


ARSENAL DE MARINHA DO RIO DE JANEIRO: EVOLUÇÃO  
HISTÓRICA, DIAGNÓSTICO DO ESTADO ATUAL E CONSIDERAÇÕES  
SOBRE O PLANEJAMENTO DE INSTALAÇÕES

Wallace Affonso Alves

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Aprovada por:



---

Prof. Alberto Gabbay Canen, D.Sc.



---

Prof. Paulo Roberto Tavares Dalcol, Ph.D.



---

Prof. Paulo Oswaldo Boaventura Netto, Dr. Ing.



---

CMG (EN) Casimiro José Gabriel, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JUNHO DE 2006

ALVES, WALLACE AFFONSO

Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro:  
Evolução Histórica, Diagnóstico do Estado  
Atual e Considerações sobre o Planejamen-  
to de Instalações [Rio de Janeiro] 2006

IX, 101 p. 29,7 cm (COPPE/  
UFRJ, M.Sc., Engenharia de Produção,  
2006)

Dissertação - Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

1. Planejamento de instalações
2. Layout
3. Estaleiros
4. Arsenal
5. Pesquisa Operacional

I. COPPE/UFRJ II. Título ( série )

## Dedicatória

Dedico este trabalho à memória de meus pais, à minha esposa e aos meus filhos.

## Agradecimentos

Aos meus orientadores, professores Alberto Gabbay Canen e Paulo Roberto Tavares Dalcol, quero agradecer a cordialidade, paciência e atenção que sempre me dispensaram. Sentirei falta dos almoços em que, descontraidamente, nos reuníamos para discutirmos os pontos desta dissertação. É muito gratificante trabalhar com pessoas que mais incentivam que criticam e que sutilmente nos fazem perceber nossos erros.

Agradeço ao Serviço de Documentação da Marinha (SDM) por ter disponibilizado seu acervo. Em particular, gostaria de destacar a atenção que recebi de Márcia Prestes Taft, cujo profissionalismo e dedicação no trato das coisas que marcam a História da Marinha é exemplar.

Finalmente, agradeço à Marinha do Brasil pela oportunidade de realizar este curso.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ARSENAL DE MARINHA DO RIO DE JANEIRO: EVOLUÇÃO HISTÓRICA,  
DIAGNÓSTICO DO ESTADO ATUAL E CONSIDERAÇÕES SOBRE O  
PLANEJAMENTO DE INSTALAÇÕES

Wallace Affonso Alves

Junho/2006

Orientadores: Alberto Gabbay Canen

Paulo Roberto Tavares Dalcol

Programa: Engenharia de Produção

Este trabalho faz um levantamento da evolução das instalações do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, ao longo de seus 242 anos de história, a fim de identificar as práticas efetivamente empregadas na organização e distribuição espacial de suas instalações e compreender os principais condicionantes deste processo. É apresentada uma avaliação do nível tecnológico das instalações atuais do AMRJ, onde são consideradas as peculiaridades, historicamente constatadas, deste estaleiro, as referências técnicas identificadas na literatura e a percepção do pessoal, obtida através de entrevistas. Finalmente, são discutidos os aspectos mais relevantes das técnicas de planejamento de instalações e propostos pontos referenciais julgados estratégicos na concepção dos futuros projetos para o AMRJ.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Science (M.Sc.)

ARSENAL DE MARINHA DO RIO DE JANEIRO: HISTORIC EVOLUTION,  
DIAGNOSIS OF PRESENT CONDITION AND CONSIDERATIONS ABOUT  
FACILITIES PLANNING

Wallace Affonso Alves

June/2006

Advisors: Alberto Gabbay Canen  
Paulo Roberto Tavares Dalcol

Department: Industrial Engineering

This work presents a survey of the layout evolution in ship building and maintenance facilities of Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), throughout its 242 years of history. It aims to identify the practices effectively applied in the spacial organization and distribution of its facilities and to pinpoint the main constraints involved in this process. A diagnosis of the present technological situation of AMRJ facilities is discussed, which considers the historically observed peculiarities of this shipyard, as well as the technical references available in literature, and personal perceptions gained through the interviews. Finally, important issues of facilities planning methodologies are discussed and some reference points which are considered strategic to the conception of future layout designs to AMRJ are proposed.

## Índice do texto

|   |     |
|---|-----|
| Preliminares .....  | i   |
| Capítulo 1 INTRODUÇÃO .....   | 1   |
| 1.1 Motivação .....   | 1   |
| 1.2 Interesse Científico .....  | 1   |
| 1.3 Objetivos .....   | 3   |
| 1.4 O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro .....  | 4   |
| 1.5 Metodologia .....   | 6   |
| 1.6 Organização desta Dissertação .....   | 7   |
| Capítulo 2 A EVOLUÇÃO DAS INSTALAÇÕES DO AMRJ AO LONGO DO TEMPO .....   | 9   |
| 2.1 A importância da abordagem histórica .....  | 9   |
| 2.2 Origens da construção naval brasileira e conceitos náuticos importantes .....                             | 10  |
| 2.3 O Arsenal Real de Marinha no século XVIII .....   | 14  |
| 2.4 O Arsenal de Marinha no século XIX .....  | 23  |
| 2.5 O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro no século XX .....   | 31  |
| Capítulo 3 AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO DAS INSTALAÇÕES ATUAIS DO AMRJ .....                         | 42  |
| 3.1 As atividades dos estaleiros contemporâneos .....   | 42  |
| 3.2 Diferenças entre construção naval militar e comercial .....   | 46  |
| 3.3 Nível de avanço tecnológico das instalações do AMRJ .....   | 47  |
| 3.4 Percepção do pessoal em relação ao estado atual das instalações do AMRJ ..                                | 51  |
| 3.5 Diagnóstico do estado atual das instalações do AMRJ .....   | 52  |
| Capítulo 4 UMA PROPOSTA DE PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DE INSTALAÇÕES PARA O AMRJ .....                          | 58  |
| 4.1 O processo de planejamento .....  | 58  |
| 4.2 Modelagens e métodos de solução .....   | 63  |
| 4.3 Referências para a aplicação das técnicas de planejamento de instalação contemporâneas .....              | 66  |
| 4.3.1 Cenário internacional .....   | 66  |
| 4.3.2 Cenário nacional .....  | 68  |
| 4.3.3 A preservação ambiental .....   | 73  |
| 4.3.4 Necessidades do pessoal .....   | 75  |
| 4.3.5 Divisão departamental .....   | 78  |
| 4.3.6 Distâncias na Ilha das Cobras .....   | 82  |
| 4.3.7 Arranjo físico .....  | 86  |
| 4.3.8 Índices para avaliação do desempenho das instalações .....  | 87  |
| Capítulo 5 CONCLUSÕES .....   | 90  |
| Referências Bibliográficas: .....   | 93  |
| Apêndice A – Distâncias em metros na Ilha das Cobras e caminhos mínimos obtidos pelo algoritmo de Floyd ..... | 97  |
| Anexo A – Cadeia de suprimento de navios de apoio construídos no país para a PETROBRAS .....                  | 101 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Representação das medidas principais dos navios portugueses. ....  | 11 |
| Figura 2 – Reconstituição da vista do Mosteiro de São Bento em 1608 - Fonte:<br>INSTITUTO PERREIRA PASSOS (2002). ....        | 15 |
| Figura 3 – Reconstituição da vista do Mosteiro de São Bento em 1710 - Fonte:<br>IPP(2002). ....                               | 16 |
| Figura 4 – Arranjo do Arsenal Real de Marinha antes da chegada da família real (1763 à<br>1808). ....                         | 17 |
| Figura 5 – Construção da Nau São Sebastião – Fonte: GREENHALGH (1951). ....   | 19 |
| Figura 6 – Arsenal Real de Marinha da Corte em 1817 – Fonte IPP (2002). ....  | 24 |
| Figura 7 – Arranjo do Arsenal Real de Marinha em 1819 – Fonte: SERVIÇO DE<br>DOCUMENTAÇÃO DA MARINHA e GREENHALGH(1951). .... | 25 |
| Figura 8 – Arsenal de Marinha em 1830 – Fonte: GREENHALGH (1965). ....  | 25 |
| Figura 9 – Arsenal de Marinha em 1843 – Fonte: SDM. ....  | 27 |
| Figura 10 – Arranjo do Arsenal de Marinha da Corte em 1854 - Fonte: SDM. ....   | 28 |
| Figura 11 – Arranjo da Ilha das Cobras em 1854, já com algumas oficinas do Arsenal –<br>Fonte: SDM. ....                      | 29 |
| Figura 12 – Arranjo do Arsenal em 1858 - Fonte: SDM. ....   | 30 |
| Figura 13 – Arranjo geral do Arsenal de Marinha da Ilha das Cobras no programa<br>Alexandrino - Fonte: DIAS (1910). ....      | 33 |
| Figura 14 – O contorno da Ilha das Cobras e o molhe da Ilha Fiscal no início das obras –<br>Fonte: SDM. ....                  | 35 |
| Figura 15 – Arranjo da Ilha das Cobras no início das obras de aterro do cais norte, em<br>04-01-1932 - Fonte: SDM. ....       | 35 |
| Figura 16 – Pontes Alexandrino de Alencar (acima) e Arnaldo Luz em 1935 - Fonte:<br>SDM. ....                                 | 36 |
| Figura 17 – Obra de ampliação do dique Guanabara (atual dique Almirante Jardim), em<br>30-12-1942 - Fonte: SDM. ....          | 36 |
| Figura 18 – Reconstituição do arranjo do AMRJ em 1930 – Fonte: IPP (2002). ....   | 38 |
| Figura 19 – Vista do AMRJ em 12-11-1938 (Fonte: SDM). ....  | 38 |
| Figura 20 – Vista de seis navios em construção simultânea nas carreiras do AMRJ, em<br>12 -11-1941 -Fonte: SDM. ....          | 40 |
| Figura 21 – Arranjo atual do AMRJ, foto de satélite - Google Earth <sup>®</sup> (2005). ....                                  | 41 |
| Figura 22 – Processo moderno de construção de navios – Fonte: KIM <i>et al.</i> ( 2002). ...                                  | 42 |
| Figura 23 – Participação das unidades construídas no AMRJ na composição da MB<br>(1767 à 2005). ....                          | 57 |
| Figura 24 – Processo de Planejamento de Instalações proposto por TOMPKINS <i>et al.</i><br>(1996). ....                       | 61 |
| Figura 25 – Grafo representativo dos principais caminhos da ILHA das Cobras. ....   | 84 |



## Índice de tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Pesquisa em bases de dados científicas. ....  | 2  |
| Tabela 2 – Pesquisa no banco de teses da CAPES .....   | 3  |
| Tabela 3- Composição do Arsenal Real de Marinha (1763 – 1808). ....  | 17 |
| Tabela 4 - Navios da Marinha no final do Império. ....   | 31 |
| Tabela 5 - Instalações previstas para o AMIC no programa Alexandrino. ....   | 33 |
| Tabela 6 – Diques do AMRJ .....  | 49 |
| Tabela 7 – Guindastes do AMRJ. ....  | 49 |
| Tabela 8 – Tabela de coordenadas e adjacências do grafo representativos dos principais caminhos na Ilha das Cobras. .... | 85 |

## **Capítulo 1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Motivação**

O planejamento de instalações é um problema clássico da Engenharia de Produção pela sua importância no desempenho global de sistemas produtivos. Há grande disponibilidade de material teórico, com as mais variadas abordagens, focadas ora em aspectos quantitativos, ora em aspectos qualitativos. As soluções obtidas, de acordo com a complexidade do sistema e as características da ferramenta empregada, podem ser aceitáveis, eficientes ou ótimas. Diversos programas computacionais correspondem a modelos de melhoria de layouts pré-existentes (iniciais) ou modelos construtivos de soluções viáveis (novos).

Apesar desta vasta gama de recursos teóricos e práticos, CANEN e WILLIAMSON (1998) constataram, em estudo realizado na Escócia, que muito pouco desta literatura e dos programas computacionais disponíveis estava sendo efetivamente empregado pelos grupos de empresas estudados. Observou-se, ainda, que as empresas não tinham conhecimento das novas técnicas e ferramentas computacionais disponíveis, nem mostravam interesse em preencher esta lacuna. Dada a importância, aceita na unanimidade, do planejamento de layout na obtenção de vantagens competitivas, essas constatações, por um lado, são preocupantes e, por outro, oferecem um caminho potencial de melhoria do desempenho dos sistemas produtivos.

A eventual melhoria de desempenho obtida por um planejamento mais eficiente das instalações do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) pode representar economia de recursos, aumento da disponibilidade dos meios e maior segurança e conforto para o pessoal da Marinha do Brasil.

### **1.2 Interesse Científico**

Em pesquisa realizada no Portal da CAPES (2005), constatou-se que embora haja um grande número de artigos envolvendo layout, muito pouco encontra-se disponível

envolvendo o layout naval e seus termos correlatos. Na Tabela 1 é apresentado o resultado da busca por palavras chaves nas bases científicas PROQUEST e SCIENCE DIRECT, ambos disponibilizados para consulta pela CAPES. Na pesquisa com as palavras *layout* e *facility+layout*, identificou-se diversos trabalhos tratando do problema de planejamento de layout nas mais variadas áreas e abordagens, tais como, problema de layout multi-nível, busca tabu probabilística, integração entre projeto e planejamento da produção em manufaturas, layout de jornais, otimização de iluminações por algoritmos genéticos, balanceamento de linhas, otimização discreta e alguns outros selecionados e referenciados ao longo deste trabalho. Entretanto, quando a pesquisa é restringida por termos relacionados à indústria naval (*navy*, *naval*, *shipyard*), embora estejam presentes as palavras-chave pesquisadas, não há relação entre os trabalhos e a aplicação das técnicas de planejamento de layout na solução de problemas específicos da indústria naval. Só para citar, o único trabalho em que aparecem os termos *navy+facility+layout* relata a plantação de árvores numa base naval americana, fugindo ao escopo de nosso interesse.

**Tabela 1 – Pesquisa em bases de dados científicas.**

| Palavras Pesquisadas  | Fontes   |                |
|-----------------------|----------|----------------|
|                       | PROQUEST | SCIENCE DIRECT |
| Layout                | 12.759   | 3.515          |
| facility+layout       | 1.890    | 353            |
| navy+layout           | 27       | 0              |
| naval+layout          | 15       | 2              |
| shipyard+layout       | 3        | 0              |
| naval+facility+layout | 4        | 0              |
| navy+facility+ layout | 1        | 0              |

Não é muito diferente do que se observou nas dissertações e teses disponibilizadas pela CAPES. Embora alguns trabalhos envolvendo a palavra *estaleiros* (Tabela 2) tenham sido aproveitados, sendo referenciados a seguir, apenas a dissertação de QUEIROZ (1996) tangenciou a aplicação prática das técnicas de planejamento de instalações.

**Tabela 2 – Pesquisa no banco de teses da CAPES**

| Palavras Pesquisadas | Teses Capes |
|----------------------|-------------|
| Oficinas             | 80          |
| estaleiros           | 15          |
| arranjo + fábrica    | 6           |
| Oficinas+naval       | 1           |
| layout               | 1           |

Embora muitos dos trabalhos encontrados na pesquisa bibliográfica tenham um aspecto generalista que permitiria sua aplicação em diversas instalações produtivas, incluindo a indústria de construção naval, é inegável que há um grande espaço para o desenvolvimento de abordagens que explorem as peculiaridades do arranjo físico posicional, típico da construção naval.

### 1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é analisar as instalações do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) como resultante dos vários condicionantes sociais, econômicos, físicos e tecnológicos pelos quais passou essa organização militar ao longo de sua história. O objeto de estudo pode ser sintetizado em responder três perguntas fundamentais:

1. Como o AMRJ chegou ao arranjo das instalações atuais?
2. Onde se situa, em grau de evolução, as instalações atuais comparativamente às propostas na literatura especializada?
3. Quais balizas seguir nos futuros planejamentos de instalações?

Cabe comentar que uma revisão geral do arranjo físico do AMRJ, embora fosse um objetivo tentador num primeiro contato com as ferramentas de planejamento de instalações, somente seria possível com o envolvimento dos vários setores que compõem aquela organização militar. Mesmo que às custas de exaustivo esforço, se realizado isoladamente, seria um trabalho incompleto com um vício original, já que a composição de equipes multidisciplinares é parte essencial na concepção de um projeto de instalação. Dentro do prazo disponível para a elaboração de uma dissertação de mestrado e da grande quantidade e variedade de setores do AMRJ, contar com tal comprometimento poderia representar um grande risco de fracasso.

Assim, restaram dois caminhos a serem seguidos. No primeiro, a aplicação a uma oficina específica, cuja aplicação prática estaria sujeita a restrições e prioridades do AMRJ, perdendo-se inclusive o foco numa concepção global em que a fusão ou supressão de unidades fosse considerada. Optou-se por realizar um trabalho em nível gerencial que, após diagnosticar e apresentar as potencialidades das ferramentas disponíveis, motivasse a sua aplicação nas diversas áreas com maior possibilidade de bons resultados globais.

#### **1.4 O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro**

O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro é a organização militar prestadora de serviços industriais que tem o propósito de realizar as atividades técnicas, industriais e tecnológicas relacionadas à construção de unidades de superfície e submarinos e à manutenção dos sistemas de propulsão naval, geração de energia, estrutura naval e controle de avarias dos meios navais. Para a consecução deste propósito, são-lhe atribuídas as seguintes tarefas (MARINHA DO BRASIL, 2005):

- desenvolver o projeto de construção na sua fase de detalhamento e construir unidades de superfície e submarinos;
- administrar e executar as atividades de engenharia naval associadas ao detalhamento, e aos processos de construção, produção, conversão, modernização, alteração e nacionalização dos meios navais e as que objetivam o apoio técnico aos meios em serviço, na sua área de competência;

- administrar e executar a manutenção dos sistemas de propulsão naval, geração de energia, estrutura naval e controle de avarias das unidades de superfície e submarinos;
- absorver, consolidar, criar e desenvolver tecnologias compatíveis com as necessidades da Marinha do Brasil, aplicáveis à manutenção e construção de complexos navios de guerra de superfície e submarinos, bem como dos sistemas existentes nos meios navais;
- realizar as atividades de controle da produção, o controle da qualidade, a coordenação dos serviços de manutenção, as gerenciais e técnicas de abastecimento, e as da formação especializada e aperfeiçoamento de pessoal técnico, na sua esfera de competência;
- auxiliar e subsidiar as diretorias especializadas e demais organizações militares da Marinha na elaboração de normas, procedimentos, especificações e instruções técnicas para as atividades de engenharia naval relacionadas com os sistemas de propulsão naval, geração de energia, estrutura naval e controle de avarias dos meios da Marinha do Brasil;
- auxiliar as diretorias especializadas na avaliação de desempenho de equipamentos e sistemas navais, fornecendo subsídios aplicáveis ao desenvolvimento de alterações técnicas julgadas necessárias;
- construir e promover a manutenção, quando determinado, de unidades de superfície e submarinos extra-Marinha;
- promover a prestação de serviços ou produção industrial a outras organizações militares da Marinha e, quando determinado, a clientes extra-Marinha;
- promover facilidades portuárias e fornecer recursos necessários às unidades de superfície e submarinos apoiados e estacionados no AMRJ;
- prover a infra-estrutura de apoio às organizações militares da Marinha sediadas na sua área de jurisdição;
- incrementar a nacionalização de materiais utilizados na construção e manutenção das unidades de superfície e submarinos;
- administrar os recursos humanos, financeiros e materiais e conservar os recursos industriais sob sua responsabilidade; e
- administrar e dirigir as parcelas dos planos e programas da Marinha sob sua responsabilidade.

## 1.5 Metodologia

Foram realizadas análises teóricas e práticas. As análises teóricas basearam-se no levantamento da literatura disponível, tanto técnica quanto histórica, e nas principais características dos programas computacionais disponíveis. As análises práticas se deram por estudo de casos realizados em instalações típicas do AMRJ, através de entrevistas, fotografias e plantas de arranjo.

Também foi realizada uma comparação entre o nível tecnológico atual das instalações do AMRJ e o estado da arte nas grandes potências mundiais na área de construção naval e construção naval militar. A partir da análise horizontal, no plano geográfico internacional, e vertical, no plano histórico, espera-se obter referências para a avaliação de futuras medidas a implementar. A idéia é conjugar o levantamento histórico à análise comparativa, visando um diagnóstico que seja representativo de nossa realidade e que identifique parâmetros de referência para a aplicação das técnicas de planejamento de instalações contemporâneas.

As técnicas do planejamento de instalações assumem importância fundamental. TOMPKINS *et al.*(1996) propõem uma sistemática abrangente de planejamento de instalações que será aplicada como estrutura básica a partir de onde serão agregadas camadas que tragam esta sistemática da aplicação geral para uma aplicação específica na realidade atual dos serviços de reparo e construção naval do AMRJ.

Não está no escopo deste trabalho a realização de uma revisão exaustiva de todos os conceitos envolvidos. Propomos, ao invés, uma abordagem voltada para a aplicação direta que, sem deixar de apresentar de forma sistematizada os conceitos julgados relevantes para o problema de planejamento de instalações, num grau de profundidade que permita sua perfeita compreensão, concentre-se em fazer a ponte de ligação entre a perspectiva geral e a aplicação adequada às especificidades de um estaleiro militar: o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro.

Uma característica particularmente difícil em se estudar uma organização militar é a seleção das informações que possam ser divulgadas no estudo sem comprometer a segurança. O critério adotado foi o de realizar as análises, tanto quanto possível, com base em informações ostensivas, já publicadas ou divulgadas em *sites* oficiais. Felizmente, por se tratar o AMRJ de uma instalação militar industrial, que muitas vezes presta serviços extra-Marinha, há grande disponibilidade de material para estudo.

## **1.6 Organização desta Dissertação**

Após esta breve introdução, será apresentada no capítulo 2 a evolução histórica das instalações do AMRJ. Depois de discutida a importância da abordagem histórica, faz-se um marco inicial na construção naval portuguesa do século XV, apresentando alguns conceitos do cotidiano marítimo e da técnica de construção naval. Optou-se por fazer uma apresentação histórica do AMRJ nos séculos XVIII, XIX e XX, apesar da tentação de dividi-la em Arsenal continental e Arsenal na Ilha das Cobras, para melhor estratificar os fatos nas várias épocas.

No capítulo 3, são apresentadas as atividades de um estaleiro contemporâneo e as diferenças entre a construção naval militar e comercial. É feito um diagnóstico do estado atual das instalações do AMRJ com base na evolução histórica, nos níveis de evolução tecnológica previstos na literatura e na percepção do pessoal, obtida através de entrevistas não estruturadas.

O capítulo 4 apresenta as técnicas do planejamento de instalações nos aspectos julgados mais relevantes para a sua efetiva aplicação prática nas instalações do AMRJ. A partir da evolução histórica e do diagnóstico apresentados nos capítulos 2 e 3, essas técnicas são interpretadas e pontos de referência são selecionados como propostas de balizas para discussão não só no futuro planejamento das instalações, mas envolvendo todo o processo produtivo. Essas referências apresentadas de forma aparentemente livre seguem o processo de planejamento proposto por TOMPKINS *et al.* (1996), representando o primeiro passo da sua sistemática (Seção 4.1). Destaca-se nesse capítulo a discussão a respeito da divisão departamental e o método empregado no mapeamento e avaliação das distâncias na Ilha das Cobras. Também foi abordado o



cenário internacional e nacional da construção naval, a questão da preservação ambiental, as necessidades do pessoal, o arranjo típico dos estaleiros e alguns índices para avaliação do desempenho das instalações.

## Capítulo 2 A EVOLUÇÃO DAS INSTALAÇÕES DO AMRJ AO LONGO DO TEMPO

### 2.1 A importância da abordagem histórica

A palavra arsenal é uma variação do vocábulo árabe *aras-sina ah*, que significa casa de comércio e manufatura (GREENHALGH, 1951). Em português designa estabelecimento onde se constroem e reparam navios, depósito de apetrechos de guerra e casa muito bem provida e apetrechada de armas (BUENO, 1981).

A observação da evolução das instalações do AMRJ ao longo do tempo permite uma leitura dos símbolos que representaram e representam sua configuração. Essa leitura é possível porque, independentemente da existência de uma teoria que os explicasse na sua origem ou visasse sua sistematização, os espaços foram distribuídos de certa maneira para refletir os anseios das várias realidades sociais que passaram por essa instituição e deixaram suas marcas.

Dentro do processo, espera-se resgatar, mesmo que de maneira simplificada, a importância central do papel das pessoas, não como simples recursos, mas uma finalidade em si mesma. Os níveis sociais, os tratamentos dados aos servidores, empregados, militares ou, antes disso, dos prisioneiros e dos escravos que durante muito tempo compuseram a mão-de-obra desse estaleiro. É importante que esta leitura seja realizada na atualidade, mas levando em consideração os valores típicos de cada época. Espera-se, assim, levantar elementos que permitam entender melhor o contexto atual e identificar marcos da nossa cultura que devem ser melhor entendidos.

Finalmente, a revisão histórica do AMRJ tem a importância de contextualizar as várias etapas dessa organização e sua importância na configuração atual da Marinha. O objetivo é destacar os elementos fundamentais para a caracterização do AMRJ com foco nos aspectos mais relevantes do produto, processo e instalações ao longo do tempo. A partir dessa revisão, espera-se aplicar as técnicas de planejamento de instalações por uma perspectiva que melhor reflita a realidade brasileira. Procura-se, assim, uma interpretação dos fatos importantes que seja abrangente e potencialize os resultados.

## **2.2 Origens da construção naval brasileira e conceitos náuticos importantes**

A construção naval tem acompanhado a humanidade nos diversos graus de evolução das diversas civilizações. O antigo Egito já empregava as embarcações ao longo do rio Nilo. Os índios encontrados nas Américas também empregavam embarcações no seu dia a dia. Mesmo locais remotos, tal qual a Ilha de Páscoa no Pacífico, foram habitados por antigos navegadores que lá chegaram depois de longas travessias marítimas. Assim, estabelecer arbitrariamente um marco inicial para a construção naval a partir de meados do século XV visa, tão somente, reconhecer o papel das grandes navegações na origem da era moderna e as peculiaridades tecnológicas das embarcações que tiveram destaque na formação do Brasil. Com isso, espera-se resgatar os requisitos de pessoal, equipamentos, espaço e material das instalações de construção das embarcações, entendendo melhor o produto navio e sua importância no desenvolvimento da sociedade brasileira.

Até a primeira metade do século XV, a construção naval portuguesa foi pouco ativa por falta de incentivos. Contava com uma Marinha de Guerra pequena e apresentava falta de naus mercantes, mesmo para seu comércio regular, recorrendo, diante dessa realidade, ao frete de navios estrangeiros.

Essa realidade começou a mudar, em meados do século XV, com o descobrimento do caminho para o oriente, passando pela África, graças ao desenvolvimento de um novo tipo de caravela que substituiu a barca, o barinel e o bergantim. As grandes navegações portuguesas marcaram o início da Era da Modernidade. O descobrimento do caminho para as Índias, pelo Cabo da Boa Esperança e pelo continente americano, representou grande incentivo para que navegadores em busca dos altos lucros do comércio com o oriente se aventurassem a correr os enormes riscos de tais travessias.

Com o incentivo do comércio com as Índias, aquela indústria outrora inativa foi capaz de desenvolver embarcações que fizeram Portugal superar outras potências marítimas, como Holanda e Inglaterra. O incentivo à construção militar da época se deveu à necessidade dos portugueses defenderem-se dos piratas (ingleses e franceses) na região

dos Açores e do ataque das armadas turcas e árabes no Índico. Os tipos de navios mais importantes no século XVI eram a grande nau de comércio e o Galeão de alto bordo, navio específico para a guerra em alto mar.

Segundo BARATA *et al.* (1975), muito da arquitetura e das técnicas de construção naval portuguesas foram influenciadas pelos construtores mediterrânicos remanescentes da reconquista da península pelos reis e príncipes do norte. Tal influência foi dominante até a 2ª metade do século XVII, quando os estaleiros portugueses passaram a ser dirigidos por construtores franceses e ingleses.

Os portugueses prepararam-se, tecnicamente, no domínio da construção naval e na náutica para a empresa dos descobrimentos e para a defesa das rotas comerciais com o oriente. É interessante observar que apesar da excelência do projeto naval português, ele não influenciou a construção naval européia do século XVI, já que as proporções dos navios espanhóis, ingleses, holandeses e italianos mostram que eram seguidos outros traçados. Uma explicação para tal é o segredo de estado mantido pela Coroa Portuguesa para as técnicas de náutica e de construção naval.

Para se construir um navio ou embarcação, era necessário conhecer as seguintes medidas básicas (Figura 1): (A) comprimento da quilha; (B) lançamento do cadaste; (C) lançamento da roda de proa; (D) comprimento do cadaste; (E) curvatura da roda de proa e sua altura; (F) largura do gio; (G) largura (boca) e forma da baliza mestra; (H) almogama de proa; e (I) almogama de popa. As medidas eram feitas em Rumos e Palmos de Goa (1 Rumo = 6 Palmos de Goa = 1,54 m).

