



REVISTA

OBRAS CIVIS

DIRETORIA DE OBRAS CIVIS DA MARINHA

Edição nº 6 - Dezembro/2014

DOCM 38 ANOS DE REALIZAÇÕES
CONSTRUINDO A MARINHA DO FUTURO

PROSUB ESTALEIRO E BASE NAVAL

ÁREA SUL

Prédio Principal do Estaleiro
de Construção de Submarinos



CIAA



Projeto de novo Refeitório

BAeNSPA



Projeto de novos Hangares

OCM



Obras de Ampliação

CN



Contenção de Encosta

GALERIA DOS DIRETORES

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



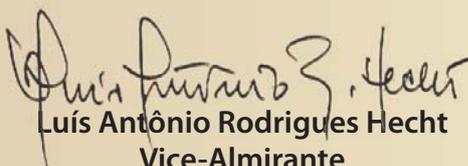
É com grande satisfação que apresentamos a 6ª edição da Revista Obras Civis, periódico anual voltado para a divulgação da atuação da Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM) nos campos da Engenharia e Arquitetura voltadas à Construção Civil, bem como para a difusão de conceitos, estudos, experiências pessoais e desenvolvimentos tecnológicos relacionados a essas atividades e que são de interesse para a Marinha do Brasil.

Registramos nesta Revista, composta de artigos de autoria de membros de nosso Corpo Técnico e eventuais colaboradores, o labor constante desta Diretoria Especializada em prol da conservação, manutenção e ampliação do patrimônio imobiliário da nossa Marinha, indispensáveis ao suporte de infraestrutura ao Poder Naval.

Especificamente, destacamos nesta edição o avanço tecnológico e gerencial proporcionado à DOCM pelas obras de construção do Estaleiro e Base Naval do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB) em Itaguaí, RJ, além de soluções construtivas e sustentáveis tais como fontes renováveis de energia, conforto ambiental, consumo consciente da água e eficiência energética, que nos proporcionam obter edificações e instalações modernas e voltadas à redução das emissões de carbono e ao atendimento das normas ambientais vigentes, dentre outros temas.

Convido, assim, o caro leitor, a “navegar” no fascinante universo das “Obras Civis”.

Boa leitura!



Luís Antônio Rodrigues Hecht
Vice-Almirante

Diretor



Expediente

Revista Obras Civis

Publicação da Diretoria de Obras Civis da Marinha - DOCM

Rua Primeiro de Março, 118 - 15º andar
Centro - Rio de Janeiro - RJ
CEP 20010-000

Diretor-Geral do Material da Marinha

Luís Guilherme Sá de Gusmão
Almirante-de-Esquadra

Diretor de Obras Civis da Marinha

Luís Antônio Rodrigues Hecht
Vice-Almirante

Presidente do Conselho Editorial

José Paulo Nóbrega de Oliveira
Capitão-de-Mar-e-Guerra (EN)
Vice-Diretor

Diretor de Redação

Carlos Alberto Amim Torres Quintanilha
Capitão-de-Mar-e-Guerra (Refº-FN)

Editor

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

Redação e Revisão

Daniela Lobo Francisco Loureiro
Capitão-de-Corveta (EN)
Juliana Mussalam
Primeiro-Tenente (RM2-EN)

Projeto Gráfico e Diagramação

Emílio Alexandre Frossard
Programador / Designer Gráfico

Visite nosso site na Intranet
www.docm.mb

Acesse a versão digital da Revista em:
www.mar.mil.br/arquivos/revistadocm2014.pdf

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

DISTRIBUIÇÃO GRATUITA

REVISTA

OBRAS CIVIS

DEZEMBRO/2014

Sumário

NOTÍCIAS DA DOCM

- 3** Premiação da Associação das Empresas de Engenharia do Rio de Janeiro (AEERJ)
- 4** Estágio de Qualificação em Construção de Portos para Oficiais da Armada Boliviana
- 5** Militar e Funcionário Civil Padrão
- 6** Ampliação e Modernização da Odontoclínica Central da Marinha (OCM)
- 8** A DOCM e os Serviços Realizados no Comando do 8º Distrito Naval

ARTIGOS TÉCNICOS

- 9** A Atuação da FGV no Apoio às Obras do PROSUB
- 15** Revestimento Intumescente : sua Aplicação nas Obras Civis do EBN-PROSUB
- 22** Potencial de Geração de Energia por Fontes Renováveis para Estações Estratégicas e Isoladas de Sinalização Náutica da Marinha do Brasil
- 33** Avaliação do Potencial do *Brise-Soleil* para o Conforto Ambiental
- 48** Soluções Sustentáveis no Consumo de Água em Edificações para Fins não Potáveis
- 60** Centenário da Força de Submarinos : OBELISCO - Um Marco na História da Força
- 65** O Uso de Perfis Tubulares em Estruturas na Construção Civil
- 72** Especificação de Equipamentos de Ar Condicionado mais Eficientes nas Instalações Terrestres da Marinha do Brasil
- 80** Obras Portuárias: As Fundações dos Cais do EBN-PROSUB
- 86** Estaca em Perfil Metálico: A Solução Adotada para a Fundação dos Edifícios do EBN-PROSUB
- 94** Obras de Contenção da Encosta do Morro do Bonfim no Colégio Naval

OBRAS E PROJETOS

- 101** Obras Concluídas
- 106** Obras em Andamento
- 111** Projetos Concluídos
- 115** Outras Atividades Relevantes

116 COMO INGRESSAR NA MARINHA



FGV PROJETOS

patrocinador da Revista "Obras Civis"



PRÊMIO ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS DE ENGENHARIA DO RIO DE JANEIRO (AEERJ)

JOSÉ LUIZ CARDOSO (Triênio 2011-2013)

Foi realizada no dia 28JUL2014, às 18h, no Centro de Convenções da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), a Cerimônia de Entrega dos Prêmios AEERJ - JOSÉ LUIZ CARDOSO, referentes ao Triênio 2011-2013, durante a Solenidade de Posse do Conselho Consultivo da Associação em lide.

Os Prêmios destinaram-se a distinguir as melhores Teses de Doutorado e Dissertações de Mestrado de Engenharia, no âmbito do Estado do Rio de Janeiro. A Comissão Julgadora foi constituída pelos renomados membros da Academia Nacional de Engenharia, professores JOSÉ LUIZ CARDOSO, JOSÉ EDUARDO MOREIRA E ALBERTO SAYÃO.

Foram premiados, na Categoria "Dissertações de Mestrado", os seguintes Oficiais da DOCM:

2º lugar - Capitão-de-Corveta (EN) NEWTON FAGUNDES DE CARVALHO, com a dissertação intitulada "Blocos de Coroamento Rígidos sob a Ação Sísmica", defendida na Universidade Federal Fluminense; e

3º lugar - Primeiro-Tenente (RM2-EN) CAROLINE SIDRIM GOMES LEITE MANSUR, com a dissertação intitulada "Comportamento dos Aterros que Compõem a Obra do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro", defendida na Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Na ocasião, o Exmº Sr. Diretor de Obras Civis da Marinha, Vice-Almirante Luís Antônio Rodrigues Hecht foi convidado a compor a mesa da solenidade. Ao final da cerimônia, em seu discurso, o Exmº Sr. Diretor ressaltou a importância da tecnologia, inovação e empreendedorismo para as obras civis realizadas na Marinha do Brasil, sendo estes elementos fundamentais para o desenvolvimento dos empreendimentos no país, com a segurança e a sustentabilidade necessárias.



O Exmº Sr. Diretor de Obras Civis da Marinha, Vice-Almirante Luís Antônio Rodrigues Hecht e os Oficiais premiados, Capitão-de-Corveta (EN) Newton Fagundes de Carvalho e Primeiro-Tenente (RM2-EN) Caroline Sidrim Gomes Leite Mansur.



A DOCM REALIZOU ESTÁGIO DE QUALIFICAÇÃO EM CONSTRUÇÃO DE PORTOS PARA OFICIAIS DA ARMADA BOLIVIANA

No período de 1 de agosto a 31 de outubro de 2014, a Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM) realizou Estágio de Qualificação em Construção de Portos para o CF (DIM) José Freddy Mitusio Loras e o TN (DIM) Nelson Gerardo Cuentas Alborta, oficiais da Armada Boliviana. O estágio foi ministrado por Oficiais dos Departamentos de Planejamento e de Projetos e do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Civis Relativas ao PROSUB, sendo dividido em três etapas:

- Etapa I - Introdução Teórica (160 horas)

- 1) Hidráulica Marítima (04 horas);
- 2) Hidráulica Fluvial (08 horas);
- 3) Introdução à Oceanografia Física (24 horas);
- 4) Obras Portuárias (24 horas);
- 5) Obras Hidroviárias (08 horas);
- 6) Geotecnia e Fundações (08 horas);
- 7) Projetos e Obras Portuárias (40 horas);
- 8) Gestão de Projetos de Obras Portuárias (16 horas);
- 9) Execução de Obras Portuárias (24 horas); e
- 10) Organização, Gerenciamento e Operação Portuária (04 horas).

- **Etapa II** - Visitas a Instalações Marítimas e Portuárias da MB (80 horas); e

- **Etapa III** - Desenvolvimento de um Projeto Piloto de Obra Portuária (240 horas).



O Capitão-de-Fragata (T) Paulo Roberto de Andrade Marchesini, Encarregado da 3ª Divisão de Projetos da DOCM, ministrou aula teórica aos Oficiais da Armada Boliviana.

CERIMÔNIA DE DIPLOMAÇÃO



A Cerimônia de Diplomação dos Oficiais da Armada Boliviana foi presidida pelo Vice-Almirante (EN) Francisco Roberto Portella Deiana, Diretor de Engenharia Naval.

MILITAR E FUNCIONÁRIO CIVIL

PADRÃO

2º SEMESTRE DE 2013



3ºSG-CL Flaviane dos Santos Gomes



Agente Adm. Rodrigo Cabral Rocha

1º SEMESTRE DE 2014



CB-DA Cleyton Douglas Elias dos Santos



Engenheiro Julio dos Santos C. Monteiro





AMPLIAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DA ODONTOCLÍNICA CENTRAL DA MARINHA (OCM)

A ideia de expansão da Odontoclínica Central da Marinha (OCM) surgiu em decorrência do aumento do número de usuários, assim como da necessidade de modernizar suas instalações e equipamentos, de modo a prover não só o atendimento especializado como também a capacitação técnica de ensino e de pesquisa.

Com o objetivo de se adequar à modernidade do século XXI e proporcionar maior acessibilidade, conforto e agilidade no atendimento prestado à Família Naval, foi desenvolvido um projeto de ampliação e modernização que buscou conciliar funcionalidade e viabilidade técnica, atendendo não só ao programa de necessidades, bem como as exigências da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e da resolução RDC nº 50, que dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde.

A nova estrutura da OCM promoverá um aumento de 90% da área atual construída, com

diversas intervenções que resultarão na modernização das suas instalações. Esta renovação implicará: na criação de 32 novos consultórios, ampliando o seu total para 113; na expansão do Departamento de Ensino, com a possibilidade de realização de cursos de aperfeiçoamento; na ampliação da capacidade do auditório; e no incremento do setor radiológico, com a instalação do Tomógrafo Cone Beam i-Cat Next Generation e do Raio-X Panorâmico Digital (Figuras 1a e 1b). Além de melhorias na infraestrutura predial e tecnológica daquela Organização Militar, que incluem a aquisição de novos equipamentos, gerador de emergência e instalações de gases medicinais, serão renovados e substituídos os sistemas elétricos, hidráulicos, de condicionamento de ar e detecção e combate a incêndio. Em paralelo às obras civis de ampliação, a OCM receberá recursos para novas aquisições de mobiliários odontológicos e administrativos e de utensílios e equipamentos específicos, que complementarão a sua nova estrutura.



Figura 1a - Tomógrafo Cone Beam i-CAT

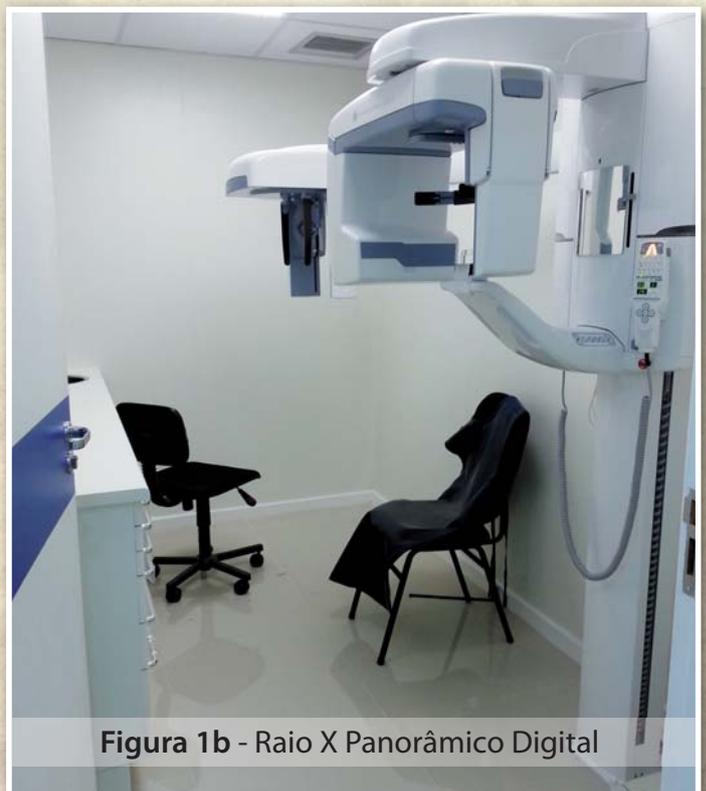


Figura 1b - Raio X Panorâmico Digital

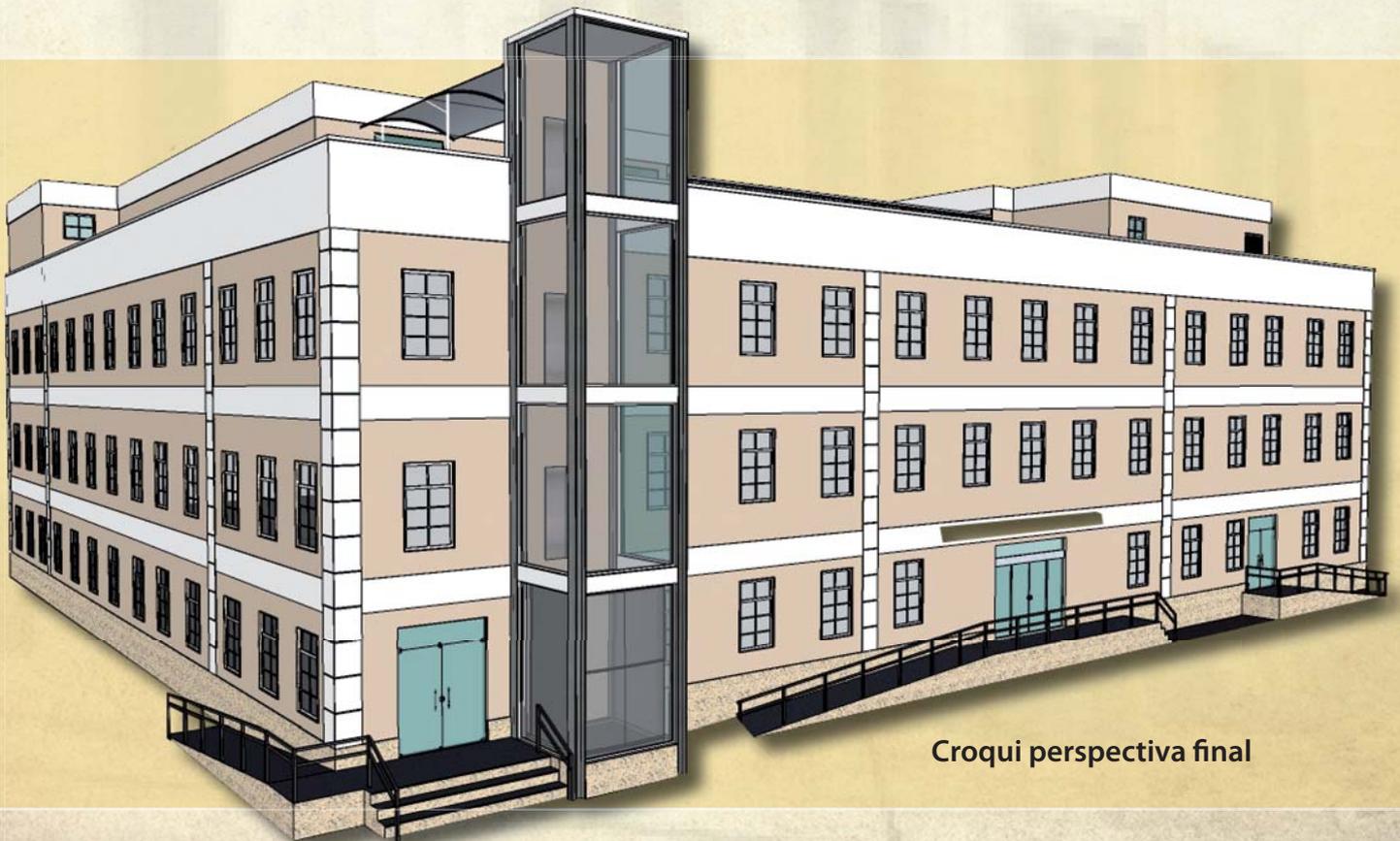
Por se tratar de uma obra de grande complexidade, a Diretoria de Saúde da Marinha (DSM) solicitou apoio à Diretoria de Obras Civas da Marinha (DOCM), tanto no processo licitatório quanto na fiscalização do contrato para a conclusão das obras de ampliação e modernização.

Não obstante o elevado grau de complexidade da obra e as inúmeras intercorrências causadas pela realização dos serviços paralelamente ao atendimento dos pacientes, estão sendo observadas não só as boas técnicas da engenharia, como os princípios básicos que regem a Administração Pública. Com criatividade e baseado em soluções técnicas, a equipe de fiscalização tem procurado minimizar os impactos que possam comprometer a conclusão dos serviços dentro do prazo de vigência contratual estabelecido, estando prevista a entrega da parte ampliada ainda no primeiro semestre de 2015 e da reforma das antigas instalações no final de 2015.

Finalmente, vale destacar o inestimável apoio recebido da tripulação da OCM e o agradecimento pela compreensão e paciência de todos os usuários que convivem com as obras em curso, tendo presente que os atuais sacrifícios irão assegurar uma Odontoclínica moderna e voltada a um melhor atendimento e acolhimento da Família Naval.



Situação atual das obras



Croqui perspectiva final



Capitão-de-Mar-e-Guerra (RM1-T) Jorge Faria Franco Junior
Superintendente de Patrimônio Imobiliário do Com8ºDN.

Graduado em Administração de Empresas pela Faculdade de Economia e Finanças do Rio de Janeiro (SUESC) e Pós-Graduado em Treinamento e Desenvolvimento de Recursos Humanos pela Associação de Ensino Superior São Judas Tadeu.



A DOCM E OS SERVIÇOS REALIZADOS NO COMANDO DO 8º DISTRITO NAVAL

A Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM), como Organização Militar Prestadora de Serviços (OMPS), empreendeu valiosa contribuição ao Comando do 8º Distrito Naval e suas Organizações Militares Subordinadas, na sua área de jurisdição – Estado de São Paulo, em proveito de diversos serviços técnicos de sua competência, quais sejam: assessoria técnica, projetos de engenharia relativos a instalações terrestres e serviços de topografia.

No que diz respeito aos serviços de inspeção, cabe ressaltar a emissão de Parecer Técnico e Avaliação Imobiliária, ambos com a finalidade de fundamentar o posicionamento da Marinha do Brasil quando das tratativas, ora em curso com o Exército Brasileiro, buscando atender às demandas de Próprio Nacional Residencial (PNR) na área de jurisdição.

Dentre tais atividades, cabe sobrelevar as seguintes:

1) Serviços Técnicos já finalizados:

a) Avaliação imobiliária do Tombo nº 21.030.0 da MB – Instalações de Apoio à Capitania dos Portos de São Paulo (IAC), com o propósito de condução de processo licitatório, por permuta, a fim de realizar a construção de PNR para atender à demanda da guarnição da Capitania dos Portos de São Paulo (CPSP) e futuro Comando do Grupamento de Patrulha Naval do Sul-Sudeste (ComGptPatNavSSE);

b) Avaliação Imobiliária do Tombo SP nº 02-0078 do Exército Brasileiro, localizado no Morro do Farol, Quitaúna – Osasco (SP), localização da futura “Vila Naval de Osasco – VNO”, que vislumbra a construção de 7 torres e 480 apartamentos, visando atender à demanda da guarnição dos apartamentos destinados à tripulação do futuro Grupamento de Fuzileiros Navais de São Paulo (GptFNSP), além de suprir necessidades de PNR do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP);

c) Estimativa de custo para a implantação/construção da futura Vila Naval de Osasco (VNO), além do Levantamento Planialtimétrico da área em apreço; e

d) Confecção do Projeto Básico do Ed. Residencial destinado a SO/SG servindo na Capitania Fluvial do Tietê-Paraná (CFTP), em Barra Bonita.

2) Serviços Técnicos em andamento:

a) Confecção do anteprojeto de arquitetura da sede do futuro ComGptPatNavSSE;

b) Assessoria técnica na fiscalização da construção do Ed. Residencial destinado a SO/SG servindo na Capitania Fluvial do Tietê-Paraná (CFTP), em Barra Bonita;

c) Confecção do Projeto Básico para substituição das instalações provisórias e ampliação/construção da futura sede da CFTP; e

d) Permanente assessoria técnica às demandas da Superintendência do Patrimônio Imobiliário do Com8ºDN.



Maurício Wanderley Estanislau da Costa

Coordenador de projetos da FGV Projetos e sócio-fundador da MPCN Sistemas Contábeis e Auditoria S/S.

Graduado em Ciências Contábeis pela Federação das Faculdades Celso Lisboa e pós-graduado em administração (PDG/EXEC) pela Sociedade de Desenvolvimento Empresarial (SDE). Foi auditor da Bolsa de Valores do Rio de Janeiro, supervisor de controle pela Cotibra S/A Corretora de Câmbio e Títulos Mobiliários e membro do Conselho Fiscal da Light. É membro do Instituto de Auditores Independentes do Brasil (IBRACON), associado ao Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC).

A ATUAÇÃO DA FGV NO APOIO ÀS OBRAS DO PROSUB

1. INTRODUÇÃO

O Brasil conta com 8.500 km de litoral e uma zona marítima de 3,5 milhões de km². Soma-se a essa vasta área marítima toda a riqueza proporcionada por ela, como as reservas do pré-sal, estimadas em até 35 bilhões de barris, e a Amazônia Azul, situada até 200 milhas náuticas (370 km) ao longo da costa, rica em minerais e biodiversidade. Além disso, 95% do comércio exterior brasileiro é operacionalizado por via marítima.

Com o objetivo de defender o seu patrimônio marítimo, o Brasil resolveu investir no Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB). Com a participação da **Marinha do Brasil**, da estatal francesa de defesa **DCNS** e da empreiteira brasileira **Norberto Odebrecht**, o objetivo do programa é a construção de um complexo de 540 mil metros quadrados, localizado na Baía de Sepetiba, no município de Itaguaí (RJ), para montagem de quatro submarinos convencionais e um submarino nuclear.

O acompanhamento e a fiscalização do projeto de obras civis e das instalações navais foram atribuídos à Diretoria de Obras Civis da Marinha

(DOCM), e a FGV Projetos ficou responsável, em um primeiro momento, por desenvolver e aplicar um Modelo de Análise de Conformidade de Projetos e realizar o assessoramento nas atividades que contemplavam a execução financeira, o monitoramento estratégico de projetos e a capacitação dos técnicos da DOCM para aplicação da metodologia desenvolvida.

Dando continuidade a essa parceria, foi solicitado à FGV que estruturasse um trabalho complementar de apoio ao PROSUB. Na primeira fase do projeto, a equipe desenvolveu a metodologia para um programa exclusivo envolvendo disciplinas para Monitoramento dos Prazos, dos Projetos Técnicos e da Execução dos Serviços, além de Levantamento de Informações para a implementação do Complexo de Itaguaí, composto pela Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM), já concluída, pelo Estaleiro Naval, em fases de construção, montagem e comissionamento, e das obras de infraestrutura marítima, Cais e Docas. No atual momento, a FGV vem aplicando, em campo, a metodologia elaborada na fase anterior do projeto.

2. METODOLOGIA

O Programa criado pela FGV foi elaborado com base em uma metodologia própria, tendo como propósito gerar, transmitir e ampliar o conhecimento da Marinha do Brasil para o monitoramento de projetos de grande porte, considerando a relevância de prazos, projetos e serviços (qualidade), conforme as macroatividades destacadas na Figura 1:

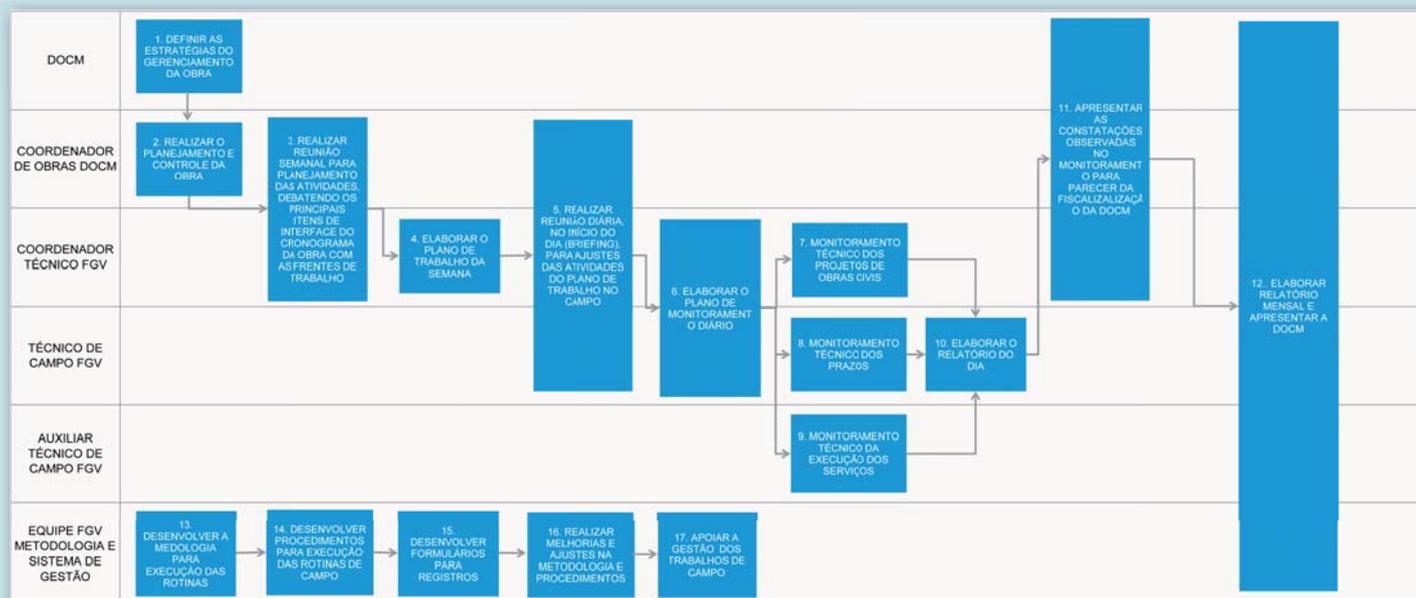


Figura 1 - Macroatividades do Processo de Monitoramento. (Fonte: FGV)

As estratégias do monitoramento da obra advêm das diretrizes da DOCM. Desta forma, os trabalhos da FGV vêm respeitando os padrões e filosofias da Marinha do Brasil e utilizam como alicerce a obtenção de valores agregados ao andamento físico da obra.

A partir desses conceitos, são elaborados Relatórios Mensais de Monitoramento para o Apoio à Implementação do Programa de Monitoramento de Projetos, onde são considerados os documentos de referência e a estratégia de trabalho da DOCM, como os cronogramas, projetos plotados e procedimentos existentes no Complexo de Itaguaí.

Além da visão completa do *status* das várias frentes de execução das obras, as informações relacionadas permitem também uma maior previsibilidade do andamento das obras, apoiando a DOCM na tomada de decisões objetivas em relação às atividades de fiscalização das obras do Complexo de Itaguaí.

A metodologia desenvolvida tem como objetivo apresentar a continuidade das atividades de execução das Obras Civis, sendo estruturada em três tópicos – prazos, projetos e qualidade/serviços, e contribui na contínua melhora da execução da obra

no âmbito do prazo e da qualidade.

3. MONITORAMENTO TÉCNICO DE PRAZOS

O monitoramento de prazos das obras civis da Marinha do Brasil baseia-se na identificação dos caminhos críticos para as atividades e edificações com execuções previstas no período contemplado.

A equipe de trabalho de campo da FGV tem como objetivo assessorar a DOCM, sob o ponto de vista técnico, identificando o grau de incerteza do cumprimento de tarefas e/ou execução de edificações que possam colocar em risco o prazo de entrega das obras do Complexo de Itaguaí. As tarefas estão elencadas de acordo com os documentos entregues pela Construtora Norberto Odebrecht (CNO) à DOCM.

Os pontos considerados críticos são observados pela equipe de campo da FGV, tais como edificações com índices de atrasos significativos, reprogramações ou ajustes não condizentes com a realidade da obra, ou a necessidade de novas metas de trabalho em diferentes frentes de serviço. A visualização antecipada dos pontos críticos permite à DOCM

identificar a necessidade de fiscalizar e revisar previamente seu trabalho, possibilitando as tomadas de decisão pertinentes, pelas quais é responsável.

O andamento das obras monitoradas pela equipe da FGV é registrado semanalmente em planilhas de Monitoramento de Prazos de Atividades Semanais (MPAS), desenvolvidas com base no cronograma apresentado à DOCM pela CNO. Nelas são apresentados índices que avaliam as programações feitas pela CNO e o desenvolvimento da obra com relação ao cronograma oficial, conforme a Figura 2:

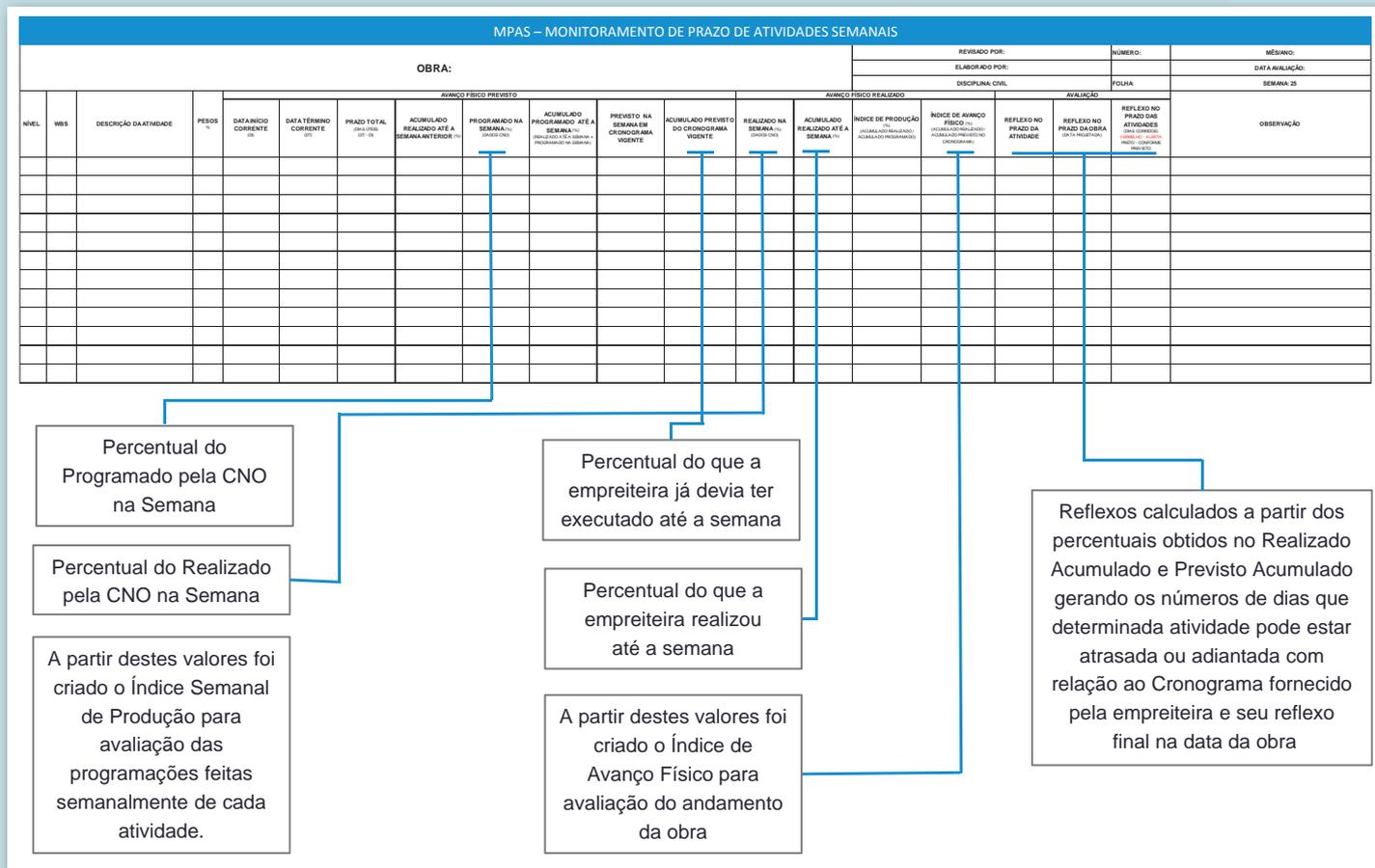


Figura 2 - Monitoramento de Prazos de Atividades Semanais (MPAS).
(Fonte: FGV)

Os alertas e as recomendações de melhorias partiram da vivência das práticas de monitoramento da equipe da FGV e dos ajustes estratégicos solicitados pela DOCM. Dessa forma, todas as lições aprendidas e vivenciadas servem de insumo para um aprimoramento contínuo e para o adequado acompanhamento de prazos nas obras civis da construção do Complexo de Itaguaí.

Nos relatórios mensais de monitoramento são apresentados dados coletados sobre prazos em campo, formalizando as informações necessárias para avaliar o andamento da obra em um determinado período de avaliação. As informações fornecem insumos para melhorias nas atividades similares àquelas que serão executadas na elaboração e execução de projetos futuros.

4. MONITORAMENTO TÉCNICO DOS PROJETOS DAS OBRAS CIVIS

O monitoramento técnico dos projetos das obras civis da Marinha do Brasil baseia-se na verificação da atualização dos documentos de projetos disponíveis em obra. Nesse contexto, verifica-se, também, se os documentos de projetos encontram-se devidamente aprovados.

Durante as atividades de avaliação, a equipe de campo da FGV tem como premissa assegurar se o processo de gestão dos documentos técnicos apresenta adequado grau de consistência e confiabilidade, de forma a garantir que tenham sido devidamente aprovados e disponibilizados nas suas últimas versões, nos pontos de uso.

O controle dos desenhos de projeto é uma das atividades que fazem parte do desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, quesitos a serem considerados na fase de execução. Dessa forma, o monitoramento deste item é de vital importância para que se tenha confiança na base da informação.

Assim, o monitoramento técnico dos projetos tem auxiliado a DOCM na correta análise e apro-

vação dos documentos, verificando a situação dos projetos quanto à revisão e aprovação no controle de distribuição, de forma a assegurar que os desenhos de projetos estejam disponíveis em seus locais de uso e em sua última versão de atualização.

Para aferição das revisões e aprovações dos projetos é utilizada uma planilha de Monitoramento de Procedimentos e Projetos (MPPs - Figura 3) nas disciplinas civil, elétrica e mecânica.

MPP - MONITORAMENTO DE PROCEDIMENTOS E PROJETOS													
OBRA:								REVISADO POR:		MÊS / ANO		NÚMERO:	
EQUIPE TÉCNICA:								ELABORADO POR:				SEMANA:	
PROJETO RASTREADO NO CAMPO									PROJETO NO ARQUIVO TÉCNICO MARINHA DO BRASIL				
ITEM	DATA DO MONITORAMENTO	LOCAL	NÚMERO DO DOCUMENTO	REVISÃO CORRESPONDENTE	DATA DA REVISÃO	TIPO DE DOCUMENTO	DISCIPLINA / ESPECIALIDADE	CONDIÇÃO	REVISÃO CORRESPONDENTE	DATA DA REVISÃO	CONDIÇÃO	OBSERVAÇÃO	
1													
2													
3													
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">REVISÃO CONFORME (CAMPO X ARQUIVO TÉCNICO MARINHA DO BRASIL)</p> <p style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">REVISÃO NÃO CONFORME (CAMPO X ARQUIVO TÉCNICO MARINHA DO BRASIL)</p> <p style="background-color: #FFA500; padding: 2px;">PROJETO NÃO ENCONTRADO NO ARQUIVO TÉCNICO MARINHA DO BRASIL</p> <p style="background-color: #FF0000; padding: 2px;">PROJETO NÃO ENCONTRADO NO CAMPO</p> </div> <div style="width: 35%; text-align: right;"> <p>REVISÃO 02:</p> </div> </div>													

Figura 3 - MPP Monitoramento de Procedimentos e Projetos.
(Fonte: FGV)

O monitoramento de projetos minimiza retrabalhos, possibilidades de paralisações e/ou remanejamentos de equipes, melhorando, por conseguinte, o desenvolvimento e a qualidade na execução das atividades do Complexo de Itaguaí.

5 - MONITORAMENTO TÉCNICO DA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

Com o foco na qualidade da execução da obra, o monitoramento dos serviços consiste na avaliação do atendimento à conformidade, por meio de critérios de aceitação técnica dos resultados das verificações.

As principais fontes utilizadas para determinação dos critérios de aceitação são projetos, memoriais descritivos, normas técnicas, procedimentos de execução dos serviços e procedimentos das inspeções. Também podem ser utilizados ensaios sobre

os produtos resultantes dos serviços, assim como a sequência dos trabalhos na execução dos serviços, nas disciplinas de civil, elétrica e mecânica.

Para realização do planejamento das atividades de monitoramento, foram definidas duas ferramentas: as Planilhas de Planejamento do Monitoramento das Atividades Diárias na Obra (PMAD - Figura 4) e as Planilhas de Verificação Diária por Atividade na Obra (VDA - Figura 5).

Na PMAD, é feito um planejamento dos serviços a serem monitorados no período de uma semana, priorizando os mais expressivos por critério técnico, que possam interferir no caminho crítico da obra. Nela, são identificados os locais e os serviços das disciplinas de civil, elétrica e mecânica que serão executados pela CNO para ajuste ao monitoramento da equipe da FGV.

Nas VDAs, são apontadas as não conformidades nas disciplinas de civil, elétrica e mecânica, encontradas durante o monitoramento dos serviços, para uma precisa rastreabilidade e controle de sua correção, sendo todas registradas nas planilhas de Análise e Considerações da Qualidade da Obra (ACQO).

Para acompanhamento da qualidade da execução dos serviços, foi desenvolvido um Índice de Qualidade, considerando as não conformidades

apontadas durante o monitoramento da execução dos serviços, em relação à quantidade de itens que foram efetivamente monitorados.

Esse índice possibilita verificar uma significativa melhora na qualidade da obra, que mesmo com o crescente número de atividades monitoradas apresenta queda no número de não conformidades encontradas, o que mostra uma maior relação entre eficácia e eficiência, significando produtividade com qualidade.

6 - CONCLUSÃO

A metodologia associada à execução das rotinas no campo, elaborada pela FGV, tem demonstrado ser um mecanismo de apoio indispensável para ampliar a eficiência dos trabalhos da equipe de fiscalização da DOCM. A integração das equipes de campo da FGV e DOCM tem contribuído significativamente para o bom andamento da execução dos serviços das obras.



FGV PROJETOS



Capitão-de-Corveta (EN) Márcio Ramalho Amendola

Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Cíveis Relativas ao PROSUB, a cargo da DOCM.

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Curso de Extensão em Planejamento e Controle de Obras Públicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).



Primeiro-Tenente (EN) Analucia Meyrelles Monteiro Piovezan

Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Cíveis Relativas ao PROSUB, a cargo da DOCM.

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Mestre em Engenharia de Transportes pelo Instituto Militar de Engenharia (IME).

REVESTIMENTO INTUMESCENTE SUA APLICAÇÃO NAS OBRAS CÍVIS DO EBN-PROSUB

1. INTRODUÇÃO

O uso do aço na construção civil se disseminou concomitantemente com o processo de industrialização ocorrido a partir do século XVIII, devido principalmente aos seus inúmeros benefícios em relação aos demais materiais construtivos. Destacam-se a sua maior capacidade de suportar esforços, a leveza que confere à estrutura, a maior velocidade de montagem, bem como a possibilidade de padronização e racionalização do processo construtivo.

Devido às características supramencionadas, nas obras do EBN-PROSUB foi definida a utilização de elementos metálicos como partido estrutural dos prédios prioritários que ora se encontram em processo final de montagem.

Contudo, a exposição do aço às altas temperaturas diminui as suas características físicas e químicas, entre as quais a rigidez e a resistência. Em temperaturas elevadas, como no caso de um incêndio, o aço terá redução no coeficiente de segurança definido no projeto, iniciando o processo de flambagem localizada e podendo comprometer a compartimentação e a integridade do conjunto.

