<http://www.docm.mar.mil.br>  
<http://www.docm.mb>