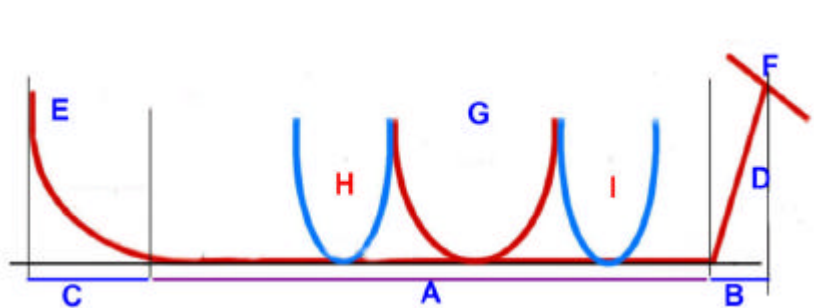


Figura 1 – Representação das medidas principais dos navios portugueses.

Pela técnica tradicional portuguesa, fazia-se o traçado dos componentes do navio, no chão da chamada Casa do Risco, casas que existiam em todos os estaleiros e arsenais. Estes riscos eram traçados pelos chamados Mestres de Ribeira com réguas, utilizando paus com tinta, a partir de desenhos (Traças) e procedimentos (Regimentos) passados de pais para filhos. As figuras curvas eram traçadas com compassos formados de estacas presas em fios, que na outra extremidade acabavam em outras estacas, para cravar no chão, e que eram o centro da circunferência, sendo o comprimento do fio o seu raio.

Muito adequada a descrição de SANTOS (1961), *apud* VEIGA (1984), das pequenas transformações por que passaram as técnicas de construção naval até a Segunda Guerra Mundial:

“Aperfeiçoaram-se os materiais utilizados, progrediram os aparelhos de bordo e os equipamentos dos estaleiros, porém, desde os tempos da Arca de Noé até as vésperas da Segunda Guerra Mundial, na maioria dos estaleiros, a construção tradicional consistia em armar-se a quilha sobre uma carreira, tora por tora e, mais tarde, chapa por chapa, seguida pela sobrequilha, as hastilhas e os vãos dos convés. Com o início da participação norte-americana, aparecem os primeiros estaleiros projetados para fabricar navios em série, a partir de projetos-padrão: Liberty, T-2 (petroleiro), etc. A tecnologia de construção naval passa, então por mudanças, destacando-se o uso extenso de soldas elétricas para a junção das peças de aço”.

As outras medidas características nos navios são o comprimento (medida longitudinal) e a boca (medida transversal). O calado é a medida da altura, desde a quilha até a superfície da água, quando o navio está flutuando. O pontal ou pontal moldado é a medida vertical entre o convés principal e a quilha. O deslocamento é a medida do peso do volume de água que o navio desloca, quando flutuando em águas tranqüilas. Esse valor é o peso do navio.

Em linhas gerais pode-se dizer que os navios de guerra têm o seu tamanho avaliado pelo deslocamento, enquanto os navios mercantes são medidos pela capacidade de carregar mercadorias. A tonelagem no linguajar marítimo é um conceito relacionado ao tamanho da embarcação que pode ser avaliado por uma medida de volume ou de peso. A origem do nome vem de sua capacidade em carregar tonéis-padrão, de volume definido.

Como as formas dos navios são arqueadas, a medida dos volumes internos do navio era difícil de calcular, exigindo o emprego de artifícios especiais para obtê-la; daí o nome arqueação utilizado para designar o cálculo do volume interno dos navios.

O volume tem utilização comercial. Cada navio tem uma tonelagem oficialmente registrada, a tonelagem bruta registrada (*Gross Registered Tonnage – GRT*), e que é utilizada, também, para o cálculo de taxas e impostos. A tonelagem líquida registrada (*Net Registered Tonnage – NRT*) corresponde ao volume disponível para carga e passageiros, correspondendo à real capacidade comercial da embarcação. Ela é medida pela tonelagem bruta da qual se deduzem certos espaços não comerciáveis (praça de máquinas, espaços da tripulação, etc). Neste sistema, uma tonelada corresponde a 100 pés cúbicos de espaço interno.

Em 23 de junho de 1969, a Organização Marítima Internacional (*Internacional Maritime Organization – IMO*) estabeleceu a tonelagem bruta padrão (*Gross Tonnage – GT*) obtida através de uma fórmula em que o volume total do navio, incluindo todos os seus compartimentos fechados, medidos em metros cúbicos, é convertido em um valor adimensional. A tonelagem líquida (*Net Tonnage - NT*) é a medida da capacidade útil do navio.

O deslocamento em peso morto (*Deadweight – DWT*) é a diferença entre o deslocamento máximo e o mínimo, consistindo no peso total de carga, combustível, água de lastro, água potável, matérias de consumo, tripulação, passageiros e bagagem. A unidade TEU (*twenty-feet shipping container*) mede capacidade em transportar *containers*.

Para fins de construção naval a unidade de medida é a tonelagem bruta compensada (*Compensated Gross Tonnage – CGT*). É obtida pelo produto da tonelagem bruta (GT) por um fator que expressa a quantidade de trabalho necessária para a construção de um navio particular. O custo por tonelada bruta compensada pode ser usado como parâmetro de eficiência do estaleiro. A tonelagem bruta compensada pode ser corrigida por um fator que corresponda à demanda de trabalho que cada consumidor específico exige. Essa correção se deve à necessidade de se considerar os graus de exigência no

fornecimento que podem variar significativamente, por exemplo, entre a iniciativa privada e o setor público.

A velocidade é medida em milhas náuticas por hora. A milha náutica equivale ao comprimento do arco de um minuto na latitude de 48 graus, correspondendo ao valor padrão de 1852,4 metros. A palavra nó vem da forma antiga de medir-se a velocidade dos navios. Um operador lançava uma barquinha à água, virava uma ampulheta e largava um cordel cheio de nós, colocados de forma que, combinado com o tempo decorrido para esvaziar a ampulheta, desse a velocidade em milhas por hora. O total de nós dava a velocidade (MARINHA DO BRASIL, 2005).

### **2.3 O Arsenal Real de Marinha no século XVIII**

A fundação do Arsenal Real de Marinha no Rio de Janeiro decorreu de fatores políticos, militares e econômicos que culminaram com a mudança da sede da Colônia, de Salvador para o Rio de Janeiro. Em 16 de outubro de 1763 assumia D. Antônio Álvaro da Cunha, nomeado Vice-Rei e Capitão General de Mar e Terra do Estado do Brasil, função que ocupou até 12 de novembro de 1767. Em carta de 29 de dezembro de 1763, enviada a Sua Majestade participa que mandara construir um estaleiro para construção de naus. Recebeu a resposta aprovando o estabelecimento do dito estaleiro em 31 de janeiro de 1765.

Com a descoberta de ouro nas Minas Gerais, o centro da economia brasileira, até então situado no nordeste do país, deslocava-se para o sudeste. FURTADO (1987) explica o rápido desenvolvimento da economia do ouro nas primeiras décadas do século XVIII pelo estado de prostração e pobreza em que se encontravam a Metrópole e a Colônia com o final do ciclo do açúcar. Em Portugal, se formou pela primeira vez uma grande corrente migratória espontânea com destino ao Brasil. Muitos escravos foram trazidos do Nordeste e a população de Piratininga emigrou em massa. O porto do Rio de Janeiro tornava-se o mais importante da Colônia pelo volume de seu comércio. Essa importância econômica teve reflexos na importância política da Capitania do Rio de Janeiro, sendo deslocado para ela a sede do Vice-Reinado.

Outro fator que também levou à necessidade de transferência, mais para o sul da sede do vice-reinado, foi a questão da expansão das colônias espanholas ao sul, que pretendiam ocupar a região Cisplatina, fazendo necessária uma vigilância mais próxima.

Apesar de todas as medidas protecionistas que proibiam a instalação de outras indústrias aqui no Brasil, esses fatores levaram à instalação de uma indústria de defesa para o fortalecimento de uma estrutura militar contra eventuais ataques das potências imperiais da época (Inglaterra, França, Espanha e Holanda). Assim, o Conde da Cunha fundou a oficina de armas do Morro da Conceição e um estaleiro para construção de navios: Arsenal Real de Marinha.

Toda a planície, onde atualmente está situado o centro do Rio de Janeiro, era uma extensa área pantanosa cercada pelos morros do Castelo, de Santo Antônio, de São Bento, da Conceição e do Desterro (Santa Teresa), onde existiam diversas lagoas (Figura 2).



**Figura 2 – Reconstituição da vista do Mosteiro de São Bento em 1608 - Fonte: INSTITUTO PERREIRA PASSOS (2002).**

O terreno escolhido já era de propriedade do governo e situava-se na base do Morro de São Bento. Quanto à localização, GREENHALGH (1951) comenta que a área em que foi estabelecido o Arsenal de Marinha não escapou à regra geral de ocupação dos espaços naturais do Rio de Janeiro: “Nenhum local mais impróprio à fundação de uma



cidade. Uma natureza prodigiosa, mas avessa às facilidades urbanísticas, obrigando ao penoso trabalho teimoso, que se tem continuado até os nossos tempos de cortar ou arrasar morros para com eles ganhar espaço para o mar ou aterrar o lodaçal das baixadas”.



**Figura 3 – Reconstituição da vista do Mosteiro de São Bento em 1710 - Fonte: IPP(2002).**

Diversos relatos permitem concluir que a localização inicial do Arsenal de Marinha não era das mais adequadas por ser estabelecido em plena praia, numa área que não lhe permitia o necessário desenvolvimento, mesmo para os padrões da época (Figura 3). O arranjo pode ser observado na figura 4, elaborada pelo pedreiro Ignácio Ferreira Pinto (GREENHALGH, 1951), mostrando o arranjo até a chegada da família real em 1808.

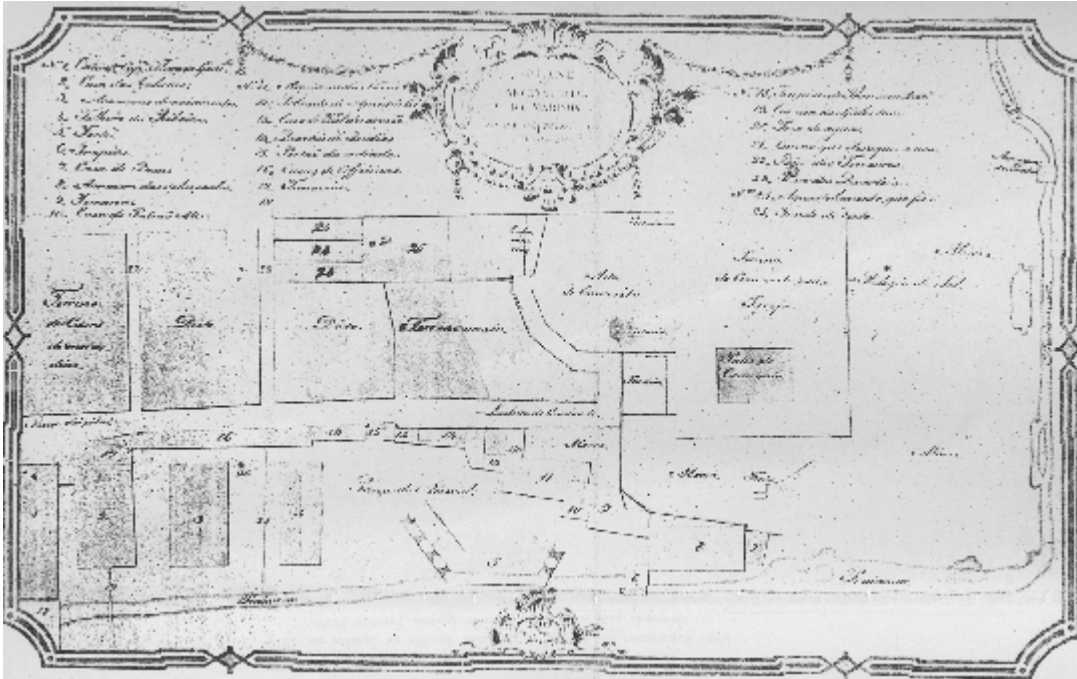


Figura 4 – Arranjo do Arsenal Real de Marinha antes da chegada da família real (1763 à 1808).

Tabela 3- Composição do Arsenal Real de Marinha (1763 – 1808).

|   |  |
|---|--|
| 1 – Casa do Capitão Thomaz Góis   | 11 – Armazém das carnes                          |
| 2 – Casa das galeotas (embarcação a remo empregado no transporte de pessoal)                                  | 12 – Não identificado                            |
| 3 – Armazéns de aviamentos  | 13 – Casa do fiel das armas                      |
| 4 – Telheiro da Ribeira (telhado destinado ao trabalho em madeira para a construção naval, propriamente dita) | 14 – Quartéis de índios                          |
| 5 – Forte   | 15 – Portão da entrada                           |
| 6 – Trapiche (pequeno armazém na beira do cais)   | 16 – Casa de oficinas                            |
| 7 – Casa do Breu (material empregado no calafate)   | 17 – Tanoaria (destinada à fabricação de barris) |
| 8 – Armazém das velas e cabos   | 18 – Trapiche de Thomaz Góis                     |
| 9 – Ferraria  | 19 – Carreira das galeotas                       |
| 10 – Casa do Patrão Mor   | 20 – Poço de águas                               |
|   | 21 – Cano que deságua a rua                      |

Fonte: GREENHALGH (1951)

Na tabela 3, verifica-se que o forte (5) e os edifícios (3) e (4), inexistentes na época do Conde da Cunha, foram construídos, possivelmente, pelo Conde Rezende, entre 1790 e 1801. Essa foi a configuração do Arsenal até a chegada da família real em 1808, quando iniciou-se sua primeira ampliação de área.

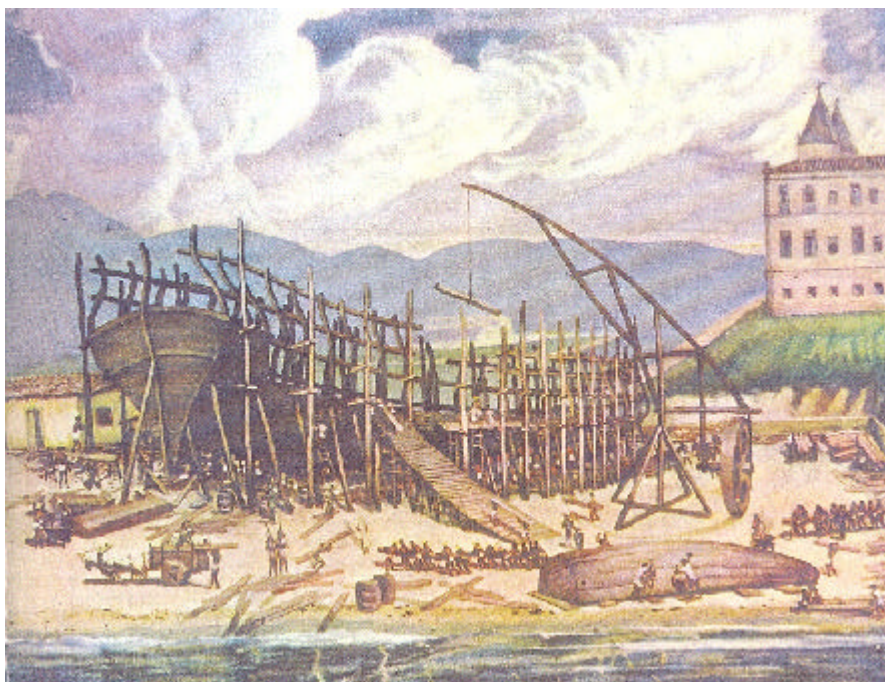
O caminho d'água (21) trazia não só água de chuva, mas todo o esgoto produzido pelas residências da região, então transportado por um escravo, apelidado de tigre, até o canal. Não é difícil imaginar o odor que se apresentava na área do AMRJ, tanto que com a primeira expansão, o dito cano foi desviado.

Observar que o Arsenal não possuía nenhum dique seco para a limpeza de cascos, a qual era realizada na Ilha das Cobras, através do aparelho de carenar naus, com dispositivos inventados pelo Brigadeiro José Fernandes Pinto, lá presente desde 1744.

Os principais materiais empregados na construção dos navios de guerra eram, em ordem de volume:

- madeira para o casco;
- madeira para a mastreação;
- madeira para as divisões internas;
- os cabos;
- os panos para as velas;
- o breu (resina extraída de árvores) e estopa para o calafate; e
- o ferro ou bronze para as ferragens e para os canhões e respectivas munições.

A primeira e única embarcação de porte lançada no período de 1763 a 1822, pelo, então, Arsenal Real de Marinha foi a Nau “São Sebastião”, conforme Figura 5. Não se conhece o autor do projeto (risco) nem a origem da mão-de-obra especializada e das formas empregadas. É possível que tudo tenha vindo da Metrópole, Portugal. Entretanto, toda a madeira empregada era nacional.



**Figura 5 – Construção da Nau São Sebastião – Fonte: GREENHALGH (1951).**

A construção teve início em 1764, antes, portanto, da resposta de Portugal aprovando o estabelecimento de um estaleiro no Rio de Janeiro. O lançamento ocorreu em 08 de fevereiro de 1767. Tinha 59,6 m de comprimento, 15,5 m de boca e 13 m de pontal. O custo da construção, incluindo armamento e equipamento, foi de 50 contos de réis, não considerada parte da madeira e quarenta bois usados para transportá-la, tudo doado pelo Mosteiro de São Bento. Estimava-se em cerca de 126 contos o custo de uma embarcação similar na Inglaterra. Quanto à qualidade do projeto e desempenho, tratava-se de uma embarcação bastante inferior aos navios da sua época construídos em outros países.

Houve iniciativas no sentido de se construírem outras embarcações nesse período, mas, por razões desconhecidas, não chegaram a ser concluídas. Na verdade, nem chegaram a ser iniciadas, não passando do recebimento das formas necessárias, vindas de Portugal.

Uma mostra interessante do protecionismo da Metrópole naquela época foi a determinação do Marquês de Pombal, em 26 de agosto de 1775, que “na construção dos navios de alto bordo a serem fabricados nos estaleiros dessa cidade, só se os fizessem, exclusivamente, pelos Riscos do Mestre Construtor do Real Arsenal de Marinha da cidade de Lisboa, Torcato José Clovino”.

Quanto aos serviços de reparo realizados pelo Arsenal não se têm muitas informações. Aparentemente, apresentava qualidade satisfatória, apesar da precariedade das instalações.

Esse, no entanto, não foi um período de tranqüilidade para o Reino Unido do Brasil. A Espanha montou uma expedição para reivindicar a hegemonia de seu império no sul do continente. Com a falta de uma esquadra eficiente e a impossibilidade da Inglaterra, tradicional protetora de Portugal, enviar embarcações, pois se encontrava combatendo os movimentos de independência em suas colônias do norte, a saída foi a frenética construção de fortificações, uma delas indicada na Figura 4, acima, a qual posteriormente foi removida, pois não está presente na Figura 7, de 1819.

Deve-se destacar que o Arsenal Real de Marinha não detinha o monopólio da construção e reparo naval, a qual era realizada por outros estaleiros privados ou não, existentes em outras regiões do Vice-Reino, principalmente, na Bahia e no Pará. Tem-se a informação que havia um estaleiro particular na Prainha, chamado Ribeira da Prainha, que teria construído a fragata “Princesa do Brasil”.

Ao que parece, a administração do AMRJ até 12 de agosto de 1797 era feita diretamente pelo Vice-Rei. A partir de então, adotou-se o mesmo sistema de administração e contabilidade empregado no Arsenal Real de Lisboa. Assumia a administração dos Arsenais instalados nas diferentes capitanias um oficial do Real Corpo de Marinha, com o título de intendente.

Só em 26 de outubro de 1808, criou-se o cargo de Inspetor do Arsenal, que acumulava outras atribuições além de dirigir a construção e o reparo naval. O Inspetor era obrigado a morar no Arsenal, não podendo pernoitar fora sem licença especial. O inspetor era oficial general (Vice-Almirante), sendo auxiliado por oficiais superiores. Havia também os mestres e contra-mestres, sendo o mestre de Ribeira o mais importante.

O pessoal que trabalhava no Arsenal era constituído por grande variedade de indivíduos. Os operários, propriamente ditos, tratavam-se de homens brancos e portugueses que traziam seus escravos como ajudantes, embolsando seus salários. Os operários eram

classificados em mandadores, oficiais (não militares), mancebos e aprendizes. As profissões exercidas eram: carpinteiro de machado, carpinteiro de casas de obras brancas, carpinteiro de lagarto, serrador, calafate, ferreiro de forja, ferreiro de lima, ferreiro de fundição de cobre, tanoeiro, poleeiro, casoqueiro, bardeneiro, pintor, funileiro, conteiro, pedreiro e tecelão.

Eram os operários assalariados, apesar do atraso no pagamento ser prática regular, chegando a alguns meses. Os operários recebiam baixos salários.

Havia também os escravos da Coroa que nunca ultrapassaram o número de 200, servindo no AMRJ e, ao que parece, tal mão de obra não era bem vista pelos Inspetores. Não por questões humanitárias ou abolicionistas, mas por considerarem que as despesas e aborrecimentos na sua administração não eram compensados, dada a baixa qualidade dos serviços e a pequena produtividade. É descrito que mesmo os libertos apresentavam baixa produtividade. Essa discussão dividiu o Império até a abolição da escravatura. O fato é que a mão-de-obra livre, ou não, era escassa.

Há um aspecto cultural levantado por FURTADO (1987) para aquela época: “Sendo o trabalho, para o escravo, uma maldição e o ócio o bem inalcançável, a elevação de seu salário acima de suas necessidades – que estão definidas pelo nível de subsistência de um escravo – determina de imediato uma forte preferência pelo ócio”. Este aspecto tem implicações na questão da valorização do trabalho na sociedade brasileira, mesmo nos dias de hoje.

Finalmente, compunha o quadro de operários toda sorte de presos ou detidos que eram alojados em alguma nau desarmada, que, necessitando de grandes reparos, era usada como presídio marítimo, denominado de presiganga. À presiganga recolhia-se todo tipo de preso: oficiais (militares), professores, degredados que aguardavam condução ou cuja pena havia sido convertida em trabalho forçado no Arsenal, recrutados, condenados pela justiça por faltas disciplinares, desertores, escravos sofrendo punições por faltas cometidas e, até, mulheres (GREENHALGH, 1998).

Os trabalhos da Casa das Velas e Armazéns do Aparelho eram executados por marinheiros, assim como os da oficina do “Troço”, nome que então se dava à oficina

que aparelhava os cabos. As manobras de peso e similares eram entregues aos escravos e às diferentes classes de presos alojados na presiganga. Os serviços de remadores nas embarcações do Arsenal eram realizados quase que exclusivamente por índios, sendo comuns as deserções.

O sistema de recrutamento para o serviço público reflete o valor do ser humano naquela época, pelo menos dos que pertenciam às classes menos afortunadas. As pessoas eram caçadas nas ruas da cidade, geralmente após o toque de recolher, “toque do Aragão”, dado pela Igreja de São Francisco, que proibia a permanência nas ruas dos escravos e dos indivíduos de camada social inferior, sem motivo especial.

Eram isentos desse recrutamento, pela sua importância, os carpinteiros de machado e os calafates. Os escravos e milicianos também tinham tal isenção, aqueles por já serem propriedade de alguém, esses por já terem sido recrutados. Este modelo de recrutamento não isentava nem mesmo os estrangeiros.

Além dos carpinteiros, os tanoeiros, fabricantes dos tonéis onde eram guardadas água e provisões nas longas travessias, tinham grande valor naquela época. Não fica claro nas fontes históricas se essa valorização era suficiente para isentá-los do recrutamento forçado.

A assistência social, quando ocorria, era devido à graça de alguma autoridade, não havendo nenhum direito a esse respeito. Rotinas burocráticas já eram descritas como causa de dificuldade no trato com o pessoal, não inspirando confiança por parte dos operários.

Essa estrutura de pessoal foi mantida ao longo de todo o século XIX, evoluindo muito lentamente no sentido de humanização dos tratamentos dispensados, principalmente nos níveis mais baixos. Os resquícios mais anacrônicos desses tratamentos levaram a revoltas no início do século XX, como a Revolta da Chibata, contra os castigos corporais ainda existentes em pleno regime Republicano.

Havia também a figura da apenação do material. Tratava-se do confisco do material necessário na primeira oportunidade que aparecesse. O governo se reservava o direito

de apropriar-se de toda a madeira disponível no porto, que fosse necessária para a construção de embarcações para a Coroa. Nenhuma surpresa a prática do confisco de material, já que as pessoas eram recrutadas conforme descrito acima.

#### **2.4 O Arsenal de Marinha no século XIX**

Esse foi um período bastante dinâmico na situação política do Brasil: Vice-Reino, Reino Unido, Independência de Portugal, 1º Reinado, Regência, 2º Reinado e República. Foi neste século que se formou uma unidade nacional.

O cargo de vice-rei perdurou até 1808, com o Conde dos Arcos (Marcos de Noronha e Brito), sendo ele o último dos vice-reis por ocasião da chegada da corte portuguesa ao Brasil, tendo sido substituído pelo príncipe regente D. João (posteriormente D. João VI).

Definitivamente, o Arsenal Real de Marinha, até 1808, não possuía condições mínimas para prestar o devido apoio a uma esquadra inteira. Até 1819, mesmo depois das inúmeras modificações, cuja reconstituição e arranjo geral são vistos, respectivamente, nas Figuras 6 e 7, realizadas pelo Príncipe Regente D. João VI, era de tal ordem a deficiência em mão de obra e em disponibilidade de materiais, que nem as poucas e pequenas embarcações necessárias, no período de sua permanência, puderam ser construídas no Arsenal, recorrendo-se aos estaleiros privados presentes na região.

As madeiras tinham origem nas matas do Rio e, após sua derrubada e devastação, outros estados (Espírito Santo, Bahia e Pará) passaram a fornecê-la. Pouco a pouco, todos os demais materiais necessários tais como ferragens, pano para velas, cabos e armamentos passaram a ser produzidos no Brasil. Em 1821, apenas se importava as lonas e cabos, cuja nacionalização não obteve sucesso.

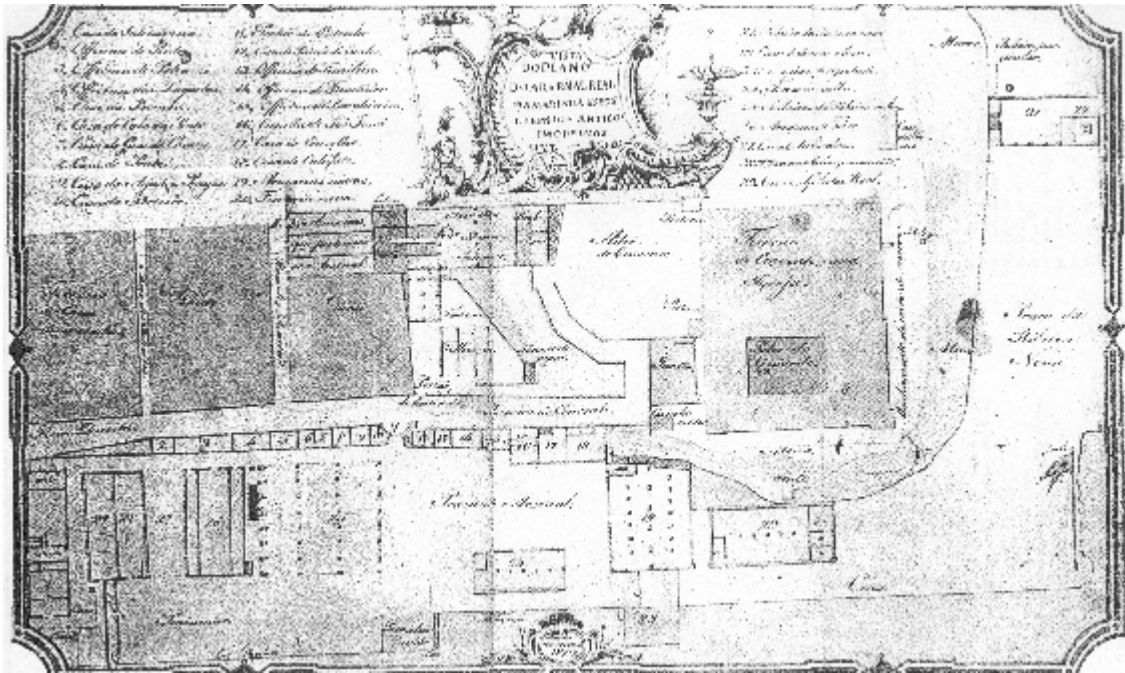




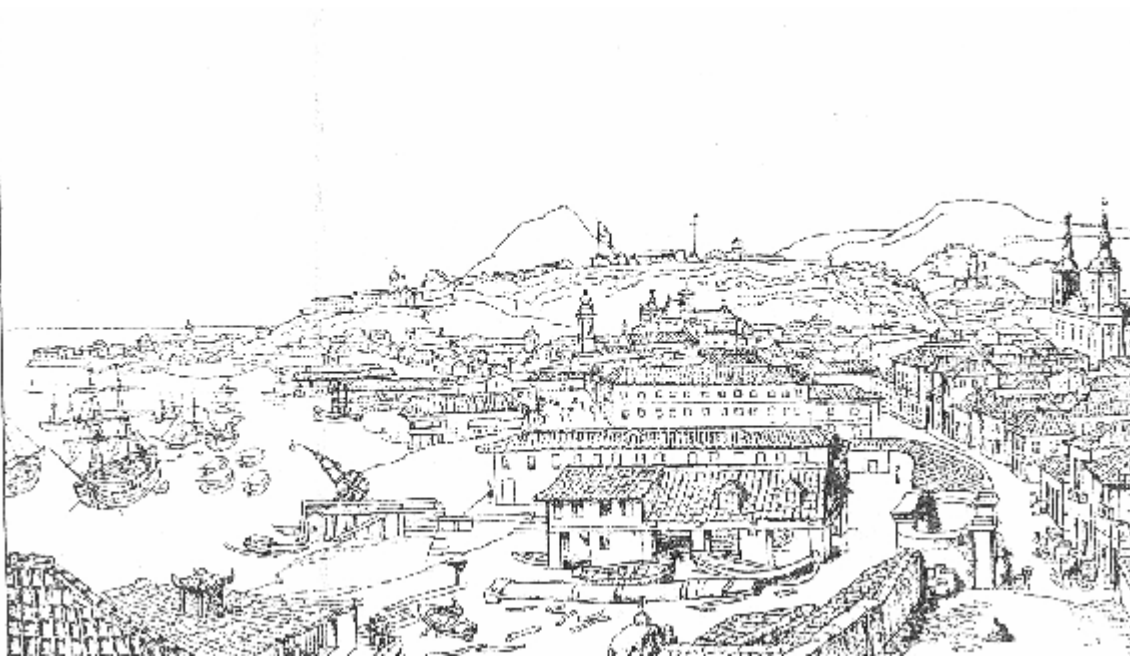
**Figura 6 – Arsenal Real de Marinha da Corte em 1817 – Fonte IPP (2002).**

Apesar dessa disponibilidade de matéria prima, o Arsenal sofria com uma crônica falta de material, possivelmente pela falta de recursos financeiros para obtenção destes materiais. Os armazéns andavam quase sempre vazios. Era sempre grande a quantidade de obras que se encontravam paradas por falta de materiais.