Para minimizar os efeitos de um possível incêndio, foram desenvolvidos métodos de proteção passiva dos componentes de aço, de modo a retardar a ação do fogo, reduzindo a velocidade com que são aquecidos. Os métodos mais usuais são as placas de silicato de cálcio, a argamassa projetada e o revestimento intumescente (Figura 1).



Figura 1 – Proteções passivas usuais: placas de silicato de cálcio, argamassa projetada e revestimento intumescente (da esquerda para a direita).

2. PROJETO CONCEITUAL DO EBN - PROSUB

Vários são os fatores que influenciam a intensidade e a duração de um incêndio. Para a elaboração do Projeto de Combate a Incêndio devem ser identificadas as necessidades de proteção, em função do risco e da classe de incêndio, decorrentes do uso, ocupação e condições de ventilação do ambiente, e do fator de forma da estrutura, entre outros.

As Normas Brasileiras aplicáveis para o projeto de segurança frente ao fogo, para estruturas de aço, são a NBR 14323:2013 – “Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio” e a NBR 14432:2001- “Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento”. De uma forma geral, a normatização visa prevenir o colapso estrutural, reduzir os danos às propriedades vizinhas, possibilitar a retirada dos ocupantes e permitir o acesso da equipe de combate ao incêndio.

A Tabela 1 indica os diversos tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF) em minutos.

Tabela 1 - Tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF), em minutos, segundo a NBR 14432:2001.

GRUPO	OCUPAÇÃO / USO	DIVISÃO	PROFUNDIDADE DO SUBSOLO		ALTURA DA EDIFICAÇÃO				
			Classe S2 hs > 10 m	Classe S1 hs ≤ 10 m	Classe P1 h ≤ 6 m	Classe P2 6 m < h ≤ 12 m	Classe P3 12 m < h ≤ 23 m	Classe P4 23 m < h ≤ 30 m	Classe P5 h > 30 m
A	Residencial	A-1 a A-3	90	60 (30)	30	30	60	90	120
B	Serviço de hospedagem	B-1 e B-2	90	60	30	60 (30)	60	90	120
C	Comercial varejista	C-1 a C-3	90	60	60 (30)	60 (30)	60	90	120
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60 (30)	30	30	60	90	120
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5, F-6 e F-8	90	60	60 (30)	60	60	90	120
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60 (30)	30	30	30	30	60
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 a H-5	90	60	30	60	60	90	120
I	Industrial	I-1	90	60 (30)	30	30	60	90	120
I	Industrial	I-2	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120
J	Depósitos	J-1	90	60 (30)	30	30	30	30	60
J	Depósitos	J-2	120	90	60	60	90 (60)	120 (90)	120

Observa-se que à medida que o risco cresce, devido à categoria de ocupação ou à altura do edifício, a exigência se torna mais rigorosa e maior será o tempo requerido de resistência ao fogo.

A velocidade de aquecimento é função das dimensões da seção. Uma seção de baixa esbeltez ou de grande massa, se aquecerá mais lentamente do que uma seção mais esbelta. Assim, uma seção massiva terá uma resistência maior ao fogo. Este efeito de massividade é quantificado pelo chamado “Fator de Forma”, que corresponde à razão do perímetro aquecido sobre a área da seção transversal.

Observe que o fator de massividade pode tomar diferentes valores para um mesmo perfil.

Nas obras do EBN - PROSUB a escolha do revestimento intumescente decorreu, primordialmente, da experiência da Construtora Norberto Odebrecht SA, empresa responsável pela construção do referido empreendimento, na utilização em obras de estrutura *off-shore*, aliada à atual tendência do mercado, tendo em vista as vantagens deste material sobre os demais. A Figura 2 compara os três métodos mais utilizados.

	Placa de silicato de cálcio	Argamassa projetada	Revestimento intumescente
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação limpa; • TRRF até 120 minutos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo; • Resistência térmica e acústica; • TRRF até 240 minutos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidade na manutenção/limpeza; • Arquitetura permanece aparente; • Leve e fino; • Otimiza o espaço da construção; • Permite acabamento da cor desejada; • Não retém sujeiras; • TRRF até 120 minutos.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Esconde a estrutura metálica; • Sem flexibilidade para acompanhar as estruturas; • Demora para instalação das placas; • Espessuras muito elevadas, necessitando, em alguns casos, redimensionamento das cargas estruturais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragilidade ao contato físico; • Aplicação gera muita sujeira; • Dificuldade em manter as mesmas espessuras; • Aparência não agradável; • Requer mais espaço. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer aplicadores qualificados; • Verificação de qualidade da aplicação; • Tempo de secagem maior; • Deve haver compatibilidade com <i>primer</i> usado.

Figura 2 – Comparativo entre as três principais soluções de proteção passiva em estruturas metálicas.
Fonte: CKC do Brasil

3. REVESTIMENTO INTUMESCENTE

Revestimentos intumescentes são tintas que reagem ao calor. A palavra intumescente deriva do verbo intumescer, cujo radical tem origem do infinitivo latino *intumescere*, que significa expandir, inchar. A nomenclatura é devida ao processo de expansão que ocorre no revestimento quando este é submetido às altas temperaturas, resultante das suas propriedades químicas.

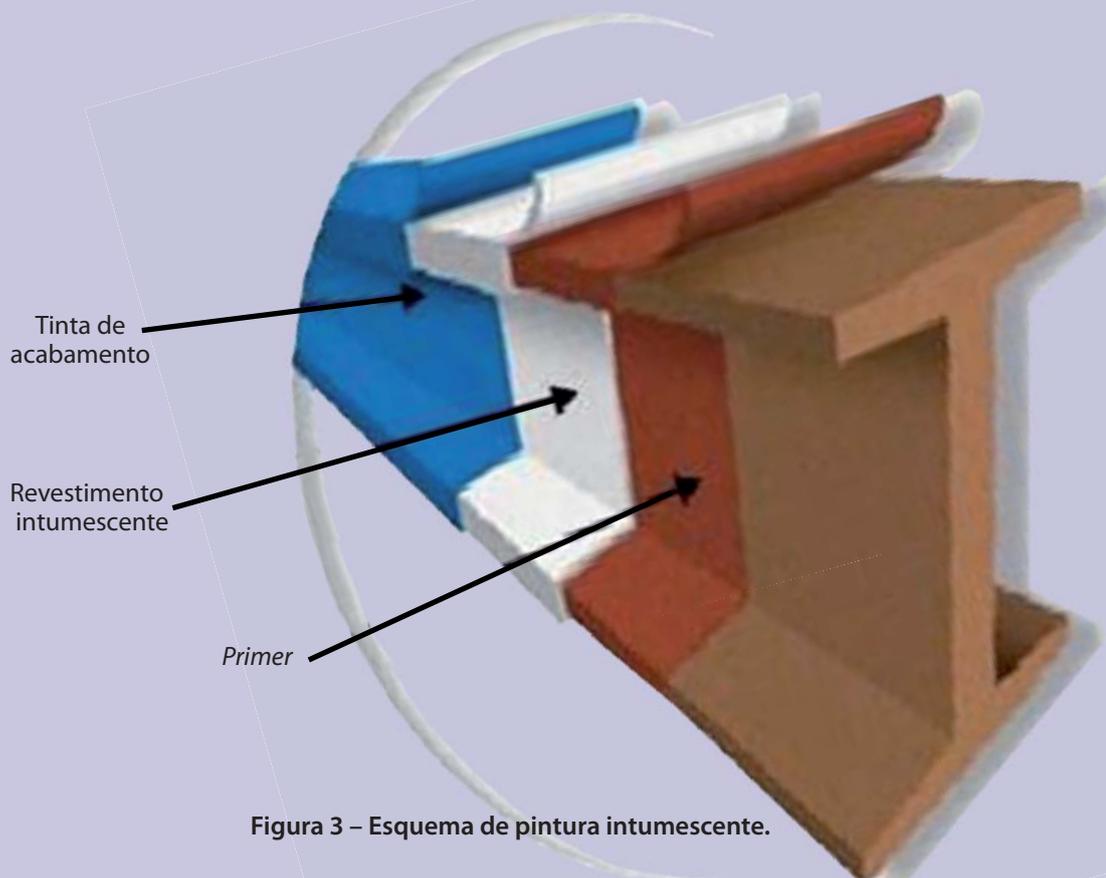


Figura 3 – Esquema de pintura intumescente.

No Brasil, desde a década de 90, esta tecnologia tem boa aceitação no mercado. O sistema é composto por um *primer*, uma tinta intumescente e uma tinta de acabamento (Figura 3). É necessário um prévio jateamento abrasivo e, posteriormente, a aplicação da tinta de fundo epóxi vermelho óxido. A aplicação deve ser acompanhada por rigoroso controle técnico das demãos, que não podem ultrapassar os limites estabelecidos, devendo ser observados os espaços de tempo entre demãos. Dependendo do tipo da estrutura e da utilização, é definida a espessura adequada de material intumescente que irá proteger a estrutura.

O processo é iniciado quando a temperatura da superfície atinge valores na ordem de 100 a 300°C, formando uma camada protetora que pode atingir várias dezenas de vezes a espessura do filme de tinta inicial. Neste processo são liberados gases atóxicos que atuam em conjunto com resinas especiais, formando uma espuma rígida na superfície da estrutura e provocando o retardamento na elevação das temperaturas dos elementos metálicos. O resultado final é uma barreira de carvão (cinzas do material queimado) firmemente aderida ao substrato, oferecendo isolamento térmico.

As tintas intumescentes devem estar certificadas por empresas credenciadoras. Os laboratórios mais utilizados para os testes de certificação são o *Underwriters Labs (UL)* e a *Warrington Certification - Certifire*. Os testes visam verificar a adequada composição, adequabilidade e eficiência dos produtos disponibilizados no mercado. A Figura 4 apresenta seis estágios de uma amostra de material durante a exposição ao fogo.

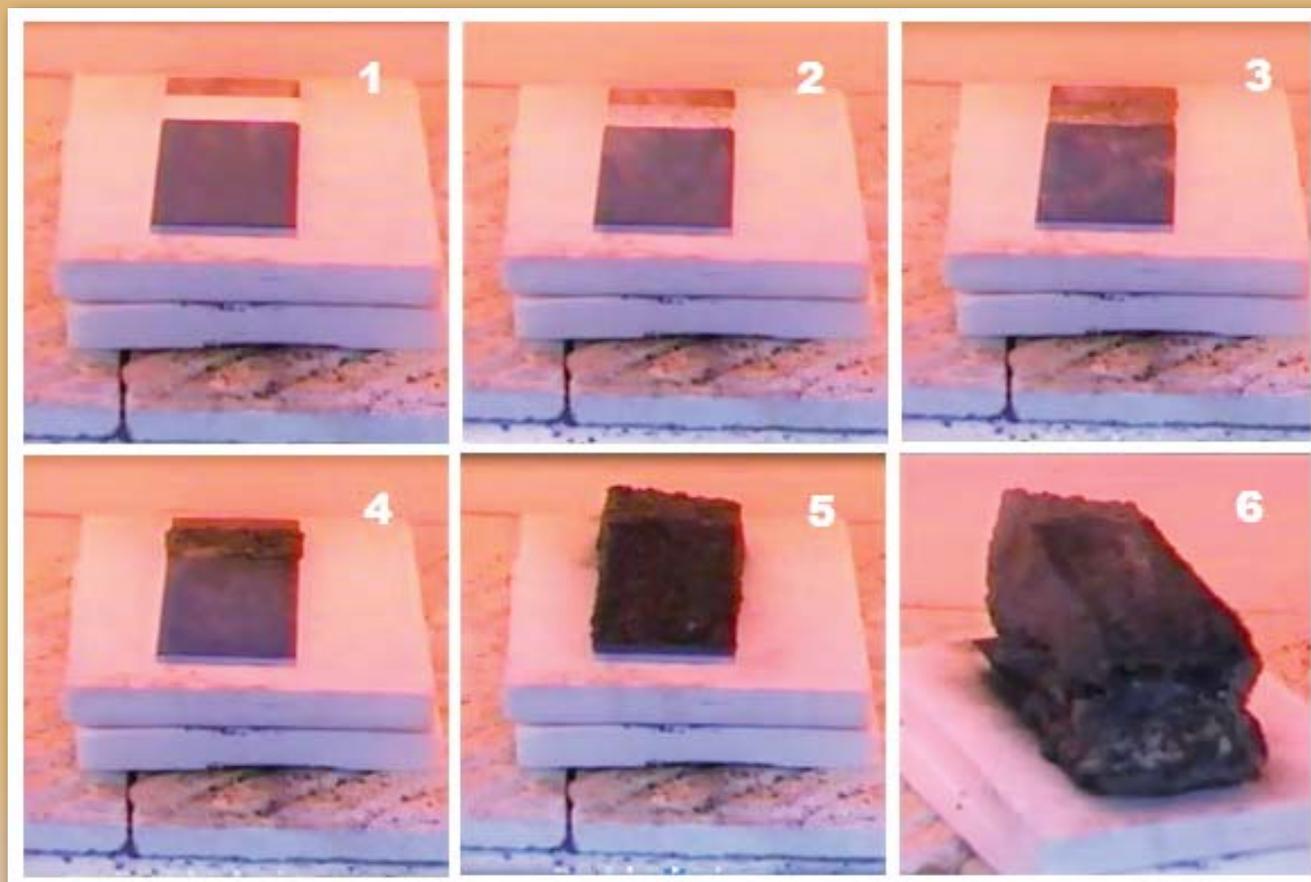


Figura 4 - A sequência acompanha a formação da espuma que protege o substrato.



Na obra de construção do Estaleiro e Base Naval de Itaguaí - EBN-PROSUB, está prevista a aplicação de revestimento intumescente sobre mais de 5.000 m² de estruturas metálicas, entre pilares, vigas e módulos de cobertura, incluindo o prédio principal do Estaleiro de construção de submarinos. A aplicação da pintura intumescente é feita por pistola, pelo processo *airless*, em demãos até que seja atingida a espessura de projeto, que dependendo do perfil metálico pode chegar a 2,5 mm (Figura 5).

Figura 5 – Aplicação de tinta intumescente sobre pilar metálico do Prédio de Apoio à Fabricação, no Estaleiro e Base Naval de Itaguaí - EBN.

4. GARANTIA DA QUALIDADE

Antes da aplicação, devem ser tomadas diversas precauções para a correta aderência do produto e para que a cura transcorra como previsto. Assim, devem ser verificados os seguintes itens:

- O *primer* deve ser compatível com o produto intumescente e adequado ao aço da estrutura;
- As condições do local, tais como vento, temperatura ambiente e umidade, devem estar dentro das faixas de aplicação especificadas pelo fabricante. Alguns fabricantes indicam que a umidade relativa do ar deve estar abaixo de 80% para uma aplicação bem sucedida;
- O produto deve ser armazenado corretamente; e
- A superfície deve estar limpa, seca e livre de contaminação e apresentar uma temperatura dentro da faixa especificada.

Durante a aplicação são realizados testes de filme úmido para a verificação da espessura da camada de tinta aplicada no elemento, visando certificar-se do atendimento aos parâmetros definidos em projeto e também ao recomendado pelo fabricante. Sua utilização ocorre pelo simples contato do medidor de filme úmido (Figura 6) com a peça metálica, e posterior observação dos dentes que tiveram contato com a tinta e os que não foram pintados.



Figura 6 – Medidor de filme úmido.

Após a secagem da tinta, que depende das condições de temperatura, vento e umidade, do método de aplicação e da espessura da camada, deverão ser procedidas as verificações de filme seco, com emprego do medidor de espessura de camada (Figura 7).



Figura 7 – Medidor de espessura de camada.

De acordo com o engenheiro responsável pela qualidade da Construtora Norberto Odebrecht, Ailton Gonçalves Thereza, a aplicação da tinta intumescente na obra é realizada por empresas especializadas na área, com emprego de mão de obra qualificada para a atividade e de equipamentos que atendem aos requisitos especificados pelo fabricante do produto. Todo o processo é acompanhado e monitorado por inspetor de pintura certificado pelo Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoas (SNQC), desde a preparação da superfície até a inspeção e liberação final do serviço, com emissão dos respectivos registros.

Usualmente, a durabilidade depende das condições de manutenção e conservação. No caso dos revestimentos intumescentes, a necessidade de manutenção está associada à durabilidade dos demais componentes do esquema de pintura (*primer* e acabamento), e da corrosividade do ambiente. Existem alguns fabricantes de revestimento intumescente no mercado que oferecem até 15 anos de garantia sobre seus produtos, mesmo quando aplicados em ambientes externos.



“Todo o processo é acompanhado e monitorado por inspetor de pintura certificado pelo Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoas (SNQC).”

Engº Ailton Golçalves Thereza
Construtora Norberto Odebrecht

5. CONCLUSÃO

Não obstante as vantagens do emprego do aço, em situações críticas de exposição ao fogo o mesmo perde as suas características de resistência. O revestimento intumescente torna-se a solução mais vantajosa para a proteção passiva de retardo dos danos de um incêndio, principalmente pela menor espessura final, maior durabilidade e melhor acabamento. O investimento em método que confere ótima proteção aos elementos estruturais se faz indispensável em se tratando da implantação do Estaleiro de Construção e Manutenção de Submarinos, face à sua importância estratégica e aos elevados recursos humanos e materiais envolvidos.

6. BIBLIOGRAFIA

- 1 - ANDRADE, Cleide Cedeni - Proteção Térmica em Elementos Estruturais de Aço [dissertação] - Florianópolis, SC, 2010.
- 2 - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM E119: *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Material*.
- 3 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 14323 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio.
- 4 - _____. NBR 14432 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.
- 5 - CKC do Brasil. Construção Resistente: Os métodos de proteção passiva contra incêndio usados nas estruturas metálicas em edificações. Disponível em: <<http://www.ckc.com.br/ArtigoIncendioEstruturasMetalicas.pdf>>. Acesso em: 28 Julho 2014.
- 6 - NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION - NFPA 703 – *Standard for Fire Retardant Impregnated Wood and Fire Retardant Coatings for Building Materials*.
- 7 - PANNONI, Fábio Domingos, M.Sc., Ph.D. - Princípios da Proteção de Estruturas Metálicas em Situação de Corrosão e Incêndio [Perfis Gerdau Aço Minas], 2007.



Capitão-Tenente (EN) Daniel Gustavo Pontes Silva
Ajudante da 3ª Seção de Projetos da DOCM.

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Especializado em Eletrônica para Oficiais pelo Centro de Instrução Almirante Wandenkolk (CIAW) e Mestre em Ciências de Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE - UFRJ).

POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA POR FONTES RENOVÁVEIS PARA ESTAÇÕES ESTRATÉGICAS E ISOLADAS DE SINALIZAÇÃO NÁUTICA DA MARINHA DO BRASIL

ESTUDO DE CASO: FAROL DE CABO FRIO

1. INTRODUÇÃO

Nas esferas política, econômica e ecológica que caracterizam os dias de hoje, uma pressão crescente vem sendo exercida para gerenciar e controlar as atividades econômicas praticadas nos espaços marítimos adjacentes ao litoral brasileiro, tendo a Marinha do Brasil (MB) a função executora desta fiscalização. O envolvimento de toda a sociedade, a partir do conhecimento da função estratégica da MB e a disseminação deste conhecimento para as gerações futuras na defesa dos interesses da nação na *Amazônia Azul*, é fundamental para que o país consiga, de fato, defender e usufruir de forma racional e sustentável o imenso mar que nos pertence.

Seguindo esta ótica, a MB tem sob sua jurisdição administrativa ilhas estratégicas nas quais são desempenhadas atividades de ensino, treinamento, sinalização náutica, armazenamento de explosivos, dentre outras funções que contribuem para a defesa e o uso racional da *Amazônia Azul*. Em relação à

atividade de sinalização náutica nacional, dos 206 faróis usados como pontos notáveis visuais pelos navegantes (Dantas, 2000), alguns estão localizados em ilhas isoladas de qualquer fonte de energia do continente, cumprindo papel estratégico ao país para a defesa da *Amazônia Azul*, além de desempenhar, em muitos casos, papel secundário de pesquisa, ocupação e manutenção de monumentos históricos.

Para o pleno cumprimento das funções relacionadas a cada ilha sob administração da MB, todos os serviços de infraestrutura, tais como fornecimento de energia, água, esgoto e comunicações, devem ter alta confiabilidade e disponibilidade. A segurança energética dos sistemas de geração de energia presentes nestes sítios é um aspecto fundamental neste contexto, principalmente quando nos referimos a ilhas isoladas e oceânicas, sem possibilidade de conexão elétrica com o continente.

Como exemplo de sucesso, as Forças Armadas norte-americanas vêm envidando esforços para aumentar a confiabilidade e a disponibilidade energética para não somente suas instalações terrestres, como também para os meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais, a partir do uso de Fontes Alternativas de Energia (FAE). Em 2010, a *US Navy* tornou público o documento *Energy Program for Security and Independence*, que resume os objetivos e as iniciativas para redução do consumo geral de energia, diminuindo a dependência do petróleo e aumentando significativamente o uso de energias alternativas. Identificam-se duas prioridades no programa americano que são pontos focais deste artigo:

- Segurança energética: através da utilização de fontes sustentáveis que atendam às forças navais nas diversas operações, com capacidade de proteger e fornecer energia suficiente para suprir as necessidades operacionais; e

- Independência energética: quando as forças navais contam somente com os recursos energéticos que não estão sujeitos a interrupções de fornecimento intencionais ou acidentais, tornando-as autossuficientes e menos dependentes da cadeia produtiva petrolífera com abastecimentos vulneráveis.

Segundo o documento, as metas que orientam a Marinha e o Corpo de Fuzileiros Navais Norte-Americanos para alcançar uma elevada segurança energética e sua independência dos combustíveis fósseis envolvem: investimentos em conservação de energia e eficiência energética em instalações terrestres e marítimas; criação da "Grande Esquadra Verde" ("Great Green Fleet") que navegará até 2016 com uso de combustível nuclear em navios de guerra, biocombustíveis para aeronaves (Figura 1), além de navios híbridos com propulsão elétrica; redução de 50% do uso de combustíveis fósseis em veículos, aeronaves e embarcações de apoio até 2015; e geração de 50% da energia elétrica consumida em instalações terrestres por fontes alternativas até 2020 (Figura 2).



Figura 1 – Motor F404 de caça F/A-18 em funcionamento com biocombustíveis no centro de testes em Patuxent River, Maryland (Fonte: *US Navy*, 2010).



Figura 2 – Sistema de geração solar fotovoltaico instalado na Base Naval de San Diego, Califórnia (Fonte: *US Navy*, 2010).

Seguindo a linha de raciocínio proposta, voltada para a segurança e a independência energéticas e redução da pegada de carbono, o objetivo deste artigo é apresentar o levantamento de potencial de geração de energia por fontes renováveis para uma estação de sinalização náutica situada em território isolado do Sistema Interligado Nacional (SIN) e guardada vinte e quatro horas por militares. O farol escolhido foi o de Cabo Frio (PONTES SILVA, 2014), tomando-se como base metodológica a análise dos recursos ambientais disponíveis na ilha em três vetores energéticos: solar, eólico e ondas. Estes vetores são então comparados à demanda por energia existente no local, seguindo o roteiro traçado por BAĞCI (2008), devidamente adaptado ao sítio selecionado. Ao final serão propostos cenários para inclusão de sistemas híbridos de geração de energia, mantendo-se como *back-up* os geradores a diesel existentes.

2. LEVANTAMENTO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO - ESTUDO DE CASO: FAROL DE CABO FRIO



Figura 3 - Farol de Cabo Frio.

2.1. DADOS BÁSICOS

Com área de 6,5 km² e perímetro de 16,22 km, a ilha que abriga o farol de Cabo Frio (Figura 3) é considerada área militar, com acesso ao local controlado. A Organização Militar (OM) responsável pelo controle de acesso é o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), localizado na Praia dos Anjos, em Arraial do Cabo, RJ. A ilha possuía uma estação de medição de ondas que permaneceu em funcionamento até 2009 e a batimetria média nas proximidades do extremo sul da ilha é de 50 m (Figura 4).

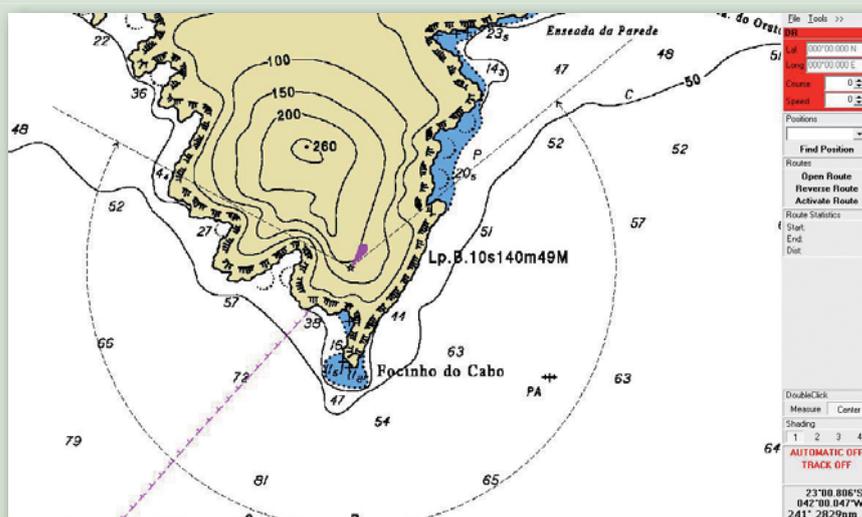


Figura 4 - Batimetria presente no extremo sul da Ilha de Cabo Frio. (Fonte: Software SeaClear).

O acesso é realizado por embarcação, com uma distância a ser percorrida de aproximadamente 5 km. A distância de caminhada até o farol é de aproximadamente 1.700 m. O acesso ao local foi viabilizado a partir de um cais de concreto armado (Figura 5) para atracação de embarcações exclusivamente militares, por meio do qual provimentos e pessoal de serviço (posto de serviço diário na praia e residentes do farol) adentram diariamente a área militar. O heliponto é usado para recebimento de aeronaves do tipo “Esquilo” do HU-1, sediado em São Pedro da Aldeia, nas missões de apoio logístico para transporte do diesel, retirada dos geradores para manutenção em bancada e para emergências a acidentados ou enfermos.

A Ilha de Cabo Frio não possui fontes naturais de água potável, necessitando-se a aquisição e transporte de garrafas e galões do continente. Sistemas de captação de água de chuva foram instalados nos telhados das edificações para uso geral como águas servidas.



Figura 5 - Cais de acesso à Ilha de Cabo Frio.

Três grupos geradores de acionamento manual, fabricante motor diesel MWM série D-229/3 e gerador Gramaco 40/37 kVA, com funcionamento alternado em sistema de rodízio diário a cargo do operador, são responsáveis pela geração de energia elétrica para as residências e para o farol (Figura 6). O período de funcionamento da usina foi estipulado pela administração naval entre 18h e 8h da manhã do dia seguinte, restrição de caráter econômico para redução do consumo de óleo diesel. Porém tal restrição imputa em uma redução na qualidade de vida dos militares residentes e poderá ocasionar danos

nos eletrodomésticos ligados à rede devido aos distúrbios nos parâmetros de qualidade de energia relativos à reentrada dos geradores a diesel para geração de energia (TEIXEIRA *et al*, 2005).

Dados técnicos dos geradores, a partir de informações dos manuais, dos operadores e do Sistema de Informações Gerenciais de Abastecimento da Marinha do Brasil (SINGRA), estão descritos a seguir:

a) Consumo do gerador

- consumo: 4 l/h;
- regime de operação: 14h/dia (18h às 8h);
- consumo diário: 56 l/dia;
- consumo anual: 20.440 l/ano;
- Custo do combustível: R\$ 2,17/l; e
- Custo parcial relativo ao consumo do gerador: R\$ 44.354,80.



Figura 6 - Usina de geração do Farol de Cabo Frio.

A logística de transporte do óleo diesel para a ilha é realizada por aeronaves militares tipo “Esquilo” (Figura 7) com as seguintes características obtidas com militares da logística do Comando da Força Aeronaval (ComForAerNav) e a partir do Sistema de Informações Gerenciais de Abastecimento da Marinha do Brasil (SINGRA):

b) Consumo da aeronave

- Combustível: querosene de aviação;
- Custo do combustível: R\$ 5,96/l;
- Consumo do meio de transporte: 162 l/h;
- Horas de vôo para abastecimento do farol por atendimento: 8h; e
- Total parcial por atendimento: R\$ 7.724,16.

c) Manutenção da aeronave

- Custo de manutenção estimado anual da aeronave: R\$1.380.000,00;
- Número de horas de vôo por ano: 300 horas;
- Horas de vôo para abastecimento do farol por atendimento: 8h;
- Número de atendimentos por ano: 6 vezes (bimestral); e
- Total parcial de manutenção por atendimento: R\$ 36.800,00.

d) Total final por atendimento: R\$ 44.524,16.

e) Custo final anual do apoio logístico: R\$ 267.144,96.

f) Custo final anual total: R\$ 311.499,76.

O óleo recebido é transferido por gravidade para o tanque primário (Figura 8). Tanques de serviço presentes na usina são abastecidos conforme a necessidade de uso.



Figura 7 - Aeronave "Esquilo" utilizada para apoio logístico ao Farol de Cabo Frio. (Fonte: SIQUEIRA, 2002).



Figura 8 - Tanque primário de recebimento e armazenamento do óleo diesel do Farol de Cabo Frio.

2.2. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

A carga instalada em cada edificação e a carga elétrica total estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Carga instalada no Farol de Cabo Frio.

Carga instalada total	
Local	Potência
	(W)
Usina de geração	580,00
Residência #1	7325,00
Residência #2	9946,72
Residência #3	8398,00
Residência #4 (térreo)	14470,60
Residência #4 (ss)	825,00
Iluminação externa	1800,00
Total	43345,32
TOTAL (kVA) FP = 0,92	47,11

O fator de potência utilizado foi o valor médio medido pelo analisador de demanda. Os eletrodomésticos utilizados são novos, muitos com selo de eficiência Classe "A" do PROCEL e bem conservados.

Os dados coletados com o analisador de energia nos dias 24 e 25 de abril de 2013, relativos ao consumo de energia acumulado e à curva de carga do Farol de Cabo Frio, estão resumidos nos Gráficos 1 e 2, respectivamente.

Analisando-se o Gráfico 2 e de acordo com o perfil de uso dos equipamentos elétricos pelos residentes, identifica-se:

- o funcionamento do farol, incluindo o motor de rotação e lâmpada, no intervalo entre 18h às 6h do dia seguinte; e

- o uso do chuveiro elétrico, equipamento de maior potência levantada, que registra, por exemplo, picos de potência por volta das 22h40 e também às 7h do dia seguinte.

A partir dos dados coletados e comparando-os com os dados medidos, constata-se que o dimensionamento dos geradores foi realizado considerando apenas a carga instalada total do complexo, resultando em um fator de carga (FC) de aproximadamente 5,96% (médio) e 16,92% (máximo), utilizando-se os valores de demanda registrados pelo analisador (Gráfico 2) e a carga instalada (Tabela 1). Conclui-se que o regime de funcionamento do gerador é inferior a 20% da potência nominal, faixa de alto consumo de energia gerada, assim com maior consumo específico de combustível (NEMA *et al*, 2008).

Tomando-se como base o Gráfico 2, os valores medidos de demanda média igual a 2,81 kVA e demanda máxima igual a 7,97 kVA serão utilizados para os cálculos do potencial de geração. Dessa forma, um potencial de geração por recursos energéticos alternativos de 8 kVA fornecerá a energia necessária para a ilha.

2.3. POTENCIAL CALCULADO DE GERAÇÃO DE ENERGIA POR FAE

Os cálculos de potencial de geração de energia dos recursos solar, eólico e de ondas estão disponíveis em PONTES SILVA (2014), suprimidos do presente artigo, indicando-se ao final somente os valores vinculados a cada modal energético.

2.3.1. RECURSO SOLAR

A parte habitada do sítio encontra-se projetada geograficamente no eixo leste-oeste, obtendo-se uma cobertura solar que se estende por todo o

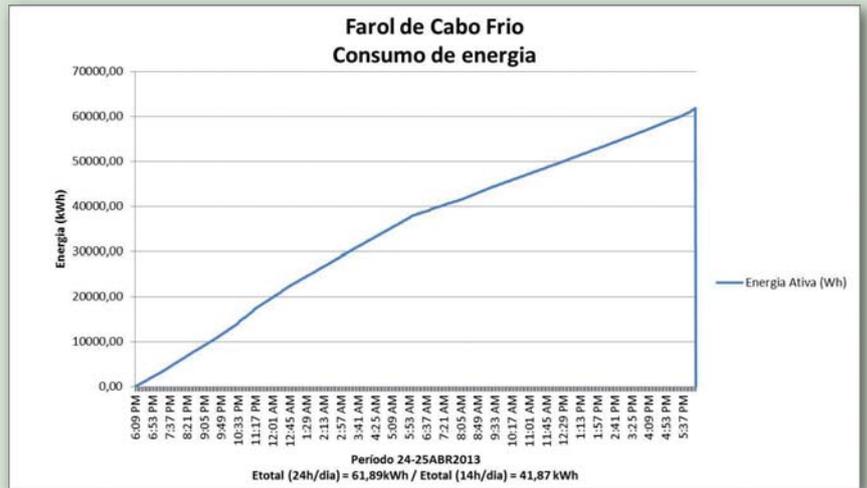


Gráfico 1 - Energia consumida diária no Farol de Cabo Frio.

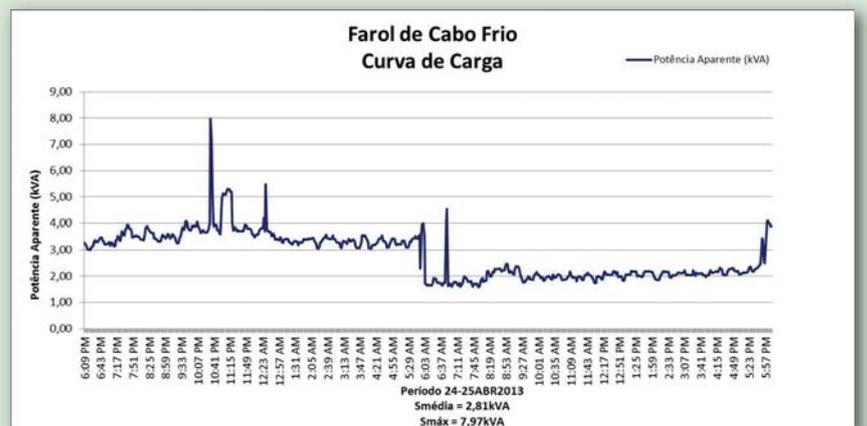


Gráfico 2 - Curva de carga diária do Farol de Cabo Frio.

terreno. Durante o dia, o paredão rochoso localizado ao norte do terreno forma uma área de sombra que cobre parte dos quintais das residências. Áreas descampadas próximas ao heliponto (4800 m²), todos os telhados das edificações (380 m²) e áreas livres adjacentes as edificações (120 m²) estão dispostas sem sombras e próprias para instalação de painéis fotovoltaicos (Figura 9).



Figura 9 - Áreas para instalação de módulos fotovoltaicos no Farol de Cabo Frio. (Fonte: Google Earth).

O potencial total calculado para geração de energia a partir do recurso solar fotovoltaico é de 67,35 kW, que é suficiente para abastecer mais de 8 (oito) vezes a demanda máxima por eletricidade e 24 (vinte e quatro) vezes a demanda média do sítio. Caso se considere somente as áreas existentes de telhados, o potencial é suficiente para abastecer a demanda máxima e mais de 3 (três) vezes a demanda média do sítio.

2.3.2. RECURSO EÓLICO

O aproveitamento eólico é pouco percebido entre as construções do farol, sendo que o melhor ponto para geração se encontra, no mínimo ao nível das lentes do farol. Este ponto é livre de sombras que reduzem o aproveitamento do recurso, no qual observa-se maiores intensidades ao entardecer e à noite. Os pontos escolhidos estão dispostos de forma segura com relação à área destinada a aproximação, ao pouso e a decolagem de aeronaves (Figura 10) e recebem os ventos predominantes na direção NE (nordeste) com o mínimo de barreiras físicas geográficas (Gráfico 3), respeitando-se ainda o espaçamento mínimo entre unidades adjacentes, proposto pelo fabricante do aerogerador.



Figura 10 - Localização proposta para os aerogeradores no Farol de Cabo Frio. (Fonte: Google Earth)

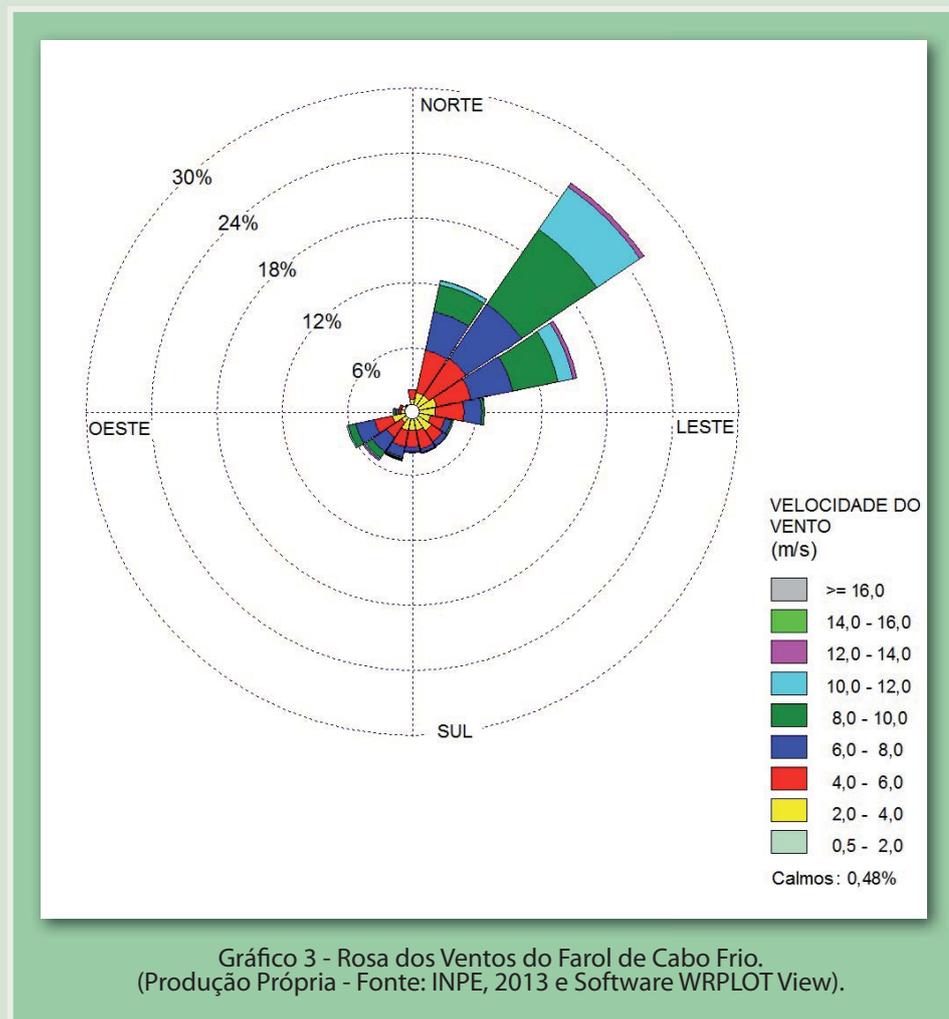


Gráfico 3 - Rosa dos Ventos do Farol de Cabo Frio. (Produção Própria - Fonte: INPE, 2013 e Software WRPLOT View).

Somando-se as contribuições dos quatro aerogeradores propostos, o potencial de geração de energia eólica é de aproximadamente 6,56 kW, que é suficiente para atender mais que duas vezes a demanda média da ilha e 80% da demanda máxima.

2.3.3. RECURSO DE ONDAS

Todo o perímetro da Ilha de Cabo Frio é administrado pela MB, classificado como área militar. O extremo sul/sudeste da ilha comporta parte do mar sem obstáculos para incidência de ondas, chamado mar de fora.

Assim, as restrições para instalação de uma usina de ondas são estritamente locais, devido a formações rochosas do litoral da ilha que dificultam a passagem dos cabos elétricos para terra e a instalação do canteiro provisório para construção da usina.



Figura 11 – Proposta de localização de dispositivos de energia de ondas (*near-shore*) próximos ao Farol de Cabo Frio (Fonte: Google Earth).

O traçado proposto na Figura 11 com 3.500 m, para aplicações de tecnologias de energia de ondas *near-shore* (PONTES SILVA, 2014), equivale ao potencial total local de aproximadamente 42,89 MW. Conclui-se que a energia gerada em um metro de largura de onda é suficiente para abastecer a demanda máxima com excedente de 54% e a demanda média do sítio com excedente superior a 330%.

3. ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES E DOS RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 2 resume a área (recurso solar), número de aerogeradores (recurso eólico) e largura de frente de onda (recurso ondas) para atendimento das necessidades energéticas do sítio selecionado, seguindo a metodologia sugerida por BAĞCI (2008).

Tabela 2 – Equivalência dos recursos naturais para atendimento das necessidades energéticas do sítio.