Já na campanha da independência o Arsenal, denominado Arsenal Real e Nacional de Marinha, tomou o papel de reparar as embarcações portuguesas que permaneceram no Brasil após o retorno da corte para Portugal: Nau “Martins de Freitas”, que mudou o nome para “Pedro I”; a Fragata “União”, que mudou o nome para “Ypiranga”; a Fragata “Sucesso” que passou a chamar-se “Niterói”; a Fragata “Real Carolina” que mudou para “Paraguassu”; e as Corvetas “Maria da Glória” e “Liberal”. Outra característica desta campanha foi a tentativa de adquirir navios na Inglaterra, o que não foi possível por falta de fundos.



**Figura 7 – Arranjo do Arsenal Real de Marinha em 1819 – Fonte: SERVIÇO DE DOCUMENTAÇÃO DA MARINHA e GREENHALGH(1951).**



**Figura 8 – Arsenal de Marinha em 1830 – Fonte: GREENHALGH (1965).**

Mesmo com a especial atenção que o Imperador D. Pedro I dispensava, visitando quase que diariamente as instalações do Arsenal, a qualidade dos serviços realizados apresentava resultados insatisfatórios. Há descrição do empenho do pessoal que, no entanto, não era suficiente para suprir a falta de materiais e infra-estrutura do Arsenal naquela época. O sucesso da participação brasileira nas campanhas da Independência e

Cisplatina se deveu mais à capacidade de superação das adversidades pelo pessoal do que ao apoio de uma estrutura adequadamente organizada.

Era notória a falta de preparo cultural e profissional da maioria dos membros da sociedade brasileira, com reflexos na composição da Marinha, mesmo dos ocupantes dos mais altos cargos à época do 1º reinado. Tal despreparo começava pelo próprio Imperador D. Pedro I (GREENHALGH,1965).

A Construção naval foi retomada, em 13/10/1824, com a Corveta Campista, projeto do 1º construtor, 1º T José dos Santos Primeiro.

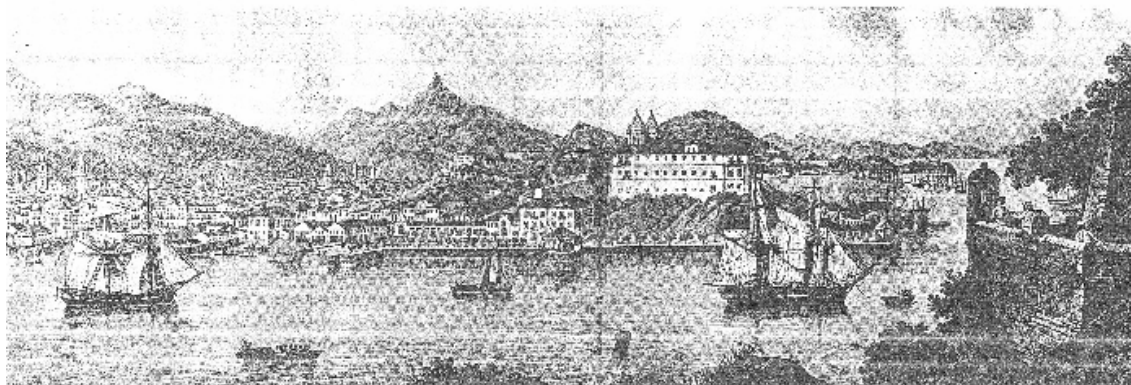
Embora no século XVIII tenham sido realizadas as primeiras experiências com a propulsão a vapor, foi no século XIX que ocorreu a sua adoção em larga escala em conjunto com os cascos de ferro (aço). Não foi uma mudança imediata, pois apresentavam construção e manutenção mais caras. Comercialmente, foi a regularidade dos navios a vapor e não sua velocidade que superou os navios à vela.

Na verdade, a manutenção dos vapores adquiridos durante o 1º Reinado representou um grande desafio para sua manutenção no Arsenal que não correspondeu ao aumento do poder naval. Foi necessária a contratação de operários estrangeiros para a conservação das máquinas e caldeiras dos navios a vapor. Muitos desses operários eram alojados no próprio Arsenal, apesar de suas exíguas instalações.

Entre as embarcações a vapor no 1º reinado estão: o Correio Imperial ‘Hibernia’; o Correio Brasileiro ‘Britânia’. Este último contava com armamento de combate contra corsário, deslocamento de 30 toneladas, comprimento 124,5 pés, boca 23 pés, calado 13 pés, potência propulsora de 120 HP, atingindo velocidade de 6 nós, consumo 12 ton carvão/24 horas.

A descrição do Arsenal Real e Nacional de Marinha, em 30 de maio de 1829, ainda era de instalações toscas (Figura 8) que não se comparavam às instalações mais avançadas no mundo, sendo referência dessa época os estaleiros ingleses. Havia falta de pessoal qualificado e de material. Os edifícios se limitavam a telheiros. Ocorria criação de galinhas nas dependências do AMRJ.

Apesar do caos político que caracterizou o final do 1º Reinado e o período das Regências não cessaram as atividades construtoras do Arsenal. Foram lançados em sua carreira três pequenos navios: o lugre “Esmenia” 1836, brigue escuna “Calíope”, em 1839 e o patacho “Argos” 1840. Na Figura 9, é apresentada uma vista panorâmica do Arsenal de Marinha em 1843.



**Figura 9 – Arsenal de Marinha em 1843 – Fonte: SDM.**

Mesmo com todas as dificuldades, no reinado de Pedro II, o Brasil manteve a posição de maior potência naval da América do Sul e o então denominado Arsenal de Marinha da Corte, o de destacado estabelecimento industrial desse continente. Foi no Segundo Reinado Imperial que o velho Arsenal alcançou o auge de sua produção e desenvolvimento no século XIX. A situação de destaque que ocupava o Arsenal no panorama industrial do continente Sul Americano mostra também o baixo grau de industrialização da região.

Um dos fatores para tal, além das restrições impostas na época de colônia ao Brasil e aos demais países da América do Sul, era a falta de carvão mineral. Esse foi o combustível da Revolução Industrial no século XIX.

Procurando acompanhar os extraordinários progressos realizados no século, na indústria em geral e, em particular, na construção naval, pelo evento de propulsão a vapor e adoção de cascos metálicos, foram criadas oficinas mecânicas próprias à manutenção e construção de geradores e máquinas a vapor. Essas tecnologias eram naquela época muito caras para operar e manter. Importávamos grandes quantidades de carvão mineral

pagando um custo elevado. A mão de obra empregada na manutenção era em sua maioria estrangeira.

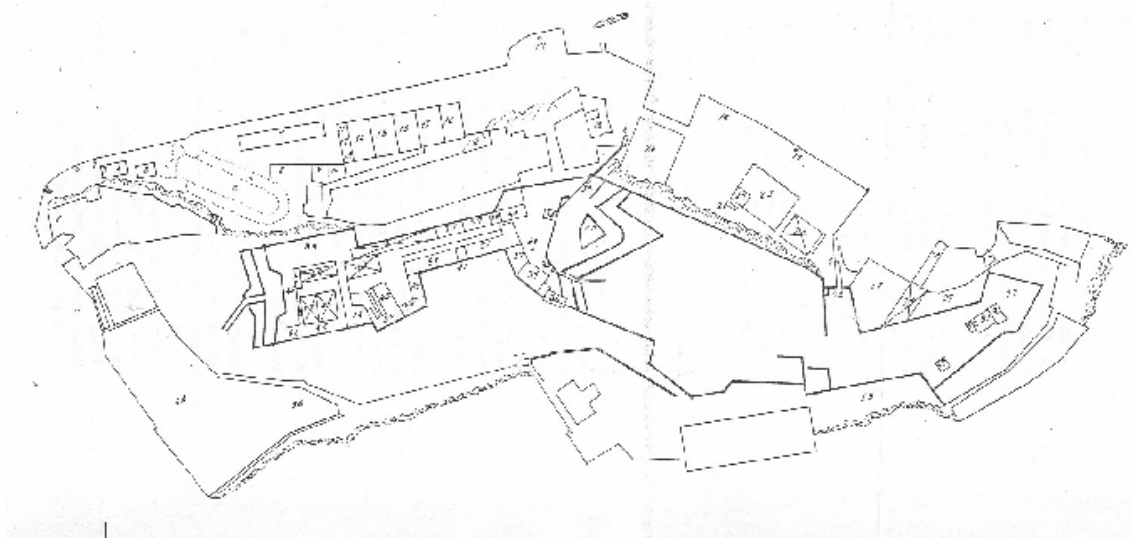
Dado que a área disponível no continente, às margens do Mosteiro, era insuficiente para atender às necessidades de desenvolvimento do AMRJ gerado pelo aumento de unidades de esquadra e à evolução pela qual passou a construção naval no século XIX, pensou-se em mudá-lo para local mais adequado e amplo. A idéia que logo ocorreu, por estar o local à vista, foi a Ilha das Cobras. O Relatório da Repartição dos Negócios da Marinha, apresentado à Assembléia Geral Legislativa em 1837, pelo então ministro Salvador José Maciel, discute a ocupação da Ilha das Cobras recomendando a aquisição gradual das propriedades particulares. Os arranjos do Arsenal e da Ilha das Cobras, em 1854, são vistos nas Figuras 10 e 11, respectivamente. Na Figura 12, é apresentado o arranjo geral do conjunto Arsenal e Ilha das Cobras. Verifica-se que a dita ilha era a extensão natural das instalações do Arsenal no continente.



**Figura 10 – Arranjo do Arsenal de Marinha da Corte em 1854 - Fonte: SDM.**

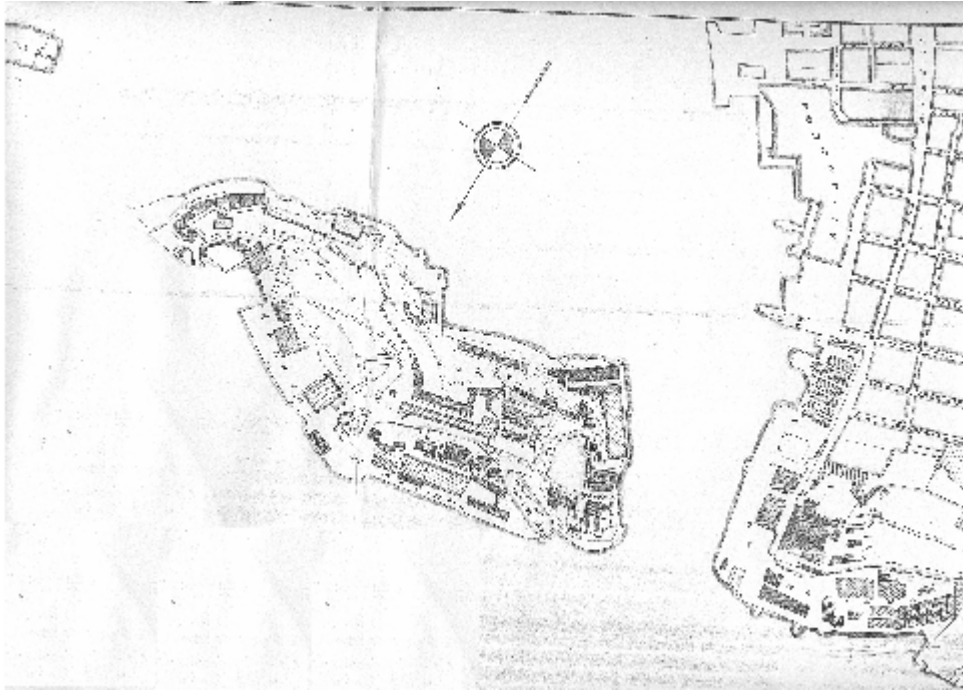
Assim, desde 1837, todos os Ministros que passaram pela pasta da Marinha relatavam a necessidade de mudar a localização do Arsenal. Pendendo a favor da Ilha das Cobras, estavam os recém escavados diques secos Imperial (rebatizado Guanabara na República e atualmente rebatizado Dique Almirante Jardim) e Santa Cruz.

A escavação do Dique Imperial teve início em 27 de agosto de 1824 e sua inauguração só ocorreu em 21 de setembro de 1861, 37 anos depois. A obra esteve praticamente paralisada durante 22 anos, no período entre 1832 e 1954.



**Figura 11 – Arranjo da Ilha das Cobras em 1854, já com algumas oficinas do Arsenal –  
Fonte: SDM.**

A situação do Arsenal nos primeiros anos da República era muito ruim (MARTINS,1985). O Almirante Custódio de Melo propôs a mudança do Arsenal para outro local da Baía da Guanabara. Inicialmente, concluiu-se que a Ilha do Boqueirão seria o lugar ideal, mas diante dos elevados custos envolvidos, passou-se a reconsiderar a Ilha das Cobras como a melhor escolha.



**Figura 12 – Arranjo do Arsenal em 1858 - Fonte: SDM.**

Em 1870, o relatório ministerial defendia a concentração dos principais serviços de reparo e construção da marinha ao Arsenal de Marinha da Corte, situação que na prática já vinha ocorrendo, em detrimento dos Arsenais do Pará, Pernambuco e Ladário. Apontava a falta de espaço como principal defeito. A solução permanecia a transferência gradual para a ilha das Cobras de algumas oficinas, armazéns e parte do almoxarifado. Nessa ocasião, os espaços na ilha ainda eram obtidos paulatinamente pela compra de propriedades privadas.

Nessa ocasião são relatadas as vantagens da nova forma de casco proposta pelo construtor Trajano Augusto de Carvalho, que representou verdadeira revolução em termos de desempenho das embarcações de sua época. Sobre o dique Imperial, embora na época de sua construção suas dimensões (295 pés de comprimento, 90 pés de largura e 24 pés de profundidade) fossem suficientes para receber os maiores navios que visitavam nossa costa, na sua inauguração já não acontecia o mesmo, mostrando-se insuficiente.

No final do Império a Marinha contava com os seguintes navios, todos em mau estado.

**Tabela 4 - Navios da Marinha no final do Império.**

| <u>ENCOURAÇADOS</u>      | <u>CANHONEIRAS</u> |                                   |
|--------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Riachuelo                | Broconnot          | Taquary                           |
| Aquidabã                 | Cabedello          | Tramandahy                        |
| Sete de Setembro         | Camocim            | Traripe                           |
| Solimões                 | Cananéa            | Vidal de Negreiros                |
| Javary                   | Carioca            | <b><u>NAVIOS DE INSTRUÇÃO</u></b> |
| Bahia                    | Centauro           | Corveta Amazonas                  |
| Rio Grande               | Fernandes Vieira   | Corveta Nictheroy                 |
| Alagoas                  | Guarany            | Patacho Aprendiz Marinheiro       |
| Piauí                    | Henrique Dias      | Patacho Caravellas                |
| <b><u>CRUZADORES</u></b> | Iniciadora         | Patacho Guararape                 |
| Guanabara                | Lamego             | Patacho Paquequer                 |
| Almirante Barroso        | Liberdade          | <b><u>VAPORES DE GUERRA</u></b>   |
| Trajano                  | Manãos             | Madeira                           |
| Primeiro de Março        | Marajó             | Purus                             |
| Parnayba                 | Orion              | <b><u>REBOCADORES</u></b>         |
|                          |                    | Lima Duarte e S. Leopoldo         |

FONTE: BAPTISTA, *apud* DIAS (1910)

O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro era descrito como de “defeituosa utilhagem e péssima organização de serviços” (DIAS, 1910). Pode-se inferir que também era demorado o serviço de construção lá realizado nessa época, pois é descrito que o Cruzador Tamandaré “era um navio apreciável para o tempo em que lhe impôs a quilha, mas deficiente afinal, pela delonga e sucessivas alterações no seu fabrico”.

## 2.5 O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro no século XX

A Marinha do Brasil iniciou o século XX em um estado de total decadência, com a mais absoluta falta de navios, pessoal e material. Essa situação perdurou até o período entre 1904 e 1906, quando dois planos de re-aparelhamento da Marinha foram contrapropostos.



Em 1904 o então Ministro da Marinha, Almirante Júlio de Noronha, propunha um programa de re-aparelhamento que, além da aquisição de navios no exterior, previa a mudança do porto de guerra, o Arsenal de Marinha, da Baía da Guanabara para a Enseada de Jacuacanga ao sul do Rio de Janeiro. Nomeou-se uma comissão composta pelos que, na Marinha, detinham o conhecimento científico e estratégico, sem considerar quem aprovava ou era contra a mudança. Uma característica interessante deste plano era a perspectiva de uma parceria pública privada nas obras de construção da estrutura naval em Jacuacanga, cabendo ao Estaleiro inglês Vickers Armstrong realizar a obra em conjunto com a Marinha, obtendo assim o direito à concessão da exploração da área do estaleiro por um determinado período. Revela-se aí, uma das primeiras tentativas de solucionar o problema de localização de instalações (*location problem*) a partir de critérios técnicos. Previa-se um porto militar completo, com depósitos, residências, defesa e arsenal. Tratava-se de verdadeiro complexo naval.

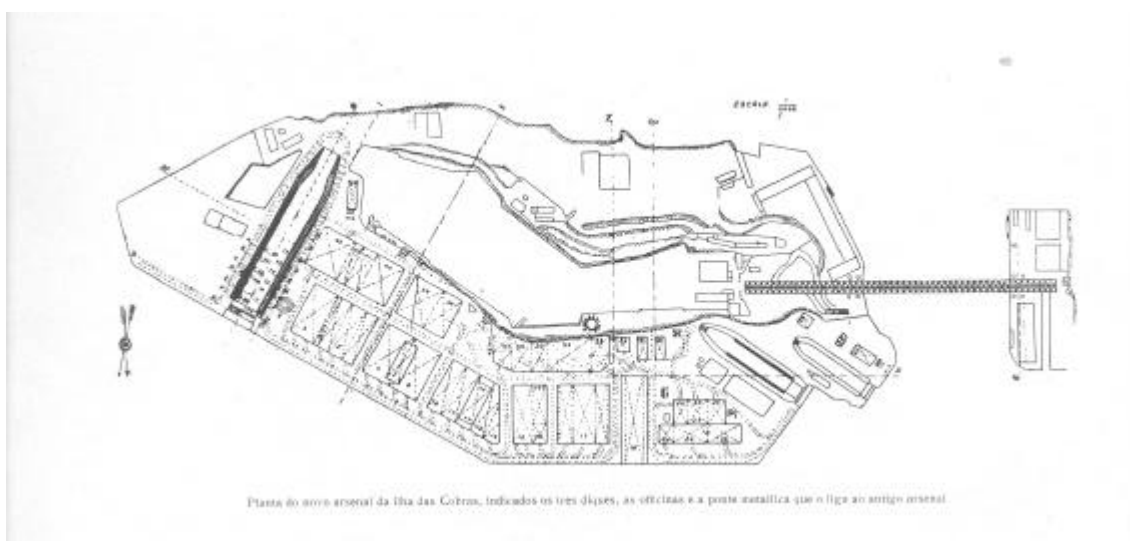
O Almirante Alexandrino Faria de Alencar, então senador, propunha um plano alternativo, com a configuração de uma esquadra mais atualizada em relação às lições da Batalha de Tsu-Shima, no extremo oriente, que impunha, entre outros requisitos operacionais, um deslocamento maior aos navios. Para o Arsenal o Programa Alexandrino previa a mudança para a Ilha da Cobras, melhorando as instalações que já eram disponíveis.

A idéia é que a primeira base naval fosse instalada no Rio de Janeiro. Previu-se um cais de 700 m ao norte da ilha da Cobras. Sendo previstas a construção de 44 novas dependências, conforme tabela 5 e arranjo geral da Figura 13.

**Tabela 5 - Instalações previstas para o AMIC no programa Alexandrino.**

|  |  |  |
|--|--|--|
| 1 – Grande dique para navios de 30.000 toneladas | 16 – Oficina de gravadores e de zincagem     | 31 – Segundo quartel da guarnição        |
| 2 – Casa de bombas                               | 17 – Oficina de construção naval             | 32 – Decapagem                           |
| 3 – Caldeireiros de cobre                        | 18 – Carreira para navios até 5000 toneladas | 33 – Depósito de carvão                  |
| 4 – Depósito de construções de ferro e de cobre  | 19 – Sala do risco                           | 34 – Depósito de construção naval        |
| 5 – Oficina de caldeireiro de ferro              | 20 – Seção de modelos                        | 35 – Câmara de produção de ar comprimido |
| 6 – Oficina de limadores                         | 21 – Serraria                                | 36 – Depósito de máquinas                |
| 7 – Diretoria de máquinas                        | 22 – Depósito de materiais de construção     | 37 – Depósito de carvão                  |
| 8 – Oficina de torneiro                          | 23 – Diretoria de construção naval           | 38 – Oficina de ferreiros                |
| 9 – Caldeireiros, ferreiros e fundição           | 24 – Escaleres                               | 39 – Martelo grande                      |
| 10 – Oficina para conserto de carretas           | 25 – Oficina de Carpintaria                  | 40 – Oficina de Modeladores              |
| 11 – Oficina de Conserto de Canhões              | 26 – Aparelho e Velame                       | 41 – Depósito de Productos da Fundição   |
| 12 – Diretoria de Armamento                      | 27 – Casa de Oficiais                        | 42 -Oficina de Rebarbadores              |
| 13 – Oficina para Conserto de Armas Portáteis    | 28 – Casa do Mestre do Dique                 | 43 - Oficina de Fundição                 |
| 14 – Oficina de Carpinteiros e Modeladores       | 29 – Tanque                                  | 44 – Depósito Geral                      |
| 15 – Oficina de Ferreiros                        | 30 – Quartel da Guarnição                    |  |

FONTE: DIAS (1910)



**Figura 13 – Arranjo geral do Arsenal de Marinha da Ilha das Cobras no programa Alexandrino - Fonte: DIAS (1910).**

Prevaleceu o programa Alexandrino e em 1910 começaram as obras para a construção do Arsenal de Marinha da Ilha das Cobras (AMIC). Em virtude da 1ª Guerra mundial, essas obras foram paralisadas, sendo retomadas em 1922 e se prolongado até a década de 30. Foi formalmente criado pelo Decreto-Lei 654 A, de 01/09/1938, na gestão do Vice -Almirante Guilhem, que chefiou a pasta entre 19/11/1935 e 30/10/1945. Na gestão do Almirante-de-Esquadra Sylvio de Noronha, que chefiou a pasta entre 03/10/1946 e 31/01/1951, as obras previstas foram completadas e, pelo Decreto 24.587, de 26/02/1948, passou a denominar-se ARSENAL DE MARINHA DO RIO DE JANEIRO (AMRJ). Nessa data foi extinto o antigo arsenal com esse mesmo nome, e que se localizava junto ao Morro de São Bento.

Em 1910 o relatório ministerial trata, em sua maior parte, da Revolta da Chibata e de seus efeitos. A principal constatação é que não bastou a aquisição de novos meios navais. A legislação disciplinar anacrônica, pois ainda permitia os castigos corporais, incompatíveis com a nova ordem constitucional, bem como a precária seleção e formação do pessoal, que ainda tinha nos presídios uma fonte de recrutamento, aliados aos movimentos sociais como anarquismo, socialismo, etc, levaram a um estado de total impossibilidade de funcionamento em grau de disciplina aceitável.



Figura 14 – O contorno da Ilha das Cobras e o molhe da Ilha Fiscal no início das obras – Fonte: SDM.



Figura 15 – Arranjo da Ilha das Cobras no início das obras de aterro do cais norte, em 04-01-1932 - Fonte: SDM.



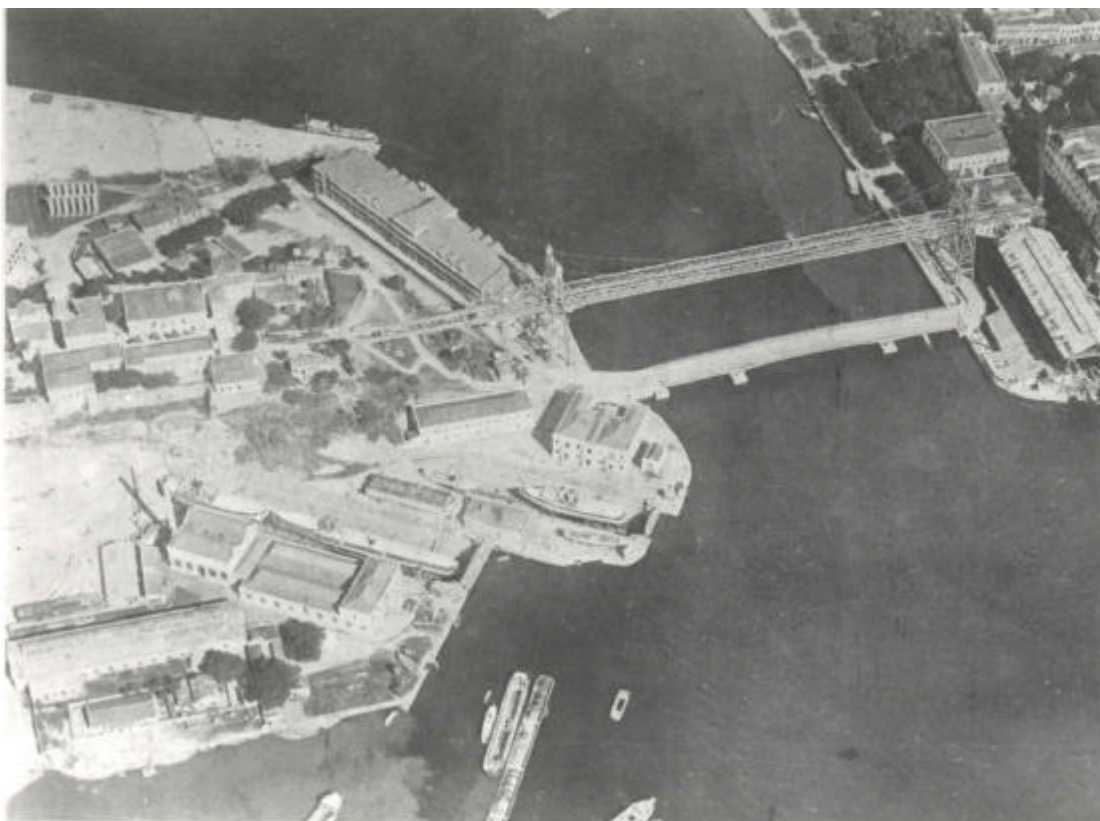


Figura 16 – Pontes Alexandrino de Alencar (acima) e Arnaldo Luz em 1935 - Fonte: SDM.



Figura 17 – Obra de ampliação do dique Guanabara (atual dique Almirante Jardim), em 30-12-1942 - Fonte: SDM.

No relatório de 1941, o então ministro da Marinha desde 1935 informa que prosseguiram as obras de construção do então novo arsenal, na Ilha das Cobras. Não deixava de protestar contrariamente à localização escolhida, por considerar insuficiente o espaço para um maior desenvolvimento futuro e por já exigir grandes e extremamente caras obras de escavação, aterro e desbaste de morros, como pode ser verificado nas Figuras 14, 15, 16 e 17. Outras desvantagens apontadas eram a proximidade com o centro da cidade e do canal de acesso ao cais do porto, da entrada da barra e do aeroporto que levava “a permitir o vôo de aviões de toda a espécie sobre a ilha onde se encontram os diques, as oficinas, os estaleiros e os navios atracados”.