Sítio	Demanda média (kVA)	Demanda máxima (kVA)	Atendimento das necessidades energéticas dos sítios		
			Recurso solar	Recurso eólico	Recurso ondas
			Área de módulos fotovoltaicos (m ²)	Número de aerogeradores (un)	Largura de frente de onda (m)
Cabo Frio	2,81	7,97	111 – 314	2 – 5	0,23 – 0,65

Fonte: BAĞCI, 2008.

Não obstante, a informação contida na Tabela 2 e os resultados obtidos por BAĞCI (2008) não consideram a coincidência entre a demanda por energia nos sítios e a geração instantânea por FAE para atendê-la, reduzindo-se a confiabilidade dos dados gerados nos estudos. Outra informação não discutida por BAĞCI (2008) refere-se à intermitência dos

recursos naturais, desconsiderando-se a necessidade de energia de reserva (*back-up*).

Para resolução das questões supracitadas sugere-se, como proposta de aplicação, a instalação de sistemas híbridos fotovoltaico-eólico, com aproveitamento dos geradores existentes como *back-up* energético e sem necessidade de investimento em grandes sistemas de acumulação de energia por bancos de baterias, corroborado, no presente estudo, por seu alto custo de instalação e para substituição ao longo da vida útil dos sistemas híbridos propostos (YAMEGUEU *et al*, 2011 e PINHO *et al*, 2008).

Uma limitação a essa proposta refere-se à necessidade de baterias, desta vez não como sistemas de acumulação (*back-up*) de energia e sim por questões operacionais dos geradores a diesel existentes, fornecendo-se energia nos momentos de picos de demanda de curta duração, minimizando-se o uso do gerador. Quanto maior for o desafio de evitar o uso do grupo diesel, maior será o dimensionamento do banco de baterias, sendo que, na hipótese da retirada total, o dimensionamento do banco deverá ser suficiente para atender a qualquer situação de carga do sítio. A título de informação, os custos atuais do mercado de baterias variam entre R\$ 700⁽¹⁾ - 1.400/kWh⁽²⁾, faixa presente, respectivamente, entre a tecnologia chumbo-ácida e ion-lítio.

(1) - Obtido em <<http://www.sociedadedososol.org.br/faqs/1018.htm>>;

(2) - Obtido em <http://autoviva.sapo.pt/news/custos_das_baterias_de_litio_deverao_cair_dois_ter/4996>;

Uma melhor compatibilização das curvas de oferta e demanda, a partir dos sistemas híbridos propostos acima, pode ser realizada com os dados obtidos por AROUCA (2013), referentes a módulos fotovoltaicos e microturbinas eólicas verticais⁽³⁾ e horizontais⁽⁴⁾, instalados na Região Sudeste do Brasil. Foram estimados os valores típicos de energia elétrica gerada mensalmente e os respectivos custos de instalação final (incluindo-se infraestrutura e equipamentos complementares), resumidos na Tabela 3. Ressalta-se que todos os custos são relativos a instalações no continente, sendo assim, sem dificuldades quanto ao acesso.

Tabela 3 - Valores típicos de geração de energia por FAE para a Região Sudeste.

Sistema Fotovoltaico		Aerogerador Vertical (1 kW)		Aerogerador Horizontal (6 kW)	
1 kWp	Área demandada: 5 m ²	6 m/s	12 m/s	6 m/s	12 m/s
Faixa de geração (kWh/mês)	80 - 120	80 - 120	240 - 360	530 - 790	1650 - 2480
Energia Média (kWh/mês)	100	100	300	660	2065
Custo médio de instalação (R\$/kW)	14.000 - 18.000	20.000 - 30.000		16.000 - 24.000	

Fonte: AROUCA, 2013.

Em relação aos aerogeradores utilizados por AROUCA (2013), destaca-se que:

- os custos médios de instalação, por unidade de potência, relativos aos aerogeradores horizontais, são 20% inferiores aos custos médios dos aerogeradores verticais;
- a faixa de geração de energia, para velocidades de vento de até 6 m/s, é 10% superior nos aerogeradores horizontais se comparados aos aerogeradores verticais;
- a faixa de geração de energia, para velocidades de vento superiores a 12 m/s, é 15% superior nos aerogeradores horizontais se comparados aos aerogeradores verticais (Figura 12).

A partir da energia mensal estimada demandada pelo sítio, calcula-se a necessidade equivalente entre módulos fotovoltaicos (com respectivas áreas necessárias para captação), número de aerogeradores verticais (1kW) e número de aerogeradores horizontais (6kW), para suprir as respectivas demandas médias de cada sítio (Tabela 4).

Tabela 4 - Equivalência entre equipamentos para geração de energia por FAE.

Sítio	Energia consumida mensal (kWh)	Sistema Fotovoltaico	Aerogerador Vertical		Aerogerador Horizontal	
		1 kWp 5 m ²	6 m/s	12 m/s	6 m/s	12 m/s
		Unidades		Unidades		
Cabo Frio	1.256,04	12,56 kWp	12,56 (13)	4,19 (5)	1,90 (2)	0,61 (1)
		62,80 m ²				

Com os dados informados nas Tabelas 3 e 4, estima-se o custo médio de instalação para cada configuração de equipamentos equivalentes contidos na Tabela 5.

Tabela 5 - Investimento estimado entre equipamentos equivalentes.

Sítio	Sistema Fotovoltaico	Aerogerador Vertical		Aerogerador Horizontal	
	R\$	6 m/s	12 m/s	6 m/s	12 m/s
Cabo Frio	208.000,00	325.000,00	125.000,00	240.000,00	120.000,00

(3) - Modelo RAZEC 266, do fabricante ENERSUD; e

(4) - Modelo VERNE 55, do fabricante ENERSUD.



Figura 12 - Aerogerador vertical modelo "Razec 266", à esquerda e aerogerador horizontal modelo "Gerar 246", à direita. Fonte: ENERSUD, 2014.

Tomando-se os dados coletados durante a visita técnica, obtém-se o custo da energia para o sítio avaliado, a partir da energia consumida projetada para um ano e dos custos anuais vinculados ao uso final do combustível fóssil para geração de energia (Tabela 6):

Tabela 6 - Custos médios anuais da energia para o sítio.

Sítio	Cabo Frio
Energia Consumida (MWh/ano)	15,28
Custo anual do diesel (R\$)	311.499,76
Custo final da energia (R\$/kWh)	20,38

Finalmente, projetam-se três cenários de geração de energia por diesel e complementação energética por FAE, a partir de análises de investimentos simples utilizando-se os dados das Tabelas 5 e 6:

- Cenário 1: 75% da energia gerada por diesel, com complementação solar-eólico (25%);
- Cenário 2: 50% da energia gerada por diesel com complementação solar-eólico (50%); e
- Cenário 3: 25% da energia gerada por diesel com complementação solar-eólico (75%).

A Tabela 7 resume os dados relativos aos retornos de investimentos simples para cada cenário proposto e aplicado ao sítio selecionado. Ressalta-se que foram utilizados na simulação dados para aerogeradores horizontais e verticais com velocidade do vento de 6 m/s e de 12 m/s, para cobrir as faixas de maior probabilidade de ocorrência de vento existentes nos sítios.

Tabela 7 – Retorno do investimento para cenários relativos à entrada de FAE na geração de energia para o Farol de Cabo Frio.

CABO FRIO	CENÁRIO 1	DIESEL 75%			
		SOLAR (25%) VERTICAL 6 (31%)	SOLAR (25%) VERTICAL 12 (40%)	SOLAR (25%) HORIZONTAL 6 (50%)	SOLAR (25%) HORIZONTAL 12 (100%)
	RETORNO DO INVESTIMENTO (ANO)	3	2	3	3
	LUCRO PRESENTE	R\$ 57.588,97	R\$ 43.113,94	R\$ 34.588,97	R\$ 34.588,97
	CENÁRIO 2	DIESEL 50%			
		SOLAR (50%) VERTICAL 6 (54%)	SOLAR (50%) VERTICAL 12 (60%)	SOLAR (50%) HORIZONTAL 6 (50%)	SOLAR (50%) HORIZONTAL 12 (100%)
	RETORNO DO INVESTIMENTO (ANO)	2	2	2	2
	LUCRO PRESENTE	R\$ 3.727,88	R\$ 113.727,88	R\$ 64.227,88	R\$ 64.227,88
	CENÁRIO 3	DIESEL 25%			
		SOLAR (75%) VERTICAL 6 (85%)	SOLAR (75%) VERTICAL 12 (80%)	SOLAR (75%) HORIZONTAL 6	SOLAR (75%) HORIZONTAL 12 (100%)
	RETORNO DO INVESTIMENTO (ANO)	2	2	2	2
	LUCRO PRESENTE	R\$ 19.341,83	R\$ 184.341,83	R\$ 30.341,83	R\$ 162.341,83

Algumas limitações foram consideradas para composição da Tabela 7, elencadas a seguir:

- a dificuldade de acesso aos sítios para instalação dos sistemas e manutenção periódica não foi valorada, fato que poderá ser minimizado através do treinamento do pessoal militar residente para efetuar a manutenção e uso de meios navais disponíveis nos locais para realizar a logística de transporte;
- os custos relativos aos sistemas integradores para controle da entrada e saída das fontes de energia não foram incluídos, devido à diversidade de arquiteturas previstas em literatura, necessitando-se de estudo detalhado e específico para cada sítio (MARTINS, 2007); e
- os bancos de baterias para otimização do uso dos geradores a diesel, evitando-se partidas desnecessárias para atender picos de demanda, não foram incluídos nos sistemas híbridos propostos, necessitando-se dimensioná-los de acordo com cada cenário proposto no estudo.

4. CONCLUSÃO

A inserção de FAE para geração de energia elétrica no sítio estudado incorpora benefícios que vão além dos aspectos econômicos relacionados à necessidade logística e de uso do diesel. Há uma elevação na qualidade de vida dos militares residentes, fornecendo-lhes maior segurança e disponibilidade no fornecimento de energia elétrica para o uso em atividades profissionais e lúdicas, partindo-se da diversificação das fontes energéticas. Além disso, cria-se uma oportunidade de implementação de pesquisas específicas correlatas às atividades do IEAPM e ainda torna-se possível a qualificação dos militares residentes para a instalação e manutenção dos sistemas híbridos propostos, fundamental para a viabilidade e durabilidade dos mesmos. Sob o aspecto ecológico, verifica-se também a redução da pegada ecológica do sítio relativa à diminuição ou até anulação dos agentes poluidores locais gerados pela queima do combustível fóssil.

Não obstante a existência de áreas passíveis de instalação dos sistemas híbridos propostos para a ilha avaliada, identificam-se cenários favoráveis à aplicação de FAE para o Farol de Cabo Frio, com período entre 2 e 3 anos para retorno do investimento inicial aplicado para todas as topologias sugeridas.

Ressalta-se ainda que a conservação de energia, a partir da implementação de ações de eficiência energética no sítio estudado, poderá ser usada para reduzir a distância entre a curva de oferta de energia por fontes alternativas e a curva de demanda dos sítios avaliados, principalmente em altos consumos de curta duração identificados pelo uso de chuveiros elétricos. Sistemas compactos de aquecimento solar a partir de coletores planos são usados para complementação térmica ou substituição direta de chuveiros elétricos, com diversas referências atuantes no mercado nacional (SOLETROL, 2013). Outras ações com possíveis impactos positivos são relacionadas aos sistemas de iluminação (substituição de lâmpadas incandescentes por unidades mais eficientes) e bombeamento (substituição de motores elétricos por unidades mais eficientes).

O vetor energético de ondas não foi avaliado financeiramente por falta de referências locais próximas aos sítios estudados, necessitando-se de aplicações pilotos para verificação dos verdadeiros custos em escala comercial. Porém, observa-se que o mesmo disponibiliza a maior densidade de energia entre todos os vetores envolvidos no estudo, fato

constatado através dos valores contidos na Tabela 2. A proximidade do sítio de Cabo Frio ao continente potencializa a instalação de usinas de energia de ondas, possibilitando a alimentação elétrica local e geração de excedentes, conforme Resolução 482 da ANEEL (2012), para as áreas de Arraial do Cabo (conexão com o continente através da rede elétrica existente na área de acesso à Praia do Pontal do Atalaia) reduzindo-se o investimento em redes de transmissão e distribuição para a energia gerada.

Por fim, procura-se a diversificação das fontes e o uso racional de energia para a redução da vulnerabilidade energética, não somente nos sistemas de energia avaliados, mas no âmbito global da MB, como parte fundamental do processo de mudança das atuais organizações militares, tornando-as ao final do processo "Organizações Militares Sustentáveis".

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL, 2012. Agência Nacional de Energia Elétrica. "Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012". Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em setembro de 2013.
- AROUCA, M. C. *A Micro e Minigeração Distribuída no Brasil de Hoje*. In: Mesa Redonda – A Micro e Minigeração Distribuída no Brasil de Hoje. FIRJAN – RJ, outubro de 2013.
- BAĞCI, B. "Towards a Zero Energy Island." *Elsevier: Renewable Energy*, v. 34, p. 784-789, 2008. DOI:10.1016/j.renene.2008.04.027.
- DANTAS, N. *A História da Sinalização Náutica Brasileira e breves memórias*. 1 Ed, Rio de Janeiro, FEMAR - Fundação de Estudos do Mar, 2000.
- ENERSUD, 2014. *ENERSUD - Produtos*. Disponível em <<http://www.enersud.com.br>>. Acesso em outubro de 2014.
- NEMA, P.; NEMA, R. K.; RANGNEKAR, S. "A current and future state of art development of hybrid energy system using wind and PV-solar: A review". *Elsevier: Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 13, p. 2096-2103, 2008. DOI:10.1016/j.rser.2008.10.006.
- PONTES SILVA, D. G. *Potencial de geração de energia por fontes renováveis para estações estratégicas e isoladas de sinalização náutica da Marinha do Brasil*. Dissertação de Mestrado - Programa de Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- SOLETROL, 2013. *Soletrol Aquecedores de Água - Produto SolarMax*. Disponível em <<http://www.soletrol.com.br/produtos/compactos/solarmax.php>>. Acesso em novembro de 2013.
- TEIXEIRA, M. D., ARAÚJO, R. L., ARDJOMAND, L. M., AOKI, A. R., QUOIRIN, N. S. R., PENICHE, R. A., WUNDERLICH, I. *Avaliação dos Limites de Parâmetros de Qualidade de Energia Aceitáveis para Prevenir Danos em Eletrodomésticos*. In: VI SBQEE - Seminário Brasileiro sobre Qualidade de Energia Elétrica, 21 a 24 de agosto de 2005, Belém/PA. Disponível em <http://www.sbqee.com.br/cbqee_2005_pdfs/7511.pdf>. Acesso em março de 2014.
- US Navy, 2010. *United States Department of the Navy - "Energy Program for Security and Independence"*, Out 2010. Disponível em <http://greenfleet.dodlive.mil/files/2010/04/Naval_Energy_Strategic_Roadmap_100710.pdf>. Acesso em setembro de 2013.
- YAMEGUEU, D. AZOUMAH, Y. PY, X. ZONGO, N. "Experimental study of electricity generation by Solar PV/diesel hybrid systems without battery storage for off-grid areas". *Elsevier: Renewable Energy*, v. 36, p. 1780-1787, 2011. DOI: 10.1016/j.renene.2010.11.011.



Capitão-de-Corveta (EN) Marco Antonio Lacerda

Ajudante da 3ª Divisão de Projetos da DOCM.

Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Mestre em Arquitetura, com ênfase em Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

AValiação DO POTENCIAL DO **BRISE-SOLEIL** PARA O CONFORTO AMBIENTAL

1. INTRODUÇÃO

O *brise-soleil*, vocábulo originário da língua francesa, também conhecido em nosso idioma como quebra-sol, é um dispositivo arquitetônico formado por lâminas externas com a finalidade de barrar a incidência direta dos raios solares nas superfícies da edificação, principalmente as translúcidas, podendo também ser utilizado como importante elemento de composição arquitetônica.



Figura 1 – Ministério da Educação e Saúde.

A origem do *brise-soleil* é controversa, sendo que alguns autores apontam *Le Corbusier* como o criador desse dispositivo, enquanto outros atribuem a criação a *Stamo Papaki*. Porém, é preciso reconhecer que se não fossem os estudos de *Le Corbusier* e a aplicação desse elemento em suas obras, talvez o *brise* não tivesse tido tanta aceitação mundial (MARAGNO, 2000, p. 51).

O *brise-soleil* incorporou-se rapidamente à arquitetura brasileira, em virtude do clima do país e da adoção dos princípios modernistas corbusianos. No entanto, esta incorporação dotou a nossa arquitetura de caráter próprio e pioneirismo. Obras referenciais da arquitetura moderna brasileira são exemplos precursores na utilização em larga escala do *brise*, tais como: a Associação Brasileira de Imprensa, dos irmãos Marcelo e Milton Roberto; Obra do Berço, de Oscar Niemeyer; e o Ministério da Educação e Saúde, de Lúcio Costa e equipe (Figura 1).

Em relação aos aspectos funcionais, além do controle da radiação solar, a qual pode gerar ganho de calor indesejável ao ambiente interno, o espaçamento entre as lâminas do *brise* permite a passagem do ar, sendo portanto um dispositivo que pode ser usado para o conforto térmico através da ventilação natural. Aliados a esses motivos, a facilidade de instalação, tanto em prédios novos como em *retrofit* e a mobilidade das lâminas em alguns modelos, também contribuem para a sua aceitação em larga escala.

Tratando-se de conforto ambiental, surgem as seguintes questões em relação ao *brise*: É possível neste dispositivo reunir características que permitam atender, simultaneamente, condições de conforto visual, higrotérmico e acústico?

Tendo a consciência dos diversos desdobramentos que o tema possa trazer, este artigo se limitará a identificar o potencial de uso dos *brises* em prédios localizados na cidade do Rio de Janeiro, zona bioclimática 8, conforme a NBR 15220-3:2005, p.9. Estas são áreas sujeitas a elevados níveis de ruído urbano, sendo o *brise* um dispositivo usado para obter conforto no ambiente interno, tanto através do aproveitamento da iluminação e ventilação naturais, quanto pela atenuação sonora dos ruídos externos que penetram no interior da edificação.

Através de pesquisa bibliográfica na literatura especializada e em catálogos de fabricantes, buscou-se inicialmente ilustrar o uso de diagramas solares, o comportamento da ventilação natural e os fenômenos acústicos que possam atuar diretamente no *brise*. Em seguida, foi feita uma análise qualitativa entre alguns modelos existentes no mercado, a fim de identificar características que possam apontar a adequação do dispositivo para melhorar a qualidade ambiental do espaço interno.

2. ANÁLISE DO CLIMA E ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS RECOMENDADAS

O clima da cidade do Rio de Janeiro pode ser classificado como quente-úmido. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET - 2009), a temperatura média compensada anual é de 23,8°C, sendo o mês de fevereiro o mais quente, com média compensada de 26,6°C, e o mês de julho o mais frio,

com média compensada de 21,3°C. A umidade relativa anual média é de 79,1%, sendo que nos meses de março, abril, maio, outubro e dezembro a umidade relativa mensal média é de 80%, que é a mais elevada. Nos meses de julho e agosto, essa umidade é a menor, com índice de 77%.

Os ventos mais frequentes ao longo do ano são o sudeste e o sul, com velocidade média de 3m/s e 6m/s, respectivamente. A ausência de vento ocorre com maior frequência de madrugada e menor frequência à tarde (Figura 2).

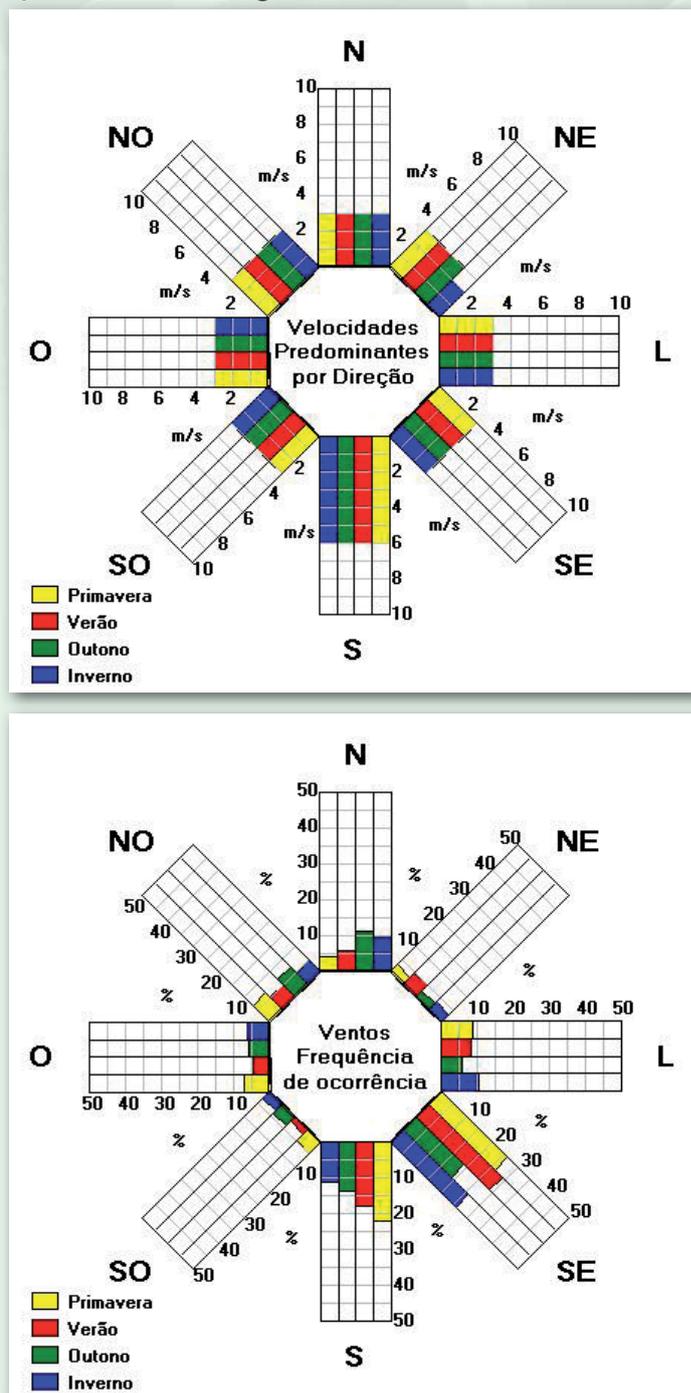


Figura 2 – Carta solar da Cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Software Analysis Sol-Ar.

Dentre os elementos do clima, pode-se afirmar que os que mais afetam o conforto humano são a temperatura e a umidade do ar, sendo a radiação solar e a ventilação os fatores climáticos mais representativos no processo (GIVONI, B., 1976).

As diretrizes construtivas recomendadas para esta zona bioclimática 8 são: grandes aberturas para ventilação (> 40% da área de piso); sombreamento das aberturas; ventilação cruzada permanente; e paredes e coberturas leves e refletoras.

O controle da radiação solar nas aberturas pode ser feito através de dispositivos de fachada, tais como: marquises, beirais, elementos vazados, toldo, pérgulas, venezianas e brises. Com uso de carta ou diagrama solar é possível dimensionar adequadamente o elemento de proteção solar (Figura 3).

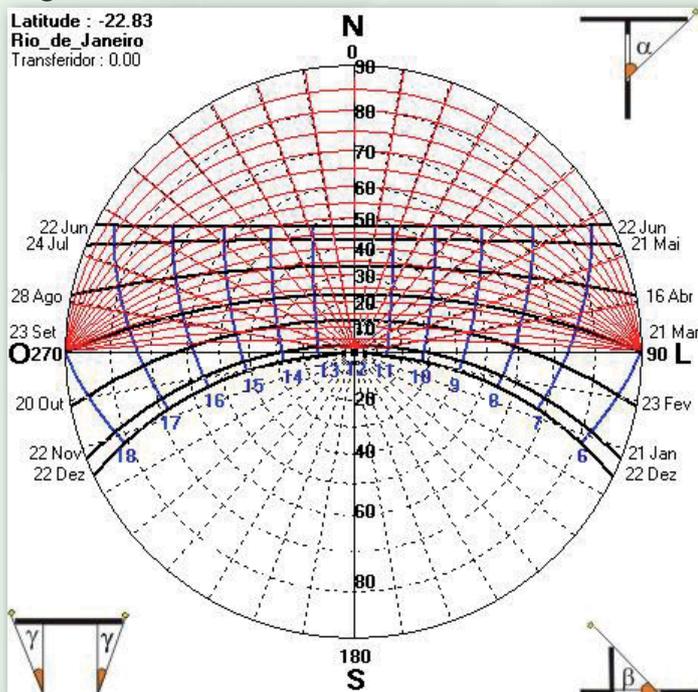


Figura 3 – Carta solar da Cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Software Analysis Sol-Ar.

Em locais de clima quente-úmido, a ventilação natural é a principal estratégia para obter conforto térmico para as pessoas, pois permite a remoção do excesso de calor das ruas e promove a ventilação higiênica e cruzada no interior da edificação.

A ventilação natural de edifícios ocorre por diferença de pressões encontradas nas diversas superfícies dos mesmos, através de dois mecanis-

mos: ventilação por ação dos ventos e ventilação por efeito chaminé. A primeira é causada pela força do vento (pressão dinâmica) e a segunda é gerada pela diferença de temperatura e também como consequência entre distintas densidades do ar no interior e no exterior das edificações (pressão estática).

A ventilação por ação dos ventos (ventilação cruzada) é importante para promover o resfriamento fisiológico, pois, além de remover o calor do ambiente, possibilita um aumento no nível de evaporação das pessoas, assim melhorando a sensação térmica. “O resfriamento fisiológico é particularmente importante em regiões com elevada umidade do ar, pois a pele úmida é, frequentemente, apontada como a principal causa de desconforto nas cidades” (GIVONI, 1991 apud BITTENCOURT, 2010, p. 12).

A ventilação cruzada é mais eficiente quando as aberturas de entrada de ar estão localizadas na zona de alta pressão (barlavento) e as aberturas de saída de ar estão localizadas na zona de baixa pressão (sota-vento) ou de sucção, em virtude do fluxo de ar depender da diferença de pressão entre estas aberturas (Figura 4).

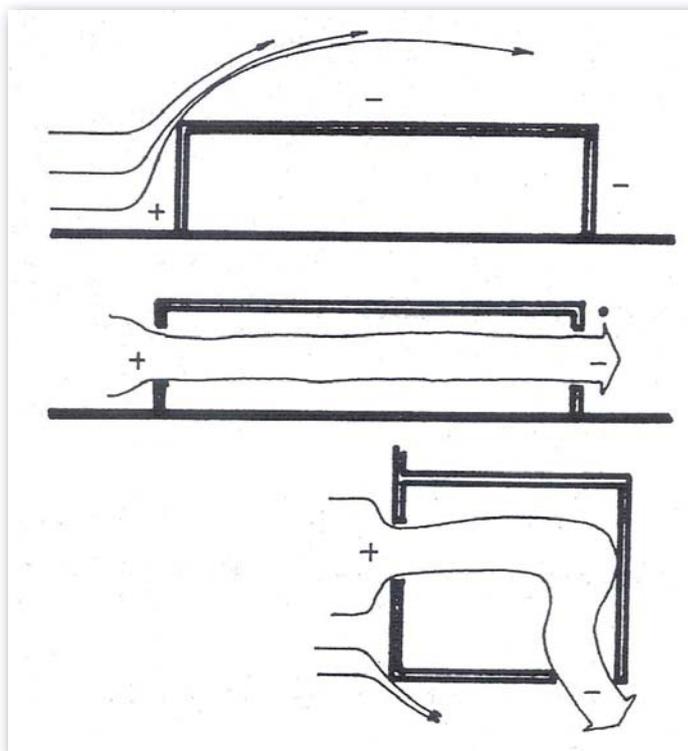


Figura 4 – Diferença de pressões num volume. Fonte: Riveiro (1985, p.115).



3. SOM E RUÍDO

“O som é uma sensação auditiva provocada por uma onda acústica, resultante da vibração de um corpo em um meio elástico (sólido, gasoso ou líquido), através de flutuações de pressão” (STRAMANDINOLI, 2000, p.28). No entanto, o que importa para a acústica da arquitetura é o som que está na faixa de frequências audíveis pelo ouvido humano⁽¹⁾.

De maneira geral, o ruído pode ser definido como todo sinal acústico indesejado ou inadequado para exercer uma determinada atividade, mesmo que seja uma música. O som pode ser considerado ruído se interferir no bom andamento das atividades, nos objetivos dos espaços com prejuízo a função do ambiente, independente da sua composição espectral. Algumas questões subjetivas, como a atenção do receptor, poderão ter maior ou menor grau de incômodo causado pelo ruído (SOUZA, 2011, p.47). Portanto, esta definição de ruído demonstra uma ênfase maior sobre aspectos subjetivos do que sobre os objetivos. A abordagem deste artigo está voltada diretamente para a avaliação qualitativa da acústica no ambiente.

A exposição a altos índices de ruído com certa periodicidade pode estar associada ao surgimento de patologias físicas e psíquicas. Dentre estas doenças físicas, podemos citar: a perda auditiva, cefaleia, fadiga, distúrbios gastrointestinais, distúrbio cardiovasculares, entre outros. Quanto às patologias psíquicas, a perda de concentração e de reflexos, a irritação permanente e os distúrbios do sono são exemplos deste tipo de patologia que podem ser causados pelo excesso de ruído.

Em virtude do crescimento urbano e da industrialização, algumas fontes sonoras são constantemente apontadas como geradoras de ruídos. As principais fontes de ruídos externos são as decorrentes dos transportes rodoviários e aéreos, das indústrias e de algumas atividades de recreação. Entre elas, a do transporte rodoviário é a mais frequente encontrada no meio urbano. O ruído de tráfego rodoviário depende de vários fatores, tais como: o tipo de rodovia e o seu estado de conservação, a velocidade dos veículos, a categoria do veículo quanto ao peso, leve, médio ou pesado, (SOUZA, 2011, P.48).

A poluição sonora nas grandes cidades causada pelo intenso tráfego rodoviário pode alcançar níveis acima de 80db, forçando as pessoas a manterem as janelas fechadas para diminuir a interferência nas atividades realizadas no ambiente interno (STRAMANDINOLI, 2000, p.55).

4. PROPAGAÇÃO DO SOM

A propagação do som é o caminho que a onda sonora deverá percorrer. Os fenômenos da reflexão, absorção, transmissão, difração e difusão ocorrem em virtude da mudança do meio de propagação.

A reflexão sonora ocorre quando os raios sonoros emitidos por uma fonte acústica encontram uma superfície rígida e são refletidos com um ângulo igual ao ângulo do raio incidente. Este fenômeno é análogo ao da reflexão luminosa. No entanto, para que ocorra a reflexão, é necessário que a superfície seja maior que o comprimento de onda do som emi-



(1) Para que seja audível ao ouvido humano, as frequências devem se situar entre 20 e 20.000 Hz.

tido. Portanto, o som de alta frequência é facilmente refletido em pequenas superfícies. Associada ao fenômeno da reflexão, a difusão surge a partir do momento que as ondas sonoras se espalham em todas as direções, devido às irregularidades da superfície refletora, promovendo uma distribuição mais uniforme da pressão sonora.

Dependendo da forma da superfície refletora, o som é refletido de diferentes formas. Em superfícies refletoras planas, os raios sonoros de uma mesma fonte são divergentes e o som é difundido. Em superfícies refletoras convexas, ocorre o aumento da difusão sonora. Em superfícies refletoras côncavas, o som refletido se concentra em um ponto chamado foco (Figura 5).

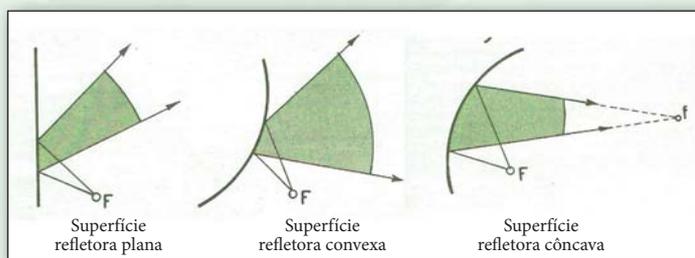


Figura 5 – Comportamento dos raios sonoros.
Fonte: Carvalho (1967, p.14).

A absorção sonora acontece quando a onda sonora penetra e se propaga em materiais porosos e fibrosos. Depois de sucessivas reflexões no interior desse material, a energia é dissipada em forma de calor. São chamados de acústicos os materiais de uma superfície que têm a absorção sonora como característica predominante. Estes materiais são classificados como: porosos, mais absorventes à alta frequência; painéis ou membranas vibratórias, mais eficientes à baixa frequência; e ressoadores, que normalmente têm boa absorção para média e baixa frequência.

A transmissão sonora aparece quando uma onda sonora atinge um obstáculo e este vibra, transformando-se em uma nova fonte. Quando a onda atinge o obstáculo, o som percebido sofre uma atenuação e tem seu espectro modificado. Porém, no caso específico dos fenômenos que atuam no objeto de estudo deste artigo, a transmissão não é relevante, em virtude das janelas estarem abertas para manter a ventilação natural.

O fenômeno da difração ocorre quando o som encontra aberturas ou obstáculos menores que seu comprimento de onda. Então, a onda sonora tem direção e magnitude alteradas (Figura 6).

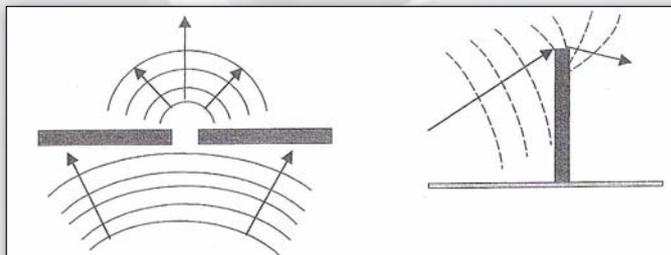


Figura 6 – Fenômeno da difração.

5. O ESPAÇO URBANO

A iluminação produzida nas superfícies externas pode ser relevante como fonte secundária de iluminação. Em geral, o entorno funciona como fonte de luz. Assim, torna-se necessário conhecer as suas superfícies para que esta fonte possa ser controlada (Figura 7). Segundo Mascaró (1991, p.106):

“A luz refletida pelo entorno em regiões ensolaradas representa, no mínimo, 10 a 15% do total de luz diurna recebida pelas janelas; estes valores são superados quando o entorno é claro (vegetação e cor superficial). Para locais cujas superfícies exteriores não estão expostas ao sol, a luz refletida pelo entorno chega a ser mais da metade da luz recebida pelas janelas localizadas em superfícies sombreadas.”

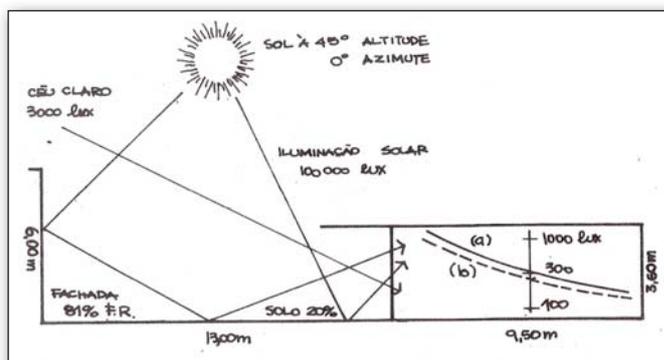


Figura 7 – O sol e o entorno como fonte de luz.
Fonte: Mascaró (1991, p.106).

A configuração urbana em clima quente-úmido deve permitir a entrada do vento predominante, de forma a garantir espaços urbanos mais agradáveis e ventilação natural nas edificações.

As ruas dispostas perpendicularmente aos ventos predominantes devem ter dimensões maiores, para evitar que as edificações funcionem como obstáculo aos ventos. Segundo Brown e Dekay (2004 apud COSTA, 2009, p.78), “uma orientação de ruas oblíquas aos ventos predominantes resultará em dois lados com pressão positiva e dois lados com pressão negativa, otimizando o potencial de ventilação cruzada das edificações”.

O arranjo das construções vizinhas e os obstáculos podem modificar o fluxo de vento no interior das edificações. A distância entre as edificações é um fator importante, pois também pode modificar as correntes de ar. Conforme algumas pesquisas, a distância entre as edificações deve ser de 5 a 7 vezes a altura dos edifícios, no entanto, geralmente isto não ocorre nos centros urbanos.

Segundo Niemeyer & Santos (2001 apud BALZAN, 2011, p. 35), os espaços urbanos, a partir do seu desenho, podem contribuir para a qualidade acústica das cidades. A compreensão dos mecanismos de propagação do som através da malha urbana é, portanto, elemento fundamental para o controle do ruído nas cidades (NIEMEYER E SANTOS, 1998 apud BALZAN, 2011, p. 35).

Os níveis de ruídos urbanos sofrem influência das características da estrutura urbana existente ao longo da via, como por exemplo, largura e declividade da via, altura média das edificações que a margeiam e distância entre as fachadas dessas edificações.

As edificações implantadas continuamente em ambos os lados das vias, como paredes de corredor, propiciam o surgimento de inúmeras reflexões de ruídos, ocasionando um aumento do nível de ruído em virtude da soma do som direto com os múltiplos sons refletidos. De outra forma, as edificações implantadas com afastamento lateral, possibilitam menor concentração de raios refletidos.

Quanto maior for a distância entre a fonte e

o receptor maior será a queda da intensidade sonora. No contexto urbano, recuos maiores permitiriam uma atenuação sonora, em virtude do aumento de afastamento entre a via (fonte) e o edifício (receptor). No entanto, a realidade mostra que os recuos geralmente são insuficientes ou inexistentes.

6. A EDIFICAÇÃO

Na cidade do Rio de Janeiro, o uso da ventilação natural como estratégia bioclimática exige grandes áreas de aberturas na fachada, o que poderá ter como consequência maior penetração de ruídos externos para o interior da edificação. Algumas soluções podem ser adotadas ainda na fase de projeto, como o posicionamento das janelas na fachada onde tenha sombra acústica, mas em virtude da legislação, de necessidades climáticas e de outros motivos, as aberturas podem estar localizadas em fachadas que incidem altos níveis de ruído. Portanto, torna-se necessária a instalação de um dispositivo que concilie as necessidades de conforto ambiental. Nas fachadas dos edifícios, geralmente são especificados materiais de baixo coeficiente de absorção, contribuindo para as reflexões sonoras que podem ser redirecionadas para o interior de outra edificação.

Deste modo, a fachada tem múltiplas funções, devendo ser feita uma análise da mesma para que tratamentos térmico e acústico não causem danos às suas outras funções, e propiciem o encontro para um bom nível de conforto.

Assim como a fachada tem a possibilidade de atenuar os sons exteriores, podem-se utilizar adicionalmente elementos externos, os quais terão interferência na propagação das ondas sonoras, a ponto de aumentar a atenuação sonora externa.

Havendo um conhecimento dos fatores que influenciam o comportamento dos raios luminosos, da ventilação natural e da propagação de ondas sonoras, pode-se então passar à análise dos *brises*.

7. OS BRISES

O *brise* em concomitância com a fachada pode ser um elemento regulador do ambiente interno, ou seja, ele pode influenciar a temperatura, a intensidade de iluminação, a ventilação natural e também a permeabilidade quanto aos ruídos.

A proposta deste artigo é verificar o potencial do *brise-soleil* na qualidade ambiental do espaço interno, através da análise da geometria solar e acústica, em configurações que mantenham as capacidades termo-luminosas do dispositivo.

Os *brise-soleils* podem ser construídos nos mais diversos tipos de materiais como concreto, madeira, metal e plásticos. As formas podem ser planas e curvas. Estes dispositivos podem estar instalados paralelos, perpendicular ou inclinados ao plano da fachada, sendo inseridos dentro ou fora do vão de abertura. Quanto à mobilidade podem ser fixos ou móveis. A posição das lâminas podem ser horizontais, verticais ou combinados. Portanto, os *brises* permitem grande variedade de composição por parte do arquiteto. Apesar das infindáveis combinações possíveis, na Figura 8 serão ilustrados os exemplos mais representativos.

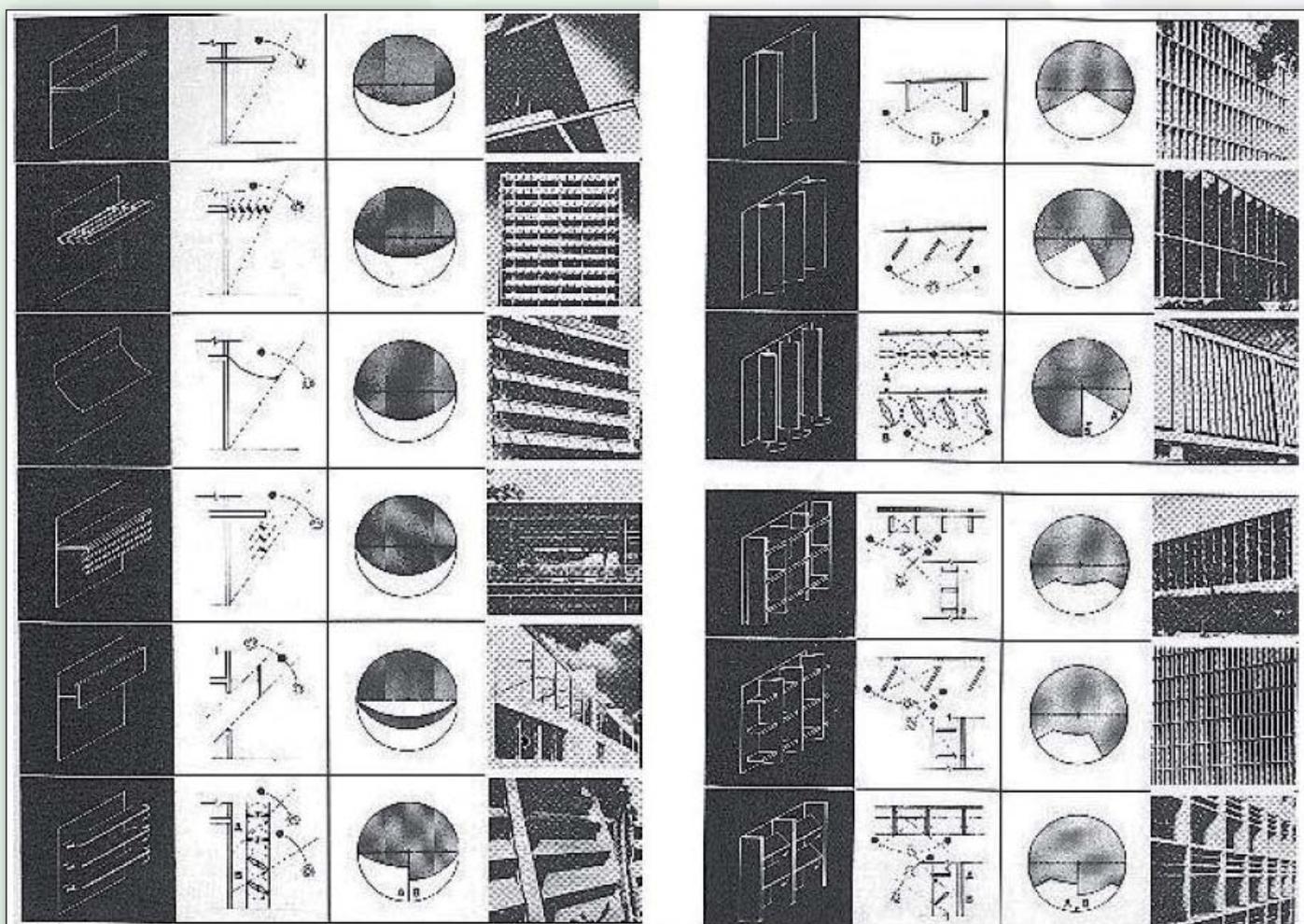


Figura 8 – Exemplos de *brises*.
Fonte: Olgyay, (1963 apud MARAGNO, 2000, p.66).

Esse elemento exterior pode ser utilizado como defesa da luz solar direta e também para contribuir na iluminação interior, refletindo, pela sua posição, a luz do sol que é levada para um ponto de incidência mais adequado, principalmente pelos brises horizontais (MASCARÓ, 1991, p.109).

O movimento de ar acima da altura da cabeça das pessoas é de pouco uso para produzir resfriamento fisiológico nos usuários de um ambiente. Contudo, um redirecionamento do fluxo de ar pode ser conseguido através de protetores solares, elementos vazados, venezianas, painéis com lâminas inclinadas, saliências ou saques (BOWEN, 1983, apud BITTENCOURT, 2010, p.59).

O brise horizontal pode desviar o fluxo do ar para cima ou para baixo. Assim, como sistema móvel, é possível regulá-lo de acordo com a necessidade. Quando, por exemplo, deseja-se que o fluxo de ar atinja também o usuário, as lâminas podem ser inclinadas ligeiramente para cima, até 20° com o plano horizontal. Desta forma, canalizará o ar para a zona habitável (KOENIGSBERGER, 1977, p. 140) (Figura 9). Mas, quando o fluxo de ar encontra uma placa defletora o desvio dependerá da velocidade com que o ar incide no obstáculo (RIVERO, 1986, p.115).

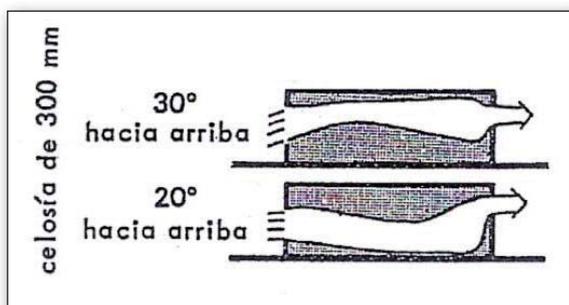


Figura 9 – Influência dos brises no fluxo de ar.
Fonte: Koenigsberger, (1977, p.140).

Conforme SOBIN (1980); BOWEN, BLANCO (1981, apud BITTENCOURT, 2010, p.59), “É importante ter em mente que quando elementos vazados, grelhas, venezianas ou telas contra insetos são empregados, a resistência oferecida ao movimento de ar deveria ser considerada, quando da definição das dimensões das esquadrias”.

Protetores solares verticais podem ser usados para mudar a pressão desenvolvida ao redor das aberturas e modificar o comportamento do fluxo

de ar interno. A correta utilização destes elementos como captadores de vento pode melhorar a qualidade da ventilação interna (Figura 10).

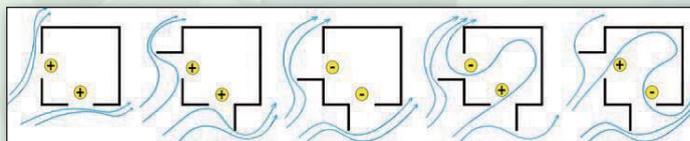


Figura 10 – Interferência dos protetores verticais no fluxo de ar.
Fonte: Fleury, (1990 apud BITTENCOURT, 2010, p.60).

SOBIN (1981, apud BITTENCOURT, 2010, p.54), verificou que a inserção de protetores solares verticais modifica o rendimento da abertura horizontal, em função da direção do vento e da inclinação das lâminas do protetor solar (Figura 11).

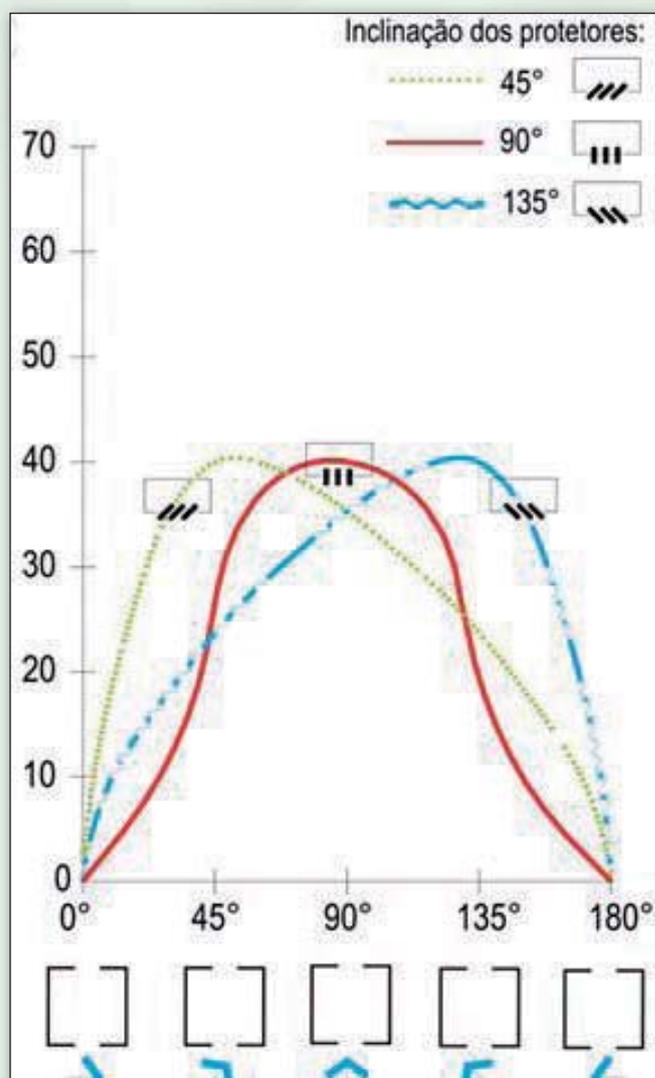


Figura 11 – Coeficiente de ventilação da abertura horizontal em função da direção do vento e da inclinação dos protetores verticais.
Fonte: Sobin, (1981 apud BITTENCOURT, 2010, p.55).

8. ANÁLISE DO BRISE SOLEIL

Para a fase inicial da análise, foram selecionadas as duas principais tipologias de lâminas de *brise* encontradas no mercado: a lâmina plana e a lâmina convexa, também conhecida como “asa de avião”. Logo depois foi analisado o comportamento destas tipologias em combinações relativas à mobilidade, ao material, à montagem e às dimensões dos *brises*, em uma fachada com orientação perpendicular ao vento predominante, o sudeste.

Os *brises* selecionados possuem as seguintes especificações:

- *Brise* em perfil asa de avião (Figura 12): os perfis possuem largura de 335 mm, formados por duas lâminas metálicas lisas, tendo o interior preenchido com poliuretano expandido. É um sistema móvel com acionamento manual. O comprimento máximo do painel é de 3.000 mm. A montagem das lâminas é na posição horizontal, com painel fora do vão. O espaçamento entre eixos das lâminas é de 320 mm, quando totalmente abertas, e de 15 mm, quando fechadas. Modelo Termobrise 335 da Hunter Douglas.

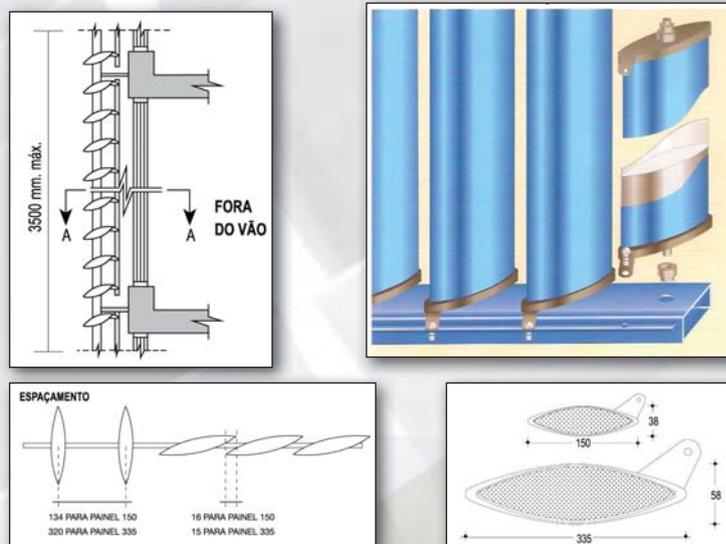


Figura 12 – *Brise* “asa de avião”
Fonte: Catálogo Hunter Douglas (2005).

- *Brise em perfil plano* (Figura13): os perfis possuem largura de 84 mm, formado por lâmina metálica lisa ou perfurada. É um sistema com ângulo fixo de 60°. O comprimento máximo do painel é de 6.000 mm. A montagem das lâminas é na posição horizontal, com painel fora do vão. O espaçamento entre as lâminas é de 12 mm. Modelo *brise H2* da Hunter Douglas.

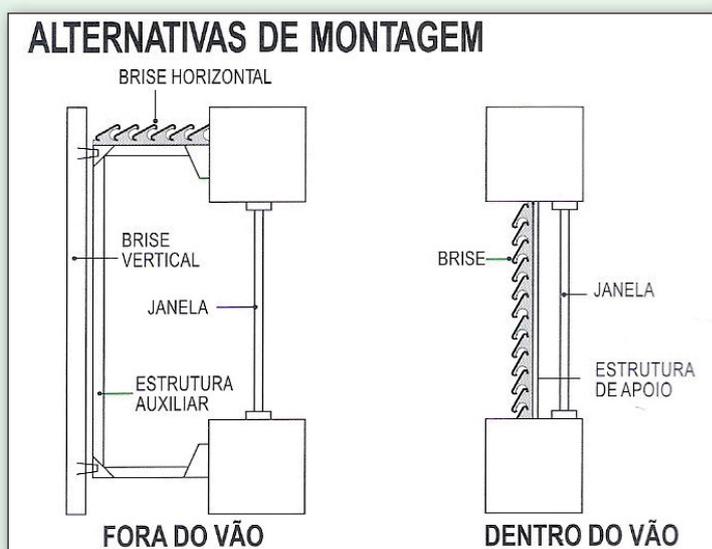
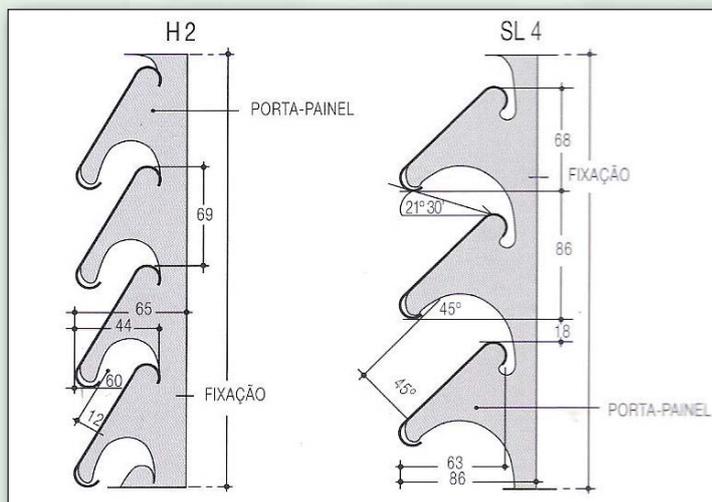
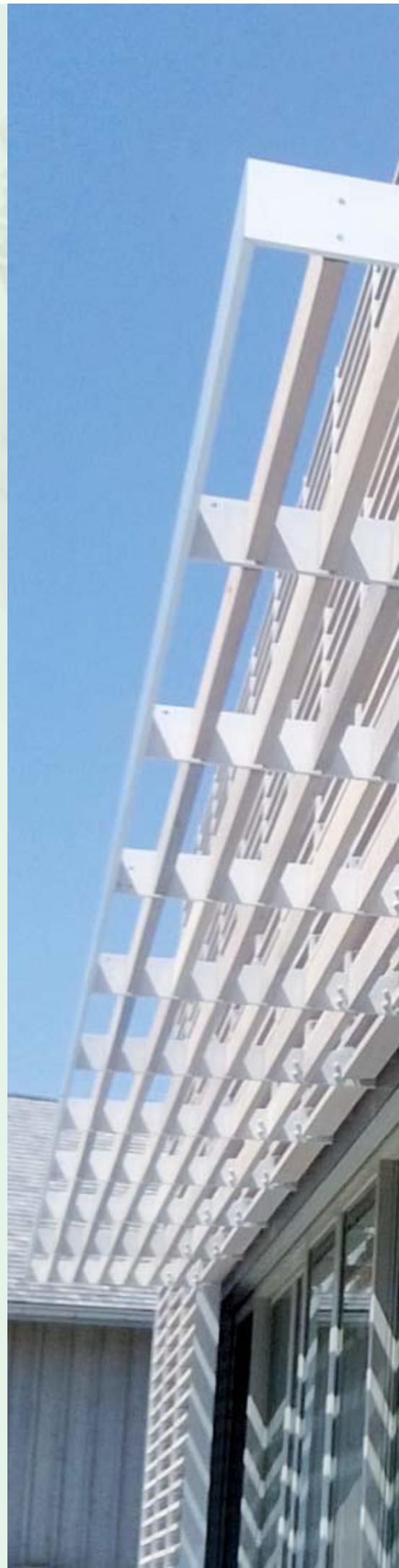


Figura 13 – *Brise plano*.
Fonte: Catálogo Hunter Douglas (2005).





9. ANÁLISE DE PROTEÇÃO SOLAR

A utilização do *brise* horizontal com lâmina “asa de avião”, reguladas sem nenhuma inclinação, proporciona um ângulo vertical frontal (α) de 45°. Desta forma, a abertura orientada para sudeste terá sombreamento a partir das 08h30min da manhã no verão, e a partir das 07h40min no inverno. As regulagens com ângulo α menor que 45° têm sombreamento ainda maior. Este sombreamento maior não apresenta vantagem, visto que nesse horário a temperatura é mais amena e pode não haver um bom aproveitamento da iluminação natural (Figura14).

Em relação ao *brise* horizontal em perfil plano, dependendo da configuração, o ângulo (α) pode ser no máximo de 21°30', o que gera bastante sombreamento nas aberturas, podendo trazer prejuízo para iluminação natural. No entanto, o desempenho melhora ao se utilizar chapas perfuradas.

10. ANÁLISE DA VENTILAÇÃO NATURAL

A respeito da ventilação natural, o *brise* asa de avião apresenta melhor desempenho, pois dependendo da regulagem, diminui menos o percentual de área livre de abertura, proporcionando menor perda de energia em virtude de não haver mudança na direção do escoamento do ar. Outra vantagem mencionada anteriormente é a possibilidade de regular as lâminas de acordo com a necessidade, podendo ser regulada apenas para ventilação higiênica em dias ou horários mais frios, ou de outra forma, regulada diretamente ao usuário em dias mais quentes (Figura15).

O *brise* em lâminas planas apresenta menor desempenho, principalmente em dias mais quentes, em virtude da sua inclinação fixa direcionar o fluxo de ar para a região acima do usuário. Outro aspecto deste *brise*, é a distância reduzida entre as lâminas, que acabam bloqueando a ventilação e fazendo com que haja mudança na direção do fluxo, gerando perda de energia. O uso das lâminas perfuradas provavelmente não é suficiente para aumentar significativamente a pressão dinâmica.

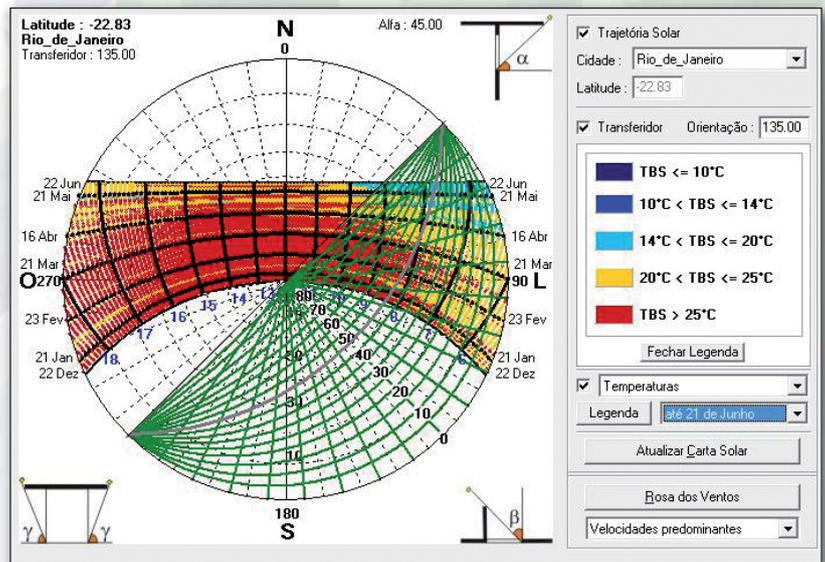


Figura 14 – Carta solar com máscara de sombra e temperaturas.
Fonte: Software Analysis Sol-Ar.

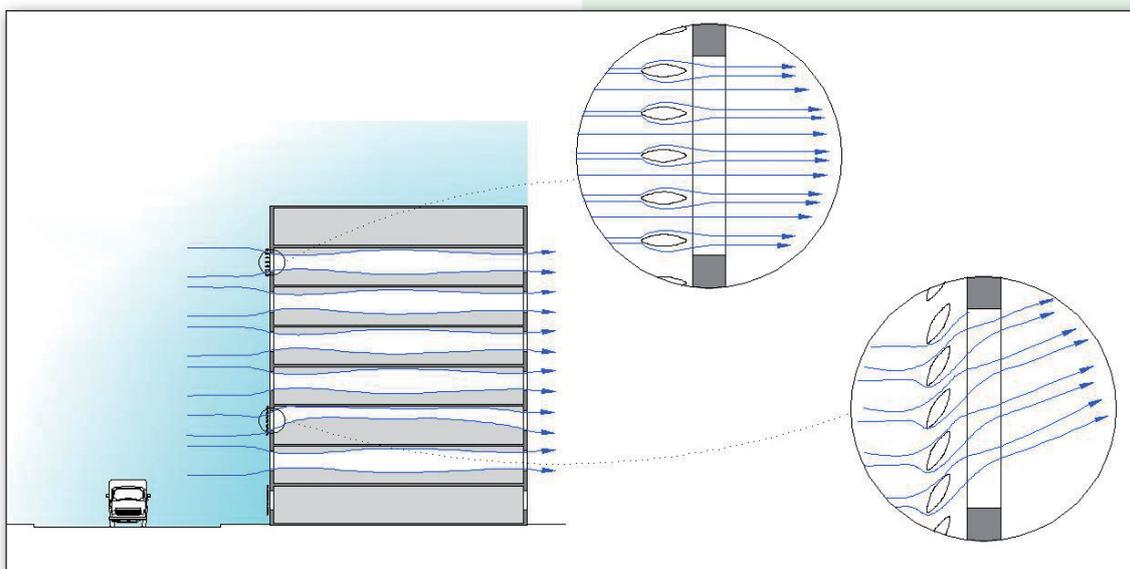


Figura 15 – Influência do *brise* na direção do fluxo de ar.

11. ANÁLISE ACÚSTICA

Como a forma, o material e a dimensão das superfícies influenciam o direcionamento dos raios sonoros, foi feita a avaliação destas características no desempenho acústico dos *brises* (Figura 16).

A lâmina “asa de avião” em chapa lisa promove uma difusão maior dos raios sonoros do que a lâmina plana em chapa lisa, resultando em ondas sonoras refletidas de menor intensidade do que as da plana. Nessa lâmina côncava, os raios sonoros podem ser refletidos para fora da edificação em ângulos de inclinação das lâminas, relativos a um plano horizontal, menores que os da plana.

No entanto, a forma da lâmina curva torna o traçado dos raios refletidos mais trabalhoso. Outro fato observado nas duas tipologias refere-se às múltiplas reflexões que podem ocorrer entre as superfícies das lâminas, podendo ocasionar passagem do ruído para o interior da edificação. Portanto, juntamente com o entendimento da influência da forma, torna-se imprescindível identificar a fonte de ruído externo, para que seja feito o correto ajuste da inclinação das lâminas, de forma que promovam o adequado redirecionamento dos raios sonoros para fora do ambiente interno, mas sem trazer prejuízo à qualidade acústica no interior de outras edificações e também no espaço urbano.

Analisando o desempenho dos materiais empregados nas lâminas, a opção pela chapa metálica perfurada sem preenchimento é a menos recomendável do ponto de vista acústico, pois permite a difração do som. Já a lâmina metálica lisa com ou sem preenchimento em poliuretano expandido, pode apresentar um bom desempenho quando houver necessidade de reflexão. Embora não conste no catálogo, a especificação de uma lâmina metálica perfurada com preenchimento por materiais porosos ou fibrosos poderia apresentar um bom desempenho quando houver necessidade de absorção, principalmente para médias frequências. Outra solução adequada consiste em utilizar uma combinação de materiais em uma lâmina, da seguinte maneira: numa face seria utilizada chapa metálica lisa e na outra, chapa perfurada, e o miolo da lâmina preenchido com material acústico. Desta forma, uma face ajudaria a diminuir as reflexões entre as lâminas através da absorção e a outra refletiria parte dos raios sonoros para fora da edificação.

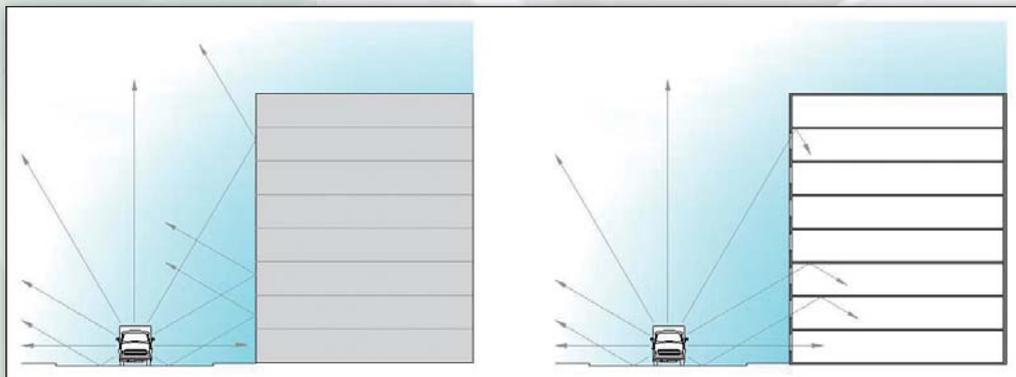


Figura 16 – Incidência sonora sobre a edificação.

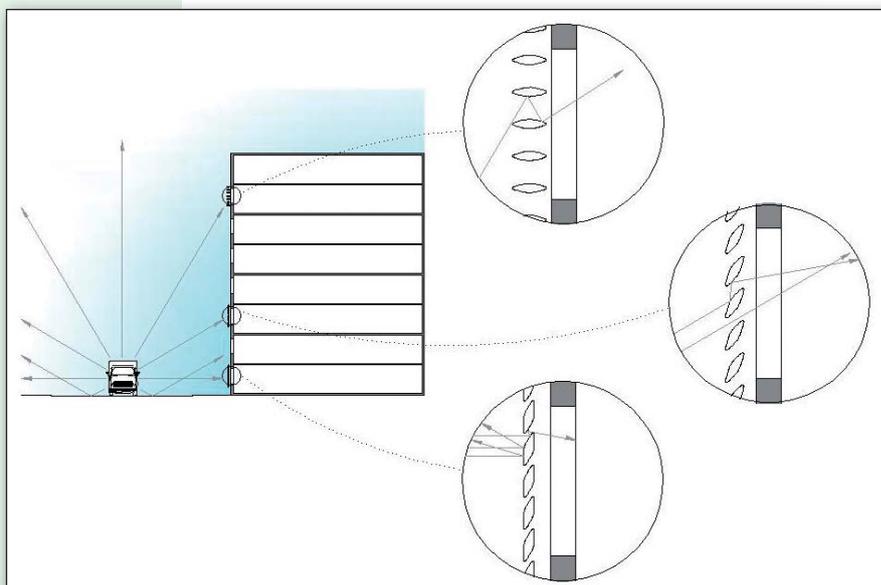


Figura 17 – Análise acústica do brise asa de avião.

O espaçamento entre os eixos das lâminas é praticamente o mesmo valor da largura do perfil da lâmina, o que favorece a difração pelos sons de grande comprimento de onda e também a passagem direta de som de alta frequência. A adoção da largura do perfil de no mínimo duas vezes o espaçamento entre as lâminas diminuiria esses problemas acústicos.

As dimensões do pano de *brise* não são suficientemente grandes em relação ao comprimento de onda dos sons graves. Assim, ocorre também o fenômeno da difração nas extremidades do painel. A instalação de *brises* horizontais e verticais ao redor do pano, formando uma caixa, com material absorvente nas faces internas, atenuaria o ruído. Outra solução seria a instalação do *brise* dentro do vão da abertura.

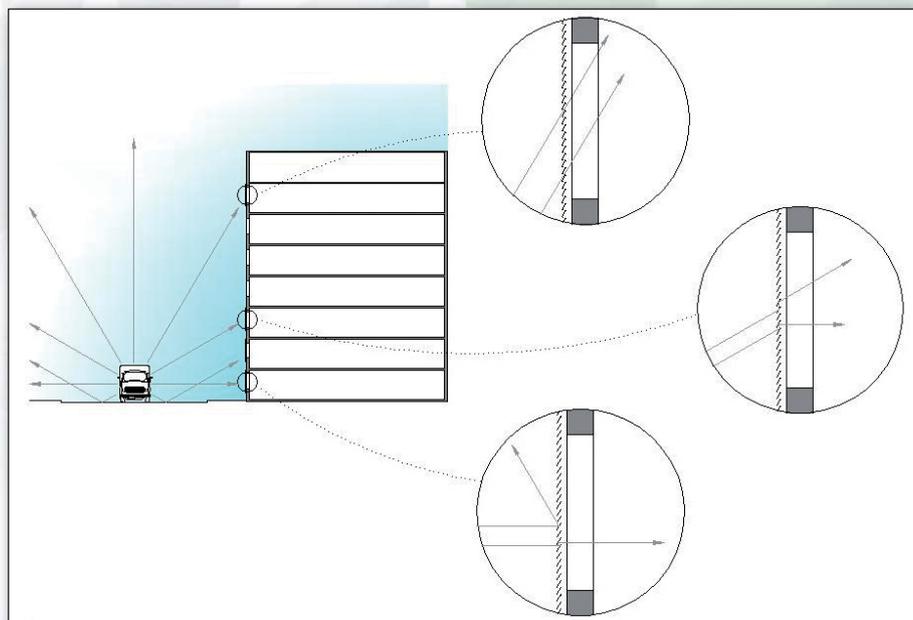


Figura 18 – Influência do *brise* na direção do fluxo de ar.

12. CONCLUSÃO

Este artigo buscou abordar a interação das qualidades térmica e acústica no campo referente ao conforto ambiental, juntamente com o conforto térmico. Aliado a estas qualidades, o *brise* também pode contribuir para o conforto visual. Desta forma temos aqui, num único dispositivo, qualidades para busca de grande conforto ambiental no ambiente interno.

Conforme exposto, verificou-se em tese que é possível o uso da ventilação natural como estratégia bioclimática em áreas ruidosas, uma vez que a existência do ruído urbano seria atenuada pela utilização do *brise*. Porém, estudos mais aprofundados devem ser feitos.

Cabe ressaltar que este estudo apresentou apenas uma abordagem qualitativa, baseado na aplicação de teorias de óptica, de escoamento de fluidos e de propagação sonora. No entanto, maiores pesquisas quantitativas sobre o tema abordado, utilizando programas computacionais, são necessárias para mensurar o potencial do *brise-soleil*.

13. BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO, Bianca C. Dantas. Desempenho acústico de elementos vazados. In. *X Encontro nacional e VI Encontro latino-americano de conforto no ambiente construído*. Natal: pp. 116-125, set 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6023: Informação e documentação. Referências. Elaboração*. Rio de Janeiro: 2002.
- _____ *NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro, 2005.
- BALZAN, Katiane Laura. *Avaliação do ruído de tráfego veicular em área central de Chapecó - SC*. Santa Maria: 2011, 128 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- CARVALHO, Benjamin de A. *Acústica aplicada à arquitetura*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1967.
- COSTA, Luciana Correa do Nascimento. *Aproveitamento da ventilação natural nas habitações: um estudo de caso na cidade de Aracajú-SE*. São Paulo: 2009, 272 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. *Manual de conforto térmico*. São Paulo: Studio Nobel, 2005.
- LAMBERTS, R; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW, 1997.
- MARAGNO, Gogliardo Vieira. *Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande - MS*. Porto Alegre: PROPARG/UFRGS, 2000, 203 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- MASCARÓ, Lúcia R. de. *Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo*. São Paulo: Projeto, 1991.
- NIEMEYER, Maria Lygia Alves de. *Ruído urbano e arquitetura em clima tropical-úmido*. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 1998, 136 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.
- RIVERO, Roberto. *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1986.
- SOUZA, Léa Cristina Lucas de. *Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura*. São Carlos: EdUFSCar, 2011.
- STRAMANDINOLI, Cristina Malafaia Caetano. *Barreiras acústicas: um estudo para sua integração em contexto urbano*. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 2000, 183 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.





Primeiro-Tenente (RM2-EN) Mônica Oliveira Motta
1ª Ajudante da 4ª Divisão de Obras da DOCM.

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFF), cursando MBA em Planejamento e Gestão Ambiental pela Universidade Veiga de Almeida (UVA) e Pós-Graduação em Gerenciamento de Projetos pelo Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos (IBEC).



Primeiro-Tenente (EN) Gizele Teixeira Araujo
3ª Ajudante da 4ª Divisão de Obras da DOCM.

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS NO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES PARA FINS NÃO POTÁVEIS:

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E REÚSO DE ÁGUAS CINZAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental para nossa existência e sobrevivência. No entanto, o volume de água potável disponível para o consumo tem se tornado cada vez mais escasso, não acompanhando o crescimento populacional e o incremento da demanda.

Maior consumo, desperdício, poluição dos mananciais e distribuição não homogênea de fontes de água salubre no planeta são sinais de alerta para a sociedade. Outro fator que merece ter atenção é o uso de água potável em atividades que não necessitam de um elevado grau de salubridade e que retornam na forma de esgoto ao meio ambiente, como por exemplo, o uso de água para descargas em bacias sanitárias, irrigação de jardins e limpeza de pisos, as quais acarretam uma grande pressão hídrica sobre os mananciais de abastecimento público.

Atualmente, os debates a respeito da sustentabilidade se enraízam entre diversos temas referentes ao presente e ao futuro da sociedade. A palavra “desenvolvimento” não se refere apenas ao incremento econômico. “Desenvolvimento” abrange diversas perspectivas, sendo as principais o bem-estar social e a qualidade ambiental aliados à prosperidade da economia mundial.

Reconhecidamente, a construção civil é peça importante para os objetivos do desenvolvimento sustentável através de estudos, criação e aperfeiçoamento de novas técnicas e ações para o uso racional dos recursos naturais, contribuindo desta forma para o incremento social, político, ambiental das cidades e da sociedade. Dentre o desenvolvimento de novas técnicas a serem adotadas nas construções civis e edificações, um dos estudos que ganha mais destaque abrange o uso racional de um recurso natural escasso, limitado, porém muito importante: a água.

Seguindo a linha de pensamento da construção sustentável, são necessárias medidas que visem o consumo consciente da água em edificações. A adoção de programas de uso racional de água contemplando o aproveitamento de águas pluviais e o sistema de reúso de águas cinzas, são fontes alternativas de água, tendo como vantagem não estar sob a concessão de órgãos públicos ou não sofrer cobrança pelo seu uso.

A Marinha do Brasil, como órgão público e defensor deste importante recurso natural, busca alinhar seu crescimento aos conceitos de sustentabilidade, aplicando às suas edificações novas técnicas que visem a economia do uso de água.

Este artigo tem como objetivo apresentar dois métodos empregados na construção civil visando o uso sustentável da água: o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas, apresentando como exemplo uma obra entregue recentemente ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino (CIAA) por esta Diretoria.

2. SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS

2.1 NORMA TÉCNICA E LEGISLAÇÃO

A norma técnica que regulamenta este item do artigo é a NBR 15527/ 2007 (*Água de Chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos*).

É importante destacar que a água não potável é definida na Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, que estabelece definições, procedimentos e responsabilidades relativas à potabilidade e à qualidade de água para consumo.

2.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

As águas de chuva utilizadas neste sistema, aproveitadas para fins não potáveis, são resultantes de precipitações atmosféricas coletadas em coberturas, tais como telhados onde não haja circulação de pessoas, veículos e animais. As águas de chuva podem ser utilizadas desde que haja controle de sua qualidade e verificação da necessidade de tratamento específico, de forma que não comprometa a

saúde de seus usuários, nem a vida útil dos sistemas envolvidos.

As águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado para fins não potáveis, em descargas para bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

Com base na ilustração da Figura 1, o reservatório de armazenamento destina-se à retenção das águas pluviais coletadas. Os volumes são calculados em base anual, considerando-se o regime de precipitação local e as características de demanda específica de cada edificação. Os sistemas complementares são compostos por condutores horizontais (calhas) e verticais que transportam as águas pluviais coletadas até os reservatórios de armazenamento e, por fim aos reservatórios de descarte. Podem também ser utilizados grades ou filtros retentores de folhas, galhos ou quaisquer materiais grosseiros, colocados juntos às calhas ou nas tubulações verticais. Estão também incluídos nos sistemas complementares, os sistemas de distribuição de águas pluviais tratadas. Esses sistemas incluem as unidades de recalque, as respectivas linhas de distribuição de água tratada e eventuais reservatórios de distribuição complementares, que são independentes do sistema de água potável.



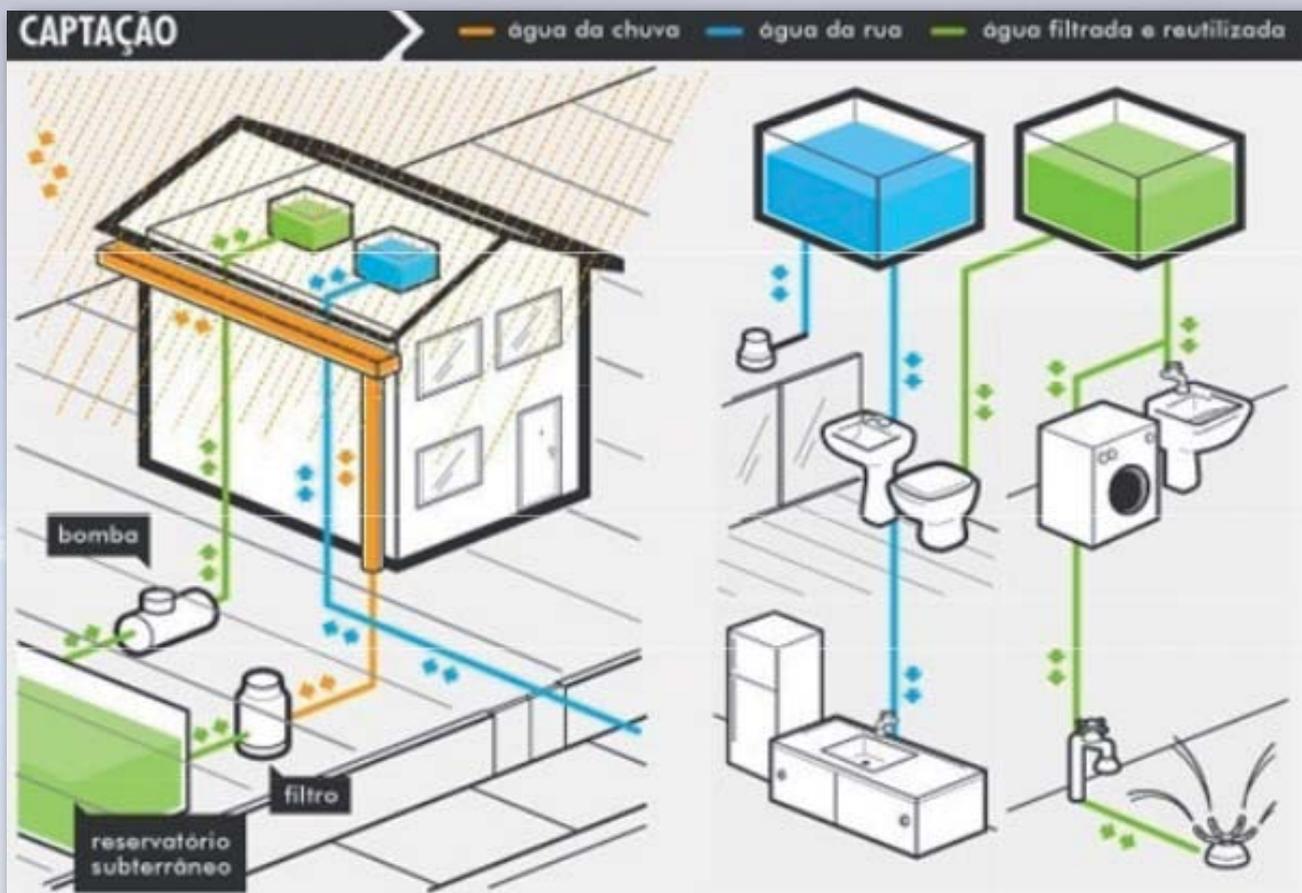


Figura 1 – Sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Tecnicamente, o sistema de coleta de águas pluviais para fins não potáveis não é de difícil execução. Conforme mostrado na Figura anterior e na Figura 2, este sistema envolve captação, filtração, armazenamento e distribuição. Caso a utilização das águas pluviais seja para fins potáveis, é necessário o tratamento de desinfecção, para o qual podem ser utilizados derivados clorados, raios ultravioleta, ozônio e outros.



Figura 2 – Fluxograma do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

A qualidade da água varia conforme a utilidade que se dá à mesma. Quanto mais nobre é este uso, maior a exigência quanto à qualidade. É possível separar em quatro grupos o uso da água e a necessidade de tratamento requerida para a mesma, conforme demonstrado na Figura 3.