Desabafa que não poderia abandonar uma instalação onde já se havia gasto tantos recursos: “O vulto, porém, das obras já realizadas e o capital nelas já invertido, não permitiam alimentar qualquer idéia de mudança do Arsenal; o erro estava consumado e seria criminoso parar ou retroceder: só restava aceitar a situação como se apresentava e procurar remediá-la para que pudesse a Marinha usufruir as vantagens do capital invertido”.

Nessa época, ainda ativo, o antigo Arsenal (aos pés do mosteiro) era descrito assim: “com o correr dos tempos, apesar de uma vez por outra receber algumas máquinas modernas, nunca pôde este Arsenal produzir mais do que os reparos reclamados pela esquadra, assim mesmo com grande esforço e dificuldade”. Nas Figuras 18 e 19 são contrastados o antigo Arsenal de Marinha e o, quase concluído, Arsenal de Marinha da Ilha das Cobras. (Relatório dos Serviços do Ministério da Marinha em 1941 apresentado ao exmo sr. Presidente da república pelo Vice-Almirante Henrique Aristides Guilhem, Ministro de Estado dos negócios da Marinha , em 30 de junho de 1942. ANO:1941.)

Na Segunda Guerra Mundial, mais uma vez, estávamos sendo estimulados pela necessidade. Na Figura 20 é apresentada a construção simultânea de 6 embarcações. Como não era possível obter o material necessário na Europa, que se encontrava em estado de guerra, nem nos EUA que estava se preparando para a mesma, grandes investimentos foram realizados na modernização das instalações do AMRJ. Nessa ocasião, o AMRJ ainda realizava os reparos dos navios obtidos em 1910.





**Figura 18 – Reconstituição do arranjo do AMRJ em 1930 – Fonte: IPP (2002).**



**Figura 19 – Vista do AMRJ em 12-11-1938 (Fonte: SDM).**

Em 1959, as novas instalações do AMRJ já contavam com cerca de 30 anos de existência, sendo apontada a necessidade de sua manutenção e atualização. Os níveis de atividade estavam bastante reduzidos nos setores estruturais, de fundição e de forjas. Apresentava em sua lotação cerca de 7000 homens. A relação entre despesas de

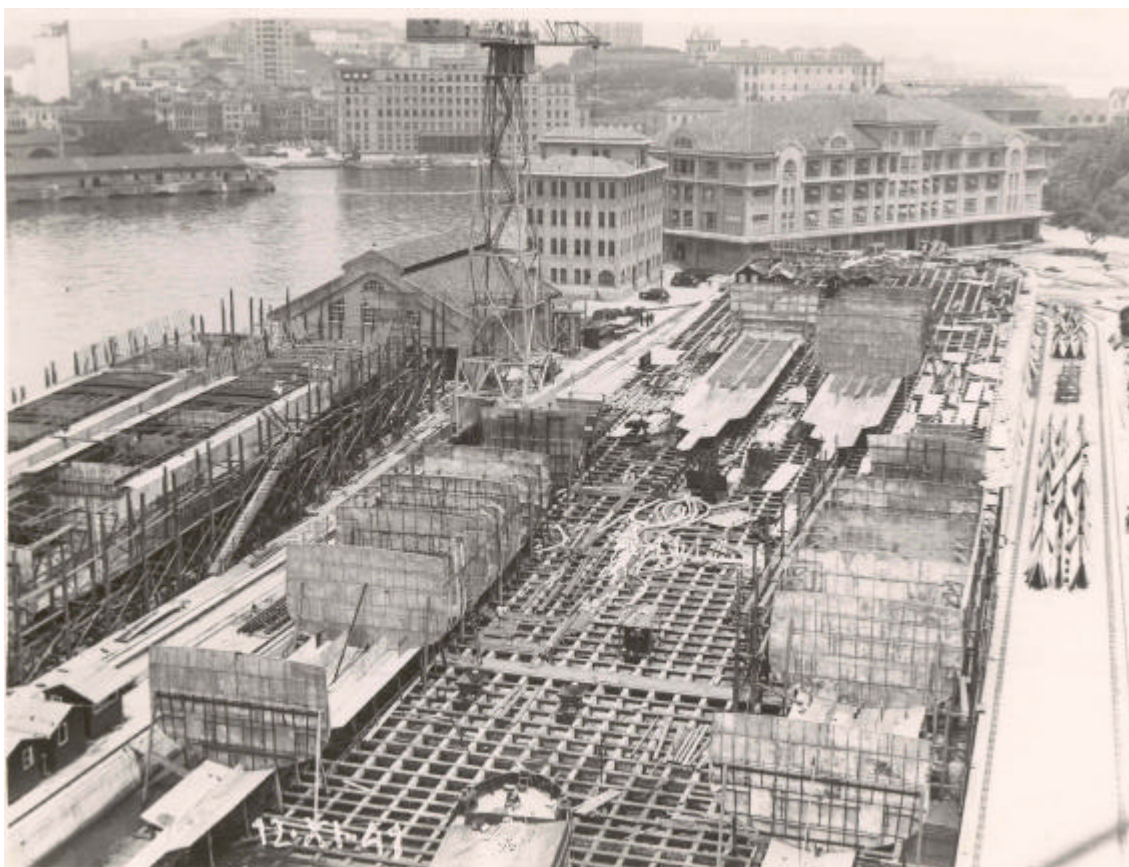
aquisição de materiais e despesas relacionadas com pessoal era de um para cinco (1:5), indicando um grau de utilização muito abaixo do possível.

No relatório ministerial de 1959 constava que os trabalhos estavam bastante prejudicados “em vista da deficiência absoluta de recursos de toda natureza em engenheiros navais, tecnologistas, desenhistas, aparelhos e organização de serviços”. O Programa Geral de Reparos em 1959 foi prejudicado pelo precário sistema de fornecimento de material, decorrente da falta de níveis de estoques adequados.

Apesar dessas dificuldades, o ano de 1959 apresentou pelo menos dois registros importantes. O primeiro foi a criação do Instituto de Pesquisa da Marinha, em 14 de julho. O segundo foi a colação de grau da primeira turma de engenheiros navais cursados no Brasil, resultado das aproximações culturais entre a Universidade de São Paulo e a Marinha. Eram formados engenheiros civis especializados em construção naval e fornecida formação básica aos engenheiros navais militares que completavam os seus cursos nos EUA.

Outro fato marcante do relatório ministerial de 1959 é que ainda havia estudos avaliando a possibilidade da construção de um estaleiro em Jacuacanga. Passados 55 anos da proposta do Almirante Júlio de Noronha, a idéia ainda era defendida. Será que a instalação de um complexo naval, em Jacuacanga ou em outra localidade, já que lá, atualmente, está instalado o estaleiro Verolme (Keppel Fels - Brasfels), merece ser discutida cerca de um século após sua proposição? Será visto adiante que a nova tendência de fusão de processos aponta algumas vantagens nessa direção, apesar da MB historicamente preferir pequenas correções, mesmo que impliquem em maiores gastos no longo prazo, do que grandes investimentos pontuais que impliquem em mudanças significativas, mas a um risco maior.





**Figura 20 – Vista de seis navios em construção simultânea nas carreiras do AMRJ, em 12-11-1941 - Fonte: SDM.**

SERRA (1994), analisando o período do pós-guerra até meados da década de 70, salienta que "a política de desenvolvimento da Armada centrou-se na compra e operação dos navios, sendo a formação de oficiais dirigida para o exterior, explicando, assim, a ausência, até aquela ocasião, de centros de pesquisa e desenvolvimento no âmbito da construção naval militar". A baixa escala da demanda é apresentada, nesse trabalho, como justificativa para a ausência de um parque produtor de equipamentos bélicos no país.

Grande parte dos navios que compõem a Esquadra atual da Marinha do Brasil foi adquirida nas décadas de 70 e 80 do século passado. A estrutura de apoio, como observado em outros períodos, chegou depois. O aumento do número de navios e da complexidade dos seus sistemas obrigaram a uma ampliação das estruturas de apoio. Essa nova estrutura, de certa forma, forçada pela exigüidade de espaço do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, consolidou a divisão e autonomia de funções de apoio que poderiam estar centralizadas num complexo naval. Assim, surgiram a Estação Naval de

Mocanguê (atual Base Naval do Rio de Janeiro – Sede da Esquadra), Centro de Mísseis e Armas Submarinas, Centro de Esportes Almirante Adalberto de Barros Nunes, Complexo Hospitalar Marcílio Dias, entre outros.

Da mudança do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro para a Ilha das Cobras até os dias de hoje, poucas foram as mudanças na configuração deste estaleiro, conforme se verifica na Figura 21. A grande inovação foi a instalação de uma oficina de construção de submarinos que adota tecnologias de construção naval mais atualizadas.



**Figura 21 – Arranjo atual do AMRJ, foto de satélite - Google Earth<sup>®</sup>(2005).**

### Capítulo 3 AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO DAS INSTALAÇÕES ATUAIS DO AMRJ

#### 3.1 As atividades dos estaleiros contemporâneos

As principais atividades realizadas em estaleiros são a construção e o reparo naval. Apesar de apresentarem peculiaridades que as diferenciam, em geral, as instalações e o pessoal são geralmente empregados indistintamente, tanto numa quanto noutra atividade.

Numa descrição geral do processo de construção naval, pode-se dividi-lo em duas grandes fases. Na primeira fase, ocorre a construção do casco e da superestrutura metálica do navio, trabalho das profissões metalúrgicas, com seus ajudantes semi-qualificados, o qual é principalmente feito antes do lançamento. Na segunda fase, que ocorre após o lançamento, é realizado o acabamento do navio, quando este recebe e comissiona seus sistemas e máquinas principais.

O diagrama da Figura 22, extraído de um artigo de simulação das atividades de um estaleiro (KIM *et al.*, 2002) representa bem a concepção contemporânea das etapas de projeto até a prontificação de um navio. Observa-se que ocorre a pré-montagem de máquinas em blocos que depois são unidos na etapa de construção (edificação) do navio.

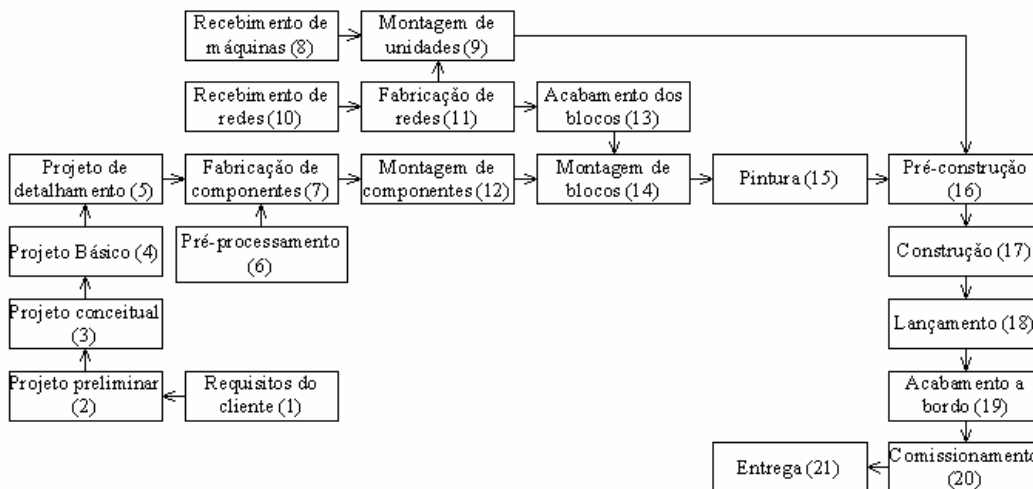


Figura 22 – Processo moderno de construção de navios – Fonte: KIM *et al.* (2002).

O processo tem início quando um estaleiro compromete-se contratualmente a entregar ao cliente, até determinada data e por uma quantia estabelecida, uma embarcação com dimensões, capacidade e qualidades especificadas.

Passada a fase comercial e definidos os requisitos do cliente (1) passa-se à fase de projeto. Esta engloba o projeto preliminar (2), o projeto conceitual (3), o projeto básico (4), de caráter eminentemente contratual, e o projeto de detalhamento (5).

A fase de projeto na indústria naval, assim como acontece na indústria de construção civil, só termina com a entrega da embarcação. Isso se deve ao fato do produto ser feito sob medida, mesmo quando são adotados projetos padronizados. Isso acontece porque na fase de construção quase sempre é necessário modificar o projeto original para adaptá-lo melhor aos requisitos do cliente, para adotar atualizações tecnológicas ou atender restrições orçamentárias. Daí, ao final da obra, os planos serem publicados na sua versão *as built*.

Concomitantemente com a fase inicial de projeto e detalhamento ocorre a preparação dos trabalhos, com a compra e formação de estoque de aço, tarefas de delineamento (elaborações para fabricação dos moldes e gabaritos) e planejamento detalhado do trabalho.

No pré-processamento (6) ocorre o tratamento de chapas (desempeno, jateamento e pintura), risco, corte, dobramento, montagem e soldagem das chapas, que são transformadas em painéis planos ou curvos. Estas fases compõem a fabricação (7) e pré-montagem dos componentes estruturais, cujo local de trabalho são as oficinas de painéis planos e de painéis curvos. A natureza das operações realizadas nessa fase permite um alto grau de automatização que, se implantado, permite um aumento significativo da produtividade. Nessas oficinas o trabalho é realizado em pequenos grupos ou isoladamente. São realizadas as tarefas de operar as máquinas automáticas de corte e as prensas, preparar e montar as chapas para a soldagem (montador ou caldeireiro) e soldar manual ou automaticamente as chapas, transformando-as em perfis.

Paralelamente, ocorre a aquisição de máquinas (8) que são montadas em unidades (9) como grupo diesel gerador, sistemas de propulsão, grupos destiladores, etc. As redes possuem trechos que são adquiridos de fornecedores externos (10) e outros que são produzidos no próprio estaleiro (11). A fabricação das redes de tubulações é simultânea em relação às etapas de processamento de aço e de pré-montagem. Reúne as fases de fabricação e montagem da tubulação, da casa de máquinas e de elementos de superestrutura, fases que ocorrem nas oficinas estruturais e de tubulação, paralelamente ao processamento do aço. A etapa de fabricação e montagem de tubulação e de superestrutura mobiliza encanadores, torneiros mecânicos, ajustadores, carpinteiros, etc.

A composição dos componentes (12) e blocos (13) é então realizada por profissionais especializados, tais como montadores mecânicos, encanadores e eletricitas.

Na fase seguinte ocorre a montagem e soldagem de blocos e de seções do casco do navio (14), além de ter início a colocação da tubulação estrutural e das instalações elétricas. Quanto mais componentes, máquinas e redes forem agregados nessa fase, menor será o fluxo de trabalhadores na fase de acabamento, diminuindo as distâncias deslocadas e tornando a construção mais eficiente. A unificação física do processo de trabalho se dá, principalmente, por meio de guindaste ou macacos hidráulicos para levantamento e deslocamento de grandes blocos e seções.

A pintura (15) nos processos tradicionais ocorria nas fases de construção e acabamento. Atualmente, nos estaleiros com níveis mais avançados de tecnologia esta fase ocorre, cada vez mais, após a montagem dos blocos.

Construção ou Edificação (*Erection*) corresponde à montagem de blocos inteiros do navio ocorrendo em carreiras ou diques equipados com guindastes. As fases de pré-edificação (16) e edificação (17) reúnem, além das profissões ligadas à montagem e solda de blocos, bem como a instalação de redes e quadros elétricos, aquela força de trabalho ligada à montagem e instalação de equipamentos mecânicos, isto é, mecânicos montadores, responsáveis pela usinagem (montagem da linha de eixo) e ajustadores (calçamento de motores). A estas, podem-se agregar carpinteiros e outros grupos responsáveis por tarefas específicas como o isolamento com lã de vidro da casa de máquinas, etc.

A capacidade de carga dos guindastes tem ligação direta com o nível tecnológico do estaleiro. Quanto maior a capacidade de içamento, maior o tamanho do bloco pré-montado para a construção. A carreira, geralmente, é uma área dotada de trilhos onde os blocos são organizados para posterior deslocamento, de maneira a evitar conflitos na seqüência de construção. Sua conclusão marca o momento de lançamento (18) do navio, tendo praticamente prontificada a soldagem do casco, costados e conveses, montagem e instalação dos equipamentos mecânicos, instalação de elementos da superestrutura e de carpintaria, etc.

A fase do acabamento (19) se desenvolve com o navio atracado no cais de acabamento, reunindo uma série de operações que envolvem a fabricação e instalação de acessórios de casco e convés; instalação de equipamentos de habitação, marinharia e salvatagem; instalação e comissionamento de equipamentos elétricos e eletrônicos; instalação de motores; pintura final; etc. Será tanto menor quanto maior for o grau de acabamento dos blocos pré-fabricados. Na construção dos submarinos, por exemplo, as seções são montadas em blocos onde praticamente todos os componentes encontram-se no seu estado final de acabamento, é o denominado sistema de acabamento avançado.

É interessante notar que a garantia e controle da qualidade permeia todas as fases. Embora grande parte dos testes de comissionamento (20) ocorram na fase de acabamento, nas fases preliminares ocorrem testes e verificações de montagem, estanqueidade, qualidade da solda, funcionamento em fábrica dos motores, compressores, bombas, hélice de passo-controlável, grupos geradores, etc. Há normas estabelecidas por sociedades classificadoras ou normas militares que estabelecem as características dos materiais, a qualidade dos processos de fabricação, os requisitos dos sistemas de propulsão, geração, controle, casco, resistência a choque, nível de ruído, emissão de gases, documentação, desempenho, etc. Os testes ocorrem em várias etapas, seguindo, geralmente, uma programação estabelecida já na fase de projeto.

Outro ponto a ser observado é que, conforme o tamanho e a complexidade da embarcação a ser construída (ou reparada), os fluxos de materiais, pessoas, equipamentos e informações podem variar muito, bem como da área necessária para realização das atividades. Uma estimativa a priori destes fluxos e da necessidade de

espaço para o planejamento das instalações de um estaleiro pode, com muita dificuldade, ser realizado em navios comerciais com padrões estabelecidos e com requisitos comerciais que não fujam muito desses padrões e, geralmente, após o aprendizado obtido de construções similares efetivamente realizadas. No caso de navios militares, em regra, como veremos a seguir, a elevada complexidade dos projetos com grande densidade e diversidade de equipamentos, torna a previsibilidade dos fluxos e demanda de espaço ainda mais difícil, principalmente quando se trata de embarcações únicas em determinada classe. O planejamento dos períodos de manutenção típicos dos meios navais na Marinha do Brasil é feito com base no histórico do total de homens-hora despendidos em períodos de manutenção anteriores.

O resultado de todas essas etapas é uma embarcação testada e pronta para o serviço. Geralmente é acordado um período de garantia posterior à entrega (21) do produto.

### **3.2 Diferenças entre construção naval militar e comercial**

Na ampla gama de embarcações de emprego militar encontram-se navios de diversas dimensões, complexidade de projeto e custos, variando desde pequenas embarcações de desembarque de tropas, passando por navios de transporte que pouco se diferenciam de seus correspondentes comerciais, até alcançar navios complexos como porta-aviões ou submarinos, onde há uma grande densidade de projeto, mão de obra, equipamentos e tripulação.

Por outro lado, os navios comerciais, em regra, caracterizam-se por se tratarem de embarcações de grande tamanho com sistemas relativamente simples. Entretanto, ocorrem também embarcações cuja complexidade aproxima-as dos navios militares, como acontece com os navios de apoio especial, navios lançadores de tubulações, navios de pesquisa oceanográfica ou navios de transporte de passageiro.

Assim, considerando a variedade de embarcações civis e militares, a diversidade de emprego e as peculiaridades construtivas, o estabelecimento de critérios de diferenciação, a priori, reflete apenas observações médias, que não são aplicáveis a todos os casos.

O primeiro critério é a relação entre o tamanho e a complexidade. Em regra, os navios militares são mais complexos e menores que os navios comerciais. Há uma tendência dos navios militares tornarem-se cada vez menores e dos navios comerciais tornarem cada vez maiores. A maioria dos navios comerciais se limita a grandes caixas de aço, com pequenos motores de pouca tripulação, suficiente para mover o navio de porto para porto. Por outro lado, os navios de guerra, geralmente, são compactos, apresentando grande diversidade de equipamentos. Essas diferenças refletem-se nos preços das embarcações militares que tendem a ser muito mais caras.

O processo de contratação apresenta maior número de pessoas envolvidas, agentes de diversos setores públicos, maior contato com especialistas de diversas áreas tecnológicas, maior quantidade de procedimento burocrático, procedimentos de aprovação mais longos e minuciosos, maior exigência em documentação.

O projeto de navios militares costuma sofrer um número maior de alterações. O processo de produção não difere muito a não ser na fase de comissionamento. Mas é observada uma demanda muito maior por mão de obra na construção militar.

Finalmente, a questão da segurança de informações e instalações também é muito mais crítica na construção naval militar. O controle de qualidade também é muito mais oneroso. Há requisitos especiais como resistência a choque e interferência eletromagnética, que são extremamente rigorosos e aumentam significativamente o preço dos equipamentos.

### **3.3 Nível de avanço tecnológico das instalações do AMRJ**

A análise do grau de evolução das instalações do AMRJ, em relação aos padrões de eficiência contemporâneos dessa indústria, visa a encontrar o perfil e os efeitos de medidas e tecnologias efetivamente empregadas.

Essa análise comparativa tem o objetivo de fazer um diagnóstico em relação aos atuais padrões de eficiência. A dissertação poderia ter início a partir desse ponto, tendo como objetivo obter referências para elaboração de um plano estratégico que conduzisse o



AMRJ ao estado de desenvolvimento disponível nas grandes potências desse setor. No entanto, como ficou constatado, após mais de duzentos anos de existência há material suficiente para obter uma identidade própria. Essa identidade tem a importância de verificar qual tem sido a resposta aos vários planos e a dificuldade no estabelecimento da nossa indústria naval. A identidade torna-se ainda mais importante na identificação de características que nos diferenciem das demais nações, agindo ora como vantagens comparativas, ora como fraquezas que impedem o pleno desenvolvimento.

O AMRJ contava, em janeiro de 2006, com um efetivo de 4169 membros, distribuídos entre militares, servidores estatutários, empregados públicos e servidores temporários. Os militares dividem-se em oficiais e praças. Os servidores públicos podem ser estatutários, sujeitos ao regime estatutário, ocupando cargos públicos; empregados públicos, contratados sob regime da legislação trabalhista e ocupantes de emprego público; e servidores temporários, contratados por tempo determinado para atender à necessidade temporária de excepcional interesse público, exercendo função pública sem estarem vinculados a cargo ou emprego público. Essas categorias se dividem em especialidades e em níveis de formação (superior, médio ou fundamental).

O AMRJ apresenta um fluxo de cerca de 700 veículos diários. Entretanto, não há área de estacionamento pré-planejada. O que parece ter ocorrido foi a gradual tomada das calçadas pelos veículos, que deixaram de ser caminhos dos pedestres para tornarem-se áreas de estacionamento improvisadas. A falta de uma área de estacionamento tem implicações na segurança de materiais e do pessoal. Do pessoal, porque muitas vezes as pessoas têm que andar nas ruas do AMRJ disputando com o fluxo de veículos. Do material, cuja fiscalização contra eventuais desvios fica grandemente dificultada.

Além da carreira inclinada, o AMRJ conta com 4 diques, sendo 3 cavados na pedra e um flutuante (tabela 6). Na tabela 7 é possível verificar que não há guindastes de grande capacidade nas instalações de AMRJ.

**Tabela 6 – Diques do AMRJ**

| Diques                          | Almirante Regis   | Almirante Jardim | Santa Cruz | Almirante Schieck (flutuante) |
|---------------------------------|---|------------------|------------|-------------------------------|
| Comprimento [m]                 | 254,58  | 165,15           | 88,45      | 100,00                        |
| Largura [m]                     | 35,96   | 19,00            | 9,15       | 14,00                         |
| Profundidade [m]                | 15,51   | 11,21            | 8,50       | -                             |
| Cabestrantes/guinchos elétricos | 14  | 8                | 4          | -                             |
| Cabestrantes/guinchos manuais   | 4   | -                | -          | -                             |
| Facilidades adicionais          | 1) sistema de combate a incêndio;<br>2) água doce;<br>3) oxi-acetileno;<br>4) ar comprimido; e<br>5) energia elétrica em 110V, 220V e 440V. |                  |            |                               |

Fonte: Marinha (2005)

**Tabela 7 – Guindastes do AMRJ.**

| Guindaste              | Lança [m] | Capacidade [ton] | Observação      |
|------------------------|-----------|------------------|-----------------|
| 1                      | 26,5      | 30               | Elétrico        |
| 2                      | 21,00     | 10               | Elétrico        |
| 3                      | 21,00     | 10               | Elétrico        |
| 4                      | 21,00     | 10               | Elétrico        |
| 5                      | 21,00     | 30               | Diesel-Elétrico |
| 6                      | 25,00     | 10               | Elétrico        |
| 7                      | 25,00     | 10               | Elétrico        |
| 8                      | 23,00     | 15               | Elétrico        |
| 9                      | 40,00     | 6                | Elétrico        |
| 10                     | 40,00     | 6                | Elétrico        |
| 11                     | 40,00     | 11               | Elétrico        |
| Modelo 714 - Clark     | 3,00      | 12,70            | Hidráulico      |
| Modelo 720 - Clark     | 3,00      | 20,00            | Hidráulico      |
| Modelo 5530 - American | 12,20     | 68,04            | Hidráulico      |

Fonte: MARINHA (2005)

Adotando-se o mesmo critério do trabalho realizado para a Marinha dos EUA (BABA (2000)), avaliando o nível tecnológico dos estaleiros Japoneses e Sul Coreanos, considera-se:

Nível 1 – Reflete as práticas adotadas pelos estaleiros do início da década de 60. Eram estaleiros com vários berços em uso, guindastes de baixa capacidade e pouca mecanização. O acabamento era largamente a bordo, após o lançamento. Os sistemas operacionais eram básicos e manuais. Em suma, um estaleiro nesse nível é caracterizado pelos mais básicos equipamentos, sistemas, tecnologias e práticas desatualizadas.

Nível 2 – É o nível tecnológico empregado nos estaleiros novos ou modernizados no final da década de 60 e início da década de 70. Havia poucos berços em uso, possivelmente uma única carreira de construção e um certo grau de mecanização. A computação seria empregada para alguns sistemas operacionais no trabalho de projeto. O nível 2 é melhor que o nível 1, mas ainda é um nível bastante desatualizado em relação às práticas atualmente adotadas.

Nível 3 – Corresponde a boas práticas de construção naval no final da década de 70. É representada por novos ou totalmente reestruturados estaleiros no Estados Unidos, Europa, Coréia do Sul e Japão. Havia uma carreira ou uma área de construção no nível do solo com guindastes de grande capacidade, um alto grau de mecanização no processamento do aço e o uso extensivo de computadores em todas as áreas.

Nível 4 – Corresponde a estaleiros que tenham continuado a avançar sua tecnologia durante os anos 80. Geralmente apresentavam uma única carreira, com uma boa proteção ambiental, tempos de baixo ciclo, alta produtividade, extensivo acabamento pré-lançamento e integração das obras estruturais com o acabamento final. Totalmente implantadas as técnicas de CAD/CAM (*Computerized Assisted Design and Computerized Assisted Manufacturing*).

Nível 5 – Representa o estado da arte da tecnologia de construção naval na década de 90. É o desenvolvimento oriundo do nível 4 por meio da automação e da robótica em áreas onde possam ser efetivamente empregadas. Plena integração dos sistemas operacionais pelo efetivo uso de CAD/CAM/CIM (*Computerized Integrated Manufacturing*). Há uma filosofia de produção modular tanto no projeto quanto na produção. Esse nível é caracterizado também por um eficiente controle de material computadorizado e por uma efetiva garantia da qualidade. Em suma, representa o

emprego das mais avançadas tecnologias, processos, instalações, sistemas, gerenciamento e administração e qualificação do pessoal.

Excluindo da avaliação a oficina de construção de submarinos e outras pequenas unidades especializadas, empregadas principalmente no reparo de navios, as instalações do AMRJ encontram-se no segundo nível tecnológico do critério acima.

### **3.4 Percepção do pessoal em relação ao estado atual das instalações do AMRJ**

Para captar a percepção do pessoal em relação ao estado atual das instalações do AMRJ foram realizadas entrevistas não estruturadas. Este modelo foi adotado para melhor perceber aspectos relevantes abordados individualmente. Outro procedimento adotado foi a não identificação dos entrevistados, nem dos setores. Buscou-se, entretanto, variar o nível de capacitação do pessoal, nível hierárquico e setor.

A maioria dos entrevistados considera importante o planejamento das instalações para o sucesso das atividades de um estaleiro. Foram levantadas questões administrativas como a importância da definição dos espaços que fazem jus ao pagamento de periculosidade e insalubridade. Até a idéia da instalação de uma creche foi levantada, havendo uma preocupação quanto a definição de um posicionamento que minimizasse os riscos de uma instalação industrial e maximizasse a comodidade para seus usuários.

O principal critério adotado na implementação de modificações do arranjo físico é o interesse da chefia imediata. Há na maioria dessas modificações o reaproveitamento dos móveis, divisórias e facilidades originais. Nenhum pacote computacional é geralmente utilizado na análise e otimização de arranjos alternativos. A maioria citou o software AUTOCAD como um programa de possível emprego, mas que, na maioria das vezes, pela simplicidade das alterações, não é necessário. Houve algumas críticas em relação a facilidades como iluminação, telefonia, Internet, eletricidade e ar condicionado. Houve críticas à figura comum do “improviso definitivo”.

Ninguém soube, a priori, classificar o arranjo adotado no seu setor de trabalho. Depois de descritas as características do arranjo físico por processo, por produto, híbrido e

posicional (fixo), a maioria classificou seu setor como arranjo físico híbrido, com predominância do arranjo por processo, seguido do posicional.

Os principais fluxos mencionados foram de pessoas, matérias primas, equipamentos, informações e veículos. Foi destacada a importância de manter as obras próximas às oficinas, sendo descrito que muitas vezes vários operários permanecem a bordo das embarcações aguardando que algum membro da equipe vá buscar ferramentas esquecidas. Outro fator de perda descrito foi a dificuldade de compatibilização dos horários do AMRJ com a rotina dos navios. Muitas vezes as obras são interrompidas por cerimoniais, reuniões para ordens de serviço, conflitos entre serviços programados pelo AMRJ e outros programados pelo pessoal de bordo, movimentação do navio, etc. Atribuíram essas falhas à falta de uma programação centralizada, já que atualmente os programadores são divididos por oficinas. As gerências não têm estrutura suficiente para centralizar e processar essa programação.

A divisão departamental também foi criticada. Alguns apontaram que o gerente muitas vezes prejudica a programação dos trabalhos, principalmente quando ocorre a priorização por hierarquia. A excessiva divisão entre setores provoca, muitas vezes, a “competição” e não a “união” dos trabalhos.

Quanto à qualidade geral dos serviços, o atual lema do AMRJ – TRADIÇÃO EM FAZER BEM FEITO –, segundo muitos dos entrevistados, está ameaçado. Até pouco tempo atrás muitos diziam que o AMRJ demorava, mas fazia bem feito. Atualmente, consideram que a qualidade dos serviços, embora ainda seja satisfatória, vem piorando dia a dia, pela falta de incentivos, baixos salários, falta de treinamento, poucas oportunidades de carreira, etc. Esses problemas atingem principalmente os funcionários civis do AMRJ. Apesar de considerarem ociosas muitas das instalações do AMRJ, a morosidade dos serviços é descrita como fato comum.

### **3.5 Diagnóstico do estado atual das instalações do AMRJ**

Nesses 242 anos de história, as instalações do AMRJ passaram por diversas modificações. Ganhou espaço da pedra e do mar enquanto foi possível. Espalhou-se por

diversos pontos na baía de Guanabara dando origem a organizações militares autônomas. Gradualmente, tomou a Ilha das Cobras alterando totalmente seu traçado natural, como é possível verificar na comparação das várias configurações do AMRJ apresentadas no capítulo 2.

O primeiro resultado, que se apresenta como verdadeiro dado empírico do levantamento histórico realizado, é a constatação prática da dinâmica dos espaços em uma instalação industrial. Ao contrário da aparência estática do arranjo de uma instalação do porte do AMRJ, os espaços estão em permanente estado de mutação. É possível inferir que é inevitável a mudança do arranjo físico das organizações ao longo do tempo, ou seja, o arranjo físico das instalações tem um prazo de validade (COUTO,1995).

A história, além de mostrar a evolução no tempo do arranjo físico, em permanente processo de mudança, que caracteriza uma instalação industrial, revela elementos característicos de nossa realidade, permitindo estabelecer tendências para o futuro, além de propor que este processo de construção permanente do AMRJ pode ser direcionado de forma mais objetiva e eficiente, buscando corrigir eventuais distorções caracterizadoras de nossa realidade econômica e social, conforme veremos no próximo capítulo.

Outra constatação é que, aparentemente, muito da descentralização observada na estrutura de administração da MB pode ser atribuída ao exíguo espaço físico disponível aos pés do Morro de São Bento (antigo Morro de Manuel de Brito). A necessidade de espaço levou à ocupação da Ilha das Cobras, da Ilha do Boqueirão (atual depósito de munição), Ilha do Governador, Ilha de Mocanguê (atual sede da Esquadra), Depósito de Material da Marinha e diversas escolas (Almirante Alexandrino, Centro de Formação de Oficiais da Marinha Mercante, etc) na Avenida Brasil, sempre às margens da baía da Guanabara. Os espaços ocupados em torno da baía da Guanabara, verdadeiros complementos do antigo Arsenal, tornaram-se organizações com estrutura própria e autonomia. Pouco a pouco, o Arsenal de outrora se concentrou na função de estaleiro.

Não se pode garantir que a atual estrutura descentralizada dos vários órgãos de apoio se deva exclusivamente à restrição de espaço, mas sem dúvida essa restrição teve reflexos na realidade atual. Houve também um movimento de especialização que apontava para

os ganhos em escala da divisão dos trabalhos. As práticas gerenciais seguiram essa tendência. Foi a fase do Taylorismo, da produção em série, da exploração das vantagens comparativas, etc.

Atualmente, ocorre um movimento de fusão em vários setores, como forma de redução de custos e ganhos de produtividade e de eficiência. Comprovou-se que trabalhos repetitivos e de curto ciclo podem ser prejudiciais às pessoas. As novas cadeias de suprimento buscam integração e agilidade em toda a série de fornecedores até o produto final. Há o conceito de empresas enxutas (*lean production*) que busca atender às demandas do mercado com o mínimo de estrutura e máximo desempenho.

É de se esperar que, cedo ou tarde, tais tendências se reflitam na MB e talvez ressurgirá a discussão sobre as vantagens e desvantagens de um complexo naval que aglutine muitas das funções de apoio que atualmente encontram-se espalhadas em diversas organizações e instalações. Talvez, o já centenário projeto “Jacuacanga” seja rediscutido, ou, quem sabe, as instalações atuais sejam rearranjadas e as novas tecnologias permitam que, nos espaços disponíveis atuais, fusões alcancem ganhos de produtividade e desempenho. Além das questões técnico-militares, essa discussão envolverá questões de custo e, como no passado, muitas questões políticas.

A produtividade dos serviços no AMRJ muitas vezes descrita como baixa ao longo de sua história, salvo quando situações de conflito obrigaram a uma participação mais efetiva da Marinha, como foi na Consolidação da Independência, Questão Cisplatina, Guerra do Paraguai, Primeira e Segunda Guerra Mundial. Infelizmente, na maioria desses conflitos, por indisponibilidade de recursos financeiros e baixa capacitação da maioria do pessoal, salvo heróico esforço pessoal de alguns, flexibilidade e improvisação foram sinônimos. É importante destacar que quando faltaram os recursos para a aquisição dos navios necessários, o que ocorreu em todas as campanhas descritas, foi a superação do pessoal, a despeito de todas as deficiências de formação cultural e profissional, que permitiu o sucesso da participação brasileira.

GREENHALGH (1951) já destacava que: “o fato característico da vida administrativa do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, desde sua fundação, é a deficiência de recursos financeiros com que se tem sido dotado que, traduzido em exigüidade de mão

de obra e dos materiais necessários aos trabalhos dele exigidos tem tornado a sua produção caracteristicamente morosa e de elevado custo”. Assim, apesar, dos regulamentos, cartas de lei, resoluções, alvarás e toda a ordem de atos normativos que mostram experiência chegando a detalhes que poderiam, com poucas adaptações, ser aplicados mesmo nos nossos dias, a crônica falta de recursos não tem permitido que o sistema entre no regime eficiente.

A ação racional é aquela na qual meios são calculados de maneira a corresponder a objetivos pré-determinados. Dentro dessa perspectiva, o projetar pode ser considerado como um processo dirigido por alguns conceitos que na implementação são esclarecidos e compreendidos e onde informações relevantes são coletadas e utilizadas na solução de problemas do projeto. O projetar também pode ser visto como um processo político ou dirigido por interesses, envolvendo manobras e negociações onde grupos e indivíduos buscam seus interesses através de vários meios, incluindo o apelo ao argumento da racionalidade que, muitas vezes, atribui a uma cega resistência qualquer posição contrária à pretendida. Nem sempre, no entanto, tal resistência é irracional.

Em ambos os casos, o processo do projeto é visto como dirigido por algo externo, um conceito pré-existente de projeto ou interesses de alguns autores. A evolução do AMRJ pode ser interpretada como um processo dirigido por restrições de recursos, que é um processo com uma lógica interna na qual as opções de projeto são sucessivamente eliminadas através de decisões, anteriores, irreversíveis. Não foi obtido através de conceitos teóricos pré-estabelecidos, mas dirigido por interpretações individuais, tanto na alta administração quanto na organização das oficinas, do que se apresentava como necessidade imediata para a Marinha.

A seqüência quase sempre tem sido a importação de uma esquadra que diminuísse a defasagem tecnológica dos meios navais brasileiros, seguida da importação de instalações ou modelos de instalações com as técnicas gerenciais correspondentes. Este movimento ocorre em ciclos ou degraus de investimentos em janelas temporais definidas, geralmente quando o grau de defasagem alcança níveis inaceitáveis.

Reiteradamente, este processo tem ocorrido de forma incompleta, principalmente, quanto à formação e capacitação de pessoal. Os recursos quase sempre acabam antes.



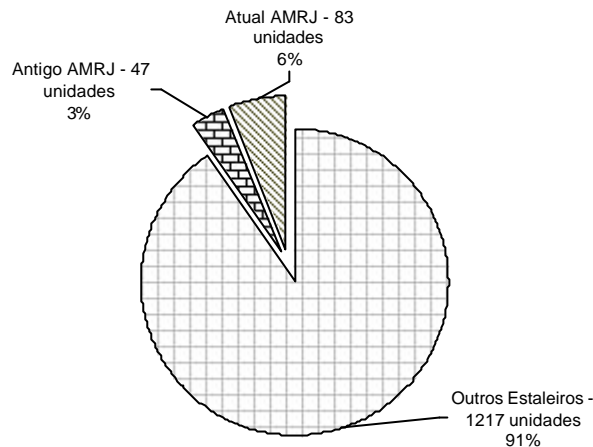
Outras vezes, também pela limitação de recursos, o processo torna-se tão longo, que quando concluído já se encontra desatualizado.

A defasagem, que eventualmente é diminuída, nos degraus de investimentos citados acima, tem sido a característica da evolução dos meios e instalações da Marinha. Por outro lado, por envolver tecnologia bélica, mesmo que os recursos fossem disponibilizados, é possível que o mesmo não ocorresse em relação às tecnologias.

Todo esse processo de busca por uma instalação que espelhasse as melhores instalações de potências como Inglaterra, Estados Unidos, Alemanha, etc, sempre sofreu severas restrições orçamentárias, materiais e de pessoal capacitado. Embora tais restrições não tenham sido suficientes para impedir o desenvolvimento, que efetivamente ocorreu de forma continuada, tiveram o papel de conformá-lo, caracterizando-o, quase sempre, como ocorrendo de forma defasada em relação às necessidades da Marinha.

É interessante atentar que a Marinha não tem observado ou buscado encontrar vantagens diferenciadas em relação a outros estaleiros ou instalações disponíveis, mas tão somente tem tentado acompanhá-los em seu desenvolvimento. Se aumentam a capacidade de seus diques, apressamo-nos em tentar acompanhá-los, se mudam a forma de seus cascos, buscamos acompanhá-los. Não saímos na frente nem mesmo quando tal alteração é idealizada por um brasileiro. No caso do casco Trajano, o desenvolvimento somente foi adotado no Brasil após testes de desempenho realizados em navios da Marinha Real Inglesa.

A falta de recursos torna a estrutura totalmente avessa ao risco. Em resumo, a MB tem, em regra, buscado “atualizações” e nunca inovações próprias do gerenciamento das peculiaridades dos problemas de uma marinha em desenvolvimento. O referencial tem sido sempre os problemas e soluções adotadas pelas potências industriais ditas desenvolvidas. Os reflexos dessa postura avessa ao risco é que as duas grandes mudanças nas instalações do AMRJ foram, na verdade, duas grandes reformas das instalações disponíveis, ocorridas com a chegada da Família Real em 1808 e a ocupação definitiva da Ilha das Cobras, na primeira metade do século XX.



**Figura 23 – Participação das unidades construídas no AMRJ na composição da MB (1767 à 2005).**

Na Figura 23, observa-se que de 1767 até 2005 as embarcações construídas pelo AMRJ corresponderam a 9% do número de embarcações que já estiveram ou ainda estão em atividade na MB. Estes números foram obtidos através do cruzamento dos nomes dos Navios da Esquadra (MENDONÇA e VASCONCELOS, 1959) com as informações disponíveis no portal da MARINHA (2005) e no portal especializado em navios de guerra brasileiros ([www.naviosdeguerrabrasileiros.hpg.ig.com.br](http://www.naviosdeguerrabrasileiros.hpg.ig.com.br), 13/01/2006).

Estes números mostram que o AMRJ tem um grande espaço para ganhar na participação relativa dos navios que compõem a Marinha do Brasil. Por outro lado, a participação do AMRJ nos grandes reparos tem sido bastante significativa, havendo a necessidade, conforme a percepção do pessoal, de melhorar sua produtividade. Talvez a consequência mais marcante de uma sociedade ex-escravocrata seja o demérito do trabalho, principalmente se exige esforço físico. É preciso romper com este ranço e correspondente desvalorização do pessoal que trabalha nos níveis mais artesanais.

## Capítulo 4 UMA PROPOSTA DE PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DE INSTALAÇÕES PARA O AMRJ

### 4.1 O processo de planejamento

Os produtos, os processos de produção e as relações de trabalho vêm sofrendo mudanças, numa velocidade cada vez maior, levando ao planejamento de instalações em que se visa acompanhar essa evolução. As técnicas de planejamento de instalações apresentam várias abordagens caracterizadas muito fortemente pelo tipo de problema que se quer resolver, ou evitar, e pela finalidade das instalações projetadas, podendo ser aplicadas em fábricas, hospitais, empresas prestadoras de serviços, etc.

O arranjo físico, *the way in which the parts of something are arranged according to a plan* (HORNBY, 1995), ou layout, pode ser sintetizado como a organização espacial voltada para a satisfação de objetivos determinados. A localização, em relação aos seus fornecedores e clientes, e o arranjo das instalações afetam diretamente o desempenho dos sistemas de produção e um grande esforço é dedicado no planejamento de instalações que cumpram as prioridades competitivas para os produtos em seus planos de negócios. GAITHER e FRAZIER (2004) posicionam o problema do planejamento de instalações entre as decisões estratégicas, ao lado do planejamento de produtos, processos e tecnologias.

Estas decisões envolvem altos custos de investimento e refletem os planos estratégicos de uma empresa, cobrindo períodos de tempo tão longos que mudanças fundamentais podem ocorrer na economia, tecnologia, governo e preferências de consumo. Este planejamento, portanto, está sujeito a uma dinâmica com incertezas e riscos.

O posicionamento físico de departamentos, equipamentos, entradas e saídas, depósitos de produtos ou de matéria prima, escritórios, banheiros, lanchonetes, etc, faz parte do cotidiano gerencial em diversas áreas de produção industrial ou de serviços. A localização relativa de instalações em arranjos físicos funcionais tem sido determinada pelo critério de minimização dos custos de movimentação de materiais.

Embora a literatura adote a formulação matemática do problema de planejamento de arranjo físico ou de posicionamento, minimizando o deslocamento de materiais, como sendo “tradicional”, em contraste com as demais abordagens, é importante observar, a partir da evolução histórica e prática corrente na maioria das situações do cotidiano, que a abordagem esquemática, na qual o especialista elabora arranjos convenientes às aplicações previstas a partir de sua experiência profissional ou intuitiva, tem um emprego mais remoto. Na verdade, a experiência dos especialistas vem sendo empregada antes mesmo dos atuais recursos matemáticos e computacionais alcançarem o desenvolvimento atual. Isso justificaria, por si só, denominar a abordagem esquemática como “tradicional”. Posteriormente surgem as abordagens sistemáticas, que não deixam de ser esquemáticas, mas incluem um ferramental na qual a opinião do especialista é conformada segundo critérios mais objetivos de decisão. Assim, a formulação matemática seria mais uma ferramenta a ser empregada, ou não, conforme veremos a seguir, na eventual abordagem sistemática adotada para elaborar alternativas e escolher o melhor arranjo físico dentro de critérios os mais objetivos possíveis.

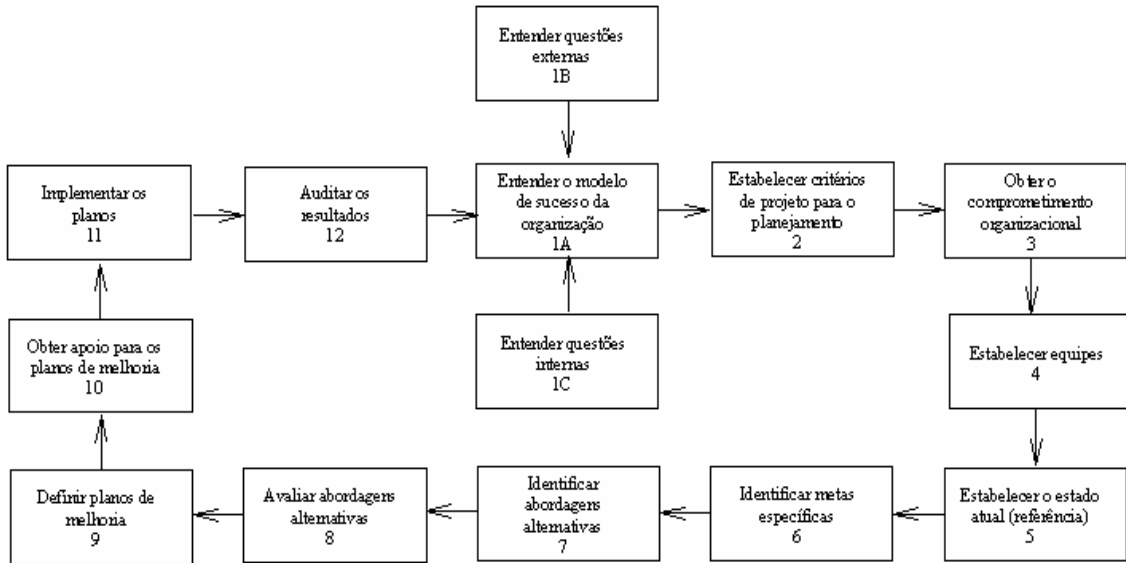
A realidade do ambiente industrial é ainda mais complexa que as, também, complexas modelagens do problema de planejamento de instalações. É necessária toda a atenção quanto à compatibilidade entre a realidade que se quer modelar e as simplificações exigidas pelos modelos disponíveis na literatura especializada. Nas modelagens tradicionais, a movimentação de materiais é considerada linear, incremental, atribuível a atividades específicas e os custos assumem o papel de maior relevância, o que nem sempre corresponde à realidade.

O problema de planejamento do layout não pode ser forçado a atender aos modelos, mas os modelos devem se adaptar ao planejamento. Cada problema deve ser testado em sua compatibilidade com o modelo escolhido antes de sua implementação. Metodologias generalizadas podem levar a resultados inconsistentes com a realidade prática. Sofisticações exageradas do problema e de sua modelagem devem ser evitadas. VOLLMAN e BUFFA (1966) propõem um guia operacional para analisar o problema de planejamento do arranjo físico e melhor escolher a abordagem a ser adotada.

TOMPKINS *et al.* (1996) definem que o planejamento de instalações determina como os ativos tangíveis fixos de uma atividade melhor apóiam-na a alcançar seus objetivos.

Dividem o planejamento de instalações na localização das instalações (*Facilities Location*) e no projeto dos componentes da instalação (*Facilities Design*), cujos conceitos serão melhor definidos quando forem aplicados. Salientam a importância de reconhecer que no planejamento das instalações contemporâneas considere-se a instalação como uma entidade dinâmica e que o requisito chave para um plano de instalação é sua adaptabilidade, que é a capacidade de tornar-se adequada para novos empregos. Sintetizam o planejamento de instalações (*winning facilities planning process*) em 12 passos (diagrama da Figura 24):

- 1A) entender o modelo de sucesso da organização;
- 1B) entender as questões externas;
- 1C) entender as questões internas;
- 2) estabelecer critérios de projeto para o planejamento;
- 3) obter o comprometimento organizacional;
- 4) estabelecer equipes;
- 5) estabelecer o estado atual (de referência);
- 6) identificar metas específicas;
- 7) identificar abordagens alternativas;
- 8) avaliar abordagens alternativas;
- 9) definir planos de melhoria;
- 10) obter apoio para os planos de melhoria;
- 11) implementar os planos; e
- 12) auditar resultados.



**Figura 24 – Processo de Planejamento de Instalações proposto por TOMPKINS *et al.* (1996).**

Entender o modelo de sucesso para a organização (1 A) é pré-requisito para o bom planejamento da instalação e requer um programa educacional para todos os níveis da organização. Todos os componentes devem saber o que faz sua organização ser bem sucedida. Esta função engloba questões externas e internas. As questões externas (1 B) dizem respeito ao estado da arte segundo os preceitos das organizações profissionais, conferências, feiras, livros e revistas especializadas. As questões internas (1 C) envolvem o conhecimento do plano de negócios, recursos disponíveis, restrições e objetivos da organização com um todo. É essencial entender o futuro da organização.

Para implementar melhorias, os esforços devem ser concentrados. É preciso foco nos critérios de projeto estabelecidos para o planejamento das instalações (2).

O gerenciamento deve obter um claro comprometimento organizacional (3) para implementar as melhorias consistentes com os critérios de projeto do planejamento das instalações. Este comprometimento deve realizar-se de maneira que não haja “derrota” em argumentação, mas o exercício pleno do convencimento entre os participantes. Os interesses devem estar concentrados no benefício geral da organização.

A formação de equipes (4) representativas de todos os segmentos da organização e a habilidade de tomar decisões deve ser estabelecida para cada requisito de projeto.

O levantamento do estado atual (5) é importante como referência para avaliação dos resultados da implementação das melhorias planejadas, tanto no aspecto quantitativo quanto no qualitativo.

A identificação de metas (6) claras, mensuráveis e com prazos definidos para cada critério de projeto é outra referência importante para uma avaliação objetiva da efetividade das melhorias propostas.

A identificação de abordagens alternativas (7) é o processo criativo de busca de sistemas, procedimentos, equipamentos ou métodos que permitam alcançar as metas especificadas.

Avaliação econômica e qualitativa das abordagens alternativas (8) deve corresponder à orientação da organização e estimar o pleno benefício econômico de cada alternativa.

Com base na avaliação acima, seleciona-se a melhor alternativa (9) e busca-se o apoio (10) necessário para a implementação dos planos de melhoria.

Implementar os planos (11) é supervisionar o desenvolvimento, a instalação, o comissionamento e a solução das falhas. Treinar operadores e estar certo da utilização adequada dos sistemas propostos. Este passo representa atuar com esforço até que os resultados sejam alcançados.

Auditar resultados (12) é documentar a operação real dos sistemas, comparar os resultados obtidos com as metas estabelecidas, prever desempenho e identificar discrepâncias, documentando-as. É um processo cíclico, devendo-se realimentar o sistema com as informações obtidas.

Ressalva-se que, apesar do nome dado pelos autores aos 12 passos acima, a simples implementação do método não é suficiente para garantir o sucesso da organização. Assim como qualquer ferramenta, para se obter bons resultados é necessário que haja habilidade e sensibilidade na sua implementação.

Há 5 conceitos que devem ser entendidos de forma clara para o sucesso do planejamento das instalações (TOMPKINS *et al.*,1996):

- 1) Visão - direção que a organização seguirá, alvo a ser alcançado;
- 2) Missão - como alinhar o rumo da organização com a visão;
- 3) Requisitos de sucesso - a ciência do negócio;
- 4) Princípios orientadores - valores a serem seguidos na busca da visão; e
- 5) Evidência do sucesso - resultados mensuráveis que demonstrarão quando a organização está se movendo segundo a visão.

Um dos mais efetivos métodos para aumentar a produtividade e reduzir custos é eliminar todas as atividades que são desnecessárias e, portanto, geram desperdício. O projeto de instalações deve cumprir a meta em termos de manuseio de material (*material handling*), utilização de pessoal e material, redução de estoques e aumento de qualidade. Se uma organização atualiza continuamente suas operações de produção para ser tão eficiente e efetiva quanto possível, então deverá haver um contínuo rearranjo das atividades em progresso.

#### **4.2 Modelagens e métodos de solução**

As abordagens na modelagem e solução do problema de planejamento de instalações são das mais variadas possíveis, atendendo diversos escopos de complexidade. MUTHER e WHEELER (2000) propõem um planejamento sistemático e simplificado do arranjo físico. Outros autores, como KUCHTA (1998) e KIND (1998), apresentam diversos trabalhos propondo soluções simples para o problema de estocagem e armazenamento.

HERAGU e KUSIAK (1987) listam modelagens matemáticas mais sofisticadas para o problema de arranjo físico (*layout design*): problema quadrático de atribuições; problema quadrático de cobertura de conjunto; problema de programação linear inteira; problema de programação mista e problema da teoria dos grafos. Em geral, apresentam-se com difícil solução, significando que não há algoritmo capaz de encontrar a solução ótima de um problema de grandes proporções em tempo polinomial (GAREY e



JOHNSON, 1979). A busca por soluções ótimas divide-se em algoritmos de *branch and bound* e algoritmos de corte.

Devido à dificuldade de se obter as soluções ótimas, as pesquisas foram direcionadas para a busca de soluções eficientes (sub-ótimas). Os algoritmos sub-ótimos dividem-se em: algoritmos construtivos; algoritmos de melhoramento; algoritmos híbridos; e algoritmos baseados na teoria dos grafos. Os algoritmos heurísticos são o caminho mais promissor no tratamento dos problemas de arranjo físico. RUSSEL e GAU (1995) apresentam um levantamento das principais heurísticas disponíveis, dividindo-as em algoritmos baseados em adjacências e algoritmos baseados em distâncias, e listam os principais programas disponíveis no mercado.

CANEN e WILLIAMSON (1998) apresentam a evolução histórica dos principais algoritmos computacionais disponíveis no planejamento de layout dentre os quais citam os seguintes: alguns empregando heurísticas construtivas na obtenção de uma solução final, tais como CORELAP (LEE e MOORE, 1967), ALDEP (SEEHOF e EVANS, 1967) e PLANET (APPLE e DEISENROTH, 1972). Outros programas, como o CRAFT (ARMOUR e BUFFA, 1963) e o COFAD (TOMPKINS e REED JR., 1976), partem de uma solução inicial e a aperfeiçoam num processo sucessivo. Também fala-se da combinação de algoritmos construtivos e algoritmos de melhoramento, que tem resultado em abordagens promissoras de algoritmos híbridos (ELSHAFEI, 1977, SCRIBAN e VERGIN, 1985). Essa listagem, apenas ilustrativa, está longe de esgotar a vasta gama de programas e algoritmos disponíveis.

LIGGETT (1981) apresenta o problema de otimização do arranjo físico como um problema quadrático de alocação e discute estratégias para heurísticas de busca de soluções eficientes (não ótimas) para o problema quadrático de alocação apresentando-o em termos de uma associação de um conjunto  $M = \{1, 2, \dots, m\}$  com um conjunto  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  onde  $m = n$ . Cada elemento de  $M$  é atribuído a um elemento distinto em  $N$ . Trata-se de uma associação unívoca de um conjunto em outro. Assim, o problema de localização de instalações pode ser pensado como uma associação de um conjunto de instalações com um conjunto de localidades candidatas, onde cada instalação é atribuída a uma e somente uma localidade.

Seja  $S$  o conjunto de todas as possíveis associações do conjunto  $M$  levando a  $N$ . Uma associação particular  $p \in S$  pode ser representada na forma  $p(i_k)=j_k$ , onde  $i \in M$  e  $j \in N$ . O problema quadrático de alocação consiste em achar, no conjunto de todas as soluções  $S$ , uma associação  $p$  que otimize o valor da função objetivo.

Seja

$C = [c_{ij}]$  uma matriz  $m \times n$  : custo de atribuir a instalação  $i \in M$  à localidade  $j \in N$ ;

$F = [f_{ij}]$  uma matriz  $m \times m$ : fluxo entre a instalação  $i, j \in M$  ;

$D = [d_{ij}]$  uma matriz  $n \times n$ : distâncias entre as localidades  $i, j \in N$

O problema pode ser sintetizado em:

$$\underset{p \in S}{MIN} \left( \sum C_{ip(i)} + \sum_i \sum_j f_{ij} d_{p(i)p(j)} \right)$$

Para avançar em direções produtivas utilizando a teoria dos Grafos, BOAVENTURA NETTO (2003) considera importante que se definam dois recursos teóricos.

- a) uma visão do problema quadrático de alocação através de um modelo de grafo; e
- b) uma formulação linear (relaxada) para o problema quadrático de alocação.

Os pacotes computacionais disponíveis no mercado são o FactoryOPT da CIMTECHNOLOGIE, o SPIRAL distribuído por Marc Goetschalckx, LayOPT da Production Modeling Corp e Factory Modeler da Systéms Espace Temps Inc.

Os *softwares* de simulação e estatística são outras opções que oferecem capacidades de análise importantes para o projetista de arranjo físico no que tange a ocupação do espaço tridimensional do posto de trabalho pelo elemento humano, taxa de serviço, formação de filas, etc. Os simuladores de eventos discretos, usados principalmente na avaliação de processos produtivos estão em constante evolução, apresentando recursos poderosos de análise. Apesar disso, são poucos os que se prestam para uma integração,

devido, principalmente, à falta de interatividade desses *softwares* com outros aplicativos de planejamento de instalações.