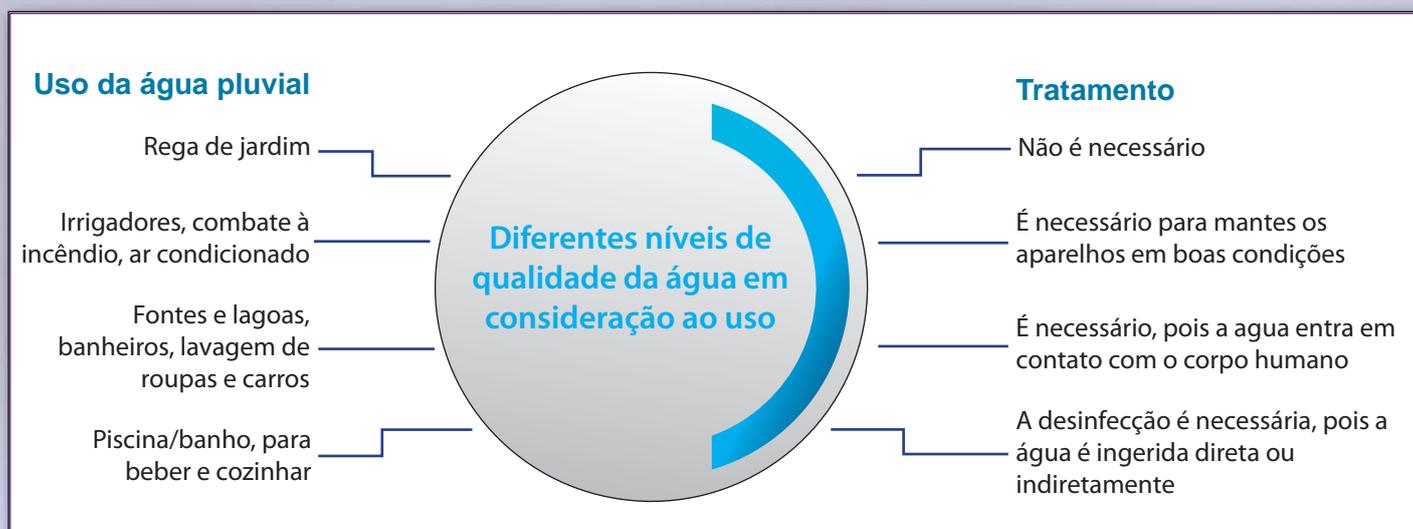


Figura 3 – Níveis de qualidade da água em consideração ao uso.



Vale salientar que, no caso de água de chuva para consumo humano, esta pode ser utilizada para todas as finalidades em residência, comércio ou indústria desde que passe por um processo de tratamento, transformando-a em água de qualidade potável conforme exigida pela Ministério da Saúde (PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011), atendendo ao padrão de potabilidade.

"5º Para os fins desta Portaria, são adotadas as seguintes definições:

I - água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;

II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde; "

Os sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais requerem alguns cuidados gerais, tais como:

- evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de algas e microrganismos;
- manter a tampa de inspeção fechada;
- colocar grade ou tela na extremidade de saída do tubo extravasador, para evitar a entrada de pequenos animais; e
- realizar a limpeza anual do reservatório, removendo os depósitos de sedimentos.

3. SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS

3.1 NORMA TÉCNICA

Não existem até o momento normas da ABNT regulando os sistemas de reúso da água, mas devem ser seguidos os padrões de qualidade de acordo com as necessidades e condições locais onde é implantado o sistema de tratamento, conforme a NBR 13969/ 1997 (*Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação*).

3.2 REÚSO DE ÁGUAS CINZAS

Água cinza é qualquer água residual, ou seja, não-industrial, proveniente dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa, excluindo-se águas de vasos sanitários e de resíduos orgânicos moídos. Quando adequadamente tratada, a água cinza pode ser reutilizada tornando-se uma fonte alternativa de fornecimento de água.

O reúso de efluentes deve seguir padrões de qualidade conforme citado no item 3.1. Nesta norma, os efluentes reutilizados para lavagens de pisos, calçadas, irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins não paisagísticos, exceto charizes, são classificados como classe 2. Os efluentes reutilizados para descargas dos vasos sanitários, por sua vez, são classificados como classe 3. Os padrões de qualidade exigidos estão descritos na Tabela 1:

Tabela 1 - Padrão de qualidade da água.

Padrão da qualidade da água segundo NBR 13969/1997				
Parâmetro	Unidade	NBR 13969/1997		
		Classe 2	Classe 3	
Turbidez	UNT	≤ 5,0	≤ 10	
Cloriformes fecais	NMP/100M1	≤ 500	≤ 500	
Cloro residual	mg/L	≥ 0,5	-	

A Figura 4 mostra um esquema concebido de forma a coletar as águas residuárias e duas linhas independentes e exclusivas de abastecimento de água: uma de reúso e outra de água potável. As águas cinzas são coletadas por tubulações e conduzidas ao tratamento. Após o tratamento é necessário um reservatório inferior e outro superior para arma-

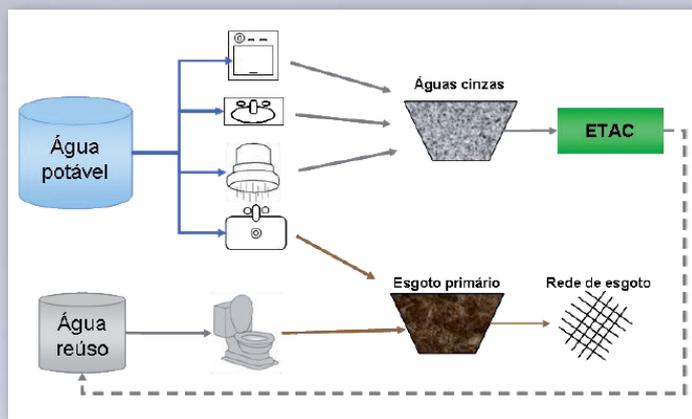


Figura 4 – Esquema de concepção do projeto em edifícios com reúso de águas cinzas.

zenagem e distribuição da água de reúso. Os reservatórios de água de reúso e água potável devem ser independentes e, se houver parede entre eles, a mesma deverá ser dupla.

A Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) é fruto dos mais recentes avanços tecnológicos da engenharia sanitária brasileira. Compacta, pode ser inserida em pequenas áreas que não prejudicam a funcionalidade da edificação. O tratamento remove biologicamente a matéria orgânica e inativa quimicamente (cloro) os microrganismos patogênicos. A estação possui um sistema de controle semiautomático, que permite o seu funcionamento parcialmente autônomo. Os edifícios com esta concepção podem reduzir de 30 a 50% o consumo de água potável e poluir menos o meio ambiente.

O sistema de reúso de águas cinzas, conforme representado na Figura 5, é formado pelos seguintes componentes:



Figura 5 - Sistema de Reúso de Águas Cinzas.

1) Coletores: sistema de condutores horizontais e condutores verticais que transportam o efluente proveniente do chuveiro/ banheira, do lavatório, do tanque e da máquina de lavar roupas ao sistema de aproveitamento, onde posteriormente é devidamente tratado;

2) Armazenamento: sistema composto por reservatórios de acumulação com objetivo de armazenar as águas cinzas provenientes dos pontos de coleta;

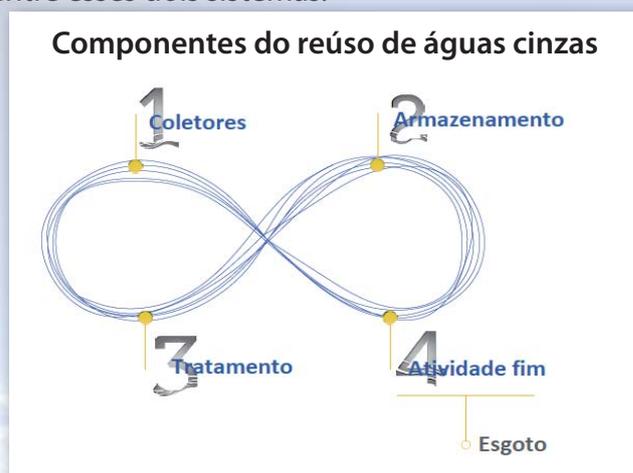
3) Tratamento: o sistema de tratamento de águas cinzas depende da qualidade da água coletada e do seu uso final. A escolha do processo de tratamento de águas cinzas a ser utilizado é de fundamental importância para o sucesso do empreendimento e, por isso, a decisão deve ser criteriosa e fundamentada nas características do efluente a ser tratado.

4) Atividade Fim: uso da água tratada para fins não potáveis, tais como lavagens de pisos e calçadas, irrigação de jardins e descargas de vasos sanitários.

O dimensionamento do sistema de coleta e transporte de águas cinzas deverá ser efetuado em conjunto com o projeto hidráulico do edifício em consideração. Os mesmos cuidados preconizados para os reservatórios de águas pluviais deverão ser adotados para os reservatórios de águas cinzas tra-

tadas. Os sistemas de tratamento são, evidentemente, mais complexos do que os considerados para as águas pluviais, face à maior concentração de poluentes característicos das águas cinzas.

Recomenda-se que o sistema hidráulico destinado ao tratamento e distribuição de água de reúso proveniente de águas cinzas seja absolutamente separado do sistema hidráulico de água potável da concessionária, sendo proibida a conexão cruzada entre esses dois sistemas.



4. EXEMPLO DE INSTALAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS E ÁGUAS CINZAS NA CONSTRUÇÃO DOS ALOJAMENTOS FEMININO E MASCULINO INAUGURADOS EM 2013/2014 NO CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE ALEXANDRINO (CIAA):

Os prédios de alojamentos feminino e masculino do CIAA, localizados na Av. Brasil, Penha, Rio de Janeiro, possuem dois pavimentos com uma área total construída de 1.683 m². Cada prédio possui um reservatório inferior de reúso e dois reservatórios superiores, sendo um de água potável e outro de água de reúso.

As Figuras 6 a 12 ilustram as instalações do sistema de aproveitamento de água de chuva e reúso de águas cinzas no alojamento feminino.

O Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais e de Tratamento de Águas Cinzas para uso em fins não potáveis nos alojamentos é composto de tratamento biológico e passa pelas seguintes etapas:

- Gradeamento (pré-tradeamento): decantação primária para retenção de sólidos grosseiros;
- Tratamento anaeróbio (Filtro Biológico Anaeróbio - FAn): tratamento biológico por sistema de rotores e remoção dos compostos orgânicos remanescentes;
- Tratamento aeróbio (Filtro Biológico Aerado Submerso - FBAS): reator biológico à base de culturas de microrganismos;
- Decantação secundária (Decantador Secundário - DEC): promove a segregação de lodo e líquido (efluente tratado);
- Tanque de acúmulo (Tanque de contato): para adequada mistura, homogeneização e equalização do efluente;
- Filtro terciário (Filtro de areia): unidade de clarificação do efluente, com a finalidade de reter partículas de sólidos que tenham passado pelos processos anteriores;
- Unidade de desinfecção (Clorador/Pastilhas): sistema de desinfecção do efluente e pastilhas à base de hipoclorito de cálcio; e
- Reservatório de água para reúso (Reservatório de Reúso): armazena o efluente tratado destinado para reúso, a ser recalcado para o reservatório superior de reúso do alojamento.



Figura 6 - Vista do prédio do alojamento feminino.



Figura 7 - Vista do prédio do alojamento feminino contemplando a Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) e os reservatórios superiores, sendo um de água potável e outro de água de reúso.

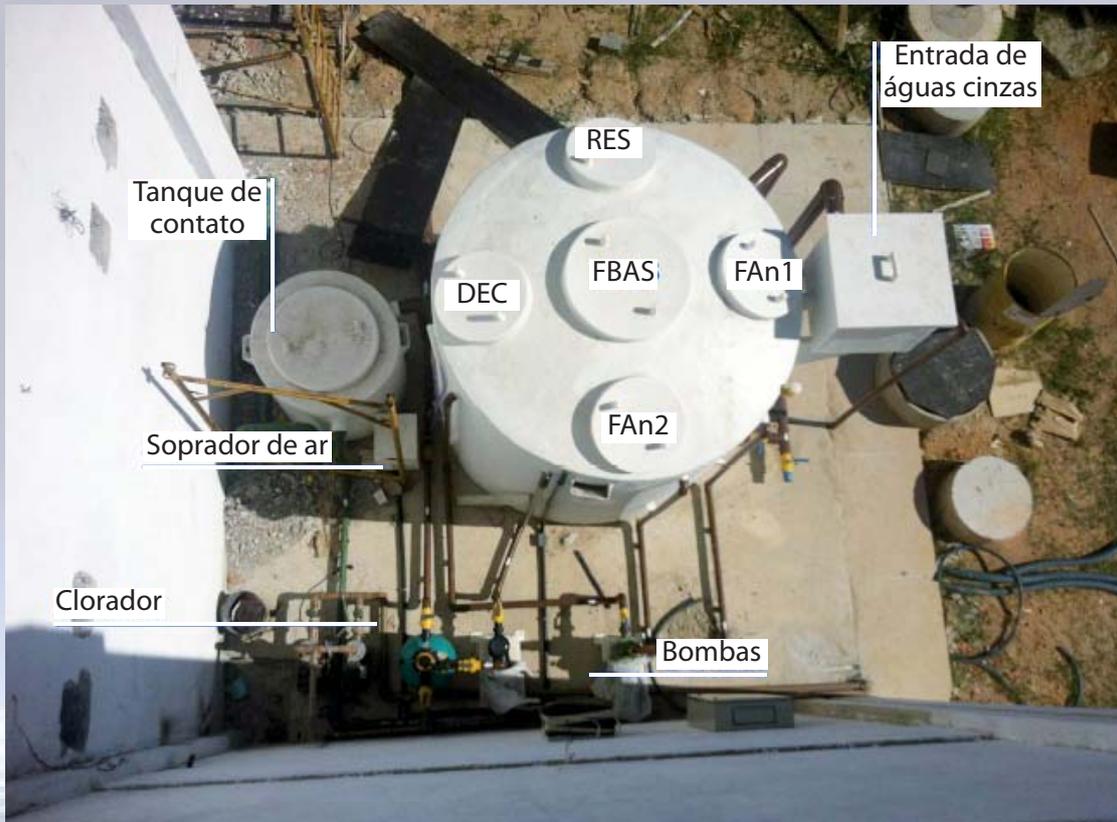


Figura 8 - ETAC.



Figura 9 - ETAC.



Figura 10 - ETAC.



Figura 11 - ETAC.



Figura 12 - Reservatório inferior de reúso.

O abastecimento de água fria é constituído de dois sistemas independentes e de forma ascendente: um destinado à copa, bebedouros, lavatórios, chuveiros, duchas manuais, filtros com água potável da Concessionária e o outro destinado a bacias sanitárias, mictórios e rega com a água de captação de águas pluviais e águas cinzas tratadas.

O sistema de coleta e destino das águas pluviais é totalmente independente do sistema de esgotos sanitários, não havendo qualquer possibilidade de conexão entre eles, o que acarretaria risco de contaminação para os usuários. Toda a captação de águas pluviais foi feita através de calhas e grelhas hemisféricas na laje de cobertura e conduzidas aos tubos de queda. As águas provenientes da cobertura são coletadas e encaminhadas ao reservatório inferior para reutilização e o excedente, extravasado para a Rede existente.

Os efluentes do esgoto provenientes de ralos, lavatórios e chuveiros, são captados e levados à Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC), conforme Figura 13, onde recebem tratamento adequado e em seguida são reutilizados nas bacias sanitárias, mictórios e torneiras de jardim. O esgoto pri-

mário e o da pia da copa são encaminhados à rede de esgoto existente do Complexo Naval.

A ETAC instalada no prédio realiza o tratamento a nível terciário através da associação em série dos processos biológicos Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) contemplando Filtros Anaeróbios FAn 1 e FAn 2, Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS) e Decantador Secundário (DEC).

Após o tratamento, a água é encaminhada, sob pressão, para filtro de areia e, posteriormente, para a unidade de desinfecção. O efluente tratado é encaminhado para o reservatório inferior, que recebe também a contribuição de águas pluviais, e em seguida para o reservatório superior de água tratada através de duas bombas de recalque. Esta etapa é constituída de filtro de areia automático, com diferentes granulometrias de areia e carvão ativado, e dosagem de cloro em solução na linha de recalque.

Todo o funcionamento do sistema é controlado a partir de um painel de controle, o qual permitirá programar o sistema de modo automático, sem que haja necessidade de operador contínuo.

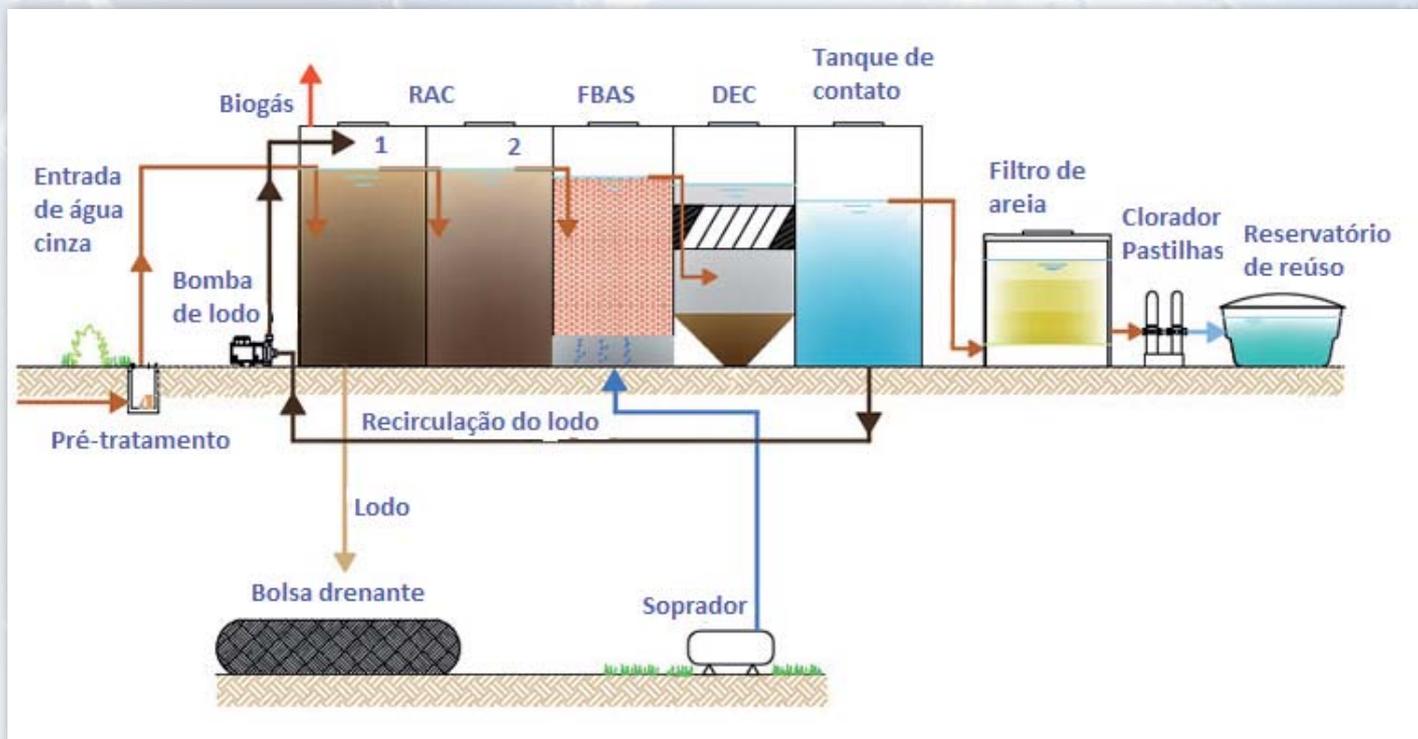


Figura 13 - Etapas do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais e de Reúso de Águas Cinzas utilizado nos alojamentos feminino e masculino do CIAA.

“A fim de que não falte água tratada para consumo potável, há uma válvula solenóide ligada ao reservatório superior de água tratada, a qual, não havendo água de chuva e água cinza, permitirá a entrada de água da concessionária no reservatório.”

5. QUANTO À EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE REÚSO

Quanto à eficiência dos sistemas de reúso, deve-se desenvolver um estudo abordando alternativas de sistemas de aproveitamento e reúso de água para determinar a quantidade de água gerada (oferta) pelas fontes escolhidas e a quantidade de água destinada à atividade fim (demanda). Tomado-se

por base estes valores, devem ser dimensionados os equipamentos, os volumes de reservas necessários, e os possíveis volumes complementares de água, assim como devem ser escolhidas as tecnologias de tratamentos a serem empregadas. Com base nas alternativas de sistemas gerados, determinam-se quais as de maior eficiência, tanto no aspecto técnico quanto econômico.

6. POSSÍVEIS TRATAMENTOS A SEREM IMPLANTADOS EM FONTE DE ÁGUAS PLUVIAIS E ÁGUAS CINZAS

A Tabela 2 apresenta, de forma sucinta, as fontes alternativas de águas pluviais e águas cinzas em um empreendimento e os possíveis tratamentos a serem implantados.

Tabela 2 - Sistemas de tratamento recomendados em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água.*

Usos Potenciais	Fontes alternativas de água		
	Pluvial	Reúso	
		Máquina de lavar roupas	Lavatório + Chuveiro
Lavagem de roupa	A + B + E + F	(C ou D) + B + E + F	(C ou D) + B + E + F
Descarga em bacias sanitárias			
Limpeza de pisos			
Irrigação, rega de jardins			
Lavagem de veículos			
Uso ornamental			

* Os sistemas de tratamento recomendados devem ser verificados para cada caso específico.

OBS: Para os fins relacionados à construção civil e refrigeração de máquinas, os tratamentos devem ser avaliados a cada caso particular.

Tratamentos Convencionais:

A = sistema físico: gradeamento;

B = sistema físico: sedimentação e filtração simples através de decantador e filtro de areia;

C = sistema físico-químico: coagulação, floculação, decantação ou flotação;

D = sistema aeróbico de tratamento biológico lodos ativados;

E = desinfecção; e

F = correção de PH.

7. ESTIMATIVA DA ECONOMIA DE ÁGUA NO CASO DE UMA RESIDÊNCIA

RESULTADOS DOS ÍNDICES DE CONSUMO DE UMA RESIDÊNCIA UTILIZANDO REÚSO DE ÁGUA



ECONOMIA

Convencional (l/hab/dia)

Residência de alto padrão

216

Residência de médio padrão

136

Residência de baixo padrão

80

Com reúso (l/hab/dia)

Residência de alto padrão

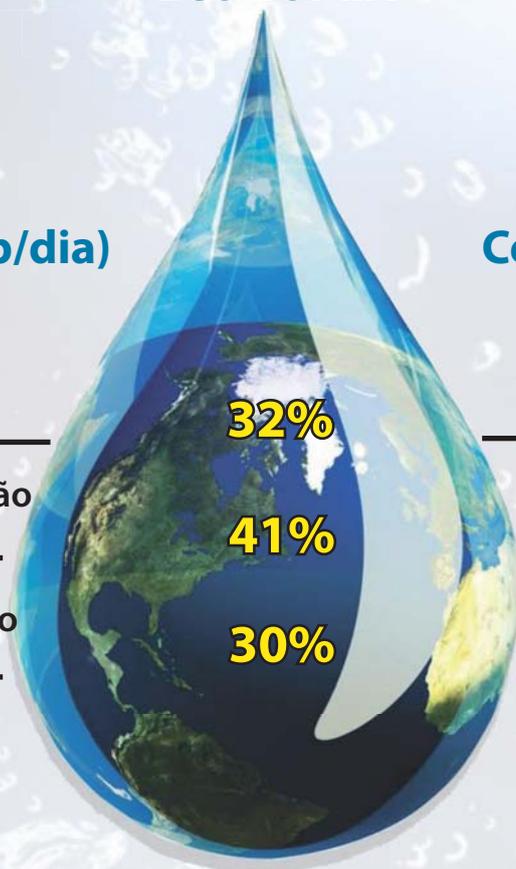
147

Residência de médio padrão

80

Residência de baixo padrão

57



8. CONCLUSÃO

É sempre importante uma correta concepção de projeto para a construção de edifícios, de forma que se alcance a desejada eficiência na operação. Devem ser avaliadas as possibilidades de uso racional, sempre do ponto de vista técnico-econômico, considerando não somente o custo inicial da implantação do sistema, mas também a redução dos custos de operação do edifício.

Os benefícios trazidos pela coleta e aproveitamento de água de chuvas e do reúso das águas cinzas são claros e reais. Portanto, faz-se necessário o estabelecimento de normas que conduzam ao aproveitamento seguro dessas fontes de água, bem como a criação de políticas que incentivem a implantação desses sistemas.

As tecnologias economizadoras de água por si só geram resultados restritos, sendo necessário desenvolver na população de forma conjunta, a consciência do uso racional da água para que os sistemas de reúso surtam efeito na redução do consumo de água nas edificações.

Para o aproveitamento das águas pluviais e o reúso das águas cinzas é necessário efetuar o tratamento dessas águas e adequá-las aos padrões de qualidade compatíveis aos usos para os quais estas águas se destinarão, visando a diminuição dos riscos de saúde pública e a maior aceitabilidade dos usuários.

A partir de uma simples mudança para a implantação de um sistema que se autoabastece com o recolhimento de águas servidas e pluviais, estaremos cooperando significativamente para evitar o desperdício.

USO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

- Em 2030, espera-se que a demanda de água mundial seja 40% maior do que a sua disponibilidade, colocando 47% da população em áreas com déficit hídrico.
- Todos os processos produtivos dependem do uso da água.
- A construção civil é uma grande consumidora de água e, conseqüentemente, depende deste recurso para a sua manutenção.
- O consumo de água em uma edificação, onde existe reúso de águas cinzas, é cerca de um terço menor do que em edificações comuns; edifícios que possuem coleta de água pluvial conseguem economizar cerca de 30 a 40%.



9. BIBLIOGRAFIA

- VII CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. *Aproveitamento da Água Pluvial para Fins Não Potáveis*. Disponível em: <<http://www.excelenciaemgestao.org/portals/2/documents>>.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969. *Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.

- _____. NBR 15527. *Água de Chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos*. Rio de Janeiro, ABNT, 2007.

- SINDUSCON-SP. *Conservação e Reúso da água em Edificações*. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/downloads/.../manual_agua_em_edificacoes>

- IDHEA. *Nove Passos para a Obra Sustentável* – resumo. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/pdf/nove_passos.pdf>

- Lima, R. *Gestão da Água em Edificações: utilização de aparelhos economizadores, aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza*. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria número 518 de 25 de março de 2004. *Padrões mínimos de qualidade da água para consumo humano*. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_ms518pdf>

- Alojamentos Feminino e Masculino do Centro de Instrução Almirante Alexandrino (CIAA). Memorial Descritivo da Obra/ Escopo do serviço proposto da Empresa Fluxo Ambiental para a Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) instalada.



Primeiro-Tenente (RM2-EN) Leticia Cunha Pires
Ajudante da 2ª Divisão de Projetos da DOCM.
Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).



100 anos

CENTENÁRIO DA FORÇA DE SUBMARINOS

OBELISCO

UM MARCO NA HISTÓRIA DA FORÇA



1. INTRODUÇÃO

Em 17 de julho de 2014 celebrou-se o centenário da Força de Submarinos. Em homenagem à data, foi projetado pela DOCM um obelisco provido de placa comemorativa. Em 22 de julho de 2014, numa cerimônia presidida pelo Exmo. Sr. Ministro da Defesa Celso Amorim, ocorreu o descerramento da placa.

O projeto recebeu como diretriz inicial o desafio de garantir ao monumento a possibilidade de ser desmontável e remontável em local diverso, para que o marco possa acompanhar possíveis mudanças que a Força de Submarinos venha a enfrentar.



2. HISTÓRICO

No final do século XIX e início do século XX surgiram os primeiros estudos para dotar a Armada Brasileira com uma nova arma de Guerra Naval, o submarino. Então, em 17 de julho de 1914, foi criada a Flotilha de Submersíveis (Figura 1). Em 1928, seu nome foi alterado para Flotilha de Submarinos e, finalmente, em 1963 para Força de Submarinos. A fim de contribuir para a eficácia do emprego dos meios navais subordinados na aplicação do Poder Naval, recebeu a seguinte missão: garantir o aprestamento dos meios subordinados, estabelecer normas e procedimentos e exercer o controle operativo dos submarinos no mar e das atividades de mergulho na Marinha do Brasil.

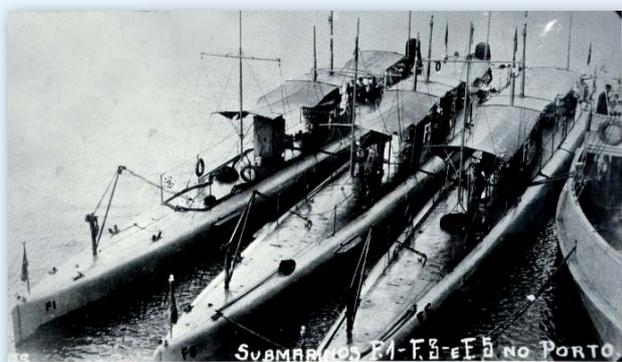


Figura 1 - Flotilha de Submersíveis - 1914.

Após um século de evolução na operação e manutenção das diversas classes de submersíveis e submarinos, a Força de Submarinos hoje se prepara para o desafio de operar o primeiro submarino com propulsão nuclear projetado e construído no Brasil.

3. O MONUMENTO

O obelisco é um monumento originário do antigo Egito. Era composto por bloco monolítico, com quatro lados, encimado por uma pequena pirâmide e representava mitologicamente o primeiro raio de sol sobre a Terra, fazendo a ligação entre o divino e o humano, em reverência ao deus Sol (Figura 2).

Originalmente, um obelisco possuía hieróglifos (a escrita utilizada pelos egípcios) esculpidos em sua própria pedra, uma vez que para a antiga civilização egípcia a escrita não servia apenas para registrar um acontecimento ou homenagem a algo

ou alguém; acreditava-se que tinha o poder mágico de criar, fato pelo qual os que detinham o conhecimento da escrita, chamados escribas, eram considerados possuidores de atributos divinos.

A partir disto, percebe-se a importância do obelisco para a civilização Egípcia. O monumento foi o primeiro suporte para a memória que buscava perpetuar um fato ou personagem. No obelisco eram “criados” os feitos e conquistas do homenageado responsável por sua construção, tornando-o assim imortal, uma vez que seu nome ficaria eternamente gravado naquele monumento.



Figura 2 - Obelisco de Luxor - Egito.

Hoje não se acredita mais no poder mágico que a escrita carrega, mas na função de registrar os acontecimentos históricos. Entretanto, a função do obelisco permanece como suporte para a memória. Ao longo do tempo a maneira de apresentar o registro também foi alterada. Atualmente tornou-se raro encontrar obeliscos com registros esculpidos na pedra. Mais comumente são registradas inscrições em placa de bronze ou ferro, fixada na base do monumento.

Em consonância com a ideia originária, porém numa proposta mais atual, foi elaborado pela DOCM o projeto para construção de um obelisco dotado de placa em bronze (Figuras 3, 4 e 5), na qual foi registrado pela Força de Submarinos o seguinte dizer: “como testemunho de gratidão e honra aos bons companheiros e belos amigos, que protagonizaram debaixo d’água um rol intérmino de façanhas incríveis”.

Sobre os aspectos técnicos, o obelisco foi projetado para ser confeccionado em estrutura pré-moldada, dividido em módulos componíveis, com estrutura interna de concreto armado com 20cm de espessura, fundido a uma forma de granito cinza

andorinha flameado com espessura de 3cm, possibilitando a desmontagem, transporte e remontagem em outro local, sem que se perdesse suas características originais. Porém, devido ao exíguo prazo de execução, a Construtora Norberto Odebrecht, empresa responsável pela construção do monumento, a fim de dar celeridade, o executou em concreto armado, com base e fuste em peça única e maciça, conservando o aspecto estético do projeto elaborado pela DOCM.

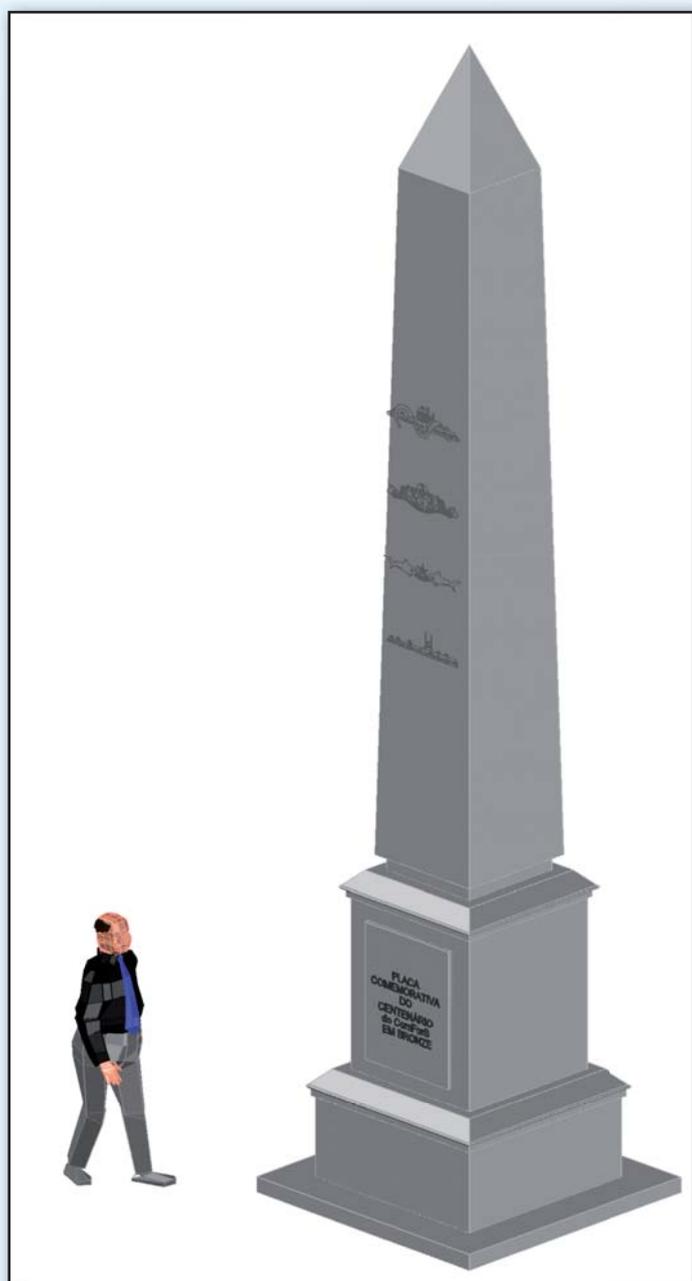


Figura 3 - Perspectiva do Obelisco.

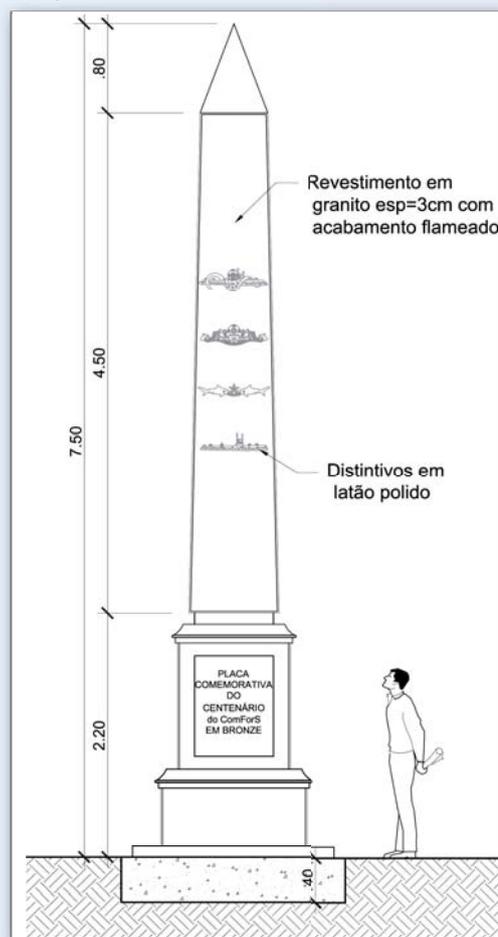


Figura 4 - Vista do Obelisco.

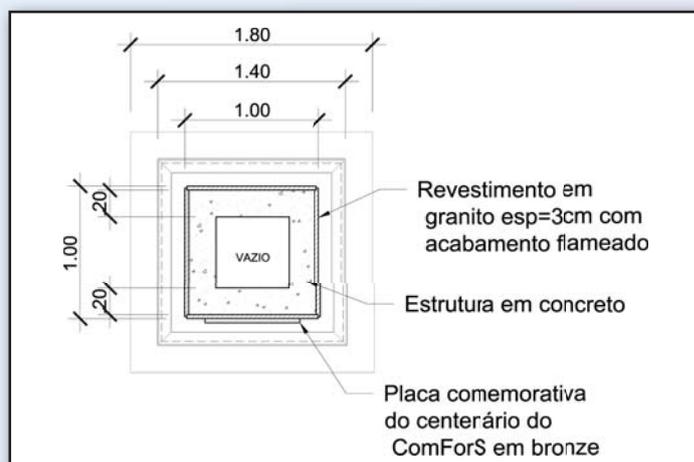


Figura 5 - Planta Baixa do Obelisco.

O artefato foi então transportado até Mocanguê Grande, instalado sobre uma fundação tipo radier também pré-moldada e posteriormente revestido, no próprio local, com granito cinza andorinha flameado.



4. CONCLUSÃO

Após esforço conjunto da Diretoria de Obras Civas da Marinha, do Comando da Força de Submarinos, da Base Almirante Castro e Silva e da Construtora Norberto Odebrecht, incumbidos de concretizar a homenagem ao Centenário, foi concluída a missão. Juntamente com o descerramento da placa, foram imortalizados na memória os que tanto se dedicaram abnegadamente no cumprimento da missão desta centenária Força, revelando pequena amostra da história e justa homenagem aos “Marinheiros até debaixo d’água”.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BAKOS, Margaret Marchiori. *Egiptomania no Brasil: séculos XIX e XX*. Projeto de Pesquisa Porto Alegre, 2001.
- SARAIVA, Marcia Raquel de Brito. *Obeliscos Egípcios: História e Transculturação*. Porto Alegre, 2004. 75 p. (Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, PUCRS – Campus Porto Alegre, para obtenção do título de Bacharel em História). Orientadora: BAKOS, Margaret Marchiori.
- Os obeliscos no mundo. *EgitoMania. O Fascinante Mundo do Antigo Egito*. São Paulo, v.2, nº 16, 2001.
- 100 anos da Força de Submarinos do Brasil / FGV Projetos – Rio de Janeiro: FGV Projetos, 2014



Capitão-de-Corveta (EN) Adriano Nizer

Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Cíveis Relativas ao PROSUB, a cargo da DOCM.

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Curso de Extensão em Planejamento e Controle de Obras Públicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e Curso de Engenharia Legal e Avaliações (PUC-Rio).



O USO DE PERFIS TUBULARES EM ESTRUTURAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

1. INTRODUÇÃO

A natureza disponibiliza ao homem uma fonte inesgotável de recursos, desde que explorada de forma consciente. Soluções simples e eficientes no campo da engenharia são encontradas no mundo que nos cerca, sendo uma delas as seções tubulares.

A forma do caule de bambu (Figura 1) e do osso do fêmur humano podem ser citados como dois exemplos da eficiência deste tipo de seção com relação a esforços de flexão, compressão e torção aos quais estão submetidos.

Figura 1 - Bambu.



Os perfis tubulares utilizados na construção civil admitem variadas formas, sendo as mais comuns: circular – CHS – *Circular Hollow Section*; retangular – RHS – *Retangular Hollow Section*; e a quadrada – SHS – *Square Hollow Section*.

O segredo da eficiência das seções tubulares com relação aos esforços de compressão está na sua geometria. Como nestas seções a distribuição de massa se dá em torno do seu centro de gravidade, o raio de giração delas é bem maior do que aquele que poderia ser obtido em perfis abertos equivalentes (perfis I, H, etc.). O maior raio de giração resulta em um índice de esbeltez menor para uma mesma carga, gerando economia na quantidade de aço e possibilidade de utilização de vãos maiores ou redução no número de pilares para uma mesma estrutura. Na Figura 2 há um comparativo de carga *versus* massa dos principais tipos de perfis utilizados na construção civil, onde pode ser observado que com uma massa menor, os perfis tubulares resistem a esforços maiores de compressão e flexão, não podendo deixar de ser citada a alta capacidade destas seções de resistir a esforços de torção.

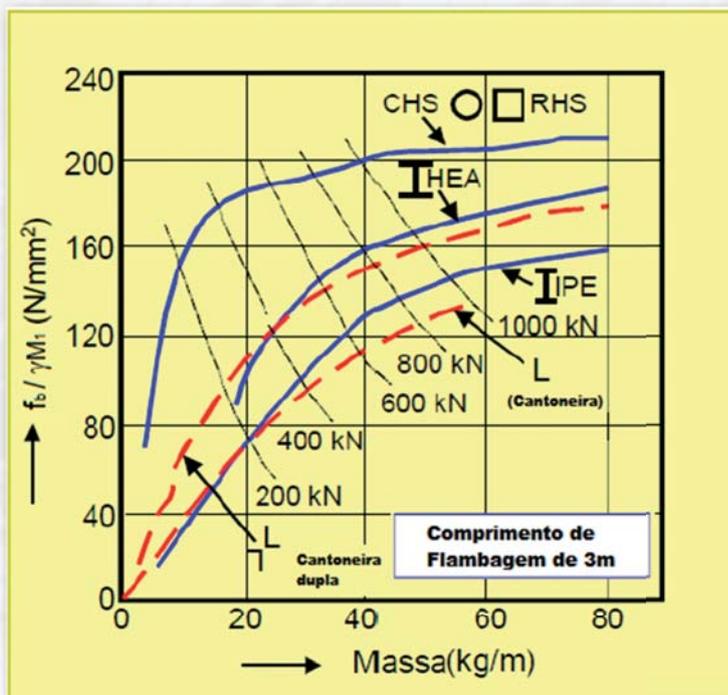


Figura 2 - Comparativo carga *versus* massa entre seções tubulares e abertas.