Finalmente, cabe alertar que a simples aquisição de pacotes computacionais não é suficiente para garantir a implementação prática dos conceitos teóricos do planejamento do layout. CANEN e SCOTT (1995), avaliando a aplicação prática dos conceitos teóricos de outro importante problema da pesquisa operacional, o problema de roteamento de veículos (VRP), constataram que a ponte entre teoria e prática pode ser inviabilizada por fatores como: insuficiência de recursos, atrasos nos compromissos assumidos, falta de apoio da alta administração, falta de divulgação, equipe de apoio não familiarizada com os recursos disponíveis, etc. Independentemente de qual seja considerada a abordagem adequada, função dos vários parâmetros quantitativos e qualitativos aplicáveis à indústria naval, essa escolha não poderá prescindir do comprometimento de todos os envolvidos no processo.

### **4.3 Referências para a aplicação das técnicas de planejamento de instalação contemporâneas**

TOMPKINS *et al.* (1996) destacam que o planejamento de instalações é uma mistura de técnica e arte. A partir da evolução das instalações do AMRJ ao longo do tempo, da avaliação do nível de desenvolvimento das suas instalações atuais e da seleção de temas julgados importantes no contexto atual, parcela que exigiu mais arte do que técnica pelo maior grau de subjetividade, foram elaboradas as referências que se seguem.

#### **4.3.1 Cenário internacional**

A indústria naval sempre foi marcada pela acirrada competição, entre empresas ou entre países, e pela busca de mercados dispersos globalmente. O ambiente de competição empresarial leva a um estado de incertezas que faz com que se busquem continuamente novas formas de sobrevivência, procurando tecnologias e técnicas capazes de mantê-las produzindo e lucrando.

Atualmente, Coréia do Sul e Japão são os maiores construtores mundiais de navios comerciais, seguidos de países como China, Cingapura e Índia. A China, com uma participação de cerca de 16% do mercado de embarcações novas, passa por um processo de franca expansão, já se aproximando do Japão (25%) e ainda distante da Coréia do Sul (52%). Observa-se, portanto, uma pequena margem de participação para os demais países do globo explicada por um nível de preço e capacidade instalada que inviabiliza, na atualidade, a instalação de indústrias concorrentes.

O Japão vem mantendo sua posição graças a um grande investimento em alta tecnologia e na redução da mão de obra necessária para a construção de seus navios. A Coréia combina alta tecnologia com baixo preço da mão de obra. A China aproveita-se do baixo custo de sua mão de obra e de sua robusta balança comercial para investir na modernização de seus estaleiros às custas de incentivos governamentais.

Europa e Estados Unidos da América, embora tenham preservado suas posições de grandes construtores navais de guerra, não conseguiram manter sua competitividade na construção naval comercial. Com o final da Guerra Fria e a redução da demanda por navios de guerra seus estaleiros entraram em crise. Muitos fecharam, outros passam por reestruturação e fusões.

Na Europa, os dois maiores estaleiros alemães, Thiessen Krupp e Howaldtswerke-Deutsche Werft (HDW), uniram-se no novo grupo ThyssenKrupp Marine Systems, empregando cerca de 9200 pessoas. A França estuda a privatização de 49% do seu estaleiro estatal a DCN. Na sua reestruturação, reduziu o pessoal de 28000 para cerca de 12000. Fala-se de uma fusão dos vários estaleiros no que seria uma empresa européia de construção naval de defesa em condições de competir, principalmente, com a indústria americana. A principal dificuldade nesse processo é a forte resistência dos movimentos nacionais e as leis antitrustes. A Inglaterra, como os demais países europeus, busca alternativas à redução da demanda por navios militares, protegendo-se no nicho dos navios de apoio *offshore*.

Como a indústria naval, militar ou comercial, exerce forte influência econômica nas regiões onde se instalam, a questão que tentam resolver é como viabilizar, pelo menos, preservação do nível de emprego nessas regiões.

Nos Estados Unidos da América, apesar do seu volumoso orçamento militar, a redução da demanda com o final da guerra fria também foi sensível. Nem os recentes conflitos no Golfo têm sido capazes de atenuar a crise nos estaleiros militares americanos. Sofreram um processo de redução em número e capacidade, contando atualmente com apenas 6 grandes estaleiros, o *BIG SIX*. Há que se notar que, apesar de contarem com apenas 1% do mercado mundial da construção naval comercial, a ampla re-estruturação do setor já os coloca como uma das indústrias navais mais eficientes e avançadas do mundo (FERRAZ *et al.*, 2002).

#### **4.3.2 Cenário nacional**

Reproduzimos aqui alguns resultados da análise, apresentada no XII Simpósio de Engenharia de Produção (ALVES *et al.*, 2005), deste momento no qual segmentos da sociedade brasileira se mobilizam para uma retomada da indústria naval, otimistas, por um lado, pelas perspectivas positivas de geração de divisas e empregos, e receosos, por outro, pelas lembranças recentes de um setor que não foi capaz de acompanhar as exigências de competitividade de seu mercado.

Algumas das características e possíveis objetivos estratégicos globais a serem perseguidos na retomada sustentável e competitiva da indústria naval podem ser encontrados em alguns trabalhos avaliando aspectos particulares do processo decisório, da organização da construção e das técnicas e processos de trabalho na construção naval e na indústria em geral.

VEIGA (1984), estudando a mudança técnica e o processo de trabalho na construção naval brasileira, identificou duas fases importantes. A primeira foi a mudança de uma estrutura de reparos para uma estrutura de construção, impulsionada, a partir de 1958, pela política de desenvolvimento do governo JK e coordenada pela ação do GEICON - Grupo Executivo da Indústria de Construção Naval. Nessa fase, os estaleiros instalados na Baía da Guanabara recorreram à assistência técnica japonesa e alemã para o dimensionamento dos equipamentos necessários à produção dos navios típicos da época

e para a reformulação do layout, reformando e ampliando as instalações disponíveis. O modelo predominante ainda era a de uma grande área de carreira, com guindastes de pequeno porte e uma oficina processando chapa por chapa (layout de posição fixa), embora o convênio com o Japão e a Alemanha tenha lançado as bases para uma futura concepção em blocos. A partir de 1967, segunda fase de mudança, o conceito de construção em blocos, que reduz o tempo de ocupação de carreiras, difundiu-se amplamente e teve sua utilização justificada pelo, então, volume de produção existente. Observou-se, entretanto, nessa época, o aumento da produção sem o aumento correspondente na mão-de-obra, nem no nível de investimentos na renovação de máquinas e equipamentos. Essas constatações, aliadas à redução do nível de subsídios governamentais e à incapacidade das empresas do setor em elevar a produtividade e reduzir custos levaram à crise instalada no setor, agravada a partir do final da década de 70 e perdurando até hoje.

Há a necessidade de uma identidade própria para o setor de construção naval brasileiro que o recoloca em condições de competir no mercado internacional, explorando qualquer diferencial disponível. VELASCO e LIMA (1997) considera que para não se repetirem os erros do passado é preciso que se invista em condições organizacionais para competir no mercado internacional, incluindo, dentre outras medidas, a modernização das práticas gerenciais e dos métodos produtivos. A palavra de ordem é a busca de competitividade junto aos mercados asiático, europeu e norte-americano.

FERRAZ *et al.* (2002) propõem uma estratégia competitiva e de crescimento – para o setor privado e para o Estado - focalizada em segmentos que possam ser inicialmente induzidos pela demanda local e estruturada em três movimentos: reativação e consolidação com os contratos da indústria offshore (plataformas e embarcações de apoio); fortalecimento com petroleiros e navios para cabotagem; expansão com a substituição de porta-*containers* do comércio internacional por navios de bandeira nacional, construídos aqui, e exportação de plataformas, embarcações e navios de longo curso. É apresentada também uma discussão quanto às dificuldades relacionadas à indústria de navepeças, cuja composição para navios da PETROBRAS é apresentada no ANEXO A.

Essa competitividade, entretanto, deve ser obtida assegurando não só bons resultados econômicos, mas, principalmente, resultados que correspondam a efetivos benefícios sociais. Um dos principais argumentos na justificativa dos subsídios governamentais é a questão da geração de empregos esperada com a reativação da indústria naval. Assim, o elemento humano não deve ser encarado apenas como um meio instrumental, mas como uma finalidade do processo. Há que se priorizar, então, a qualidade do emprego gerado, tanto no aspecto de formação e qualificação, quanto no de segurança e qualidade de vida do trabalhador.

Já há setores preocupados com a questão da formação e capacitação da mão-de-obra necessária. PENSO (2002) avalia a evolução histórica da organização da Escola Técnica do Arsenal de Marinha, visando o atendimento das expectativas do convênio entre o MEC e a Marinha do Brasil, dada a necessidade atual de fomentação ao ensino industrial naval. Salienta, em sua conclusão, a necessidade da construção de um conjunto de indicadores que possam monitorar as alterações advindas do mercado e com isso, realimentar o planejamento estratégico da escola.

Embora TOMPKINS *et al.* (1996) destaquem que muitas vezes a prática profissional do planejamento de layout supere o que ainda é ensinado nas universidades, não parece ser o caso especificamente da indústria naval brasileira. Em entrevistas não estruturadas realizadas com engenheiros colocados em 2 grandes estaleiros do Rio de Janeiro, algumas preocupações foram identificadas. A primeira diz respeito à possibilidade, nessa retomada da indústria naval, de se aproveitar apenas a capacidade instalada, em grande parte obsoleta, realizando as adaptações mínimas necessárias para o cumprimento dos contratos previstos, principalmente no setor de petróleo, sem um comprometimento em se estabelecer uma indústria verdadeiramente revitalizada, apta a corresponder às expectativas de produção e qualidade do mercado internacional. Outra preocupação é a dificuldade no estabelecimento de uma cultura de produção voltada para o atendimento dos prazos.

Mesmo as parcerias com estaleiros estrangeiros, que poderiam corresponder a um maior fluxo de investimentos e de tecnologia, são vistas com certa desconfiança. Há dúvidas se esses consórcios visam ao estabelecimento de uma indústria efetivamente baseada em nossas vantagens comparativas, tais como disponibilidade de matéria-prima, mão-de-obra qualificada, parque industrial capaz de formar cadeias de suprimento permanentes ou, apenas, aproveitar uma conjuntura politicamente estabelecida, num esforço provisório e precário. Veremos, adiante, que alguns elementos do layout permitem avaliar, preliminarmente, se os investimentos a serem realizados apresentam pretensões imediatas ou de longo prazo.

Há preocupações quanto aos grandes investimentos necessários para a reativação e atualização dos sistemas produtivos e das instalações na indústria naval brasileira. Considerando-se a demanda de 42 (quarenta e duas) embarcações dividida entre os cerca de 10 (dez) estaleiros ou consórcios candidatos - incluindo os chamados estaleiros virtuais, onde existe a parceria de estaleiros estrangeiros com empresas nacionais, mas não há instalações físicas, pelo menos ainda - resultaria em cerca de 4 (quatro) embarcações por estaleiro. Esses números são muito modestos para justificar grandes investimentos, apesar dos aspectos estratégicos e de geração de empregos.

Outra questão apontada é a dificuldade em se obter os financiamentos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), pois as linhas de crédito estão disponíveis, mas há dificuldade em se atender a todos os requisitos para sacar o dinheiro num prazo razoável.

Quanto a uma atuação no mercado internacional, considera-se interessante, mas, atualmente, deixar de dedicarem-se totalmente a conseguir estes contratos nacionais para tentar uma aventura internacional, representaria um pular de etapas que poderia custar sua sobrevivência. Em relação à aplicação de técnicas de gestão e administração, tais como *Just in Time*, Competição Baseada no Tempo, etc, tem se considerado, numa visão que merece uma reflexão maior, que a variedade de produtos é muito grande, o que, pela visão predominante, inviabilizaria a adoção "desses pacotes administrativos voltados basicamente para linhas de produção em série" (ALVES *et al.*, 2005).



O resultado é que os preços de construção no Brasil chegam a ser de 30 a 70% superiores aos preços praticados no mercado internacional, conforme noticiado na imprensa em geral. Esses valores podem se tornar ainda maiores se forem considerados os aditamentos contratuais que geralmente ocorrem em grandes obras. É uma faixa grande de sobre-preço que será tanto maior quanto a capacidade de pressões políticas compensarem as ineficiências do sistema produtivo nos estaleiros brasileiros.

Não se pode negar que num primeiro momento da reativação, a eficiência dos sistemas produtivos seja menor até que o sistema “aprenda” a produzir e entre num regime de melhoria e ganho de escala. Porém, como já destacado, há a possibilidade de não ser interessante investir em sistemas competitivos atualizados se o mero discurso político for suficiente para justificar a retomada da indústria naval a qualquer preço.

Assim, fica claro que a retomada de nossa indústria naval encontra-se numa situação muito mais frágil do que transparece nos noticiários da imprensa, onde constam inaugurações, lançamentos de embarcações, etc. Se o que se deseja é uma indústria naval capaz de sobreviver aos curtos mandatos eletivos que se apresentam como responsáveis pela recente retomada, será necessária uma reflexão profunda, baseada em parâmetros objetivos que efetivamente representem nossa situação, buscando superar nossas fraquezas e explorar ao máximo nossas forças. Nesse ponto, a aplicação das técnicas de planejamento das instalações apresenta-se como uma poderosa ferramenta de racionalização e otimização dos métodos, que ainda não foi plenamente efetivada.

Um outro ponto a ser explorado é a questão das parcerias público privadas que devem assumir um papel de maior importância no futuro, a partir da efetivação da LEI 11.079/2004. Poderia ser avaliada a possibilidade de um consórcio do AMRJ com os chamados estaleiros virtuais, que detêm os recursos financeiros, mas não estão dispostos a arcar sozinhos com os grandes investimentos da instalação do parque industrial de um estaleiro. Nessa parceria poderiam ser divididos os investimentos necessários a uma eventual modernização, respeitadas as vedações previstas na citada lei.

### 4.3.3 A preservação ambiental

A Gestão ambiental na atualidade assume, pelo menos, duas faces no planejamento de instalações industriais. Numa funciona como restrição que impõe custos, muitas vezes, elevados aos processos produtivos. Noutra é verdadeira oportunidade de racionalização no uso dos recursos materiais renováveis ou não.

Mesmo a gestão dos chamados recursos renováveis tem assumido um cuidado muito maior (BARBIERI, 2004). O ferro é geralmente aceito como um recurso renovável. A questão que se coloca é se os morros ou jazidas deste recurso mineral, que são consumidos numa velocidade cada vez maior na produção de produtos de vida útil relativamente curta, se considerada a escala de tempo da história humana, não farão falta à subsistência das gerações futuras. O ferro que é retirado da natureza, transformado em aço, ou em outras ligas, oxida ao longo do tempo de utilização e no final, se for empregado na construção de alguma embarcação, será, muito possivelmente, depositado no fundo do mar. Assim, as perdas entre a extração e a sua eventual reciclagem, ditada principalmente por critérios de mercado, ou seja, só ocorre onde é economicamente interessante, são muito grandes. Numa escala de tempo maior, o que está ocorrendo é um consumo realmente irreversível.

O noticiário atual está repleto de crônicas econômicas que exaltam os méritos dos modelos de desenvolvimento aplicados nos países do extremo oriente, em particular da China, Coreia do Sul, Japão e Cingapura, que pressupõe uma realidade imaginária de um planeta infinito onde as pessoas são meros recursos. Acontece que muito desse chamado modelo de desenvolvimento se baseia na exploração de uma mão de obra barata e com poucas garantias sociais e trabalhistas e no baixo nível de regulamentação ambiental desses países.

O Brasil, em passado muito recente, já ofereceu, como atrativo industrial, seu baixo nível de proteção ambiental (SILVA FILHO, 2003). Em 1972, foi realizada na Suécia, uma reunião internacional, com 113 países, que ficou conhecida como Reunião de Estocolmo, que teve por finalidade discutir como abordar os problemas ambientais. O então representante do Brasil, que liderava o bloco do terceiro mundo, proclamava que a poluição era bem-vinda, e os delegados dos países em desenvolvimento, liderados pela

delegação brasileira, defendiam seu direito às oportunidades de crescimento econômico “a qualquer custo”, como aparecia num cartaz postado durante a reunião:

“Bem-vindos à poluição. Estamos abertos para ela. O Brasil é um país que não tem restrições. Temos várias cidades que receberiam de braços abertos sua poluição, porque o que nós queremos são empregos, são dólares para o nosso desenvolvimento” - Dias (2000, p.36) *apud* (SILVA FILHO, 2003).

Felizmente, o Brasil está mudando e as instalações industriais são cada vez mais pressionadas a se adaptarem à Legislação Ambiental. O país assumiu posição de vanguarda na assinatura de diversos tratados internacionais, cuja efetiva implementação sofre, ainda, as restrições econômicas de um país em desenvolvimento.

Fumaça de chaminé não é mais sinônimo de progresso. Entre os critérios de desempenho encontram-se, além da eficiência econômica, a equidade social e o respeito ao meio ambiente. O desenvolvimento deve ser sustentável, atendendo às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades.

A gestão ambiental assume o caráter de oportunidade quando é observado que muitas tecnologias limpas podem ser incluídas nos processos produtivos com possibilidade de aumento da eficiência e redução de custos operacionais. Sistemas de co-geração podem elevar a eficiência de máquinas térmicas que variam entre 20% e 40% para até 90%. A recuperação da água da chuva para sistemas sanitários é uma solução já adotada nos prédios mais modernos. Energia solar é empregada em aquecimento e geração de eletricidade. A energia eólica já é uma realidade viável.

Não só a adoção de novas tecnologias permite melhores resultados ambientais e econômicos. No âmbito do AMRJ, é comum que navios atracados mantenham grupos diesel geradores em operação para atender a demanda de eletricidade de bordo. Acontece que a demanda elétrica do navio atracado é apenas uma pequena fração da capacidade instalada. Com isso, tais grupos geradores trabalham fora de sua faixa de funcionamento eficiente, trazendo como conseqüências aumento dos custos de manutenção. Um sistema centralizado de geração poderia trazer o desempenho para

patamares melhores, reduzir o custo de manutenção e aumentar a vida útil dos grupos geradores de bordo. Este desempenho poderia ser ainda maior se fossem empregadas plantas de co-geração movidas a gás natural. Este é apenas um exemplo, outros similares podem ser avaliados, tais como a viabilidade de centralizar o maior número possível de funções técnicas e administrativas do AMRJ num número mínimo de edifícios. Com isso poderiam ser reduzidas as distâncias de movimentação de pessoal, e racionalizados os projetos de condicionamento de ar, logística de consumíveis, etc.

#### **4.3.4 Necessidades do pessoal**

Além dos fatores que determinam o sucesso de uma empresa, como o envolvimento de seus trabalhadores na busca da qualidade de seus produtos, baixos custos, elevada produtividade e máxima rentabilidade, devemos acrescentar outros orientados para a segurança, saúde, bem estar e moral dos funcionários, os quais devem fazer parte de um processo de melhoria contínua da organização.

A importância do desenvolvimento de competências multiculturais na capacitação gerencial é destacada por CANEN e CANEN (2005). A diversidade de valores culturais, domésticos ou internacionais, pode gerar tensões quando não tratados adequadamente. Por outro lado, um ambiente de respeito mútuo pode potencializar as vantagens de grupos heterogêneos na solução criativa dos diversos problemas organizacionais.

Essa diversidade é sensível no AMRJ, estando lá presentes várias categorias de agentes públicos. Há, também, o trato com diversos fornecedores de produtos e serviços, além de clientes nacionais, de outros órgãos do governo ou da iniciativa privada, e internacionais, atendendo Marinhas Amigas ou navios privados de bandeira estrangeira.

No aspecto de segurança do trabalho, o ambiente do Estaleiro pode ser extremamente insalubre e apresentar elevada periculosidade se não forem seguidas rígidas normas de segurança, conforme constatado por MIRANDA (1997) no caso de silicose em trabalhadores de estaleiro do Rio de Janeiro.

A prevenção de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais vem se tornando, cada vez mais, uma questão prioritária para se manter um elevado nível de competitividade nas empresas. Os acidentes representam um fator indesejável, tanto pelo lado social, quanto pelo econômico. Podemos, então, deixar de gastar em acidentes para investir em prevenção, o que envolve pensar, analisar e planejar os processos, a fim de se determinar onde ocorrem as falhas e, assim, estabelecer medidas para que o evento (acidente) não aconteça.

A noção de risco tem a ver com a possibilidade de perda ou dano, ou como sinônimo de perigo. A palavra risco é utilizada em muitas áreas e com vários significados, como a matemática, a economia, a engenharia e o campo da saúde pública. O risco, num conceito de interesse à saúde dos trabalhadores, é toda e qualquer possibilidade de que algum elemento ou circunstância existente num dado processo e ambiente de trabalho possa causar dano à saúde, seja através de acidentes, doenças ou do sofrimento dos trabalhadores, ou ainda através da poluição ambiental. Os riscos podem estar presentes na forma de substâncias químicas, agentes físicos e mecânicos, agentes biológicos, inadequação ergonômica dos postos de trabalho ou, ainda, em função das características da organização do trabalho e das práticas de gerenciamento das empresas, como organizações autoritárias que impedem a participação dos trabalhadores, tarefas monótonas e repetitivas, ou ainda a discriminação nos locais de trabalho em função do gênero ou raça. É claro que a saúde dos trabalhadores é muito mais abrangente do que os riscos nos locais de trabalho, e tem a ver com as condições mais gerais de trabalho e vida, como salário, moradia, alimentação, lazer, existência de creche no trabalho e a participação nas decisões da sociedade.

Ambientes seguros e saudáveis não se referem apenas ao acidente de trabalho ou à doença ocupacional. Existe um terceiro item tão ou mais importante, o absenteísmo, que atinge coletivamente os resultados de uma empresa.

Em relação ao custo de um acidente, tem-se o custo direto ou segurado, que diz respeito às despesas médicas, hospitalares ou farmacêuticas necessárias à recuperação do

acidentado, o pagamento de diárias e indenizações pagas pelo INSS, assim como o transporte do acidentado.

Já o custo indireto ou não segurado são as despesas não atribuídas aos acidentes, mas conseqüentes indiretos dos mesmos. Não é de responsabilidade do INSS. São os salários pagos a funcionários durante o tempo gasto na investigação do acidente, diminuição da eficiência do empregado ao retornar ao trabalho, despesas com o treinamento do substituto, custo de material ou equipamento danificado no acidente, dentre outros. Este custo indireto varia de empresa para empresa e é de difícil determinação. Dentre vários métodos que podem ser aplicados, é mais usual o Método de HEINRICH (1959), que estimou o custo indireto em 4 vezes o custo direto, com base em informações de seguradoras americanas.

Assim, no planejamento das instalações os equipamentos e processos que possam gerar riscos à saúde e segurança do trabalhador devem ser isolados em áreas onde o contato com o pessoal seja minimizado. Incorporando medidas vitais de saúde e segurança nas fases iniciais do projeto, o empregador evita condições de falta de segurança (condições desfavoráveis) e a conseqüentes perdas de capital e mão de obra, resultantes de acidentes industriais.

COUTO (1995) sugere uma lista com uma série de pontos a serem checados nas diversas fases do desenvolvimento do arranjo físico para avaliação dos aspectos de ergonomia que respeitem as especificações técnicas da “máquina humana”. IIDA (2003) salienta a importância do enfoque ergonômico no desenvolvimento de postos de trabalho que reduzam as exigências biomecânicas, procurando colocar o operador em uma boa postura de trabalho, os objetos dentro do alcance dos movimentos corporais e que haja facilidade de percepção de informações. “O posto de trabalho deve envolver o operador como uma vestimenta bem adaptada em que ele possa realizar o trabalho com conforto, eficiência e segurança”.

Uma questão que não pode ser deixada de lado no planejamento de instalações é o conceito de acessibilidade para todos. Isto representa a inclusão dos portadores de

necessidades especiais. As deficiências, que podem ser físicas, auditivas, visuais, mentais ou múltiplas, não podem fazer presumir que as demais capacidades do deficiente não possam ser plenamente desenvolvidas e que estes possam assumir um papel produtivo na sociedade. Se o Brasil é um país para todos, então não há espaço para o mito do homem ou mulher padrão. Uma boa referência é apresentada em COHEN e DUARTE (2004).

Cabe destacar que o simples fornecimento de um ambiente atraente não é suficiente para garantir que se alcance o máximo potencial de uma instalação industrial, mas é um passo importante nessa direção. O trabalho pode ser uma importante fonte de saúde, se é realizado de forma gratificante e num ambiente saudável.

#### **4.3.5 Divisão departamental**

As abordagens convencionais do planejamento de instalações, principalmente quando já existentes, assumem como dado a divisão departamental estabelecida. As organizações encontram-se divididas em setores que, geralmente, não são questionados na definição ou re-definição do arranjo físico. Acontece, como observado na evolução histórica das instalações do AMRJ, que a organização do trabalho e sua divisão não são estáticos. Os avanços tecnológicos e o fenômeno de aprendizagem fornecem melhores metodologias para a realização das tarefas. Essa mudança em metodologias quase sempre exige uma revisão da base departamental. O termo departamento, aqui, está sendo empregado como na literatura dominante para denominar setores de organizações, sem posicioná-los hierarquicamente em superintendências, gerências ou divisões.

Se é verdade que o arranjo físico de posição fixa é o característico para as obras de construção e reparo em um estaleiro e que a organização das oficinas por processos é adequada à grande gama de produtos e de ampla faixa de variação do volume a ser produzido, deve-se destacar que há, também, diversas possibilidades de divisão dos trabalhos necessários. É possível organizar um estaleiro com oficinas de estruturas, oficina de motores, oficina de turbinas, oficina mecânica, oficina de redes, oficina de válvulas, oficina de caldeiras, oficina de carpintaria, oficina de docagem e tantas outras correspondentes aos vários processos envolvidos na construção e reparo navais. Nos níveis superiores essa divisão costuma envolver departamentos técnicos, departamentos

de planejamento, departamento de controle de qualidade, departamento de administração de pessoal, departamento de administração das instalações, departamento de compra, departamento jurídico, etc. Nessa configuração, o espaço, os equipamentos e o pessoal estão pré-agrupados para a consecução de determinado processo.

Um problema desse tipo de organização é a possibilidade de ocorrer ociosidade quando não há demanda necessária em relação a determinado processo ou serviço. Nos níveis superiores podem ocorrer conflitos positivos e negativos de competência. O conflito positivo se dá quando mais de um setor considera que a realização do serviço é parte de suas atribuições. O conflito negativo ocorre quando dois ou mais setores consideram que a realização de determinado serviço não é parte de suas atribuições. Uma situação que pode ocorrer é um departamento de controle de qualidade considerar que esse controle em serviços de reparo deve ser realizado pela própria oficina e a oficina, por outro lado, considerar que tal controle deve ser realizado pelo departamento especializado. Outra situação é um déficit de mecânicos habilitados em soldagem na oficina estrutural, provocando atrasos, mesmo que eventualmente haja ociosidade entre os soldadores da oficina mecânica.

Uma alternativa seria a divisão dos processos pela área de qualificação do pessoal. Assim, um departamento de artesãos mecânicos envolveria todos os profissionais com qualificação na área mecânica. Aqueles, por exemplo, capacitados a manusear tornos, fresas ou outros equipamentos de fabricação não estariam, a priori, alocados a esses equipamentos, mas sim alocados entre os recursos humanos capacitados a realizar, entre todas as atividades previstas para um profissional da área de mecânica, àquelas de fabricação. Eventualmente, os profissionais com habilidades variadas poderiam ser empregados em vários serviços distintos, seja na montagem ou desmontagem de equipamentos, na fabricação de peças, ou qualquer outro, de sua área de habilitação, em que a demanda exija. Nessa configuração todos os equipamentos dos diversos processos mecânicos estariam disponíveis ao emprego de qualquer profissional habilitado e demandado em determinado processo. Pode-se visualizá-la como uma grande “equipamento-teca” onde todos os equipamentos estariam disponíveis para “empréstimo” ou utilização quando fosse necessário. As especializações, naturalmente, poderiam ocorrer, ditadas pela demanda e pela qualidade dos serviços realizados por determinado indivíduo ou grupo profissional.



Muito adequada a colocação de VEIGA (1984): “A alocação do tempo e da tarefa, neste caso, não implica a definição precisa da forma de executar a operação, que fica a cargo do próprio trabalhador. De acordo com a literatura britânica, a baixa padronização do produto e do processo da construção naval estariam na origem da explicação para os dois principais atributos da força de trabalho empregada no ramo: a versatilidade e a qualificação. Atributos que se manifestariam na habilidade "para interpretar planos", e na capacidade de "usar critérios no trabalho" e de enfrentar trabalhos variados e não-familiares.”

Mesmo a estrutura oficial de reconhecimento de atividades profissionais contraria a divisão excessiva. No momento em que o graduado em engenharia recebe o seu registro profissional, lhe é assegurado por lei um conjunto de atividades as quais se presume que esteja qualificado a exercer plenamente, desde que tenha participado do curso de engenharia em instituição de ensino oficialmente reconhecida.

No caso do engenheiro mecânico, a resolução 218, de 29 de junho de 1973, do CONFEA, designa 18 atividades correspondentes às diferentes modalidades de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Naturalmente, ao longo da vida profissional buscam-se qualificações e especializações que levam o profissional a escolher trabalhar em determinada área. No entanto, como aquelas atividades são atribuídas já no início da carreira, pode-se entendê-la como um núcleo mínimo de atividades para as quais o profissional está qualificado. Por que, então, não ajustar os espaços físicos para que cada profissional possa exercer cada atividade com todos os recursos disponíveis ao invés de dividi-lo, a priori, num esforço de criar uma “especialização” pelo exercício repetido e exclusivo de determinada atividade.

Essa configuração demandaria um trabalho maior de programação na alocação de pessoal, material e equipamentos a determinados projetos, mas poderia representar maior grau de utilização dos recursos disponíveis. Uma política de incentivos e reconhecimento poderia levar os profissionais a se capacitarem nas diversas áreas de interesse, aumentando a flexibilidade do Arsenal como um todo. Essa flexibilidade não se confunde com improviso, pois será reconhecida pelos organismos oficiais com

resultados previsíveis. Diferente de quando o profissional extrapola de sua capacitação, quando os resultados muitas vezes são incertos.

É preciso entender que a divisão do trabalho atende a modelos produtivos estabelecidos e que é relativamente recente o grau de especialização adotado. Com a revolução industrial, o trabalho passou a ser dividido. O homem deixou de ter a visão de conjunto do processo de produção porque passou a ser encarregado da realização de apenas partes do trabalho, tornando-se especialista em determinadas tarefas e operações. Apesar da construção naval comercial ter passado por este processo, na construção naval militar a grande maioria dos serviços e produtos ainda é feita sob medida. É como um processo artesanal em grande escala.

Assim, o advento das tecnologias atuais que permitem o aumento da produção pela divisão especializada de tarefas, talvez não se aplique plenamente aos estaleiros militares. O aporte de tecnologia deve poder ser aplicado na flexibilização da capacidade. É preciso dispor de sistemas e processos de fabricação que permitam alcançar uma gama variada de produtos. Envolve processos que vão desde torner eixos, até fabricar bicos-injetores de motores diesel antigos, ou lidar com sistemas de controle pneumáticos, analógicos e digitais de última geração.

A decisão comprar ou fazer, na escala de produção e no longo período de duração ou emprego dos navios de guerra, tende nas fases iniciais da vida do meio para a compra, enquanto no meio para o final tende para a produção própria. Isso se deve aos elevados custos da produção, para as empresas privadas, na re-adaptação das suas linhas para produzir alguns poucos componentes.

Quem não produz na própria instalação tem que arcar não só com o custo da fabricação do produto em si, mas também com o que as empresas deixam de ganhar com outros produtos para produzir o componente fora de linha. Nem sempre há disposição das empresas para realizar tal fabricação, ou, às vezes, são cobrados preços “pra não fazer” ao qual muitas vezes a Marinha do Brasil se vê obrigada a aceitar por não dispor da tecnologia para sua fabricação em tempo aceitável para manter a operacionalidade dos meios. Assim, o elemento humano torna-se essencial. Não aquele perfil setorializado

aplicável às indústrias privadas com grande volume de produção e baixa variedade, mas um novo modelo artesanal, baseado em alta tecnologia, que enxerga todo o processo.

Essa proposta de divisão departamental alternativa não esgota as possibilidades. Configurações híbridas ou outras completamente distintas podem ser tentadas. É possível agrupar todo o pessoal técnico em um único edifício, mesmo que mantendo a divisão departamental *in abstracto* e o corrente feixe de atribuições. Poderia-se obter uma redução das distâncias percorridas pelo pessoal, maior interação entre áreas, padronização dos procedimentos, maior compartilhamento dos recursos, redução dos custos operacionais, etc.

Mais do que apresentar alternativas, o objetivo aqui é provocar a discussão de uma questão que muitas vezes é considerada intocável, mas que tem muitos reflexos no arranjo físico e na eficiência global da organização. De fato, as informações geradas no planejamento das instalações podem indicar a necessidade de mudanças organizacionais.

#### **4.3.6 Distâncias na Ilha das Cobras**

No planejamento das instalações há dois problemas de posicionamento a serem resolvidos. O primeiro refere-se à localização ou posicionamento das instalações (*Facility Location*) em relação aos consumidores, fornecedores e outras instalações com as quais interferem. O segundo refere-se ao arranjo físico (*Layout*) interno.

Inclui também seu posicionamento e orientação sobre uma área específica. Objetivo do posicionamento das instalações é determinar a localização que, considerando todos os fatores que afetam o custo de entrega ao cliente dos produtos a serem fabricados, irá alcançar a maior vantagem a ser obtida em virtude da localização.

As decisões quanto à localização das instalações envolvem longos e custosos estudos de localizações alternativas antes da escolha do local definitivo. Geralmente, tais estudos não apontam uma melhor localização definitiva, mas várias localizações boas, cada qual com suas potencialidades e fragilidades, e esta decisão torna-se uma decisão meio-termo

(*trade-off*), onde se ganha um tipo de benefício abrindo-se mão de outro, ou seja, é preciso uma cuidadosa ponderação dos prós e contras de cada opção.

No âmbito internacional, as fronteiras nacionais constituem um obstáculo menor do que no passado e os incentivos oferecidos pelos governos das comunidades que estão em consideração são igualmente importantes para a escolha. A escolha final da localização da instalação deve considerar, então, de maneira simultânea, muitos fatores econômicos e qualitativos.

Arranjo físico interno envolve todos os equipamentos, máquinas e móveis dentro do envelope de construção, incluindo área de produção, áreas relacionadas à produção ou áreas de apoio, áreas de pessoal, etc. Componentes projetados para a instalação (*design components of a facility*) – sistemas estruturais, sistemas atmosféricos, sistemas de fechamento, iluminações, eletricidade, comunicação, sistemas de segurança do trabalho, sistemas sanitários, vapor, ar comprimido, coleta de óleo lubrificante, processamento da água dos porões do navio, conexões para banco de carga, calor, gás, ventilação, ar condicionado (água gelada), sistemas de esgoto, etc.

Há diversos modelos para o problema de posicionamento, seja para o posicionamento das instalações com um todo ou dos componentes da instalação, dentro de um arranjo. Nos modelos quantitativos para planejamento de instalações os objetivos comumente utilizados são a minimização da soma das distâncias ponderadas entre a nova instalação e as existentes (Ex. Posicionamento de centrais de vapor e ar comprimido, reduzindo o tamanho das redes) e a minimização da máxima distância entre a nova instalação e qualquer instalação existente (Ex. Posicionamento de pontos de combate a incêndio e primeiros socorros). As medidas de distância empregadas são:

Retilínea (Distância Manhattam) – a distância é medida entre caminhos ortogonais entre si.

Euclidiana (Linha reta) – onde as distâncias são medidas entre linhas retas ligando 2 pontos.

Distância do Caminho do Fluxo – a distância é medida pelo caminho real percorrido.

A seguir apresentamos um grafo representativo dos principais caminhos na Ilha das Cobras, Figura 25, como proposta de levantamento das distâncias nos principais caminhos dos fluxos. Essa abordagem é adequada à avaliação de uma instalação já em funcionamento, como é o caso do AMRJ, porque permite medir as distâncias através dos caminhos disponíveis.

A partir do conceito de distância em grafos e da implementação do algoritmo de FLOYD, descritos em BOAVENTURA NETTO (2003), foram obtidas as distâncias mínimas entre os vértices e o respectivo caminho, apresentados no APÊNDICE A. As coordenadas da tabela 8 foram obtidas a partir de uma vista panorâmica obtida no GOOGLE EARTH<sup>®</sup> e posterior processamento em AUTOCAD<sup>®</sup>, colocando-se em escala, através das dimensões das principais embarcações. Obteve-se, assim, o arranjo geral dos edifícios do AMRJ empregando informações não sigilosas. A identificação dos edifícios, por não ter sido localizada em nenhuma fonte ostensiva, embora presente na planta de situação, disponível no departamento técnico do AMRJ, não será apresentada, o que não compromete a análise que se deseja realizar. Foi empregada a linguagem de programação Turbo Pascal na implementação do algoritmo.

Embora o método de obtenção das coordenadas descrito acima não tenha a precisão de décimos de milímetros apresentada na tabela 8, foram mantidas as saídas do programa AUTOCAD<sup>®</sup> para permitir a reprodutibilidade dos resultados.

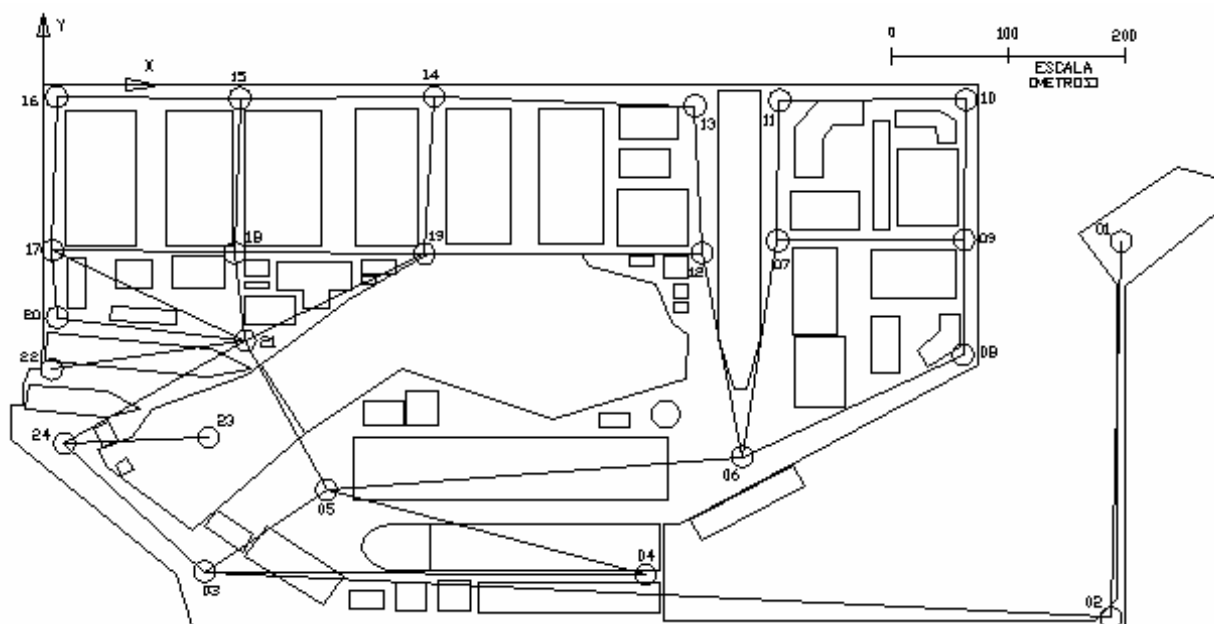


Figura 25 – Grafo representativo dos principais caminhos da ILHA das Cobras.

Observa-se na Figura 25 que os pares de vértices (04,06), (11,13), (20,22) e (22,24) não possuem ligações diretas, apesar da proximidade, por representarem os extremos da carreira, do dique Regis, do dique Almirante Jardim e do dique Santa Cruz, respectivamente. Eventualmente, é possível o fluxo de pessoas por estas ligações, através das correspondentes portas-batel, empregada no fechamento dos diques.

**Tabela 8 – Tabela de coordenadas e adjacências do grafo representativos dos principais caminhos na Ilha das Cobras.**

| VÉRTICES | COORDENADAS [m] |           |        | ADJACÊNCIAS |    |    |    |    |    |    |
|----------|-----------------|-----------|--------|-------------|----|----|----|----|----|----|
|          | X               | Y         | Z      |             |    |    |    |    |    |    |
| 1        | 923.9574        | -133.8481 | 0.0000 | 2           |    |    |    |    |    |    |
| 2        | 915.6551        | -456.1262 | 0.0000 | 1           | 3  |    |    |    |    |    |
| 3        | 138.7439        | -416.6500 | 0.0000 | 2           | 4  | 5  | 24 |    |    |    |
| 4        | 516.7978        | -419.2637 | 0.0000 | 3           | 5  |    |    |    |    |    |
| 5        | 243.0642        | -346.3316 | 0.0000 | 3           | 4  | 6  | 21 |    |    |    |
| 6        | 599.4865        | -318.1425 | 0.0000 | 5           | 7  | 8  | 12 |    |    |    |
| 7        | 629.5244        | -133.2290 | 0.0000 | 6           | 9  | 11 |    |    |    |    |
| 8        | 788.6847        | -230.6403 | 0.0000 | 6           | 9  |    |    |    |    |    |
| 9        | 789.8321        | -132.1586 | 0.0000 | 7           | 8  | 10 |    |    |    |    |
| 10       | 790.8777        | -12.2450  | 0.0000 | 9           | 11 |    |    |    |    |    |
| 11       | 631.2270        | -12.9471  | 0.0000 | 7           | 10 |    |    |    |    |    |
| 12       | 565.1516        | -143.6019 | 0.0000 | 6           | 13 | 19 |    |    |    |    |
| 13       | 558.8302        | -17.8415  | 0.0000 | 12          | 14 |    |    |    |    |    |
| 14       | 335.0709        | -09.7250  | 0.0000 | 13          | 15 | 19 |    |    |    |    |
| 15       | 168.7361        | -11.1765  | 0.0000 | 14          | 16 | 18 |    |    |    |    |
| 16       | 011.7412        | -10.3431  | 0.0000 | 15          | 17 |    |    |    |    |    |
| 17       | 007.9421        | -141.6037 | 0.0000 | 16          | 18 | 20 | 21 |    |    |    |
| 18       | 164.1250        | -143.5362 | 0.0000 | 15          | 17 | 19 | 21 |    |    |    |
| 19       | 327.1145        | -144.4530 | 0.0000 | 12          | 14 | 18 | 21 |    |    |    |
| 20       | 012.1313        | -199.0030 | 0.0000 | 17          | 21 |    |    |    |    |    |
| 21       | 173.5647        | -219.0750 | 0.0000 | 5           | 17 | 18 | 19 | 20 | 22 | 24 |
| 22       | 007.7082        | -243.4473 | 0.0000 | 21          |    |    |    |    |    |    |
| 23       | 142.0581        | -301.4604 | 0.0000 | 24          |    |    |    |    |    |    |
| 24       | 018.2724        | -307.0898 | 0.0000 | 3           | 21 | 23 |    |    |    |    |

Como o algoritmo de Floyd é polinomial -  $O(n^3)$  -, pode ser empregado sem grande custo computacional em uma malha de pontos maior, que, inclusive, envolva as alturas (coordenada Z) nos vários pontos da malha. Outro emprego possível da coordenada Z, na execução do algoritmo, é a possibilidade de definir alturas grandes para pontos onde não se deseja o fluxo. Finalmente, este algoritmo pode ser empregado na avaliação de distâncias em grafos orientados, ou seja, é possível avaliar a distâncias orientando os fluxos, como ocorre com os veículos.

Uma modelagem interessante é a que trata o problema de posicionamento como o problema das p-medianas. A abordagem numérica pode ser empregada para se obter

soluções ótimas ou, pelo menos, eficientes para os problemas de posicionamento de postos de coleta de resíduos, redes de vapor ou ar comprimido, pontos de distribuição em redes de comunicação, etc. Uma concepção mais comprometida com o conforto das pessoas incluiria o posicionamento de centros de convivência, postos de troca de guarda-chuvas, bicicletas, etc. GALBIATI (2002) apresenta uma abordagem alternativa do problema das  $p$ -medianas, na qual é minimizada a perturbação causada pelas instalações indesejáveis, tais como geradoras de ruídos, radiações, resíduos tóxicos, etc.

O objetivo principal da implementação desse algoritmo é dar partida na aplicação do ferramental matemático disponível nas técnicas de planejamento de instalações. A escolha de uma métrica adequada é fundamental na implementação de qualquer dos modelos disponíveis na literatura. O algoritmo de Floyd apresentado acima se mostra uma ferramenta poderosa e de simples implementação.

#### **4.3.7 Arranjo físico**

SLACK *et al.* (1997) selecionam o arranjo físico básico após a definição do processo produtivo ditado pelo volume-variedade característicos. Os produtos típicos da indústria de construção naval são navios graneleiros para sólidos (grãos, minérios, fertilizantes e outros), para líquidos (petróleo, combustível etc.), graneleiros químicos (produtos químicos corrosivos), navios para carga geral (transporte de contêineres), rebocadores portuários e costeiros, embarcações de apoio "offshore", balsas e empurradores fluviais, etc. Nos tipos militares atuais incluem-se os porta-aviões, cruzadores, fragatas, corvetas, navios varredores, submarinos, navios de apoio e salvamento, navios-hospitais, patrulha e assim por diante.

Considerando o volume e a variedade dos produtos envolvidos na construção naval, o arranjo típico para estaleiros é o arranjo físico posicional, também conhecido como arranjo físico de posição fixa. Esse arranjo caracteriza-se pelo fluxo de equipamentos, maquinários, instalações e pessoas enquanto o produto permanece estacionado. Embora essa configuração seja uma realidade globalmente observada nos estaleiros, o cotidiano de construção e reparo tem se mostrado apto a absorver, localmente, os arranjos por processo, celular e por produtos. Isso decorre do agrupamento por sistemas dos serviços

especializados necessários (casco, propulsão, auxiliares, armas, etc). Outra constatação é a adoção da construção por blocos, onde seções inteiras são pré-montadas. Quando esta pré-montagem inclui os equipamentos, eixos e redes pré-alinhadas, deixando para a carreira apenas a montagem final, denomina-se construção pelo processo de acabamento avançado. O grande limitador físico da possibilidade de adoção das técnicas mais avançadas de construção naval é a capacidade de carga dos guindastes disponíveis na área de construção.

Há dispersão dos locais de trabalho num estaleiro, configurando uma forma diversa da fábrica. Organiza-se de forma muito similar aos canteiros de construção civil. A baixa padronização dificulta ampla automatização dos processos produtivos num estaleiro, principalmente, quando envolve o reparo naval militar.

A complexidade do processo, cujo fluxo depende em uma grande parte do ritmo do trabalho vivo e se encontra só parcialmente objetivado no sistema de máquinas. Esta complexidade se exprime na dificuldade de articulação e coordenação (no tempo e no espaço) de operações e de fases produtivas relativamente independentes entre elas. Aqui, as ferramentas de gerência de operações e programação (*scheduling*) podem trazer benefícios significativos.

As operações são feitas, em geral, com base em pequenos grupos. Tais grupos mantêm um razoável grau de autonomia na execução das tarefas comandadas, caracterizando um processo de trabalho onde o tempo é alocado aos operários, a partir de uma análise prévia e da definição de um tempo-padrão. A introdução de princípios de produção contínua na fase de processamento de aço levou ao surgimento de postos individuais de trabalho.

#### **4.3.8 Índices para avaliação do desempenho das instalações**

O termo produtividade é empregado para designar uma medida quantitativa da eficiência de um trabalho particular ou da eficiência na operação de uma unidade fabril. Na indústria naval as medidas de produtividade estão normalmente correlacionadas com os seguintes valores:



- 1- Volume de construções novas em tonelagem bruta (GT), em tonelada bruta compensada (CGT), peso em aço do casco (Hull Steel – HS);
- 2- Número de empregados, incluindo todo o pessoal do estaleiro, seja da construção, reparo, administração, projeto, negócios, etc.
- 3- Homem-hora de trabalho, incluindo projeto e produção.

Os índices de produtividade são resultantes da combinação dos valores acima:

- i – Volume de produção em tonelagem bruta por empregado ou tonelagem bruta compensada por empregado (GT / empregado ou CGT / empregado);
- ii - Volume de produção em tonelagem bruta por homem-hora (GT/ homem-hora); e
- iii – Peso em aço empregado na construção por empregado ( HS/ empregado).

Internacionalmente, os estaleiros têm mantido a competitividade pela racionalização e atualização dos métodos produtivos e redução dos custos do pessoal empregado nas suas instalações. No entanto, é possível identificar algumas restrições à adoção de tais medidas no AMRJ. Primeiramente, por se tratar de órgão da administração pública direta, os servidores públicos têm a estabilidade no emprego assegurada. Não há grande flexibilidade na composição do pessoal, pelo menos dos estatutários. Mesmo entre os chamados empregados públicos, admitidos sob o regime da Consolidação das Leis do Trabalho, há um certo grau de estabilidade. Daí porque a redução do pessoal tem ocorrido pela aposentadoria do pessoal ou pelos programas de incentivo à demissão voluntária, no passado.

Com isso, os mecanismos de substituição de pessoal por equipamentos tecnologicamente mais avançados, tais como robôs ou máquinas produtivas multifuncionais, não têm o efeito de diminuir, pelo menos no curto prazo, o peso da folha de pagamento. No entanto, pode gerar um aumento de capacidade, excedente ou não, que em termos de segurança nacional pode ser interessante. No longo prazo, pode aliviar a folha, pela manutenção ou aumento da capacidade produtiva, mesmo com a redução de pessoal que normalmente tende a ocorrer.

Outra restrição é a crônica falta de recursos públicos. Nas indústrias competitivas as decisões a respeito da necessidade de atualização estão relacionadas à lucratividade e viabilidade do negócio. Os investimentos necessários devem ocorrer no tempo

estabelecido sob pena do fracasso de todo o empreendimento. Já no setor público, em regra, a decisão a respeito da atualização dos meios de produção sofre um longo processo onde são priorizadas as necessidades mais imediatas, que são implementadas na medida em que haja disponibilidade orçamentária e interesse político em realizá-las. Muitas vezes o espaço temporal entre a identificação do problema e a implementação da solução não permite que o benefício esperado ocorra de forma plena.

A lógica do livre mercado não deve ser aplicada à realidade do AMRJ sem uma reflexão maior. Mesmo que o volume de produção não justifique economicamente a aquisição de determinado sistema produtivo pode ser estrategicamente interessante mantê-lo no parque industrial de um estaleiro militar. Mais ainda, pode ser essencial manter pessoal qualificado na sua operação e manutenção.

Já é muito difícil obter peças navais de uso comercial no mercado nacional. A obtenção de sobressalentes necessários à manutenção dos navios de guerra no nosso parque industrial é ainda mais difícil. O dilema que tem marcado a história da manutenção dos meios navais brasileiros é que não há uma esquadra grande o suficiente para sustentar uma indústria naval bélica e, por outro lado, a falta de uma indústria naval bélica torna inviável a manutenção de uma grande esquadra.

O resultado dessa discussão é a necessidade que o AMRJ possua instalações flexíveis que permitam que configurações, mesmo que não sejam otimizadas conforme critérios de produção privadas, permitam adaptar-se às necessidades. Essas instalações devem corresponder a um instrumental nas mãos de um corpo técnico bem formado e motivado para a solução dos problemas da construção, manutenção e modernização de uma esquadra de alto padrão num país em desenvolvimento.

## Capítulo 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho, identificam-se potencialidades de aumento de desempenho no processo de planejamento de instalações. Foram englobados como critérios de avaliação de desempenho não só aspectos materiais e de produção, como também o trato com o meio ambiente, a saúde, o conforto e a segurança dos trabalhadores envolvidos.

Embora tenham sido aplicadas algumas técnicas de planejamento de instalações em alguns aspectos observados no AMRJ, deve-se destacar que este trabalho não tem a pretensão de apontar um caminho a ser trilhado, mas lançar balizas referenciais na escolha de bons caminhos. Este trabalho localiza-se em nível gerencial, estabelecendo orientações e diretrizes visando a aplicação de conceitos sistêmicos.

Ficou claro que o AMRJ tem um grande potencial para aumentar sua participação na composição de embarcações da Marinha, diminuindo nossa dependência estrangeira na construção e reparo de embarcações. Foi identificada uma grande defasagem no nível de desenvolvimento tecnológico das instalações da Marinha do Brasil, em comparação aos estaleiros comerciais mais avançados. Numa avaliação global, a “data de validade” das instalações do AMRJ pode estar vencida ou, em outras palavras, devem ser revistos os processos, os produtos, a divisão departamental e seu arranjo físico geral, visando aumentar o nível de desenvolvimento tecnológico, descrito na seção 3.3.

A solução, no entanto, não se resume à aquisição de novos equipamentos ou adoção dos modelos produtivos de vanguarda. A avaliação histórica permite inferir que o potencial de desenvolvimento do AMRJ somente poderá ser alcançado se forem entendidas e exploradas as peculiaridades da nossa indústria de construção naval militar. Os modelos de sucesso aplicáveis ao mercado privado, não importa o quão sofisticados sejam, podem não ser adequados à realidade do AMRJ se não sofrerem as adaptações necessárias para trazê-los à realidade brasileira.

Muitas das funções que permitem a um estabelecimento ser denominado arsenal foram retiradas do atual AMRJ pela exigüidade de espaço de suas instalações originárias. Com

o tempo, tais funções ganharam autonomia e transformaram-se em organizações independentes.

Apesar de vantagens que o trabalho especializado pode trazer, tais como o ganho de escala e maior aprofundamento no aprendizado dos processos, é essencial a contínua rediscussão da divisão departamental. Deve-se buscar acompanhar a evolução dos processos produtivos e das tecnologias disponíveis.

A divisão departamental, quando excessiva, ao invés de trazer as vantagens da autonomia dos setores, pode as qualificações, causando muitas vezes um desequilíbrio na distribuição da carga de trabalho entre profissionais com qualificações semelhantes.

Os engenheiros podem ser plenamente engenheiros, não de determinado departamento ou divisão, mas da Marinha, planejando, projetando, executando, criando, fiscalizando, enfim, assinando sua obra. Aos técnicos poderiam ser mais efetivamente atribuídas as funções que cabem aos técnicos, treinando-os para executá-las com o máximo de autonomia. Ao pessoal de nível artesanal pode ser apresentada uma carreira de desenvolvimento, com opções de serem bem sucedidos, melhorando seus níveis sócio-culturais, por oportunidades de ascensão profissional.

Com isso, espera-se obter artesãos de emprego variado e flexível, montadores capacitados a receberem instruções escritas, proporem melhorias e serem empregados em áreas variadas. As instalações devem refletir essa abordagem de desenvolvimento, respeito e reconhecimento, buscando elevar satisfação de todos os que participam dos processos produtivos do AMRJ.

O elemento humano deve ser reconhecido como o núcleo fundamental a partir do qual deve ser pensado todo o planejamento das instalações. São as pessoas que irão habitar os ambientes, operar as máquinas, fazer os programas, colher e analisar dados e desenvolver tecnologias. Será que o modelo do “telheiro da ribeira” se adaptaria à realidade sócio-econômica de evolução industrial que caracterizava a Inglaterra ou a França do auge do Iluminismo? Seria aplicável aos recém independentes Estados Unidos da América? Aliás, os EUA foram capazes de desenvolver os rápidos navios

Clippers, capazes de escapar ao cerco da Inglaterra, maior potência naval no século XIX, papel que assumiram menos de um século depois.

Parece claro que, ao longo desses mais de duzentos anos, a tentativa de conformar as pessoas aos ambientes produtivos não tem dado certo, pelo menos porque não tem sobrado recursos suficientes para ao menos educá-las plenamente para esses novos espaços. Embora na realidade privada seja possível escolher quem melhor se adapte aos equipamentos, por processo de escolha e descarte, ou seja, quem não se adapta é demitido, num modelo em que haja a estabilidade, o foco na pessoa deve ser ainda mais intenso sob pena dos sistemas produtivos não serem utilizados plenamente.

Há quem diga que a melhor solução para um problema é a que se conhece quando se precisa. Talvez esteja aí a subjetividade, em contexto nacional, que deva ser aplicada no esforço de desenvolvimento de uma indústria naval militar com o máximo de independência. Mais do que corresponder às referências internacionais de produtividade, as instalações do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, que poderia muito bem ser chamado Arsenal de Marinha do Brasil, por ser o único com sua peculiar projeção nacional, deve resolver os problemas de construção e manutenção da Marinha de um país em desenvolvimento, atendendo aos índices que claramente correspondam à realidade brasileira.

Os oito pontos apresentados nas referências para a aplicação das técnicas de planejamento de instalação contemporâneas são propostas para o desenvolvimento de futuros trabalhos. Espera-se incentivar aplicação prática das técnicas de planejamento de instalações no direcionamento objetivo e eficiente do processo de construção permanente do AMRJ, buscando corrigir eventuais distorções caracterizadoras da realidade brasileira historicamente observada.