Outras vantagens também podem ser citadas, tais como o reduzido coeficiente de arrasto devido à ação do vento ou da água (Figura 3) e a reduzida área superficial e, por consequência, menores áreas de superfície suscetíveis à corrosão e pintura. A inexistência de cantos arredondados nos perfis tubulares também contribui para uma melhor proteção contra a corrosão (Figura 4).

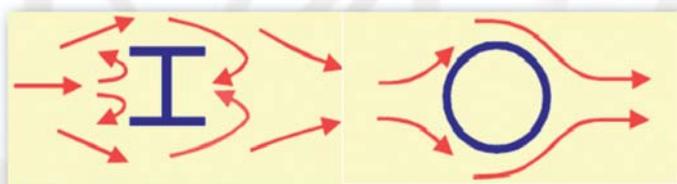


Figura 3 - Comparativo de arrasto entre seções abertas e fechadas.

Não se pode deixar de ressaltar o aspecto arquitetônico inovador, moderno e arrojado presente nas obras executadas com perfis tubulares, o que torna o uso deste material o mais requisitado atualmente para a concepção e construção dos mais variados tipos de obras.

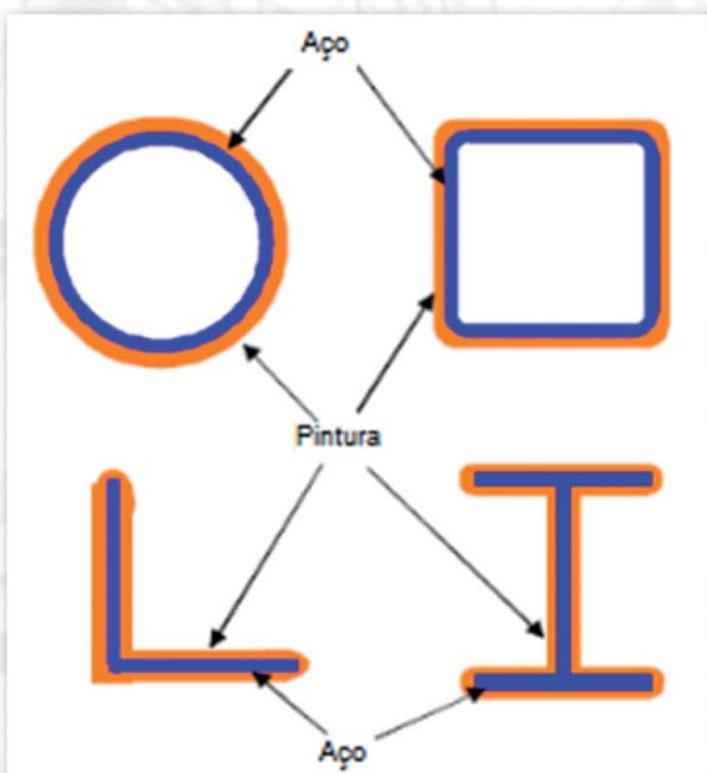
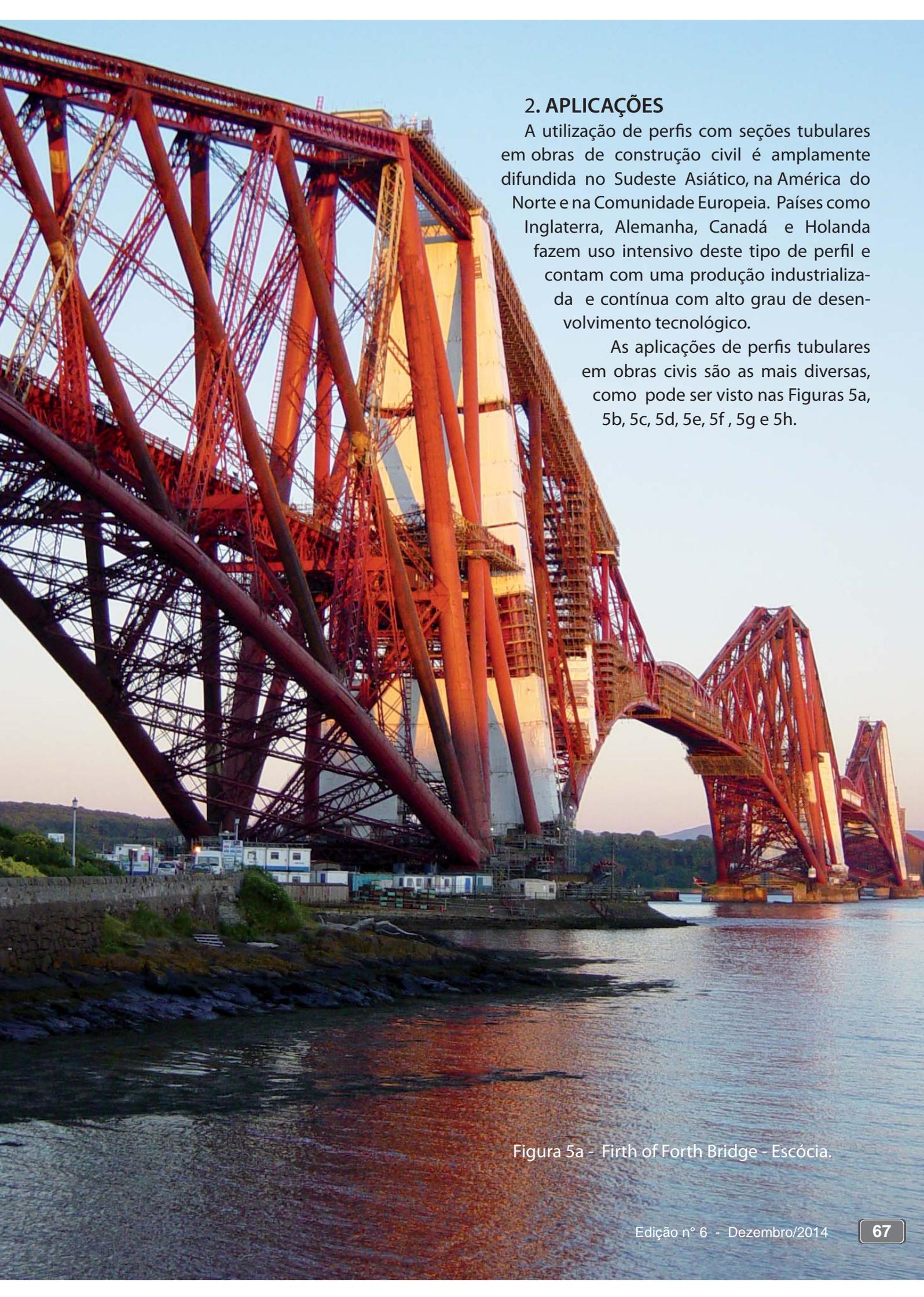


Figura 4 - Comparativo de superfícies entre seções abertas e fechadas.



2. APLICAÇÕES

A utilização de perfis com seções tubulares em obras de construção civil é amplamente difundida no Sudeste Asiático, na América do Norte e na Comunidade Europeia. Países como Inglaterra, Alemanha, Canadá e Holanda fazem uso intensivo deste tipo de perfil e contam com uma produção industrializada e contínua com alto grau de desenvolvimento tecnológico.

As aplicações de perfis tubulares em obras civis são as mais diversas, como pode ser visto nas Figuras 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5g e 5h.

Figura 5a - Firth of Forth Bridge - Escócia.



Os perfis tubulares na construção civil podem ser utilizados em pontes, viadutos, coberturas, passarelas, edificações, aeroportos, etc., sendo também amplamente utilizados para composição de escoramentos e instalações provisórias dos mais diversos tipos, o que evidencia a grande versatilidade da utilização deste tipo de perfil na construção civil.

Figura 5b - Centro Esportivo da Universidade Positivo - Curitiba – PR.



Figura 5c - Ponte Ripshorster - Alemanha.



Figura 5d - Estação Cidade Nova – Metrô Rio – Rio de Janeiro - RJ.



Figura 5e - Viaduto Metrô Rio – Rio de Janeiro - RJ.



Figura 5f - Aeroporto Internacional de Bangkok - Tailândia.



Figura 5g - Villafranca de los Barros – Espanha.



Figura 5h - Arco Pedro Ernesto – BRT – Rio de Janeiro - RJ.

3. NORMAS TÉCNICAS PARA PROJETO DE ESTRUTURAS TUBULARES NO BRASIL

Nos últimos anos o Brasil foi impulsionado pela disponibilidade de perfis tubulares no mercado nacional produzidos por diversos fabricantes, dentre os quais pode-se destacar a Vallourec Tubos do Brasil (antiga Vallourec & Mannesmann do Brasil) e a Tuper S.A. Desta forma, ocorreu um aumento da utilização de perfis tubulares na construção civil, levando a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a elaborar, em 2013, uma norma técnica específica para este tipo de estrutura, a NBR 16239:2013 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações com perfis tubulares. Esta norma foi elaborada em conjunto com pesquisadores, empresas metalúrgicas, fabricantes de perfis e associações e serve para consolidar a difusão do uso de perfis tubulares em aço estrutural no país, permitindo uma padronização de projetos, considerada impossível anteriormente.

A NBR 16239:2013 baseia-se na norma Europeia Eurocode 3 Parte 1-8 (EC3 1-8), publicada pelo CEN - *European Committee for Standardisation*, em 1993. Esta, por sua vez, foi elaborada seguindo as recomendações de projeto constantes na 1ª Edição do Guia de Projeto de Estruturas Tubulares, publicado em 1992 pelo CIDECT - *International Committee for the Study and Development of Tubular Structures*. O CIDECT é uma organização internacional de fabricantes de perfis tubulares criada na década de 60 na Europa, com o objetivo de reunir recursos das indústrias, universidades e outros órgãos nacionais e internacionais para pesquisa e disseminação de informações técnicas, desenvolvimento de projetos, métodos matemáticos e divulgação de resultados em pesquisas e publicações a respeito do uso de perfis tubulares. No ano de 2008, o CIDECT lançou a 2ª Edição de seu Guia de Projeto de Estruturas Tubulares, incorporando as recomendações atualizadas do IIW - *International Institute of Welding*, onde foram apresentadas formulações e condições de geometria para o dimensionamento de ligações entre perfis tubulares em diferentes configurações, baseado no critério da resistência última para diversos modos de falha da ligação. Espera-se que a norma Europeia EC3 1-8 seja revisada, seguindo as novas recomendações constantes na última versão do Guia de Projeto publicado pelo CIDECT.

4. CONCLUSÃO

A utilização de perfis tubulares na construção civil apresenta grande crescimento e, definitivamente, a utilização deste tipo de perfil em estruturas será cada vez mais solicitado, face às suas vantagens mecânicas e apelo estético que as estruturas executadas possuem.

O lançamento da norma brasileira NBR 16239:2013 confirma esta tendência e representa um marco no desenvolvimento e no uso de perfis tubulares em estruturas na construção civil no Brasil.

O desenvolvimento de trabalhos a respeito de ligações entre perfis tubulares, representa um papel importante no entendimento de seu comportamento, favorecendo desta maneira a otimização de projetos.

Atualmente, o desenvolvimento de pesquisas na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e Universidade de Campinas (Unicamp), em convênio com a Vallourec Tubos do Brasil, bem como na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), em convênio com a TUPER SA, demonstram avanço no campo de pesquisa nesta área, que se faz necessário para o desenvolvimento e capacitação de profissionais para sua utilização, assim como o incentivo à pesquisa e o desenvolvimento de trabalhos que visem um melhor entendimento do seu comportamento e das vantagens de sua utilização.



5. BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16239:2013 - Projetos de Estrutura de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edificações com Perfis Tubulares*, 2013.
- EUROCODE 3, prEN 1993-1-8: 2005. *Design of steel structures: Part 1-8: Design of joints*. CEN, European Committee for Standardisation, Brussels.
- Gerken, F. de S., 2005. *Projeto para estruturas em perfis tubulares*, Revista Tubo & Companhia - Ano I - Número 4.
- Nizer, A. *Avaliação da influência do esforço normal no banzo no comportamento de ligações tubulares em aço*, Dissertação de Mestrado, UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro – PGECIV, 2014.
- IIW 2009. *Static design procedure for welded hollow section joints Recommendations*, 3rd Edition, International Institute of Welding, Sub-commission VX-E, Annual Assembly, Singapore, IIW Doc. XV-1329-09.
- Silva, Raphael Santos da. *Avaliação de ligações K e T entre perfis estruturais tubulares*, Dissertação de Mestrado, UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – PGECIV, 2012.
- WARDENIER, J.; KUROBANE, Y.; PACKER, J. A.; VEGTE, G. J. van der; ZHAO, X. L. *Design guide for circular hollow section (CHS) joints under predominantly static loading*. CIDECT, 1a. Edição, "Construction with Hollow Steel Sections series", Verlag TUV Rheinland, 1996.
- WARDENIER, J.; KUROBANE, Y.; PACKER, J. A.; VEGTE, G. J. van der; ZHAO, X. L. *Design guide for circular hollow section (CHS) joints under predominantly static loading*. CIDECT, 2ª. Edição, "Construction with Hollow Steel Sections series", Verlag TUV Rheinland, 2008.
- WARDENIER, J.; PACKER, J. A.; ZHAO, X. -L.; VEGTE, G. J. van der. *Hollow Sections in Structural Applications*, CIDECT, 2ª. Edição, 2010.
- WARDENIER, J.; PUTHLI, R.S.; VEGTE, G. J. van der. *Proposed corrections for EN 1993-1-8, Part "Hollow Section Joints"*. Tubular Structures XIV – Gardner (Ed.), 2012 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-62137-3.





Primeiro-Tenente (EN) Christovam Leal Chaves

Ajudante da 2ª Divisão de Projetos da DOCM.

Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Programa de Mestrado Integrado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Portugal (FEUP). Curso de Extensão em Engenharia do Ar Condicionado - Instituto Militar de Engenharia (IME).

ESPECIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO MAIS EFICIENTES NAS INSTALAÇÕES TERRESTRES DA MARINHA DO BRASIL

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é apresentar ao leitor uma descrição sucinta dos principais tipos de sistemas de ar condicionado presentes no mercado nacional, descrever o conceito de sustentabilidade e relacioná-lo aos projetos de climatização da Marinha do Brasil.

Para tanto, será apresentado um estudo de caso onde o sistema de ar condicionado de uma edificação específica terá seu consumo energético atual comparado com o consumo energético do mesmo sistema, porém utilizando equipamentos condicionadores mais eficientes.

2. SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

Sistemas de ar condicionado são os maiores responsáveis pelo consumo energético nas instalações prediais. Assim, o conceito de sustentabilidade aplicado nos projetos de instalações passa, principalmente, pela definição correta do sistema de condicionamento de ar a ser empregado, bem como pela especificação de equipamentos mais eficientes.

Tais sistemas são baseados na troca térmica entre o ar e o ciclo de refrigeração, consistindo em um conjunto de processos termodinâmicos, conforme demonstrado na Figura 1. São eles: evaporação (4-1), compressão (1-2), condensação (2-3) e expansão (3-4). Esses processos são, basicamente, classificados quanto à forma como ocorre a troca de calor entre o ar e o fluido refrigerante, podendo ser de expansão direta ou indireta.

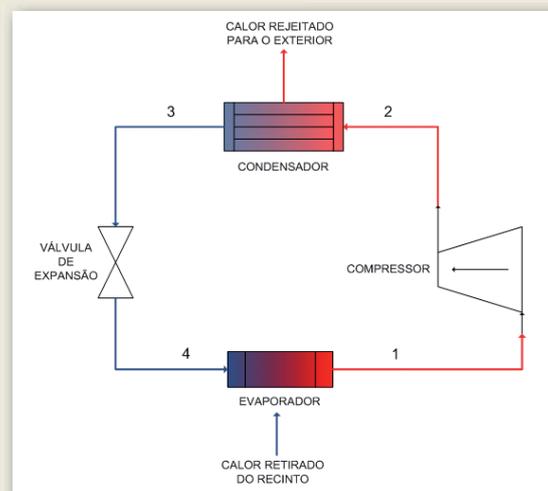


Figura 1 – Diagrama Básico do Ciclo de Refrigeração. Fonte: Elaborada pelo autor.

Sistemas de expansão direta são aqueles onde o ar do ambiente é resfriado diretamente pelo fluido refrigerante. A troca de calor com o ambiente ocorre com a passagem do fluido refrigerante através da serpentina (DE SOUZA, 2010, p.5). Os sistemas mais comuns são os aparelhos de janela, equipamentos *split*, *self-contained*, *split* para dutos, *roof-top* (Figura 2) e sistemas de fluxo variável.

Já os de expansão indireta são sistemas onde o ar do ambiente é resfriado por um fluido intermediário, normalmente a água. Neste caso, o sistema é conhecido como “Água Gelada”, sendo formado basicamente por unidades resfriadoras de líquido (*chiller*), unidades condicionadoras de ar e equipamentos auxiliares.



Figura 2 – Unidade Condicionadora *Roof-Top*.
Fonte: Daikin Macquay. Disponível em www.salesportal.daikinapplied.com.
Acesso em 28 de julho de 2014.

O *chiller* (Figura 3) resfria a água e essa é distribuída para as unidades condicionadoras de ar através de redes de dutos, com a finalidade de condicionar o ambiente. Uma vez realizada a troca térmica, a água, agora chamada de água quente, retorna através das redes e troca calor nas torres de arrefecimento, se o sistema for de condensação à água, ou retorna diretamente ao *chiller*, se o sistema for resfriado a ar.



Figura 3 - Unidade resfriadora de líquido.
Fonte: Daikin Macquay.
Disponível em www.enbien.com. Acesso em 21 de julho de 2014.

3. SUSTENTABILIDADE NOS PROJETOS DE CLIMATIZAÇÃO

Com o advento da revolução industrial, a sociedade experimentou níveis cada vez maiores de desenvolvimento relativo e consumo. Desta forma, as demandas globais por energia, matéria-prima e demais insumos cresceram de forma diretamente proporcional, levando-a a um possível panorama de escassez.

Para alcançar este patamar de desenvolvimento, preocupações ambientais e sociais praticamente não existiram por um longo período de tempo, acarretando assim um crescimento desordenado e desestruturado sob o ponto de vista sustentável, cujos reflexos são sentidos nos dias atuais e ficarão cada vez mais nítidos (DE SOUZA; HRUSCHKA; GONÇALVES, 2014, p. 153).

Para tentar reduzir os impactos deste crescimento desordenado, diversas instituições têm investido recursos na tentativa de integrar atitudes e comportamentos socialmente responsáveis, através da realização de estudos e relatórios, visando adotar estratégias que melhor se adequem com o desenvolvimento global.

A Marinha do Brasil possui instalações terrestres novas e antigas, algumas centenárias, quando não existia um panorama de escassez de recursos nem os problemas ambientais hoje vividos. Para as novas instalações, bem como para intervenções nas já existentes, a Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM) vem desenvolvendo projetos utilizando conceitos ambientais.



Segundo MAYNART (2013), o perfil de consumo de energia elétrica nos prédios públicos, que é o caso da Marinha do Brasil, segue o seguinte padrão:

- a) sistemas de ar condicionado com 48%;
- b) Iluminação com 24%;
- c) equipamentos de escritório com 15%; e
- d) elevadores e bombas com 13%.

Desta forma, é possível afirmar que os sistemas de ar condicionado são os maiores responsáveis pelo consumo energético nas instalações. Assim, o conceito de sustentabilidade aplicado nos projetos de instalações passa, principalmente, pela definição correta do sistema de condicionamento a ser empregado.

Cabe ressaltar que a carga térmica da edificação se reduz quando há uma maior integração com as demais especialidades, como por exemplo ao especificar uma fachada que transmita menos calor, barreiras à irradiação solar, materiais de construção com propriedades condutivas menores, iluminação mais eficiente e melhor posicionamento em relação à incidência solar. A DOCM busca tal integração nos novos projetos das diversas especialidades, visando a reduzir o consumo energético nas instalações da forma mais eficiente.

4. ESTUDO DE CASO: SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO DO EDIFÍCIO BARÃO DE LADÁRIO

O Edifício Barão de Ladário (EBL), construído na década de 70 e situado no Centro do Rio de Janeiro próximo ao complexo do Comando do 1º Distrito Naval (Com1ºDN), abriga sete Organizações Militares (OM) de interesse estratégico para a Administração Naval.

Neste estudo de caso, serão comparados os equipamentos atualmente instalados, que utilizam compressores alternativos, com os novos equipamentos que utilizam compressores *inverter*, que são mais eficientes.

O sistema de climatização atualmente instalado consiste em um sistema de expansão direta, do tipo *self-contained* resfriado à água, com compressores alternativos e gás refrigerante R-22.

Cada pavimento, em sua concepção típica original, conta com dois equipamentos *self-contained* de 10 TR de capacidade e dois equipamentos de 5 TR de capacidade, totalizando uma capacidade instalada do sistema central de 30 TR por pavimento.



Especificamente em relação aos equipamentos, as máquinas de 5 TR apresentam apenas um compressor alternativo, enquanto as máquinas de 10 TR apresentam dois compressores alternativos iguais ao do anterior, enfatizando que os compressores alternativos são menos eficientes e duráveis que os rotativos. O consumo a plena carga destes compressores é de 7,5 kW.

Como referência para equipamentos que utilizam compressor *inverter*, o esquema de montagem é semelhante ao utilizado nos condicionadores convencionais, onde são utilizados arranjos de compressores de 5 TR, porém do modelo *inverter*. Será utilizado como referência o compressor do Fabricante TRANE, para os modelos SAVE. A potência consumida a plena carga destes compressores é de 4,17 kW.

4.1. ESTIMATIVA DO CONSUMO ENERGÉTICO

Para avaliar o consumo energético do EBL será considerado um coeficiente conhecido como *Integrated Part-load Value* (IPLV), que consiste na eficiência em carga parcial dos equipamentos. Segundo o AHRI 560 (2000), os equipamentos funcionam segundo o padrão:

- Funcionamento a 100% da Carga por 1% do tempo;
- Funcionamento a 75% da Carga por 42% do tempo;
- Funcionamento a 50% da carga por 45% do tempo; e
- Funcionamento a 25% da carga por 25% do tempo.

O IPLV é calculado segundo a equação 4.1:

$$\text{IPLV} = \frac{1}{\frac{1\%}{A} + \frac{42\%}{B} + \frac{45\%}{C} + \frac{25\%}{D}} \quad (4.1)$$

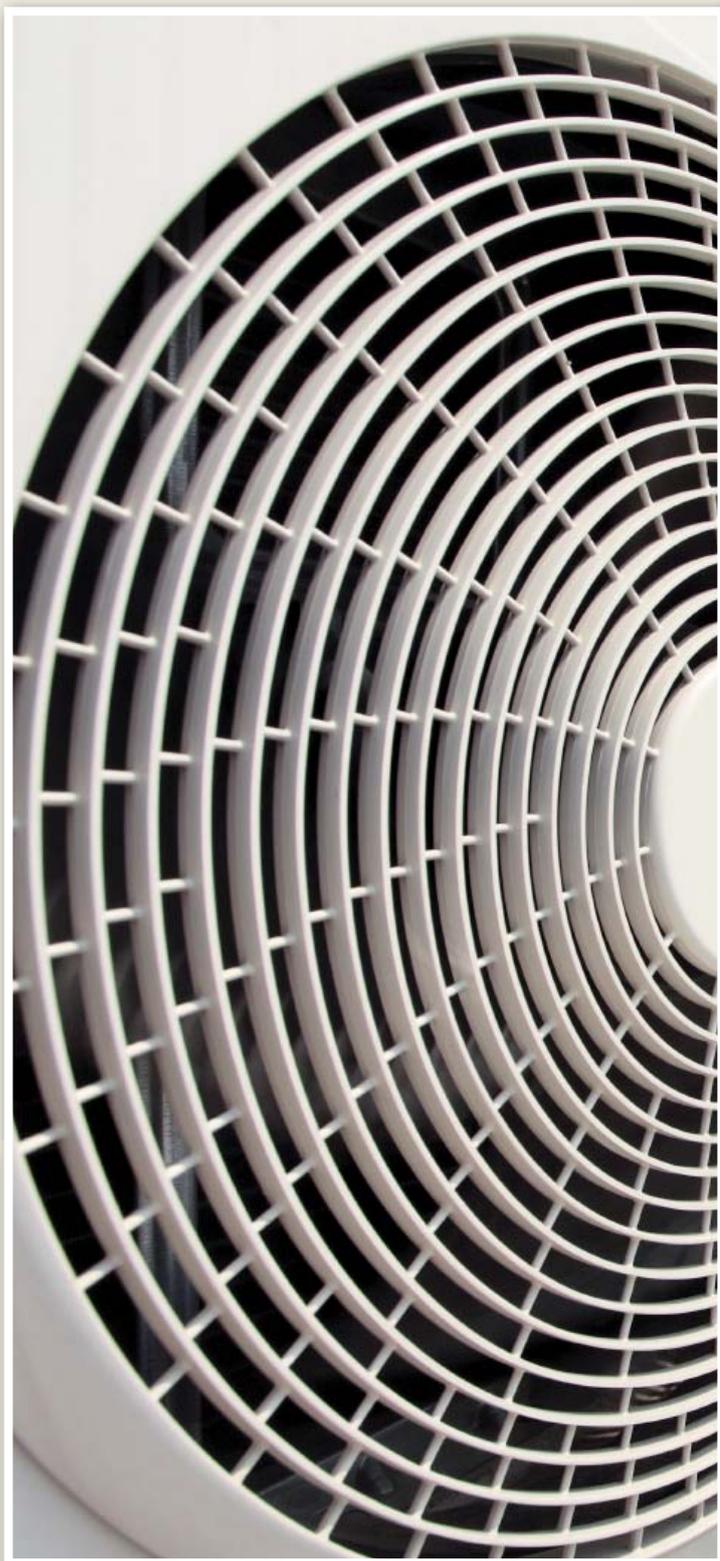
Onde,

A = 100 % do coeficiente de eficácia (kW/TR);

B = 75% do coeficiente de eficácia (kW/TR);

C = 50% do coeficiente de eficácia (kW/TR); e

D = 25% do coeficiente de eficácia (kW/TR).



Já o coeficiente de eficácia é fornecido pelos fabricantes com a designação de COP, sendo constituído pela razão entre a potência consumida, em kW, e a energia retirada do ambiente pelo resfriamento em Toneladas de Refrigeração (TR).

Os compressores convencionais, aplicando a equação 4.1, apresentam o IPLV igual a 0,77 kW/TR. Já para os compressores *inverter*, o IPLV calculado foi de 0,44 kW/TR. Valor este correspondente a apenas 56% do valor calculado para os equipamentos convencionais.



4.2. ESTIMATIVA DO CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA

O consumo anual dos sistemas (Cons) será calculado levando-se em consideração a equação 4.2. Já o custo anual com energia elétrica (CE) será calculado levando-se em consideração a equação 4.3.

$$\text{Cons} = \text{IPLV} \times \text{CT} \times \text{H} \quad (4.2)$$

Onde,
Cons = Consumo anual dos sistemas (kWh);
IPLV = Eficiência em carga parcial conforme item 4.1;
CT = Carga térmica do EBL; e
H = Horas de funcionamento do sistema no ano (h/ano).

$$CE = \text{Cons} \times TE \quad (4.3)$$

Onde,

CE = Custo com energia elétrica;

Cons = Consumo anual dos sistemas (kWh); e

TE = Tarifa não residencial de energia elétrica, segundo Light (2014), igual a 0,46 R\$/kWh.

Desta forma, o consumo energético anual calculado para o sistema de ar condicionado atualmente instalado é de 1.268.467 kWh por ano. Agora avaliando o custo anual com energia elétrica, segundo a equação 4.2, o valor é de R\$ 583.494,90 ao ano.

Para os equipamentos com compressores *inverter*, o consumo energético anual calculado é de 708.365 kWh por ano, correspondendo assim, a um custo anual de R\$ 325.847,80. Valor este correspondente a, aproximadamente, apenas 55,8% do custo anual da instalação atualmente em uso.

Ambos os equipamentos aqui comparados compõem a mesma estratégia para climatização de ambientes do EBL: sistema de expansão direta com condensador remoto do tipo *self-contained*. Porém, apenas especificando um tipo diferente de compressor, foi possível reduzir o consumo energético em 560.102 kWh ao ano, representando uma economia de R\$ 257.647,10.

Para avaliar o custo de instalação do novo sistema, primeiramente foi calculada a nova carga térmica do EBL. Para isso, foram consideradas as alterações arquitetônicas (principalmente a instalação da fachada de vidro), o aumento de pessoal e de material observados na edificação em relação a sua concepção original. O valor calculado foi de 40 TR por pavimento.

Tendo conhecimento dessa nova carga térmica, o custo para a instalação do novo sistema proposto, contemplando as máquinas condicionadoras, tubulações, sistema de arrefecimento de água e demais equipamentos periféricos, foi estimado através da metodologia proposta pela Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA), que remete a um custo base de R\$ 4.725,00 por TR, valor esse já considerando o fator de dificuldade de uma instalação nova em uma edificação existente.

Portanto, considerando os 22 pavimentos, o custo de instalação para o EBL é de aproximadamente R\$ 4.158.000,00.

Ao realizar uma avaliação técnica e econômica, levando-se em consideração os custos de operação, manutenção e uma taxa de capitalização de 5% ao ano, é possível mostrar que o Tempo de Retorno de Investimento, no caso de uma substituição dos equipamentos, é de 12 anos, conforme mostrado na Figura 4.



Figura 4 - Avaliação técnica e econômica dos sistemas de ar condicionado.

5. CONCLUSÃO

O inter-relacionamento entre a Engenharia e Arquitetura é fundamental para definir conceitos multidisciplinares, desde a concepção do projeto, de forma a reduzir a carga térmica da edificação e a necessidade do uso de sistemas de condicionamento de ar.

O perfil de consumo de energia elétrica nos prédios públicos brasileiros apontam os sistemas de ar condicionado como responsáveis por 48 % de todo o consumo da edificação. Desta forma, a climatização é o principal alvo para alcançar uma melhor eficiência energética nas edificações da Marinha do Brasil.

Assim, foi analisado o consumo energético em uma instalação terrestre da Marinha do Brasil através da especificação de equipamentos de ar condicionado mais eficientes, porém mantendo-se a estratégia de climatização atualmente instalada, para em seguida comparar tais equipamentos novos com os atualmente instalados.

Foi possível demonstrar que um mesmo sistema de ar condicionado, para a mesma aplicação, apresenta menor custo relativo ao consumo de energia elétrica apenas por especificar um conceito distinto: utilização de compressores do tipo *inverter*. O consumo dos novos equipamentos seria 55% do consumo dos equipamentos atuais, proporcionando, para a edificação do estudo de caso, uma redução anual de R\$ 257.647,10.

Uma eventual substituição dos equipamentos atuais por novos traria um retorno de investimento teórico em 12 anos. Porém, para tal substituição geral seria necessário um novo projeto, que demandaria recursos de pessoal e material para a sua execução, intervenções na edificação e os custos logísticos não contemplados neste estudo.

Por fim, é válido realizar um estudo para avaliar a implementação de outras soluções para o sistema central de ar condicionado do EBL como, por exemplo, um sistema central de água gelada e um sistema de volume de refrigerante variável (VRV).

6. BIBLIOGRAFIA

- OAIR-CONDITIONING, HEATING & REFRIGERATION INSTITUTE. *Standard for Absorption Water Chilling and Water Heating Packages*: AHRI Standard. 560-2000. Arlington, 2000. 32 p.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16401: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários*. Rio de Janeiro, 2008.

- DE SOUZA, M. C. da S. A.; HRUSCHKA, P. R. A.; GONÇALVES, A. P. R. H. *Desenvolvimento sustentável e responsabilidade social*. Revista FSA, Teresina, v. 11, n.2, art. 8, p. 148-159, 2014.

- DE SOUZA, Welder Boeno. *Comparação entre dois sistemas de ar condicionado para um prédio histórico*. 2010. 21 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

- GRUPO LIGHT. Tarifas de baixa tensão: Junho de 2014. Disponível em: <<http://www.light.com.br>>. Acesso em: 01 de jun. 2014.

- MAYNART, Rafael. *Eficiência energética em prédios públicos é tema de ciclo de palestras*. Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico. 2013. Disponível em: <<http://www.seplande.al.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/eficiencia-energetica-e-tema-de-ciclo-de-palestras>>. Acessado em: 21 de abr. 2014.





Primeiro-Tenente (EN) Marcos William Magalhães L. de Carvalho
Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Civas Relativas ao PROSUB, a cargo da DOCM.

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



Primeiro-Tenente (EN) Cintya Kazue Sakamoto
Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Civas Relativas ao PROSUB, a cargo da DOCM.

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

OBRAS PORTUÁRIAS

AS FUNDAÇÕES DOS CAIS DO EBN - PROSUB

1. INTRODUÇÃO

Em continuidade aos artigos publicados anteriormente atinentes às obras de construção do Estaleiro e da Base Naval (EBN) de Itaguaí, será abordada nesta edição a execução de fundações em obras marítimas.

A escolha do tipo de fundação mais adequada depende de uma série de fatores técnicos, tais como: topografia, características geotécnicas do maciço, tipo de estrutura, interferências com as construções vizinhas, além dos econômicos. Assim, o emprego de fundações profundas, como as estacas utilizadas nos cais do EBN, é indicado para os casos onde exista a necessidade de transferência de cargas significativas para camadas profundas, que sejam mais resistentes e menos compressíveis do solo. Usualmente, as estacas são utilizadas também como elemento de escoramento lateral, resistindo a forças horizontais, ou como elemento de maximização da capacidade de carga de solos granulares (em locais alagados com lâmina d'água ou lençol freático alto).

A construção dos cais do EBN-PROSUB utili-

zou estacas tubulares metálicas com preenchimento parcial de concreto armado (utilizado para resistir aos momentos fletores impostos). A localização das obras, as características geotécnicas do leito submarino, as cargas de projeto, as facilidades construtivas e a velocidade de execução foram fatores condicionantes para a escolha desse tipo de fundação.

2. TIPOS DE ESTACA

Fundações profundas, como é o caso das estacas, apresentam um grande comprimento, comparado às dimensões da base. As cargas da estrutura são transmitidas ao maciço através do atrito lateral ao longo do fuste e através da base (resistência de ponta).

Existem diversos critérios para a classificação de estacas. Elas podem ser divididas com base no tipo de material (concreto, madeira, aço ou mistas), no funcionamento, no tipo de carregamento (compressão, tração e/ou flexão) e na forma de cravação. No entanto, a classificação mais usual leva em consideração a metodologia construtiva, enquadrando as estacas como pré-moldadas ou moldadas *in loco*.

Dentre os materiais das estacas pré-moldadas, existem as de madeira que têm como inconveniente a necessidade de permanecer totalmente imersas durante a utilização, para reduzir a degradação. Para cravação dinâmica, estas estacas devem ser protegidas com camisas e ponteiros metálicas. Existem também as estacas de aço (perfis metálicos, tubos, trilhos ou chapas dobradas), que são de fácil execução, possuem elevada resistência mecânica e podem ser emendadas facilmente. Já as estacas de concreto armado pré-moldadas também apresentam boa capacidade de carga, mas suas dimensões podem representar um problema para transporte, emendas, cortes e execução. Existem ainda as estacas mega, constituídas por módulos de concreto ou aço, cravados sucessivamente com macaco hidráulico e emendados.

As estacas moldadas *in loco*, por sua vez, abrangem, principalmente as estacas Strauss, Hélice Contínua, Raiz e Franki. As estacas Strauss são executadas com revestimento metálico recuperável e através de golpes sucessivos da sonda percussiva, com retirada do solo abaixo da coroa. São indicadas para locais confinados, com topografia acidentada, não gerando vibrações para as áreas vizinhas. As estacas Hélice Contínua, muito utilizadas nas obras da UFEM (Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas), possuem elevada capacidade de carga e são executadas com trado helicoidal. Já as estacas raiz possuem perfuração por rotação ou rotoperfuração com um tubo de revestimento, com eliminação contínua de material através do fluido (água, lama bentonítica ou ar). Após a perfuração, a armadura e o concreto são introduzidos. Nas estacas Franki, existe uma base alargada e uma boa capacidade de carga. Podem ser executadas em grande profundidade, não sendo limitadas pelo nível d'água.

3. CARACTERÍSTICAS DAS ESTACAS E METODOLOGIA EXECUTIVA

As estacas utilizadas nas obras marítimas do EBN - PROSUB são constituídas de camisas metálicas tubulares com diâmetro externo de 100 cm e espessura de parede variando entre 1,6 cm e 2,0 cm (Figura 2). Nos últimos 50 cm de ambas as extremidades (30 cm em alguns casos) elas possuem um acréscimo de chapas (maximizando para cerca de 3,5 cm a espessura da parede), promovendo um reforço da estaca e aumentando a área de aço na seção transversal para mais de 1.000 cm². O aço utilizado foi ASTM A572 Gr.50 com tensão de escoamento (f_y) de 345 MPa e módulo de elasticidade de 2.109 tf/cm². Em projeto, as estacas foram dimensionadas pelo método de Aoki-Velloso (1975) em concordância com as normas NBR 6118:2003; 6122:2010; 9782:1987; e 8800:2008. A seção longitudinal das estacas adotadas encontra-se reproduzida na Figura 1:

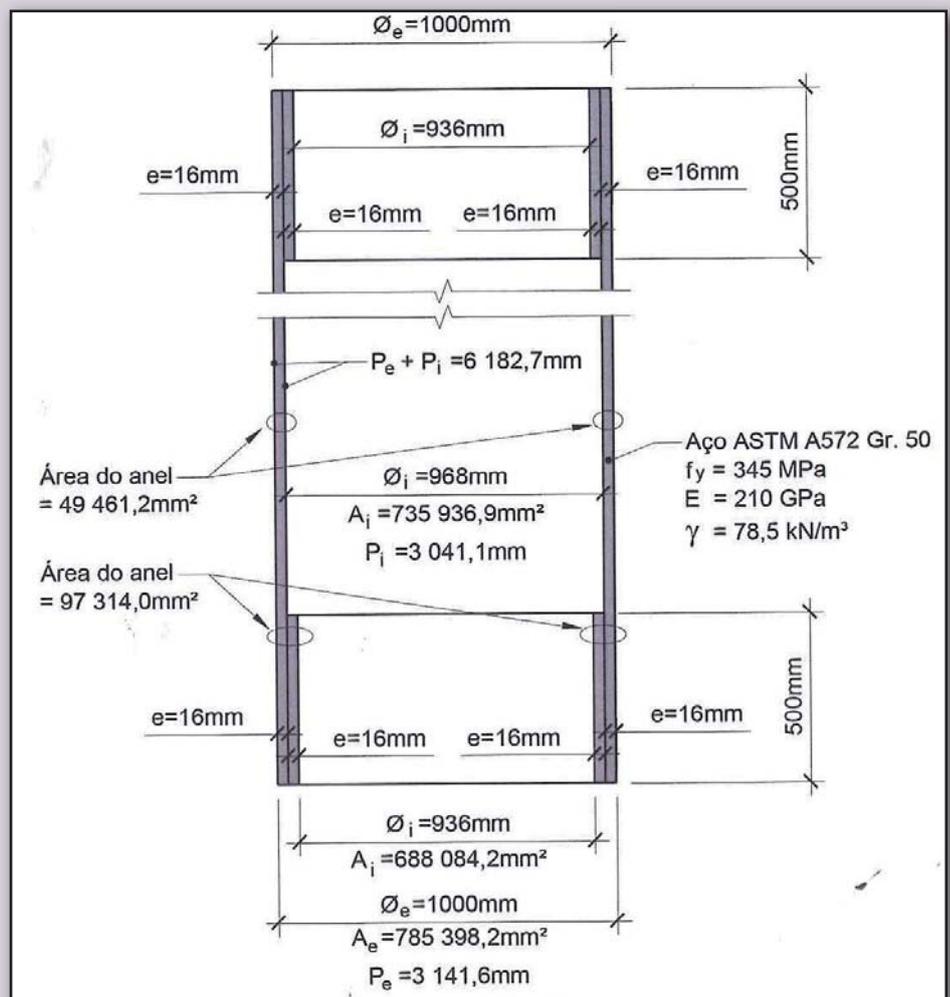


Figura 1 - Seção transversal tipo.



Figura 2 - Fabricação das camisas metálicas.

A locação das estacas no mar é realizada através do cruzamento dos alinhamentos a partir de dois pontos de coordenadas conhecidas. As estacas foram cravadas e ensaiadas mediante um sistema de cravação com acionamento hidráulico com martelo de 14 tf e altura máxima de queda de 150 cm (correspondente à energia potencial de 21,0 tf·m), conforme Figura 3. A tensão máxima de compressão não pode ultrapassar 80% da tensão de escoamento mesmo nas piores condições possíveis de cravação, a fim de evitar o amassamento da ponta da camisa.



Figura 3 - Cravação da camisa metálica.



O comprimento de cada estaca varia entre 30 e 52 metros e há no interior das camisas metálicas um preenchimento de concreto armado, somente até a profundidade necessária para resistir aos momentos fletores impostos. O concreto, introduzido através de funil após a dragagem do interior e colocação da armadura, possui $f_{ck} \geq 40$ MPa (Figura 4).



Figura 4 - Topo das estacas já concretadas.

A instrumentação dinâmica foi realizada por meio de um par de transdutores de deformação específica em um par de acelerômetros piezo-resistivos calibrados. Os sensores foram introduzidos dois a dois diametralmente opostos, de modo a detectar e compensar os efeitos de flexão na estaca, que ocorre devido à excentricidade na aplicação dos golpes.

4. MONITORAMENTO DE QUALIDADE

O rigoroso controle da qualidade, tanto na fabricação dos elementos, quanto na locação, cravação, e ensaios das estacas é essencial para uma execução e um desempenho adequado ao longo de sua vida útil. É essencial seguir as recomendações das normas de referência no assunto e controlar o estaqueamento.

No processo de fabricação das camisas metálicas o controle de qualidade consiste em inspeção visual do alinhamento e das soldas de costura, além do ensaio de ultrassom nestas soldas. A qualidade dos tubos metálicos é garantida pelo fabricante, através de relatório de ensaios dimensional, mecânico e químico.

4.1. PROVA DE CARGA DINÂMICA

O ensaio de carga dinâmica ou PDA – *Pile Dynamic Analysis* – tem como objetivo a avaliação da mobilização das cargas na interface solo-estaca, das

tensões ao longo da estaca e de sua integridade estrutural. Este ensaio é normatizado pela NBR 13208:2007 da ABNT.

Consiste na aplicação de carregamento dinâmico axial à estaca, para obtenção, além de outras informações, de uma estimativa de sua capacidade de carga, pela aplicação da Teoria da Equação de Onda, durante o processo de cravação da estaca.

O ensaio de carregamento dinâmico apresenta como vantagem a rapidez na execução com custo relativamente baixo e independe da carga que se vai medir, além de não requerer a parada de equipamentos ao redor da estaca em teste, reduzindo transtorno à obra.

4.2. PROVA DE CARGA ESTÁTICA

A Prova de Carga Estática é um ensaio que verifica a capacidade de carga de fundações e de estruturas por meio da medida das deformações obtidas com um carregamento imposto. Consiste na aplicação de uma carga de compressão em um determinado elemento da fundação, de modo a verificar a sua conformidade com as especificações do projeto. Este ensaio é normatizado pela ABNT através da NBR 6122:2010.



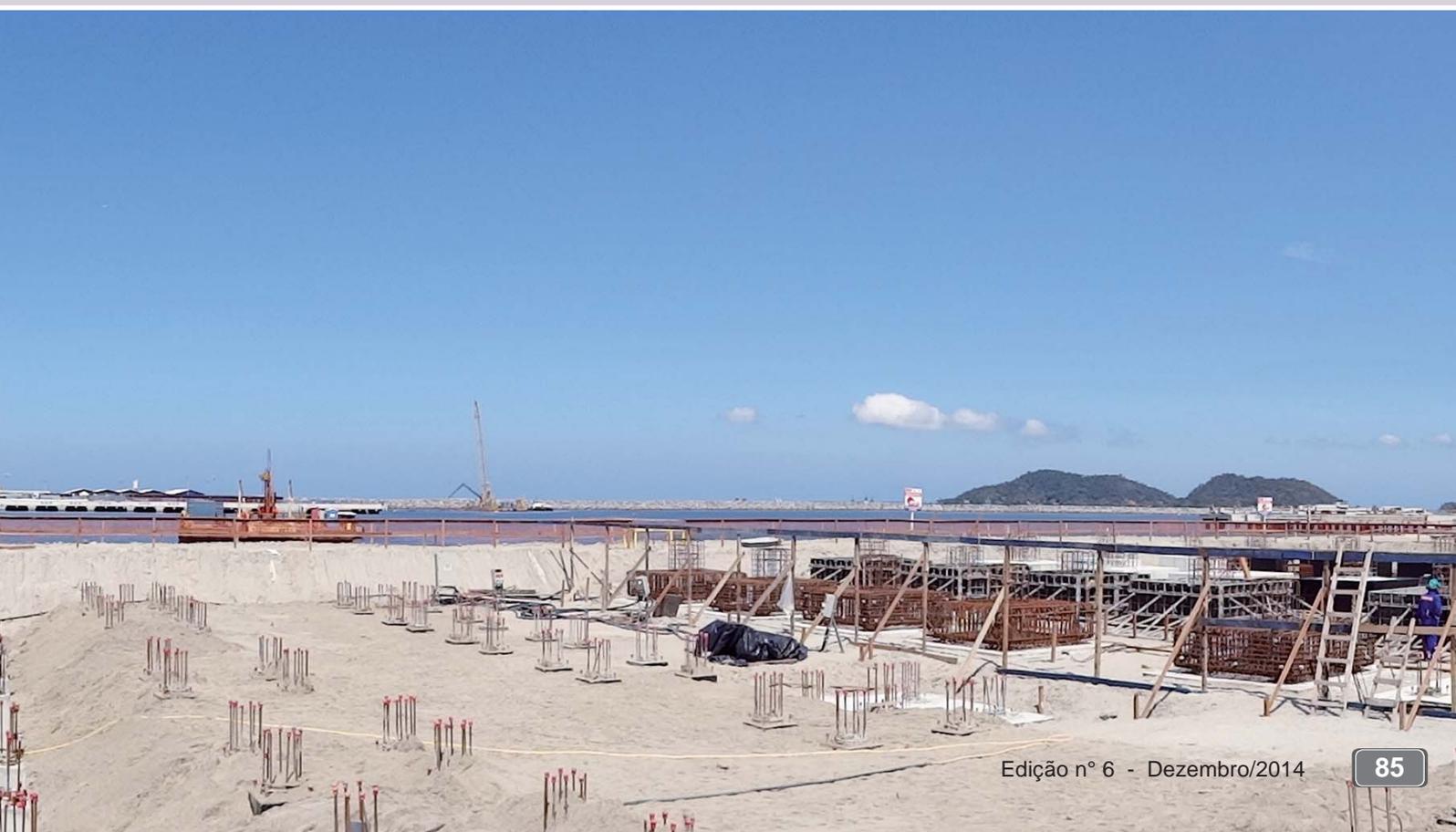
Durante a aplicação da carga, verificam-se deformações no elemento ensaiado, com o objetivo de se calcular parâmetros importantes, tais como: capacidade de carga, curva carga x deslocamento, resistência de ponta e atrito lateral, recalque associado à carga de trabalho e coeficiente de segurança do estaqueamento. A prova de carga estática constitui ainda o melhor processo capaz de fornecer um valor incontestável da capacidade de carga de uma fundação isolada.

5. CONCLUSÃO

A execução das estacas nos cais das obras do EBN - PROSUB atendeu aos diversos requisitos de projeto, tendo em vista os empecilhos inerentes a uma obra em ambiente marítimo e as características geotécnicas peculiares. Os procedimentos executivos atenderam às necessidades de prazo e foram compatíveis com as demais atividades da obra no período, algo logisticamente vantajoso.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6122: Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro, 2010.
- _____. *NBR 9782: Ações em estruturas portuárias, marítimas ou fluviais - Procedimento*. Rio de Janeiro, 1987.
- BARROS, C. *Apostila de Fundações: Técnicas Construtivas e Edificações*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul Rio Grandense. Pelotas, 2011.
- KAPPEL, R. *Portos brasileiros: novo desafio para a sociedade*. In: 57ª Reunião anual da SBPC, 2005, Fortaleza. Do sertão olhando o mar, cultura e ciência. Fortaleza: SBPC, 2005.
- MELHADO, S. B, SOUZA U. E. L., BARROS, M. M. S. B., et al. *Apostila de Fundações*. Poli/USP. São Paulo, 2002.
- REVISTA TÉCHNE; Edição 95; *Artigo: Estacas a toda prova*; Fevereiro 2005.
- RIBEIRO, T. J. T. *Processos de construção e fiscalização de obras portuárias: estudo de caso*. Dissertação – FEUP. Porto, 2011.
- SANTOS, J. P. L. *Construção com Caixotões Pré-Fabricados vs. Cais sobre Estacas em Obras Marítimas: Caso de Estudo - Ampliação do Cais do Terminal XXI*. Dissertação – Técnico Lisboa. Lisboa, 2013.





Segundo-Tenente (RM2-EN) Yuri Flôr Henrique

Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Civas Relativas ao PROSUB, a cargo da DOCM.

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

ESTACA EM PERFIL METÁLICO

A SOLUÇÃO ADOTADA PARA A FUNDAÇÃO DOS EDIFÍCIOS DO EBN-PROSUB

1. INTRODUÇÃO

Em 1954, pela primeira vez no Brasil, foi implementada uma solução de fundação em estacas metálicas na construção do edifício “Garagem América”. Os Engenheiros Lauro Rios e Professor Victor Mello usaram como solução dois perfis soldados pelas abas, formando um caixão. Há 60 anos, a medida adotada foi absoluta novidade para a geotecnia no Brasil.

Atualmente, como elementos de fundação, as estacas metálicas têm aplicação destacada em construções industriais, edifícios de múltiplos andares, pontes, viadutos, portos e torres de transmissão. No Estaleiro e Base Naval (EBN), a estaca em perfil metálico tem grande relevância, uma vez que foi a fundação adotada para a maior parte dos edifícios do empreendimento.

2. A ESCOLHA POR ESTACAS EM PERFIS METÁLICOS

A escolha da fundação é sempre feita atendendo a critérios técnicos e econômicos. Tecnicamente, considera-se que a fundação é um elemento

estrutural que tem a função de transmitir, de forma adequada e segura, os esforços provenientes da estrutura para o terreno. Economicamente, define-se a solução de fundação tecnicamente viável, a de menor custo.

O engenheiro geotécnico ou estrutural deve estabelecer quais e quantas investigações de subsolo serão necessárias. O planejamento dessas investigações é realizado com base em: planta do terreno (levantamento planialtimétrico), informações geológico-geotécnicas já disponíveis para a região, dados sobre a estrutura a ser construída e edificações vizinhas, e do conhecimento das normas e códigos de obras locais.

As investigações podem ser, dentre os diversos tipos: sondagens com trado, sondagens a percussão com SPT (*Standard Penetration Test*), sondagens rotativas, sondagens mistas, ensaios de cone (CPT - *Cone Penetration Test*), ensaios de palheta (*Vane Test*), ensaios com dilatômetro (DMT - *Dilatometric Marchetti Test*), por métodos geofísicos (sísmica de refração, sísmica de reflexão, resistividade elétrica e geo-radar), ou ainda, eventual ensaio

ou prova de carga sobre placa.

Para os edifícios do EBN-PROSUB optou-se por fundação profunda, em virtude de estarem sobre grande camada de solo compressível, composta de aterro hidráulico com espessura de aproximadamente dez metros. A NBR 6122:2010 conceitua fundação profunda como elemento de fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste), ou pela combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo três metros.

A escolha da utilização de perfil metálico como material das fundações profundas se deve às suas vantagens em relação às alternativas existentes, como estacas pré-moldadas em concreto e estacas tipo hélice. Essas vantagens, segundo VELLOSO E LOPES (2002) são listadas a seguir:

- São fabricadas com seções transversais de várias formas e dimensões, o que permite uma adaptação bem ajustada a cada caso;
- Por unidade de área de seção transversal, são as estacas que oferecem capacidade de carga mais elevada;
- Devido ao peso relativamente pequeno e à elevada resistência à compressão, à tração e à flexão, são fáceis de transportar e manipular;
- Pela facilidade com que podem ser cortadas com o maçarico ou emendadas por solda; e
- Podem-se utilizar, em casos especiais, aços resistentes à corrosão.

As desvantagens existem e, ainda de acordo com VELLOSO E LOPES (2002) são o custo e a corrosão. A norma NBR 6122:2010 preconiza que seja descontada a espessura indicada na Tabela 1 a seguir, para compensação de corrosão.

Tabela 1 – Espessura de compensação de corrosão – NBR 6122:2010.

CLASSE	ESPESSURA MÍNIMA DE SACRIFÍCIO (mm)
Solos em estado natural e aterros controlados	1,0
Argila orgânica; solos porosos não saturados	1,5
Turfa	3,0
Aterros não controlados	2,0
Solos contaminados ^(a)	3,2

^(a) Casos de solos agressivos devem ser estudados especificamente.



3. EXECUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DA FUNDAÇÃO

Estacas podem ser cravadas dinamicamente com a utilização de martelos de queda livre, à combustão ou automáticos (pneumático ou hidráulico); estaticamente; por prensagem; ou ainda por vibração. A escolha dependerá, principalmente, das características do solo, do tipo e do comprimento da estaca e dos níveis de barulho e vibração aceitáveis.

Para a cravação das estacas metálicas dos edifícios do EBN-PROSUB está sendo empregada a cravação dinâmica com adoção de martelo hidráulico como visto na Figura 1. Esse tipo de martelo é levantado por pressão de fluido hidráulico e tem duplo efeito na queda: gravidade e efeito da pressão de fluido.



Figura 1 - Cravação de perfil metálico com martelo hidráulico na obra do EBN - PROSUB.

Para garantir que o perfil seja cravado na posição de projeto são utilizados gabaritos de madeira enterrados vinte centímetros no terreno. Conforme o perfil adentra no terreno, novos segmentos são emendados no topo das estacas por solda com utilização de talas, confeccionadas a partir do próprio perfil (Figuras 2 e 3).



Figura 2 – Execução de emenda de perfis metálicos com talas na obra do EBN - PROSUB.



Figura 3 - Perfis metálicos para a fundação do prédio de Oficina de Apoio à Manutenção de Submarinos composta por 478 perfis metálicos HP250x85, totalizando mais de 14 quilômetros de comprimento e 1000 emendas.

Após o arrasamento (corte ou demolição do excesso de estaca que encontra-se acima de uma determinada cota de terreno) do perfil por maçarico na cota de projeto, e antes de executar os blocos de coroamento, são realizados os capitéis. Barras de aço são soldadas ao perfil tanto paralelamente ao seu eixo e quanto de forma helicoidal, ambas ao redor do topo do perfil conforme sequência executiva mostrada nas Figuras 4a, 4b, 4c e 4d. Sua necessidade de execução visa combater os esforços de punção que agem sobre o concreto do bloco de coroamento pois, por ocasião do carregamento da fundação, a seção transversal do perfil atua diretamente sobre o bloco.



Figura 4a



Figura 4b

Sequência executiva de capitéis (extremidade superior de um pilar) na obra do EBN - PROSUB.



Figura 4c



Figura 4d



Figura 5a

Após a concretagem dos capitéis e aplicação de impermeabilizante líquido, o terreno é reaterado até a cota do topo dos capitéis. Após esse aterro, os blocos de coroamento são executados a partir do concreto magro sobre o terreno, para posterior montagem de forma e armadura e, por último, concretagem. As Figuras 5a, 5b, 5c, 5d e 5e mostram a seqüência executiva de construção de um bloco de coroamento na obra do EBN - PROSUB.

Obra EBN - PROSUB – (Figura 5a) Demarcação da área para execução do concreto magro; (Figura 5b) Armadura e forma dos blocos de coroamento; (Figura 5c) Aplicação de pintura impermeabilizante sobre o bloco concretado; (Figura 5d) Posicionamento dos chumbadores para pilar; (Figura 5e) Pilar montado.



Figura 5b



Figura 5c



Figura 5d



Figura 5e

O controle da cravação é feito, tradicionalmente, pela nega e pelo repique e ainda por ensaios de carregamento estático e/ou dinâmico (também chamados de prova de carga) após a cravação do perfil. A nega é a penetração permanente média por golpe e o repique é o encurtamento elástico do conjunto estaca-solo em cada golpe.

O procedimento de prova de carga estática está normatizado na NBR 12131:2006 e consiste em um ensaio do tipo “tensão x deformação”, que pode ser realizado no solo estudado para receber solicitações ou no elemento estrutural de fundação construído para a obra ou especialmente para ser testado. (RODRIGUES E FILHO, 2012). Neste tipo de ensaio são feitos ciclos de carregamento e descarregamento podendo ser utilizados os seguintes sistemas de reação: cargueiras, estacas de reação ou tirantes. As Figuras 6a e 6b mostram o ensaio com emprego de macaco hidráulico e sua respectiva curva típica carga-recalque.

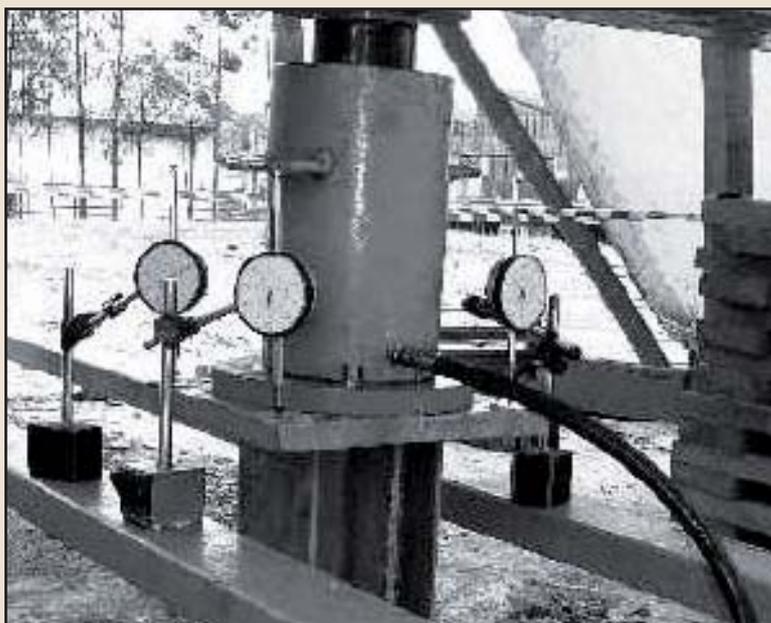


Figura 6a - Prova de Carga Estática.

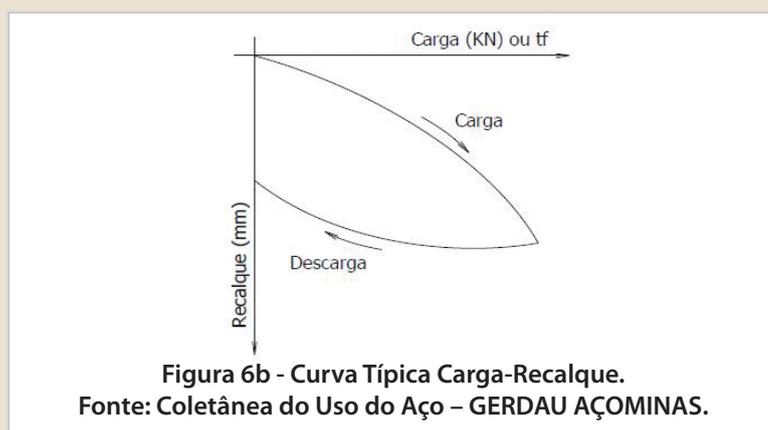


Figura 6b - Curva Típica Carga-Recalque.

Fonte: Coletânea do Uso do Aço – GERDAU AÇOMINAS.

Na fundação do Prédio Principal do Estaleiro de Construção de Submarinos, para a execução da prova de carga estática foram necessárias seis estacas de reação, com as mesmas características da estaca ensaiada e comprimento calculado em função da carga de ensaio (500 tf) e dos parâmetros de resistência do terreno.

O Ensaio de Carregamento Dinâmico, como visto nas Figuras 7a, 7b e 7c é outra importante ferramenta para o controle de qualidade de fundações profundas que objetiva principalmente determinar a capacidade de ruptura da interação estaca-solo, para carregamentos estáticos axiais. Em campo, através de instrumentação, são registrados os sinais de força e velocidade da onda de tensão provocada pelo impacto do martelo. Ele difere das tradicionais provas de carga estática pelo fato do carregamento ser aplicado dinamicamente, através de golpes de um sistema de percussão adequado. A medição é feita através da instalação de sensores no fuste da estaca, em uma seção situada pelo menos duas vezes o diâmetro abaixo do topo da mesma. Os sinais dos sensores são enviados por cabo ao equipamento PDA® (*Pile Driving Analyzer*), que armazena e processa os sinais *online* (RODRIGUES E FILHO, 2012).

Ensaio de Carregamento Dinâmico na obra do EBN - PROSUB (Fig. 7a) e (Fig. 7b) sensores; (Fig. 7c) - PDA®.





Figura 7b

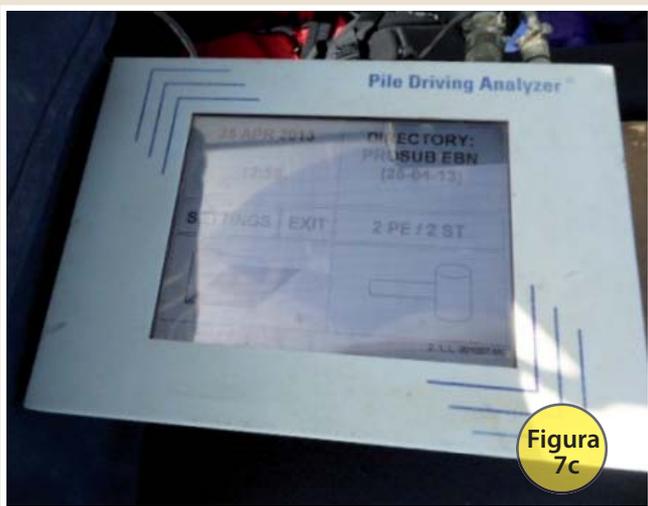


Figura 7c

4. CONCLUSÃO

Cada vez mais as estacas metálicas estão sendo adotadas como solução de fundação para obras industriais de edifícios, de pontes e viadutos. Este fato se deve às vantagens que as estacas metálicas possuem frente às alternativas, tais como: facilidade de transporte, possibilidade de cortes e emendas simples, rapidez na execução, capacidade de carga estrutural elevada e custo cada vez mais competitivo. Em uma obra com a grandeza e importância do EBN - PROSUB, sua adoção para fundação de seus edifícios ajuda a proporcionar o cumprimento de metas e prazos estabelecidos pelo Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ANDRADE, A. P. Primeira obra utilizando-se estacas metálicas no Brasil. São Paulo, SP, 1999. Disponível em: <http://www.metallica.com.br/primeiro-edificio-em-estrutura-metalica-do-brasil> Acesso em 30 de Agosto de 2014.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2010.

[3] _____. NBR 12131: Estacas – Prova de carga estática - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

[4] _____. NBR 13208: Estacas – Ensaio de Carregamento Dinâmico. Rio de Janeiro, 2007.

[5] Coletânea do Uso do Aço – Perfis GERDAU AÇOMINAS Aplicados Como Estacas Metálicas Em Fundações Profundas – GERDAU AÇOMINAS, 1ª Edição, 2006.

[6] GONÇALVES, C.; BERNARDES, G. P.; NEVES, L. F. S. Estacas Pré-Fabricadas de Concreto: Teoria e Prática, Copyright: os autores (www.estacasprefabricadas.eng.br), 1ª Edição, 2007.

[7] PDA (*Pile Driving Analyzer*) é propriedade da *Pile Dynamics, Inc.* <http://www.pile.com/pdi/>

[8] Relatório Técnico CONCREMAT – Prova de Carga Estática em Estaca (Compressão) – RT 9.1.8.008.0039.009/13 – Rev. 3 de 01 de Agosto de 2013.

[9] RODRIGUES, B. C.; FILHO, J. F. Estudo Comparativo entre Prova de Carga Dinâmica, Carga Estática de Projeto e Métodos Dinâmicos em Estacas de Perfis Metálicos: Estudo de Caso. Trabalho de Graduação. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia/UNAMA. Belém, PA, 2012.

[10] VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. Fundações: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais. Oficina de Textos, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

[11] VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. Fundações: Fundações Profundas. COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2002.



Engenheiro de Tecnologia Militar Julio dos Santos Costa Monteiro
Encarregado da 4ª Divisão de Obras da DOCM.

Graduado em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Souza Marques, Pós-graduado em Planejamento e Gestão Ambiental pela Universidade Veiga de Almeida (UVA).



Primeiro-Tenente (EN) Gizele Teixeira Araujo
3ª Ajudante da 4ª Divisão de Obras da DOCM.

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).



OBRAS DE CONTENÇÃO DA ENCOSTA DO MORRO DO BONFIM NO COLÉGIO NAVAL

1. INTRODUÇÃO

É importante recordar que em dezembro de 2009 ocorreram fortes temporais no Rio de Janeiro, com ênfase na região de Angra dos Reis, onde houve grave deslizamento da encosta do Morro do Bonfim, no Colégio Naval. Esse deslizamento atingiu as residências da vila naval localizadas a jusante da encosta, obrigando a interdição das mesmas devido aos estragos causados e ao risco iminente de novos deslizamentos (Figura 1).

2. CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO E EXECUÇÃO DA OBRA DE CONTENÇÃO DA ENCOSTA DO MORRO DO BONFIM NO COLÉGIO NAVAL

Existem vários métodos executivos de estabilização de taludes, que podem ser empregados isoladamente ou em conjunto, tais como: redução da inclinação do talude, revestimento do talude (grama, concreto projetado, etc), gabiões, muros de arrimo, muros de solo reforçado, geomantas, cortinas atirantadas, drenagem, entre outros.

A escolha do método mais adequado depende preliminarmente de investigações geológico-geotécnicas, onde serão definidos o tipo de solo, granulometria, umidade ótima, densidade



Figura 1 - Vista parcial da encosta em fevereiro de 2013.

aparente seca máxima, análise da sondagem do terreno, nível d'água, dentre vários outros aspectos para a estabilidade da encosta.

A análise de uma estrutura de contenção também deve englobar a verificação do equilíbrio do conjunto formado por dois elementos: o maciço de solo e a própria estrutura. Este equilíbrio é afetado pelas condições e por suas características intrínsecas tais como: resistência, deformabilidade, permeabilidade e peso próprio, além das condições que regem a interação entre os elementos. Estas condições de interação tornam o sistema bastante complexo e há, portanto, a necessidade de adoção de modelos teóricos simplificados que tornem a análise possível. Os modelos devem levar em consideração: características dos materiais que influenciam o comportamento global, geometria, condições locais, aspectos ambientais e caráter econômico.

Considerando esses fatores, em outubro de 2012 a DOCM analisou e aprovou o Projeto Básico.

O projeto foi concebido após execução e análise de alguns procedimentos:

- Boletins de sondagens mistas;
- Relatórios de Ensaios CBR, Compactação, Granulometria por Cisalhamento, Limite de Liquidez e Plasticidade;
- Relatório de Ensaios de Cisalhamento Direto; e
- Levantamento Topográfico atualizado.

O Projeto Básico apresentou a realização da estabilização geotécnica através do retaludamento da encosta não recuperada, com geometria adequada. Além disso, em função do grande processo erosivo existente em alguns trechos da encosta, houve necessidade de complementar a estabilização com uma cortina atirantada e estaqueada, com reforço através da técnica de solo grampeado e DHPs (Dreno Horizontal Profundo).

O retaludamento foi realizado por corte mecânico através de tratores e escavadeiras, que consistiu no método de escavação utilizado. Esse processo foi baseado na remoção e no transporte do material argiloso constituinte do terreno.

O projeto previu taludes com altura máxima de 9 metros e inclinação de 45° e 56°, intermediados por bermas com 5 metros de largura. O talude superior recebeu cortina atirantada no trecho erodido e solo grampeado nas extremidades adjacentes. O talude inferior alcançou um pequeno platô em cota aproximada em relação às das casas que se encontravam interditas.

A cortina foi formada por paramento em concreto armado de parede contínua, ancorada à parte estável do terreno por meio de tirantes protendidos e base estaqueada (Figura 2).

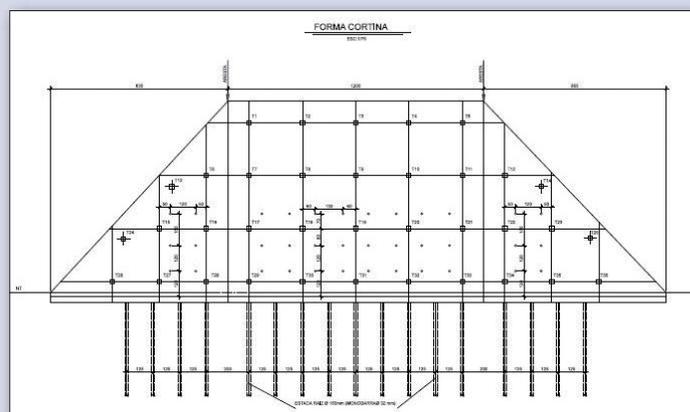


Figura 2 - Vista da cortina projetada (Projeto Básico).

Ancoragem ou tirante (Figura 3) é o elemento semi-rígido ou flexível instalado no solo ou rocha, capaz de transmitir esforços de tração entre as suas extremidades, sendo constituído dos seguintes elementos:

- **Cabeça:** extremidade que se localiza externamente ao paramento e é a parte responsável pela transmissão de esforços para a cortina. Com um macaco hidráulico, essa ponta do tirante é esticada (protensão). Como a outra extremidade está fixada no trecho ancorado, a cabeça reage contra a cortina, empurrando-a contra o solo que está contido;

- **Trecho livre:** é o trecho intermediário entre a cabeça e o trecho ancorado, que transmite as cargas de tração entre as extremidades; e

- **Trecho ancorado ou injetado:** é a extremidade que transmite ao terreno a carga de tração. Nesse trecho o tirante é acompanhado por um tubo de PVC com furos envoltos por luvas de borracha, que se expandem quando é injetada, a alta pressão, uma calda de cimento. À medida que se faz a injeção, a calda sai pelos furos e forma o bulbo de ancoragem.

O dimensionamento dos tirantes e da cortina é calculado através da análise dos procedimentos acima citados.

Neste caso, o projetista optou pela placa de ancoragem em vez de um bloco de ancoragem. Esta placa é onde o aço é preso e também é a responsável pela transferência de cargas do tirante para a cortina de concreto armado.

O capacete de argamassa é uma forma de madeira que recebe argamassa. É a última etapa da execução da cabeça do tirante e da obra.

A placa de apoio distribui as tensões na estrutura e é constituída por uma ou mais chapas metálicas. Já a curva de aço é um elemento que garante ao tirante a inclinação necessária. Se a carga não for alta, elas podem formar uma peça única.

DETALHE DA CABEÇA DO TIRANTE SEM ESCALA

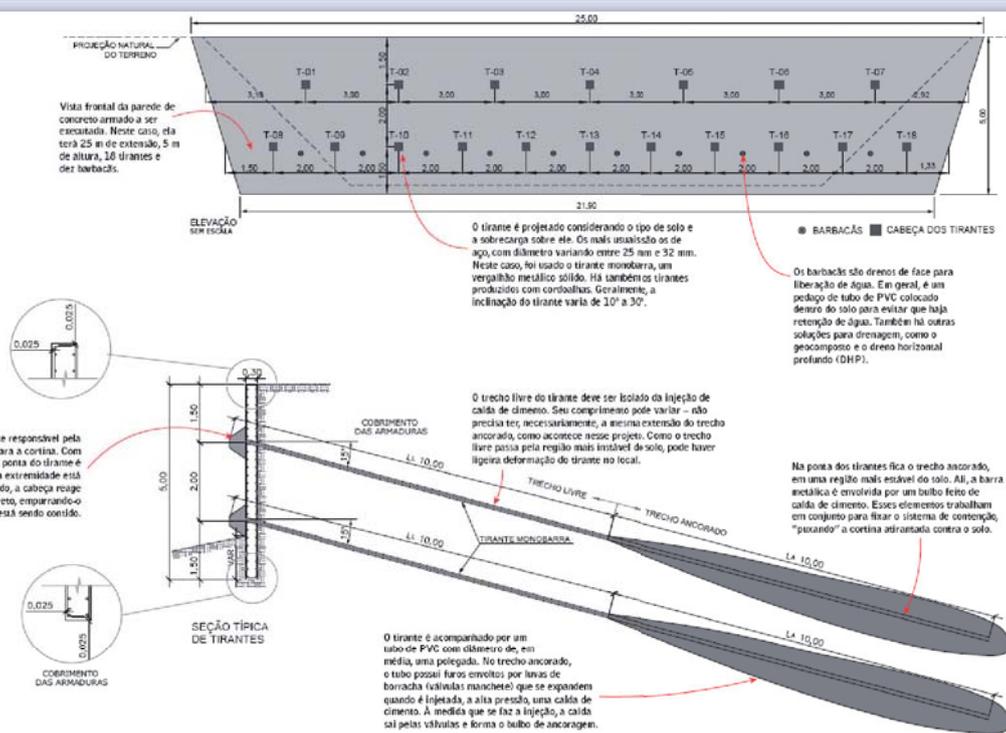


Figura 3 - Vista do conjunto de tirantes.

O grampeamento do solo consiste em um reforço obtido através da inclusão de elementos resistentes à flexão composta, denominados grampos, através de barras de aço. Os grampos são instalados sub-horizontalmente, de forma a introduzir esforços resistentes de tração e cisalhamento.



Figura 4 - Vista da instalação dos DHPs.

A complementação do processo de estabilização contou ainda com a instalação no paramento de Drenos Horizontais Profundos (DHPs), sistema de drenagem superficial e implantação da vegetação.

Os DHPs (Figura 4) são elementos que captam as águas distantes da face do talude antes que nela aflorem. Ao captá-las, eles as conduzem ao paramento e as despejam nas canaletas. Os DHPs resultam da instalação de tubos plásticos drenantes, em perfurações no solo. Os tubos são perfurados e recobertos por manta geotêxtil ou por tela de nylon. São drenos lineares embutidos no maciço.

O sistema de drenagem superficial foi composto por canaletas tipo meia cana de 30 cm de diâmetro instaladas nos pés dos taludes, ligadas a caixas de passagem e posteriormente às escadas hidráulicas (canaletas em degraus) que desagüam nas caixas coletoras inferiores, as quais conduzem o fluxo, através de manilhas de 1,20 m de diâmetro à caixa de sedimentação para direcionamento adequado das águas pluviais (Figura 5)

Entre outubro e dezembro de 2012 não houve grandes precipitações pluviométricas nem variações significativas nas condições da encosta.

Entretanto, no período entre dezembro de 2012 e março de 2013 ocorreram as precipitações pluviométricas intensas e sucessivas, provocando diversos deslizamentos e contínuas alterações no perfil da encosta. Face à fragilidade da estabilidade da encosta houve deslizamentos e alterações frequentes no seu perfil, o que gerou maior risco ao patrimônio da MB.

Em decorrência dos fenômenos citados, tornou-se imprescindível a execução de novo levantamento topográfico de toda a área dos taludes e entornos, especificamente dos trechos deslizados, visando possibilitar uma nova leitura das curvas de nível e dos acidentes registrados.

Desta forma, após análise e confronto da topografia anterior (Projeto Básico) com a topografia atual, verificou-se que uma única cortina atirantada era insuficiente geometricamente para sanar as áreas erodidas e/ou deslizadas.



Figura 5 - Vista do sistema drenagem superficial (canaletas, escadas hidráulicas e caixas coletoras).

Face às enormes crateras formadas pelos deslizamentos, quase a plano vertical, demonstrando ineficiência quanto à estabilidade dos taludes e as dificuldades operacionais para aplicação, optou-se pela supressão da implantação do solo grampeado sobre geomanta.

O projeto readequado compreende 3 cortinas atirantadas em cotas diversas, bem como 2 muros atirantados, sendo o primeiro na cota 30 e o segundo a montante das casas, visto que o muro

existente nesse local foi parcialmente destruído pelos deslizamentos de terra ocorridos (Figura 6).

O princípio básico da readequação do projeto objetivou tornar os taludes auto-sustentáveis por força das novas inclinações e das bermas de equilíbrio (plataformas), com aproveitamento máximo dos trechos existentes e/ou remanescentes sem evidências de rutura. O novo projeto também englobou a construção de cortinas e muros atirantados, revestimento vegetal dos taludes com grama

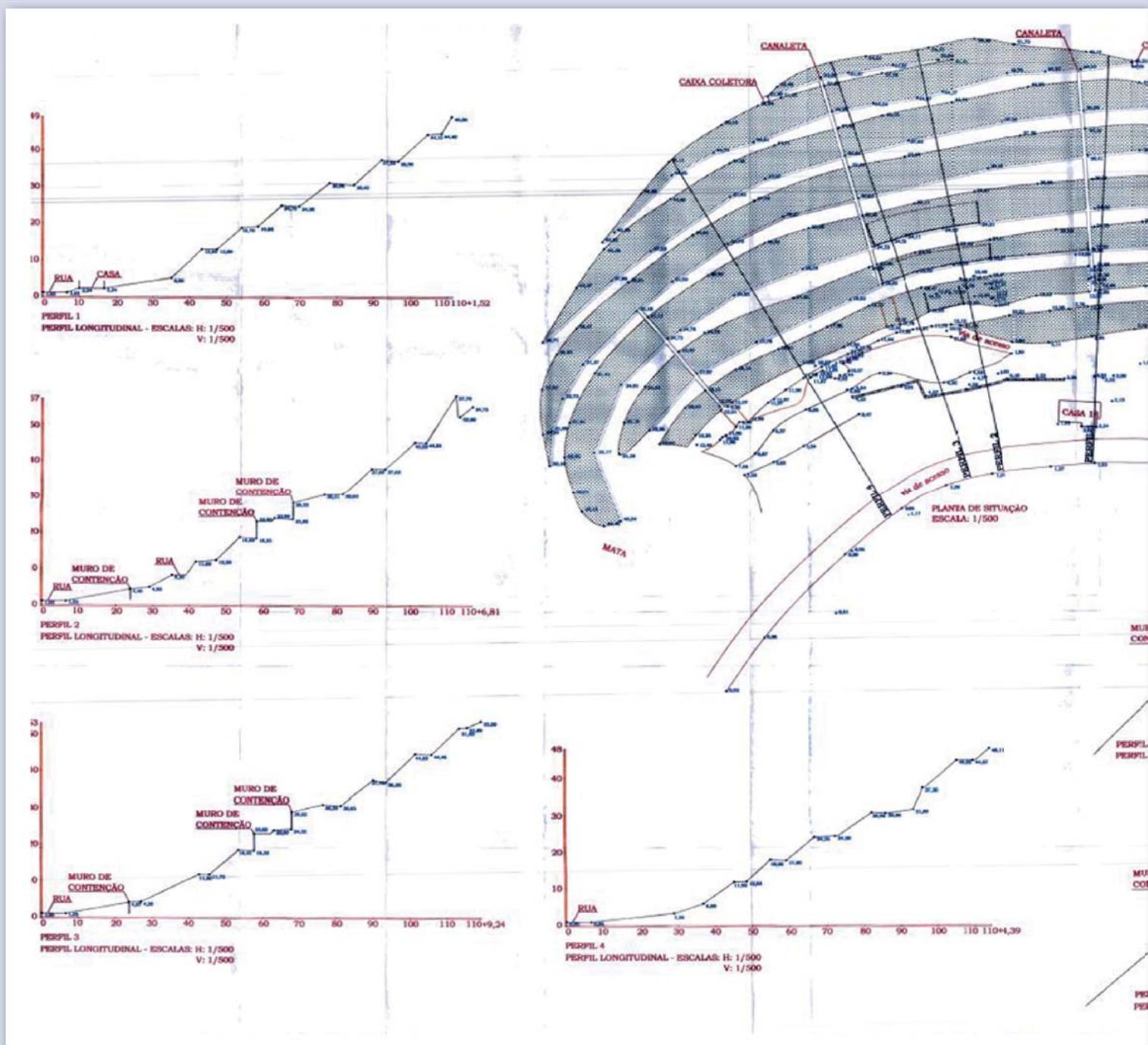


Figura 6 - Vista das 3 cortinas e dos 2 muros projetados (Projeto Executivo).

em placas e execução de sistema de drenagem.

Na execução de uma obra desse porte, são vários os desafios que se apresentam.

O aspecto ambiental é de suma importância e o cumprimento da legislação é inquestionável. Antes do início dos serviços, foi solicitada a Licença Ambiental à Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Angra dos Reis, principalmente face à imensa movimentação de terra prevista na obra.

Algumas medidas necessárias à preservação ambiental foram implementadas durante a execução da obra, dentre as quais destacamos:

- Implantar o canteiro de obras em área desprovida de vegetação e dotá-lo de infraestrutura de esgotamento sanitário, abastecimento de água e coleta de lixo;

- Adotar todas as medidas de prevenção de acidentes de trabalho, assim como munir os funcionários envolvidos com os devidos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs);

- Dispor os resíduos de construção civil em local licenciado ou previamente autorizado pela Prefeitura Municipal de Angra dos Reis e de acordo com a legislação vigente que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil;

- Dispor o material proveniente das escavações no local determinado;

- Não comercializar qualquer material lenhoso oriundo da supressão de vegetação; e

- Implementar a cobertura vegetal dos taludes, não devendo ser usada nenhuma espécie exótica de caráter invasor.

Outros grandes desafios encontrados na execução da obra de contenção foram o clima e o prazo. Na fase inicial da obra, quando foram executados os cortes e aterros para conformação dos taludes de acordo com o projeto, a ocorrência de precipitações pluviométricas intensas e/ou contínuas, praticamente obrigava a paralisação dos serviços. Nesses dias, o acesso das retroscavadeiras e caminhões tornou-se inviável e o risco de acidentes de trabalho foi muito alto. Além disso, ocorreram novos deslizamentos que resultaram em retrabalho e acréscimo de prazo. No verão, durante os dias secos e de altas temperaturas, as condições de trabalho tornam-se sub-humanas, reduzindo significativamente o rendimento dos serviços.

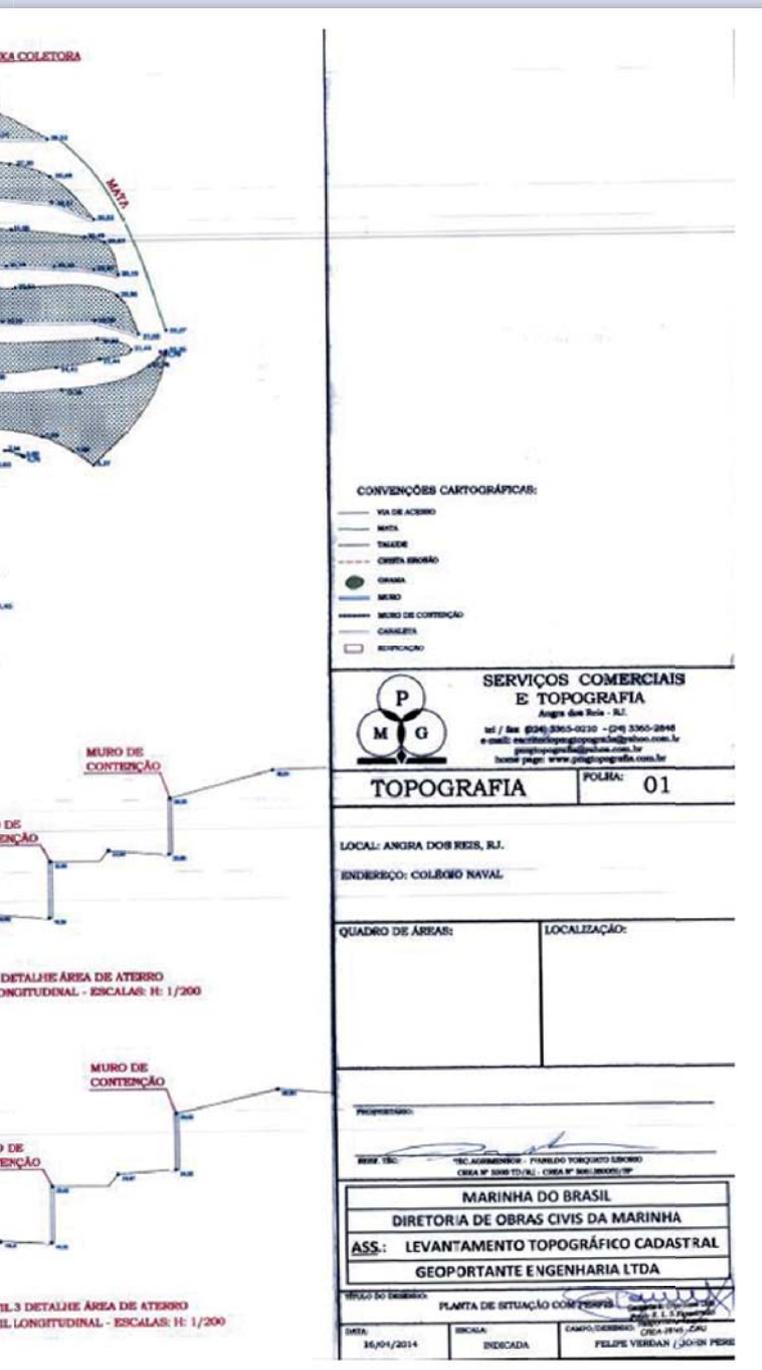




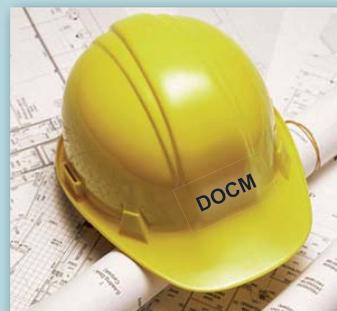
Figura 7 - Vista da obra concluída.

3. CONCLUSÃO

Em resumo, existem muitas técnicas para estabilização de áreas. A indicação da melhor solução é a que considera fatores como eficiência, para que não demandem retrabalhos constantes, segurança e custo, aliados à minimização dos impactos visuais.

Podemos afirmar, inclusive, que obras de contenção de encostas têm data certa para iniciar, porém não têm data determinada para concluir, tornando-se um grande desafio reduzir ao máximo o impacto causado pelos atrasos inevitáveis e os custos decorrentes.

Com base nestes aspectos, a Diretoria de Obras Civis da Marinha, através da análise do projeto e gerenciamento da obra de contenção da encosta do Morro do Bonfim no Colégio Naval, mostrou-se tecnicamente preparada para este desafio, cumprindo todas as etapas do processo em conformidade com a legislação vigente pertinente ao assunto.



COGESN

COORDENADORIA-GERAL DO PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINO COM PROPULSÃO NUCLEAR

Obra de construção do prédio do Escritório Técnico de Projetos da COGESN em São Paulo



A Obra

A obra compreendeu a construção de um edifício de 5 (cinco) pavimentos, com área aproximada de 550,00 m² por pavimento e 127,00 m² na cobertura, totalizando 2.877,00 m², incluindo a construção de prédio anexo para paióis e depósitos.

Incluso na obra: Grupo Gerador de 360 KVA; Sistema de UPS de 2 x 40 KVA; Sistema de ar condicionado de 180 TR; e Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio.

A DOCM prestou assessoria técnica à fiscalização da obra, concluída em agosto de 2014.



A inauguração contou com a presença do Comandante da Marinha, Almirante-de-Esquadra Julio Soares de Moura Neto, do Diretor-Geral do Material da Marinha, Almirante-de-Esquadra Luis Guilherme Sá de Gusmão, do Coordenador-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear, Almirante-de-Esquadra (RM1) Gilberto Max Roffé Hirschfeld, do Diretor do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo, Vice-Almirante (EN) Carlos Passos Bezerril e do Diretor de Obras Civas da Marinha, Vice-Almirante Luis Antônio Rodrigues Hecht, dentre outras autoridades.

Com 8ºDN

COMANDO DO 8º DISTRITO NAVAL

Obra de construção de um edifício residencial para Suboficiais e Sargentos da Capitania Fluvial do Tietê-Paraná (CFTP), em Barra Bonita - SP.



A Obra

Trata-se da construção de um edifício sobre pilotis, com seis pavimentos-tipo e cobertura, totalizando 24 apartamentos, dispendo de estacionamento coberto, *playground*, salão de festas e dois elevadores. Os apartamentos têm área útil de 107 m² e possuem três quartos, sendo uma suíte.

A DOCM prestou assessoria técnica à fiscalização das obras, concluídas em novembro de 2014.



A inauguração contou com a presença do Comandante de Operações Navais, Almirante-de-Esquadra Wilson Barbosa Guerra, do Diretor-Geral do Pessoal da Marinha, Almirante-de-Esquadra Elis Treidler Öberg, do Comandante do 8º Distrito Naval, Vice-Almirante Liseo Zampronio, do Chefe do Estado-Maior do Comando de Operações Navais, Vice-Almirante Wilson Pereira de Lima Filho, do Diretor de Obras Civas da Marinha, Vice-Almirante Luis Antônio Rodrigues Hecht e do Capitão dos Portos do Tietê-Paraná, Capitão-de-Fragata Márcio Costa Lima, dentre outras autoridades civis e militares.



A Obra

A obra foi concluída em junho de 2014 e compreendeu a estabilização da encosta por meio das técnicas de retaludamento, execução de cortinas atirantadas, além da implantação de dispositivos de drenagem e proteção superficial (cobertura vegetal).

Coube à DOCM assessorar a fiscalização do Colégio Naval no acompanhamento dos serviços.



EsqdHS-1

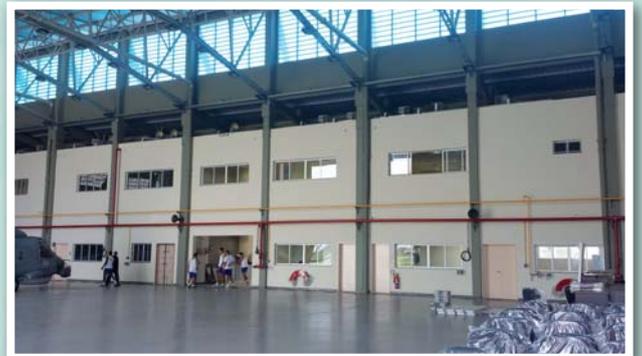
1º ESQUADRÃO DE HELICÓPTEROS ANTI-SUBMARINO

Obra de ampliação e adequação do Hangar do EsqdHS-1, localizado no Complexo Naval de São Pedro da Aldeia – RJ.



A Obra

A obra foi concluída em agosto de 2014 e compreendeu a ampliação e adequação do edifício existente, com o fim de adequá-lo às novas aeronaves MH-16 já adquiridas pela Marinha do Brasil.



Coube à DOCM assessorar a fiscalização das obras em questão.

POIT

POSTO OCEANOGRÁFICO DA ILHA DE TRINDADE

Obra para construção da Área de Pouso Administrativa (APA) do POIT, localizada na Ilha de Trindade – ES.



A Obra

Dando continuidade ao Programa de Revitalização do POIT, foi solicitada à DOCM uma assessoria técnica para as obras de construção de um heliponto para melhor atender as demandas geradas durante o abastecimento da Ilha, quando realizado por aeronave.

Em agosto de 2014, com a conclusão dos serviços, foi encerrada a assessoria à referida obra.



OBRAS CONCLUÍDAS

PROSUB

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS

Dando continuidade ao processo de divulgação das obras de construção do Estaleiro e Base Naval (EBN) para submarinos convencionais e com propulsão nuclear em Itaguaí – RJ, as informações a seguir mostram o avanço das atividades nas diversas áreas do empreendimento.

ÁREA SUL (ESTALEIRO E BASE NAVAL)

Os trabalhos na Área Sul, que agrega os estaleiros de construção e manutenção e a Base Naval, se desenvolvem em bom ritmo.

O Prédio Principal do Estaleiro de Construção de Submarinos (ESC) foi concluído em dezembro de 2014. As obras das edificações administrativas e de apoio do estaleiro de construção já se encontram em andamento.

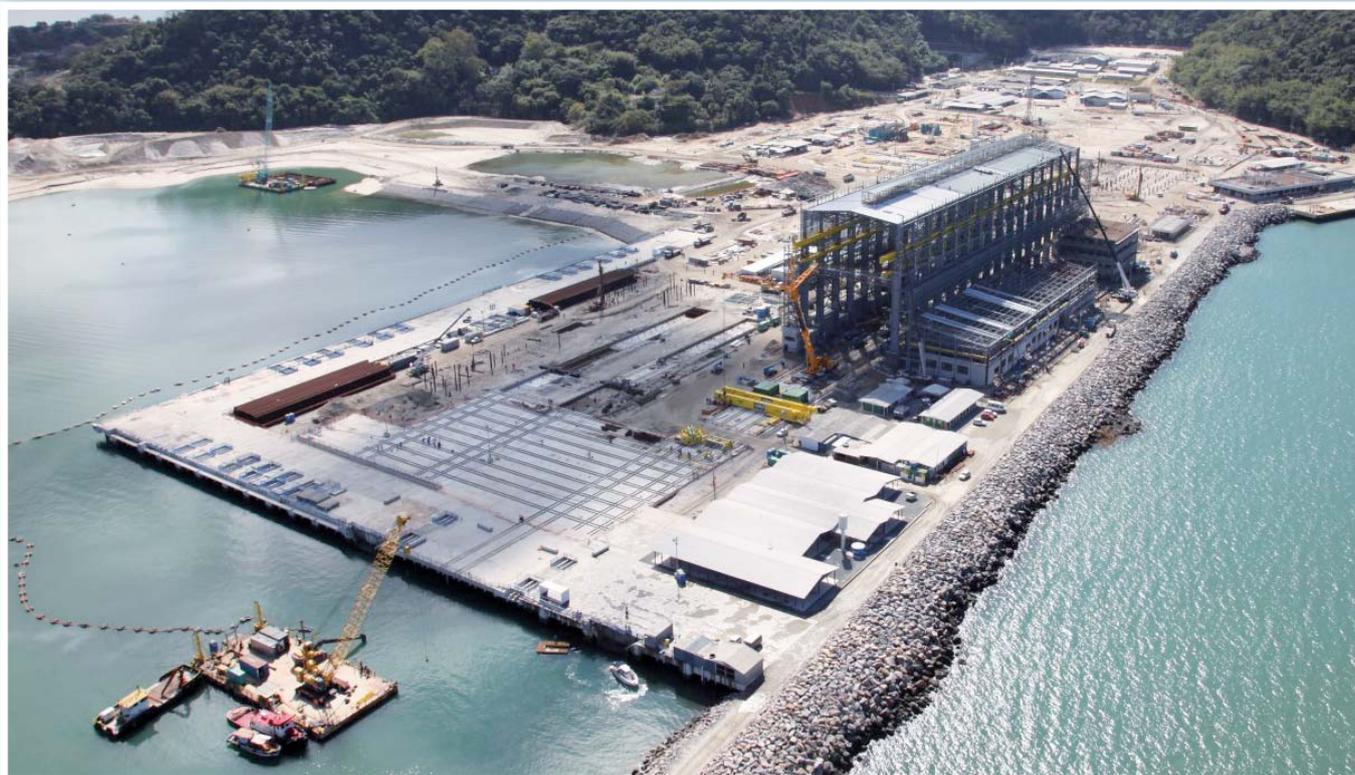
Na área da Base Naval foram iniciadas as obras de fundações do futuro prédio do Centro de Instrução e Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché (CIAMA).



PROSUB

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS

No tocante à infraestrutura marítima da Base Naval, o cais nº 5 está em fase final de construção e as estruturas dos cais nº 6, 7 e 8 foram concluídas. Com relação ao Estaleiro de Construção, as estruturas dos cais nº 12, 13 e Auxiliar foram também concluídas. O Elevador de Navios (*Shiplift*) encontra-se em fase de dragagem da bacia de manobras, devendo em breve ser iniciado o seu estaqueamento estrutural.



ÁREA NORTE (BASE NAVAL NORTE)



As obras de construção da Base Norte ainda não foram iniciadas, uma vez que a área onde a mesma será instalada vem sendo utilizada como canteiro de obras para a construção do Estaleiro e Base Naval.

OCM

ODONTOCLÍNICA CENTRAL DA MARINHA

Ampliação e modernização do prédio da Odontoclínica Central da Marinha (OCM), situado na Praça Barão de Ladário, s/nº, Centro – RJ.

A Obra

Encontra-se em andamento a obra de ampliação e modernização do prédio da OCM, na área do Com1ºDN.

A referida obra irá contribuir fundamentalmente para um melhor atendimento ao paciente por meio de um maior conforto, além de proporcionar instalações com equipamentos eficientes e modernos aos militares e civis que ali servem.



A obra está sendo realizada em quatro etapas, com previsão de entrega da 1ª fase (ampliação) no primeiro semestre de 2015. Atualmente a OCM dispõe de 75 consultórios para atendimento ao público, distribuídos em três pavimentos.

Com a ampliação de 90% da sua área atual, a futura OCM contará com 113 consultórios, além da ampliação e modernização do auditório e setores administrativos, de ensino e radiológico, com a instalação de um tomógrafo específico para a área odontológica.

Durante o período da obra, a OCM permanecerá com atendimento ao público. O cronograma prevê a conclusão das obras ao final de 2015.



Construção do Centro de Treinamento de Tiro Esportivo da Escola Naval (CTTE-EN), Ilha de Villegagnon, Centro - RJ.

A Obra

Foi iniciada em novembro de 2013 a obra de construção do CTTE-EN, com área total de 2.968,95 m², distribuída em dois pavimentos.

O CTTE-EN terá uma estrutura moderna e dimensionada para atender a demanda de treinamento de atletas brasileiros que participarão dos Jogos Olímpicos e Paralímpicos Rio 2016. Será composto por um complexo de estandes de tiro e treinamento para carabina, pistola *standard* e pistola de ar, incluindo ainda em suas instalações um moderno sistema de simuladores de tiro eletrônico.



A DOCM vem prestando assessoria técnica no que tange à fiscalização da obra.



CIANB

CENTRO DE INSTRUÇÃO E ADESTRAMENTO ALMIRANTE NEWTON BRAGA

Reforma e adequação do edifício nº 48 da BAMRJ para o funcionamento do Centro de Instrução e Adestramento Almirante Newton Braga (CIANB), Olaria – RJ.



A Obra

Foi iniciada em agosto de 2014 a obra para reforma e adaptação de um galpão industrial com área total construída de 5.733 m², distribuída em dois pavimentos, que será utilizado como novas instalações do CIANB.

A referida obra consiste na execução de fundações com aplicação de estacas do tipo raiz e superestrutura em perfis metálicos com lajes do tipo "steel-deck". A edificação contará com um elevador, ar condicionado central por sistema de água gelada com capacidade total de 170 TR, um auditório com capacidade para 270 pessoas, uma subestação de 13,8 Kv e dois transformadores, sendo um de 500 kVA e outro com 300 kVA, instalações de lógica e telefonia - 690 pontos de dados e voz com cabeamento categoria 6A, instalações hidrossanitárias e paisagismo.

A DOCM vem prestando assessoria técnica no que tange à fiscalização da obra, que tem previsão de prontificação para janeiro de 2016.



CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK

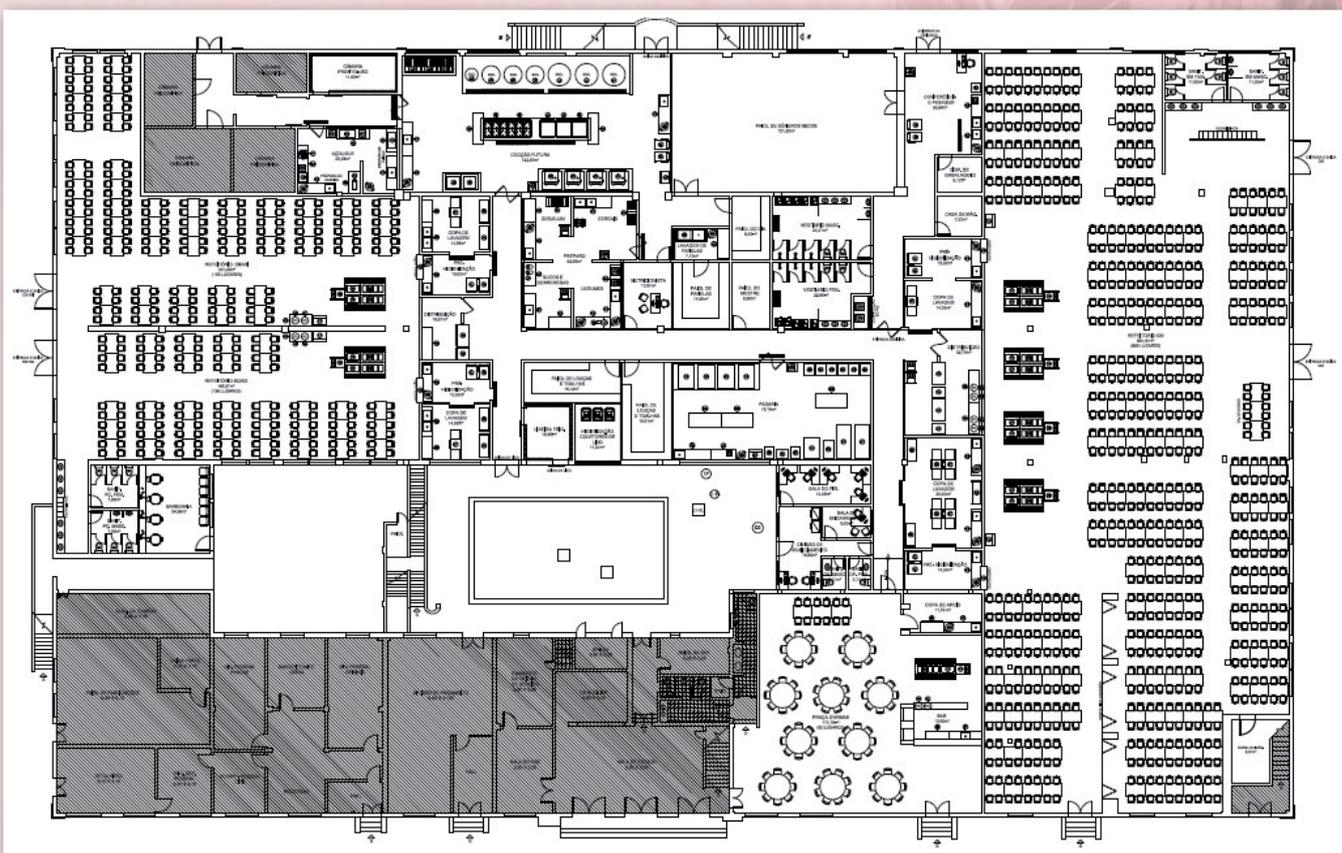
Projeto básico de modernização e ampliação da cozinha e refeitórios do CIAW, Ilha das Enxadas – Baía de Guanabara – Rio de Janeiro.

O Projeto

O projeto básico abrangeu parte do prédio da administração do CIAW, setores de cocção, paióis, refeitórios, circulações, sanitários, depósitos e apoio administrativo, com área total aproximada de 2.563 m² a ser reformada/modernizada e aproximadamente 164 m² de área de ampliação.

Não houve a necessidade de recuperação das câmaras frigoríficas existentes, porém considerou-se a demanda de energia elétrica para atender ao seu funcionamento e revisão dos circuitos alimentadores e seus dispositivos de controle.

O projeto previu ainda que a execução das obras seja realizada de maneira a alternar as áreas interditadas, para que o serviço de confecção e distribuição de refeições à tripulação não seja interrompido.



Planta Baixa Humanizada
Projeto Básico de Modernização e Ampliação da Cozinha e Refeitórios.

CIAA

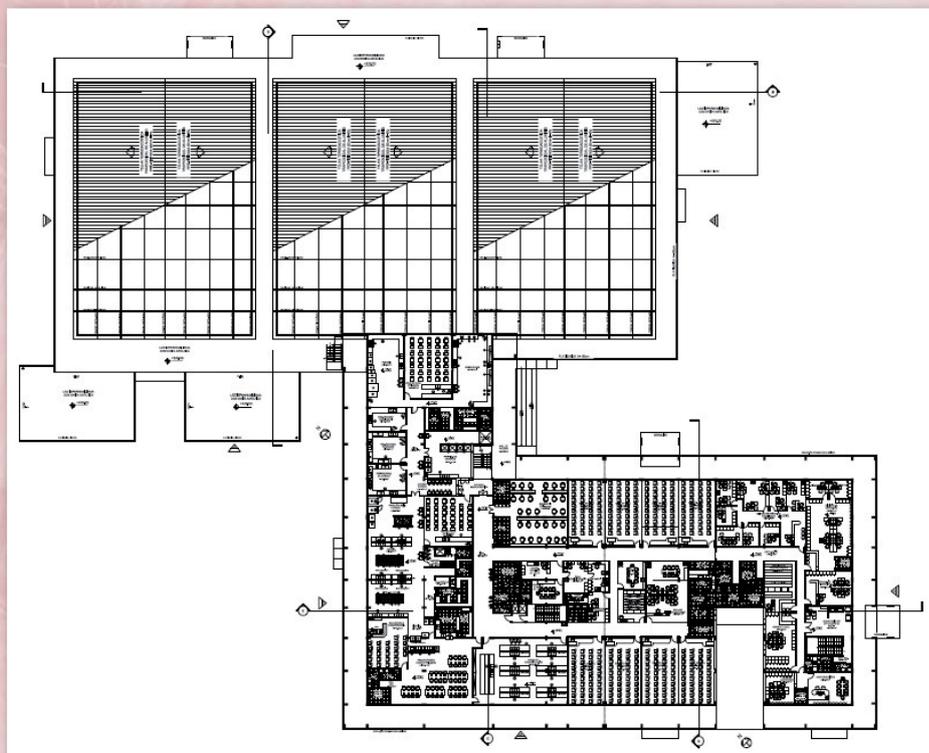
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE ALEXANDRINO

Projeto básico para a construção do prédio do Rancho, Cozinha e Escola de Taifa do CIAA, localizado na Penha – RJ.

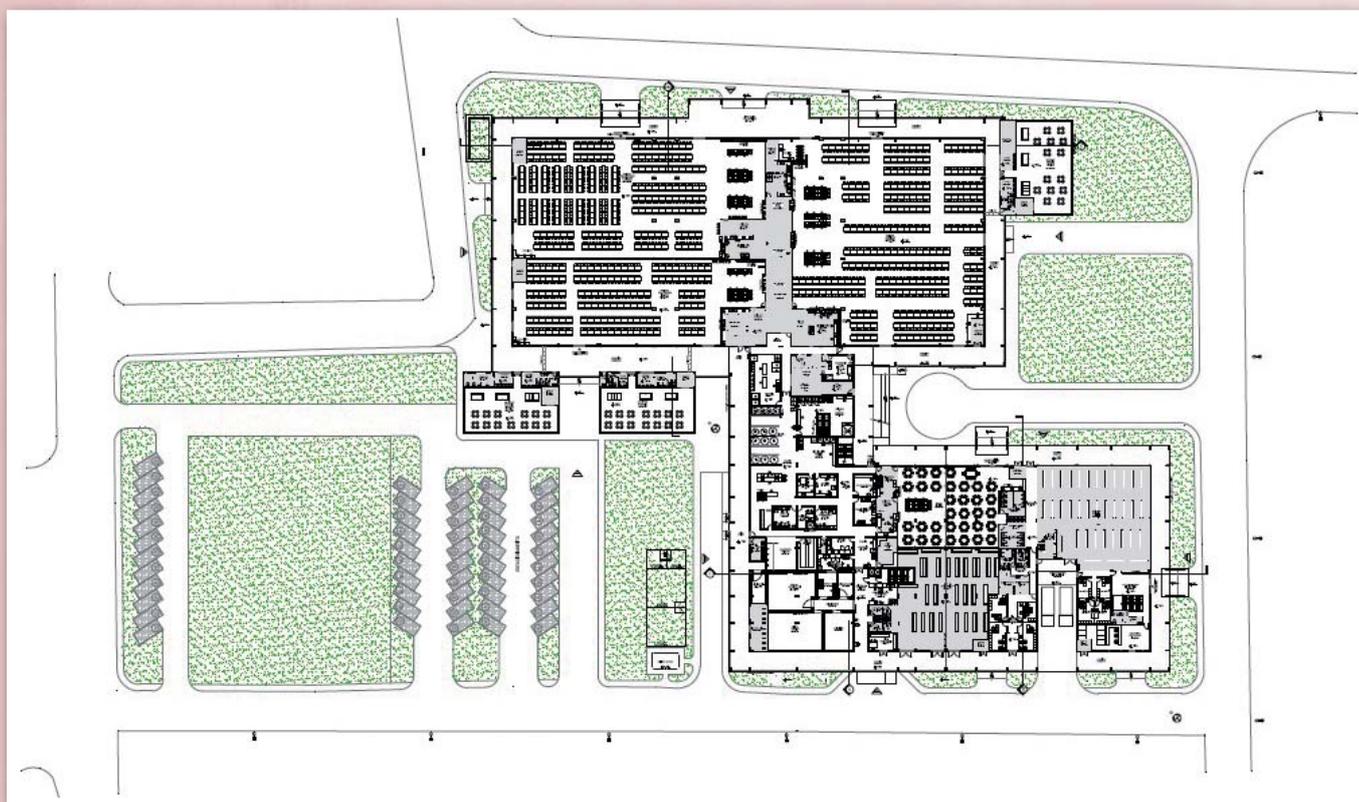
O Projeto

Trata-se de uma edificação com dois pavimentos e área total construída de 9.364,85 m², sendo 6.524,70 m² no térreo, 2.817,78 m² no 1º pavimento e 22,37 m² na cobertura.

O projeto básico apresenta uma proposta de organização dos setores, a relação entre os mesmos e as condições de acesso em relação ao público interno (funcionários e alunos) e externo (comensais, fornecedores de insumos e prestadores de serviços).



Planta Baixa 1º Pavimento
Projeto Básico para Construção do Rancho, Cozinha e Escola de Taifa.



Planta Baixa Pavimento Térreo
Projeto Básico para Construção do Rancho, Cozinha e Escola de Taifa.

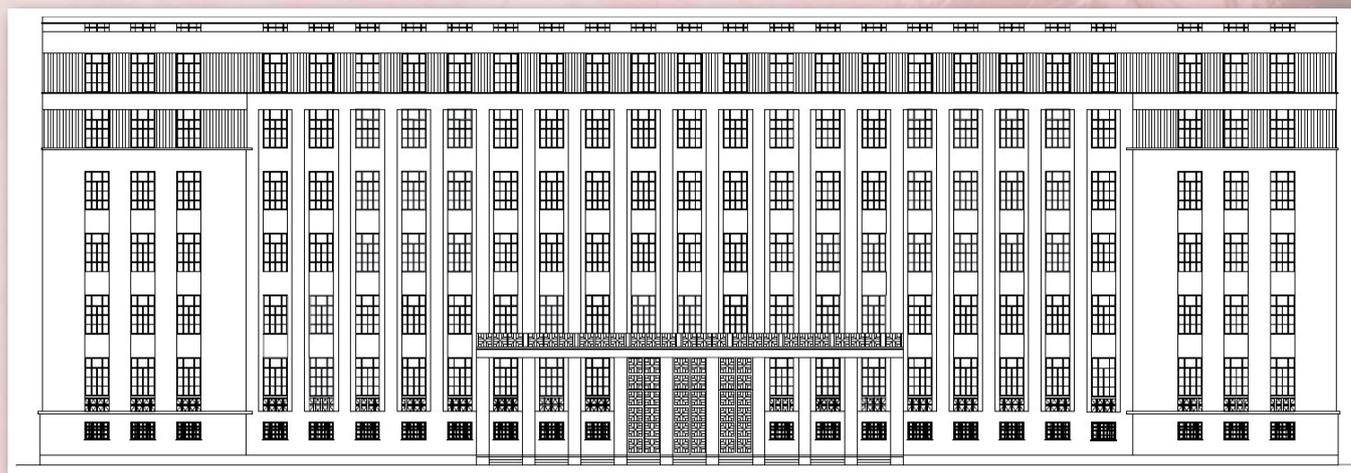
Com 1ºDN

COMANDO DO 1º DISTRITO NAVAL

Projeto básico de restauração das fachadas do Edifício Almirante Tamandaré, situado no Complexo do 1º Distrito Naval – RJ.

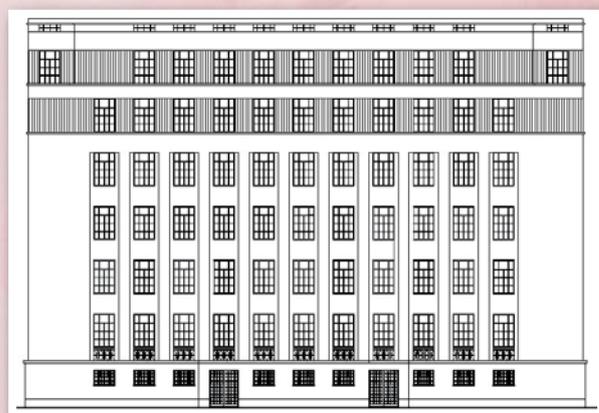
O Projeto

Este projeto teve como propósito regular a contratação de empresa especializada para a elaboração do detalhamento executivo e da execução das obras de restauro das fachadas do Edifício Almirante Tamandaré.

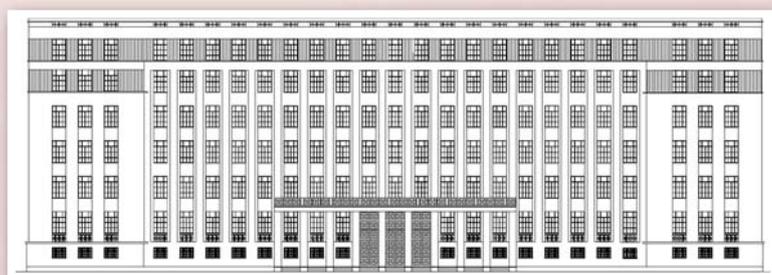


Fachada Oeste

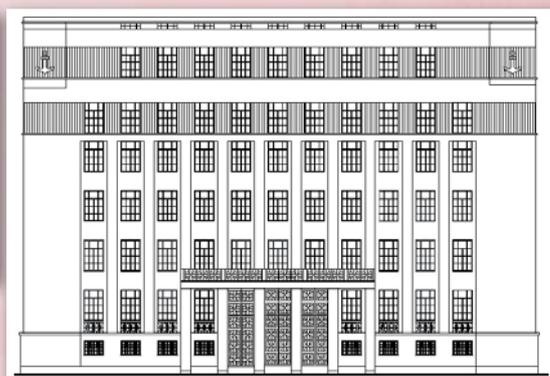
A obra de restauro visará a conservação do imóvel supracitado, preservado pelo Tombamento Provisório 09.12.1998 do INEPAC (Instituto Estadual do Patrimônio Cultural) e consistirá na recuperação dos revestimentos externos das fachadas, compreendendo os seguintes serviços: mapeamento de danos e intervenções; prospecção estratigráfica pictórica; demolições e remoções de emboço/reboco, revestimento, vegetação e elementos espúrios; e recomposição de emboço/reboco, esquadrias e revestimentos.



Fachada Norte



Fachada Leste



Fachada Sul

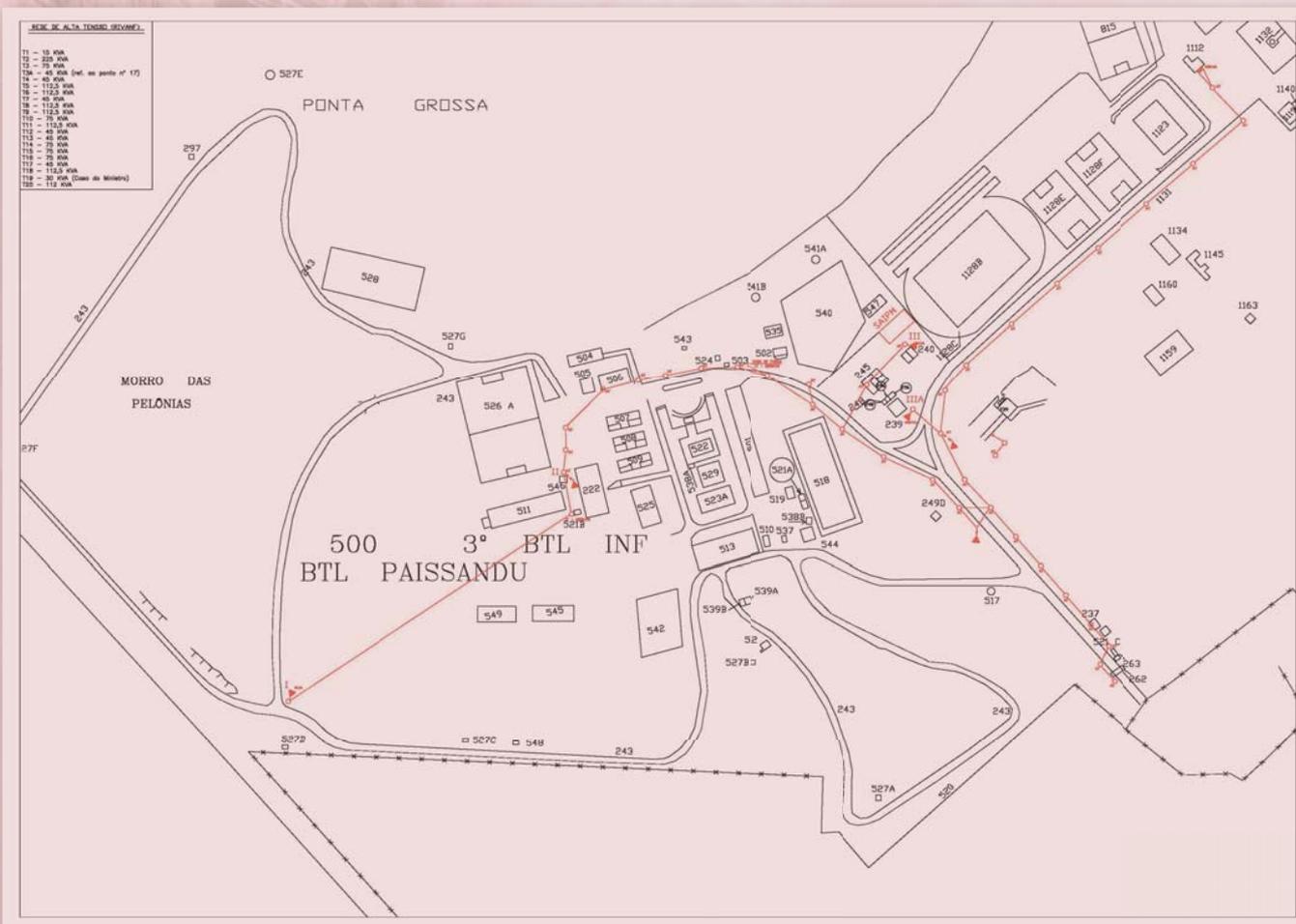
Projeto básico de adequação das subestações de entrada de energia da BFNIG, Ilha do Governador – RJ, aos padrões técnicos exigidos pela Concessionária de energia local.

O Projeto

Este projeto de engenharia teve como propósito adequar as subestações “Bananal”, “Pixunas” e do antigo Ambulatório Naval da Ilha do Governador, às exigências técnicas prescritas nas Normas Técnicas da ABNT e, especificamente, na Regulamentação para o Fornecimento de Energia Elétrica a Consumidores Atendidos em Média Tensão – RECON-MT, da Concessionária Light.

O Projeto contemplou:

1. Subestações “Bananal” e “Pixunas”: Substituição de todos os equipamentos existentes por novos, seguindo o padrão previsto no RECON-MT para subestações blindadas convencionais; e
2. Subestação do antigo Ambulatório Naval da Ilha do Governador: Reaproveitamento do transformador existente.



Planta de Situação
Projeto Básico de adequação da Subestação “Bananal” ao padrão da Concessionária.

OUTRAS ATIVIDADES RELEVANTES REALIZADAS OU EM ANDAMENTO PELA DOCM

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

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

- Elaboração de Programa para Projeto (PPP) das obras necessárias à refuncionalização de edifício com galpão industrial para abrigar a sede administrativa da AMAZUL.

- **Base Almirante Castro e Silva (BACS):**

- Elaboração de Caderno de Encargos (CEO) que regulará a contratação do projeto executivo e das obras de recuperação do cais da BACS.

- **Centro de Munição da Marinha (CMM):**

- Assessoria técnica para revisão / elaboração do projeto básico de engenharia para as obras de contenção de encostas / taludes de cinco paióis de munição do CMM.

- Assessoria técnica para contratação de serviços de manutenção, reparos e substituição de equipamentos das instalações de combate a incêndio do CMM.

- **Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN):**

- Participação em Grupo de Trabalho para definição do *layout* do Complexo Radiológico (GT-CR) do PROSUB.

- **Depósito de Combustíveis da Marinha no Rio de Janeiro (DepCMRJ):**

- Elaboração de Programa para Projeto (PPP) para especificação dos serviços de elaboração de projeto de engenharia de forma a compor processo licitatório das obras de ampliação da rede coletora de esgoto sanitário do DepCMRJ.

- Elaboração de Especificação Técnica para a contratação de empresa que realizará a construção da nova subestação (SE) de entrada / medição em Média Tensão (MT) que atende a alimentação elétrica do DepCMRJ.

- **Diretoria de Gestão de Programas Estratégicos da Marinha (DGePEM):**

- Participação na avaliação das propostas de Composição, Plano de Trabalho e Áreas de Conhecimento da Comissão de Avaliação de Arquitetura (CavA) do Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz).

- **Serviço de Assistência Social da Marinha (SASM):**

- Análise do projeto básico de engenharia contratado pelo SASM para reforma / construção das futuras instalações do Centro de Convivência de Idosos (CCId), na BHMN.

- **Unidade Integrada de Saúde Mental (UISM):**

- Elaboração do projeto básico de construção da área de lazer da UISM.

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

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

Principais Requisitos Necessários para Cadastramento

- Ser voluntário;
- Ser brasileiro nato, ambos os sexos;
- Ter menos de 37 (trinta e sete) anos de idade, tendo como referência o dia 31 de dezembro do ano da incorporação;
- Não atingir durante o primeiro ano de compromisso, o tempo de serviço militar máximo permitido pela legislação em vigor (10 anos); e
- Ter diplomas de cursos de nível superior, com validade nacional, nas habilidades fixadas pela Administração Naval.

Seleção

Entrevista, Inspeção de Saúde e Verificação de Dados Biográficos.

Local do Curso

Centro de Instrução Alte. Alexandrino (CIAA),
Rio de Janeiro / RJ.

Situação do Curso

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

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

www.com1dn.mar.mil.br
www.mar.mil.br/com2dn
www.mar.mil.br/com3dn
www.mar.mil.br/com4dn
www.mar.mil.br/com5dn

www.mar.mil.br/com6dn
www.mar.mil.br/com7dn
www.mar.mil.br/com8dn
www.mar.mil.br/com9dn

OFICIAL DO CORPO DE ENGENHEIROS DA MARINHA DO BRASIL

Principais Requisitos Necessários à Inscrição

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

Provas Aplicadas

Conhecimentos Profissionais, Redação e Tradução de Texto em Inglês.

Local do Curso

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

Situação após o Curso

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

Demais Informações

www.densm.mar.mil.br



www.mar.mil.br

Venha navegar com a Marinha na Internet



DOCM



38 Anos de Realizações Construindo a Marinha do Futuro

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

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

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