### Referências Bibliográficas:

- ALVES, W.A., CANEN, A.G., DALCOL, P.R.T., 2005, “A Importância da Aplicação Prática das Técnicas de Planejamento de Layout na Retomada Sustentável da Indústria Naval Brasileira”, *XII Simpósio de Engenharia de Produção*, novembro, Bauru, São Paulo.
- APPLE, J. M., DEISENROTH, M. P., 1972, "A Computerized Plant Layout Analysis and Evaluation Technique (PLANET)", *Proceedings of the 23<sup>rd</sup> Annual Conference and Convention, AIIE*, California, p. 121-127.
- ARMOUR, G. C., BUFFA, E. S., 1963, "A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to Relative Allocation of Facilities", *Management Science*, v. 9, p. 294-309.
- BABA, K., 2000, Production Technology survey of selected Asian Shipyards. NSRP, MARITECH ENGINEERING JAPAN, disponível em <[www.nsrp.org/documents/asian\\_benchmarking.pdf](http://www.nsrp.org/documents/asian_benchmarking.pdf)>, acesso em março 2005.
- BARATA, J.G.P., MOURA, C.F., GUEDES, M.J., 1975, *História Naval Brasileira: A Navegação à Vela no Litoral Brasileiro*, v. 1, tomo 1, Rio de Janeiro, Serviço de Documentação da Marinha.
- BARBIERI, J.C., 2004, *Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos*, São Paulo, Saraiva.
- BUENO, F.S., 1981, *Dicionário Escolar da Língua Portuguesa*, 11<sup>a</sup> ed, Rio de Janeiro, FENAME.
- BOAVENTURA NETTO, P.O., 2003, *Grafos: Teoria, Modelos, Algoritmos*, 3<sup>a</sup>ed, São Paulo, Editora Blücher.
- CANEN, A. G., CANEN, A., 2005, *Organizações Multiculturais – Logística na Corporação Globalizada*, Rio de Janeiro, Editora Ciência Moderna Ltda.
- CANEN, A. G., WILLIAMSON, G. H., 1998, “Facility Layout Overview: Towards Competitive Advantage”, *Facilities*, v. 16, n. 7/8 (July/August), pp. 198-203.
- CANEN, A. G., SCOTT, L. G., 1995, “Bridging Theory and Practice in VRP”, *Journal of the Operational Research Society*, v.46, n.1, pp. 1-8.
- COHEN, R., DUARTE, C.R.S., 2004, *Acessibilidade para Todos: uma Cartilha de Orientação*, Núcleo Pró-aceso, UFRJ/FAU/PROARQ, Rio de Janeiro, 87 p.
- COUTO, H.A., 1995, *Ergonomia Aplicada ao Trabalho - Manual Técnico da Máquina Humana*, v.2 Belo Horizonte, Ergo Editora.
- DIAS, A., 1910, *Nossa Marinha: Notas sobre o Renascimento da Marinha de Guerra do Brasil no Quatriennio de 1906 a 1910*, Rio de Janeiro, Oficinas Graphics da Liga Marítima Brasileira.

- ELSHAFEI, A. N., 1977, "Hospital Layout as a Quadratic Assignment Problem", *Operations Research Quarterly*, v. 28, n. 1, p. 167-179.
- FERRAZ, J.C., LEÃO, I., SANTOS, R.L.C., PORTELA, L.M., 2002, *Estudo da Competitividade de Cadeias Integradas no Brasil: Impactos das zonas de livre comércio – Cadeia: Indústria Naval, Campinas, São Paulo, MDIC/FECAMP/UNICAMP-IE-NEIT.*
- FURTADO, C., 1987, *Formação Econômica do Brasil*, 22 ed., São Paulo, Editora Nacional.
- GAITHER, N., FRAZIER, G., 2004, *Administração da Produção e Operações*, 8 ed. São Paulo, Pioneira- Thomson Learning.
- GALBIATI, G., 2002, "On the approximation of the Minimum Disturbance p -Facility Location", *Discrete Applied Mathematics*, 118 73 –83 Problem.
- GAREY, M. R., JOHNSON, D. S. , 1979, *Computers and Intractability: a guide to the theory of NP-completeness*, New York: W. H. Freeman and Company.
- GREENHALGH, J., 1951, *O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro na História*, vol. I, Rio de Janeiro, Editora Noite.
- GREENHALGH, J., 1965, *O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro na História*, vol. II, Rio de Janeiro, Editora IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) .
- GREENHALGH, J., 1998, *Presingangas e Calabouços ou prisões da Marinha no século XIX*, Rio de Janeiro, Serviço de Documentação da Marinha, 154 páginas.
- HEINRICH, H.W., 1959, *Industrial Accident Prevention*, New York, McGraw-Hill, Book Company.
- HERAGU, S. S.; KUSIAK, A. ,1987, "The Facility Layout Problem", *European Journal of Operational Research*, v. 29, p. 229-251.
- HORNBY, A.S., 1995, *Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English*, 5 ed., Oxford University Press.
- IIDA, ITIRO, 2003, *Ergonomia - Projeto e Produção*, 1ed. São Paulo, Edgard Blücher.
- INSTITUTO PEREIRA PASSOS (Rio de Janeiro), 2002, *O Porto do Rio: 1608 a 2002, um Passeio no Tempo*, 1ª ed, Rio de Janeiro.
- KIM, H., LEE, J.K., PARK, J.H., PARK, B.J., JANG, D. S., 2002, "Applying digital manufacturing technology to ship production and the maritime environment", *Integrated manufacturing Systems*, 13/5 (2002), fevereiro, 295-305.
- KIND, D. A., 1998, *Como Reestruturar a Estocagem*, 1 ed. São Paulo, Imam.
- KUCHTA, J., 1998, *Como Economizar Espaço no Armazém*, 1 ed. São Paulo, Imam.

- LEE, R. C., MOORE, J. M., 1967, "CORELAP – Computerized Relationship Layout Planning", *Industrial Engineering*, v. 18, p. 195-200.
- LIGGETT, R.S., 1981, "The Quadratic Assignment Problem: An Experimental Evaluation of Solution Strategies", *Management Science*, Vol.27, nº 4, Abril, EUA.
- MARINHA DO BRASIL, 2005, *Missão do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro*, Disponível: <<http://www.mar.mil.br>>, Consultado em 05 de novembro de 2005.
- MARTINS, H. L., 1985, *História Naval Brasileira – Bases e Arsenais*, Vol. 5, Tomo II, Ministério da Marinha, Serviço de Documentação Geral da Marinha, Rio de Janeiro.
- MENDONÇA, M.F., VASCONCELOS, A., 1959, *Repositório de Nomes dos Navios da Esquadra Brasileira*, 3ª edição, Rio de Janeiro, SDGM, p.249.
- MIRANDA, A. C. ,1997, *A Vigilância em Saúde na Indústria Naval: O Caso dos Trabalhadores em Atividade de Pintura em um Estaleiro do Rio de Janeiro*, Tese de M.Sc., FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- MUTHER, R., WHEELER, J.D., 2000, *Planejamento Sistemático e Simplificado de Layout*, 1 ed. São Paulo, Imam.
- PENSO, A.L.D.,2002, *Estudo de Caso da Evolução Organizacional da Escola Técnica do Arsenal Marinha do Rio de Janeiro (ETAM) em Relação à Viabilidade do Atingimento Simultâneo de Requisitos Fomentados Pelo Ministério da Educação e pelo Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro*, Tese de M.Sc., Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- QUEIROZ, T.C. F. de, 1996, *Edifício Industrial: Avaliação Ambiental das Condições de Ventilação. Estudo de Caso: Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro - Oficinas de Metalurgia Naval*, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- RUSSEL, M, GAU, K.Y.,1995, "The Facility Layout Problem: Recent and Emerging Trends and Perspectives", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol15, nº5.
- SCRIABIN, M., VERGIN, R. C., 1985, "A Cluster-analytic Approach to Facility Layout", *Management Science*, v. 31, n. 1, p. 33-49.
- SEEHOF, J. M., EVANS, W. O., 1967, "Automated Layout Design Program". *Industrial Engineering*, v. 18, pp. 690-695.
- SERRA, E.G., 1994, *Uma Avaliação Global do Processo Decisório na Indústria Brasileira Construção Naval no Período do I e II Planos Nacionais de Desenvolvimento*, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- SILVA FILHO, P.P.de L., 2003, *Sistema Holístico de Avaliação de Impactos Ambientais de Projetos Industriais*, Tese de D.Sc., UFF, Niterói, RJ, Brasil.
- SLACK, N.,CHAMBERS, S., HARLAND, A., *et al.*, 1997, *Administração da Produção*. 1 ed. São Paulo, Atlas.



TOMPKINS, J.A.; REED Jr., R. , 1976, "An Applied Model for the Facilities Design Problem", *International Journal of Production Research*, v. 14, n. 5, p. 583-595.

TOMPKINS, J.A., WHITE, J.A., BOZER, Y. A., *et al.*, 1996, *Facilities Planning*. 2 ed. Canada, John Wiley & Sons.

VEIGA, P.L.M.,1984, *Mudança Técnica e Processo de Trabalho na Construção Naval Brasileira*, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

VELASCO, L. O. M., LIMA, E. T.,1997, *Informe Infra-estrutura (BNDES)*, número 14/SET, Área de Projetos de Infra-estrutura.

VOLLMAN, T. E., BUFFA, E., 1966, "The Facilities Layout Problem in Perspective", *Management Science*", Vol. 13, nº 10, junho.

#### **Outras obras consultadas:**

ARAÚJO, J.G. de, "1812 – Bloqueio Americano da Baía de Todos os Santos", Disponível em:<[www.brasilmergulho.com.br](http://www.brasilmergulho.com.br)>, Consultado em 06 fevereiro de 2006.

BITTENCOURT, J.R., 2005, *Memórias de um Engenheiro Naval: Uma Vida, Uma História*, Rio de Janeiro, Serviço de Documentação da Marinha.

CEZAR, P.B., CASTRO, A.R.V., 1989, *A Praça Mauá na Memória do Rio de Janeiro*, São Paulo, Ex Libris.

CORRÊA, A. R., 1993, *A Organização da Produção da Indústria de Construção Naval Brasileira*, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ECO, U., 2005, *Como se faz uma Tese*, São Paulo, Editora Perspectiva.

REZENDE, P. T., 2005, "Crescimento Econômico", *Jornal do Brasil*, 26 de março, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

TELLES, P.C.S, 1993, *História da Engenharia no Brasil*, Rio de Janeiro, Clavero Editoração.

TODD, D., 1983, "Industrial Inertia Versus Relocation: A Shipbuilding Illustration", *Professional Geographer*, 35(3), pp. 286 – 298.

## DISTÂNCIAS EM METROS NA ILHA DAS COBRAS

| [m] | VÉRTICES DO GRAFO REPRESENTATIVO DOS PRINCIPAIS CAMINHOS NA ILHA DAS COBRAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
| 1   | 0   | 322  | 1100 | 1478 | 1226 | 1584 | 1771 | 1792 | 1890 | 2010 | 1891 | 1762 | 1888 | 1677 | 1579 | 1685 | 1554 | 1447 | 1542 | 1534 | 1371 | 1539 | 1387 | 1263 |
| 2   | 322   | 0    | 778  | 1156 | 904  | 1262 | 1449 | 1470 | 1568 | 1688 | 1569 | 1440 | 1566 | 1355 | 1257 | 1363 | 1232 | 1125 | 1220 | 1212 | 1049 | 1217 | 1065 | 941  |
| 3   | 1100  | 778  | 0    | 378  | 126  | 484  | 671  | 692  | 790  | 910  | 791  | 662  | 788  | 577  | 479  | 585  | 454  | 347  | 442  | 434  | 271  | 439  | 287  | 163  |
| 4   | 1478  | 1156 | 378  | 0    | 283  | 641  | 828  | 849  | 947  | 1067 | 948  | 819  | 945  | 734  | 636  | 742  | 611  | 504  | 599  | 591  | 428  | 596  | 665  | 541  |
| 5   | 1226  | 904  | 126  | 283  | 0    | 358  | 545  | 566  | 664  | 784  | 665  | 536  | 662  | 451  | 353  | 459  | 328  | 221  | 316  | 308  | 145  | 313  | 413  | 289  |
| 6   | 1584  | 1262 | 484  | 641  | 358  | 0    | 187  | 208  | 306  | 426  | 307  | 178  | 304  | 528  | 694  | 817  | 686  | 579  | 416  | 666  | 503  | 671  | 771  | 647  |
| 7   | 1771  | 1449 | 671  | 828  | 545  | 187  | 0    | 258  | 160  | 280  | 120  | 365  | 491  | 715  | 881  | 1004 | 873  | 766  | 603  | 853  | 690  | 858  | 958  | 834  |
| 8   | 1792  | 1470 | 692  | 849  | 566  | 208  | 258  | 0    | 98   | 218  | 378  | 386  | 512  | 736  | 902  | 1025 | 894  | 787  | 624  | 874  | 711  | 879  | 979  | 855  |
| 9   | 1890  | 1568 | 790  | 947  | 664  | 306  | 160  | 98   | 0    | 120  | 280  | 484  | 610  | 834  | 1000 | 1123 | 992  | 885  | 722  | 972  | 809  | 977  | 1077 | 953  |
| 10  | 2010  | 1688 | 910  | 1067 | 784  | 426  | 280  | 218  | 120  | 0    | 160  | 604  | 730  | 954  | 1120 | 1243 | 1112 | 1005 | 842  | 1092 | 929  | 1097 | 1197 | 1073 |
| 11  | 1891  | 1569 | 791  | 948  | 665  | 307  | 120  | 378  | 280  | 160  | 0    | 485  | 611  | 835  | 1001 | 1124 | 993  | 886  | 723  | 973  | 810  | 978  | 1078 | 954  |
| 12  | 1762  | 1440 | 662  | 819  | 536  | 178  | 365  | 386  | 484  | 604  | 485  | 0    | 126  | 350  | 516  | 673  | 557  | 401  | 238  | 572  | 409  | 577  | 712  | 588  |
| 13  | 1888  | 1566 | 788  | 945  | 662  | 304  | 491  | 512  | 610  | 730  | 611  | 126  | 0    | 224  | 390  | 547  | 678  | 522  | 359  | 693  | 530  | 698  | 833  | 709  |
| 14  | 1677  | 1355 | 577  | 734  | 451  | 528  | 715  | 736  | 834  | 954  | 835  | 350  | 224  | 0    | 166  | 323  | 454  | 298  | 135  | 469  | 306  | 474  | 609  | 485  |
| 15  | 1579  | 1257 | 479  | 636  | 353  | 694  | 881  | 902  | 1000 | 1120 | 1001 | 516  | 390  | 166  | 0    | 157  | 288  | 132  | 295  | 346  | 208  | 376  | 511  | 387  |
| 16  | 1685  | 1363 | 585  | 742  | 459  | 817  | 1004 | 1025 | 1123 | 1243 | 1124 | 673  | 547  | 323  | 157  | 0    | 131  | 287  | 450  | 189  | 314  | 482  | 617  | 493  |
| 17  | 1554  | 1232 | 454  | 611  | 328  | 686  | 873  | 894  | 992  | 1112 | 993  | 557  | 678  | 454  | 288  | 131  | 0    | 156  | 319  | 58   | 183  | 351  | 486  | 362  |
| 18  | 1447  | 1125 | 347  | 504  | 221  | 579  | 766  | 787  | 885  | 1005 | 886  | 401  | 522  | 298  | 132  | 287  | 156  | 0    | 163  | 214  | 76   | 244  | 379  | 255  |
| 19  | 1542  | 1220 | 442  | 599  | 316  | 416  | 603  | 624  | 722  | 842  | 723  | 238  | 359  | 135  | 295  | 450  | 319  | 163  | 0    | 334  | 171  | 339  | 474  | 350  |
| 20  | 1534  | 1212 | 434  | 591  | 308  | 666  | 853  | 874  | 972  | 1092 | 973  | 572  | 693  | 469  | 346  | 189  | 58   | 214  | 334  | 0    | 163  | 331  | 466  | 342  |
| 21  | 1371  | 1049 | 271  | 428  | 145  | 503  | 690  | 711  | 809  | 929  | 810  | 409  | 530  | 306  | 208  | 314  | 183  | 76   | 171  | 163  | 0    | 168  | 303  | 179  |
| 22  | 1539  | 1217 | 439  | 596  | 313  | 671  | 858  | 879  | 977  | 1097 | 978  | 577  | 698  | 474  | 376  | 482  | 351  | 244  | 339  | 331  | 168  | 0    | 471  | 347  |
| 23  | 1387  | 1065 | 287  | 665  | 413  | 771  | 958  | 979  | 1077 | 1197 | 1078 | 712  | 833  | 609  | 511  | 617  | 486  | 379  | 474  | 466  | 303  | 471  | 0    | 124  |
| 24  | 1263  | 941  | 163  | 541  | 289  | 647  | 834  | 855  | 953  | 1073 | 954  | 588  | 709  | 485  | 387  | 493  | 362  | 255  | 350  | 342  | 179  | 347  | 124  | 0    |

**CAMINHOS MÍNIMOS OBTIDOS PELO ALGORITMO DE FLOYD****ORIGEM VÉRTICE 1**

(d[1,1]=0 {1, 1}) (d[1,2]=322 {1, 2}) (d[1,3]=1100 {1, 2, 3}) (d[1,4]=1478 {1, 2, 3, 4}) (d[1,5]=1226 {1, 2, 3, 5}) (d[1,6]=1584 {1, 2, 3, 5, 6}) (d[1,7]=1771 {1, 2, 3, 5, 6, 7}) (d[1,8]=1792 {1, 2, 3, 5, 6, 8}) (d[1,9]=1890 {1, 2, 3, 5, 6, 8, 9}) (d[1,10]=2010 {1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10}) (d[1,11]=1891 {1, 2, 3, 5, 6, 7, 11}) (d[1,12]=1762 {1, 2, 3, 5, 6, 12}) (d[1,13]=1888 {1, 2, 3, 5, 6, 12, 13}) (d[1,14]=1677 {1, 2, 3, 5, 21, 19, 14}) (d[1,15]=1579 {1, 2, 3, 5, 21, 18, 15}) (d[1,16]=1685 {1, 2, 3, 5, 21, 17, 16}) (d[1,17]=1554 {1, 2, 3, 5, 21, 17}) (d[1,18]=1447 {1, 2, 3, 5, 21, 18}) (d[1,19]=1542 {1, 2, 3, 5, 21, 19}) (d[1,20]=1534 {1, 2, 3, 5, 21, 20}) (d[1,21]=1371 {1, 2, 3, 5, 21}) (d[1,22]=1539 {1, 2, 3, 5, 21, 22}) (d[1,23]=1387 {1, 2, 3, 24, 23}) (d[1,24]=1263 {1, 2, 3, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 2**

(d[2,1]=322 {2, 1}) (d[2,2]=0 {2, 2}) (d[2,3]=778 {2, 3}) (d[2,4]=1156 {2, 3, 4}) (d[2,5]=904 {2, 3, 5}) (d[2,6]=1262 {2, 3, 5, 6}) (d[2,7]=1449 {2, 3, 5, 6, 7}) (d[2,8]=1470 {2, 3, 5, 6, 8}) (d[2,9]=1568 {2, 3, 5, 6, 8, 9}) (d[2,10]=1688 {2, 3, 5, 6, 8, 9, 10}) (d[2,11]=1569 {2, 3, 5, 6, 7, 11}) (d[2,12]=1440 {2, 3, 5, 6, 12}) (d[2,13]=1566 {2, 3, 5, 6, 12, 13}) (d[2,14]=1355 {2, 3, 5, 21, 19, 14}) (d[2,15]=1257 {2, 3, 5, 21, 18, 15}) (d[2,16]=1363 {2, 3, 5, 21, 17, 16}) (d[2,17]=1232 {2, 5, 21, 17}) (d[2,18]=1125 {2, 3, 5, 21, 18}) (d[2,19]=1220 {2, 3, 5, 21, 19}) (d[2,20]=1212 {2, 3, 5, 21, 20}) (d[2,21]=1049 {2, 3, 5, 21}) (d[2,22]=1217 {2, 3, 5, 21, 22}) (d[2,23]=1065 {2, 3, 24, 23}) (d[2,24]=941 {2, 3, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 3**

(d[3,1]=1100 {3, 2, 1}) (d[3,2]=778 {3, 2}) (d[3,3]=0 {3, 3}) (d[3,4]=378 {3, 4}) (d[3,5]=126 {3, 5}) (d[3,6]=484 {3, 5, 6}) (d[3,7]=671 {3, 5, 6, 7}) (d[3,8]=692 {3, 5, 6, 8}) (d[3,9]=790 {3, 5, 6, 8, 9}) (d[3,10]=910 {3, 5, 6, 8, 9, 10}) (d[3,11]=791 {3, 5, 6, 7, 11}) (d[3,12]=662 {3, 5, 6, 12}) (d[3,13]=788 {3, 5, 6, 12, 13}) (d[3,14]=577 {3, 5, 21, 19, 14}) (d[3,15]=479 {3, 5, 21, 18, 15}) (d[3,16]=585 {3, 5, 21, 17, 16}) (d[3,17]=454 {3, 5, 21, 17}) (d[3,18]=347 {3, 5, 21, 18}) (d[3,19]=442 {3, 5, 21, 19}) (d[3,20]=434 {3, 5, 21, 20}) (d[3,21]=271 {3, 5, 21}) (d[3,22]=439 {3, 5, 21, 22}) (d[3,23]=287 {3, 24, 23}) (d[3,24]=163 {3, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 4**

(d[4,1]=1478 {4, 3, 2, 1}) (d[4,2]=1156 {4, 3, 2}) (d[4,3]=378 {4, 3}) (d[4,4]=0 {4, 4}) (d[4,5]=283 {4, 5}) (d[4,6]=641 {4, 5, 6}) (d[4,7]=828 {4, 5, 6, 7}) (d[4,8]=849 {4, 5, 6, 8}) (d[4,9]=947 {4, 5, 6, 8, 9}) (d[4,10]=1067 {4, 5, 6, 8, 9, 10}) (d[4,11]=948 {4, 5, 6, 7, 11}) (d[4,12]=819 {4, 5, 6, 12}) (d[4,13]=945 {4, 5, 6, 12, 13}) (d[4,14]=734 {4, 5, 21, 19, 14}) (d[4,15]=636 {4, 5, 21, 18, 15}) (d[4,16]=742 {4, 5, 21, 17, 16}) (d[4,17]=611 {4, 5, 21, 17}) (d[4,18]=504 {4, 5, 21, 18}) (d[4,19]=599 {4, 5, 21, 19}) (d[4,20]=591 {4, 5, 21, 20}) (d[4,21]=428 {4, 5, 21}) (d[4,22]=596 {4, 5, 21, 22}) (d[4,23]=665 {4, 3, 24, 23}) (d[4,24]=541 {4, 3, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 5**

(d[5,1]=1226 {5, 3, 2, 1}) (d[5,2]=904 {5, 3, 2}) (d[5,3]=126 {5, 3}) (d[5,4]=283 {5, 4}) (d[5,5]=0 {5, 5}) (d[5,6]=358 {5, 6}) (d[5,7]=545 {5, 6, 7}) (d[5,8]=566 {5, 6, 8}) (d[5,9]=664 {5, 6, 8, 9}) (d[5,10]=784 {5, 6, 8, 9, 10}) (d[5,11]=665 {5, 6, 7, 11}) (d[5,12]=536 {5, 6, 12}) (d[5,13]=662 {5, 6, 12, 13}) (d[5,14]=451 {5, 21, 19, 14}) (d[5,15]=353 {5, 21, 18, 15}) (d[5,16]=459 {5, 21, 17, 16}) (d[5,17]=328 {5, 21, 17}) (d[5,18]=221 {5, 21, 18}) (d[5,19]=316 {5, 21, 19}) (d[5,20]=308 {5, 21, 20}) (d[5,21]=145 {5, 21}) (d[5,22]=313 {5, 21, 22}) (d[5,23]=413 {5, 3, 24, 23}) (d[5,24]=289 {5, 3, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 6**

(d[6,1]=1584 {6, 5, 3, 2, 1}) (d[6,2]=1262 {6, 5, 3, 2}) (d[6,3]=484 {6, 5, 3}) (d[6,4]=641 {6, 5, 4}) (d[6,5]=358 {6, 5, 6}) (d[6,6]=0 {6, 6}) (d[6,7]=187 {6, 7}) (d[6,8]=208 {6, 8}) (d[6,9]=306 {6, 8, 9}) (d[6,10]=426 {6, 8, 9, 10}) (d[6,11]=307 {6, 7, 11}) (d[6,12]=178 {6, 12}) (d[6,13]=304 {6, 12, 13}) (d[6,14]=528 {6, 12, 13, 14}) (d[6,15]=694 {6, 12, 13, 14, 15}) (d[6,16]=817 {6, 5, 21, 17, 16}) (d[6,17]=686 {6, 5, 21, 17}) (d[6,18]=579 {6, 12, 19, 18}) (d[6,19]=416 {6, 12, 19}) (d[6,20]=666 {6, 5, 21, 20}) (d[6,21]=503 {6, 5, 21}) (d[6,22]=671 {6, 5, 21, 22}) (d[6,23]=771 {6, 5, 3, 24, 23}) (d[6,24]=647 {6, 5, 3, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 7**

(d[7,1]=1771 {7, 6, 5, 3, 2, 1}) (d[7,2]=1449 {7, 6, 5, 3, 2}) (d[7,3]=671 {7, 6, 5, 3}) (d[7,4]=828 {7, 6, 5, 4}) (d[7,5]=545 {7, 6, 5}) (d[7,6]=187 {7, 6}) (d[7,7]=0 {7, 7}) (d[7,8]=258 {7, 9, 8}) (d[7,9]=160 {7, 9}) (d[7,10]=280 {7, 9, 10}) (d[7,11]=120 {7, 11}) (d[7,12]=365 {7, 6, 12}) (d[7,13]=491 {7, 6, 12, 13}) (d[7,14]=715 {7, 6, 12, 13, 14}) (d[7,15]=881 {7, 6, 12, 13, 14, 15}) (d[7,16]=1004 {7, 6, 5, 21, 17, 16}) (d[7,17]=873 {7, 6, 5, 21, 17}) (d[7,18]=766 {7, 6, 12, 19, 18}) (d[7,19]=603 {7, 6, 12, 19}) (d[7,20]=853 {7, 6, 5, 21, 20}) (d[7,21]=690 {7, 6, 5, 21}) (d[7,22]=858 {7, 6, 5, 21, 22}) (d[7,23]=958 {7, 6, 5, 3, 24, 23}) (d[7,24]=834 {7, 6, 5, 3, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 8**

(d[8,1]=1792 {8, 6, 5, 3, 2, 1}) (d[8,2]=1470 {8, 6, 5, 3, 2}) (d[8,3]=692 {8, 6, 5, 3}) (d[8,4]=849 {8, 6, 5, 4}) (d[8,5]=566 {8, 6, 5}) (d[8,6]=208 {8, 6}) (d[8,7]=258 {8, 9, 7}) (d[8,8]=0 {8, 8}) (d[8,9]=98 {8, 9}) (d[8,10]=218 {8, 9, 10}) (d[8,11]=378 {8, 9, 7, 11}) (d[8,12]=386 {8, 6, 12}) (d[8,13]=512 {8, 6, 12, 13}) (d[8,14]=736 {8, 6, 12, 13, 14}) (d[8,15]=902 {8, 6, 12, 13, 14, 15}) (d[8,16]=1025 {8, 6, 5, 21, 17, 16}) (d[8,17]=894 {8, 6, 5, 21, 17}) (d[8,18]=787 {8, 6, 12, 19, 18}) (d[8,19]=624 {8, 6, 12, 19}) (d[8,20]=874 {8, 6, 5, 21, 20}) (d[8,21]=711 {8, 6, 5, 21}) (d[8,22]=879 {8, 6, 5, 21, 22}) (d[8,23]=979 {8, 6, 5, 3, 24, 23}) (d[8,24]=855 {8, 6, 5, 3, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 9**

(d[9,1]=1890 {9, 8, 6, 5, 3, 2, 1}) (d[9,2]=1568 {9, 8, 6, 5, 3, 2}) (d[9,3]=790 {9, 8, 6, 5, 3}) (d[9,4]=947 {9, 8, 6, 5, 4}) (d[9,5]=664 {9, 8, 6, 5}) (d[9,6]=306 {9, 8, 6}) (d[9,7]=160 {9, 7}) (d[9,8]=98 {9, 8}) (d[9,9]=0 {9, 9}) (d[9,10]=120 {9, 10}) (d[9,11]=280 {9, 7, 11}) (d[9,12]=484 {9, 8, 6, 12}) (d[9,13]=610 {9, 8, 6, 12, 13}) (d[9,14]=834 {9, 8, 6, 12, 13, 14}) (d[9,15]=1000 {9, 8, 6, 12, 13, 14, 15}) (d[9,16]=1123 {9, 8, 6, 5, 21, 17, 16}) (d[9,17]=992 {9, 8, 6, 5, 21, 17}) (d[9,18]=885 {9, 8, 6, 12, 19, 18}) (d[9,19]=722 {9, 8, 6, 12, 19}) (d[9,20]=972 {9, 8, 6, 5, 21, 20}) (d[9,21]=809 {9, 8, 6, 5, 21}) (d[9,22]=977 {9, 8, 6, 5, 21, 22}) (d[9,23]=1077 {9, 8, 6, 5, 3, 24, 23}) (d[9,24]=953 {9, 8, 6, 5, 3, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 10**

(d[10,1]=2010 {10, 9, 8, 6, 5, 3, 2, 1}) (d[10,2]=1688 {10, 9, 8, 6, 5, 3, 2}) (d[10,3]=910 {10, 9, 8, 6, 5, 3}) (d[10,4]=1067 {10, 9, 8, 6, 5, 4}) (d[10,5]=784 {10, 9, 8, 6, 5}) (d[10,6]=426 {10, 9, 8, 6}) (d[10,7]=280 {10, 9, 7}) (d[10,8]=218 {10, 9, 8}) (d[10,9]=120 {10, 9}) (d[10,10]=0 {10, 10}) (d[10,11]=160 {10, 11}) (d[10,12]=604 {10, 9, 8, 6, 12}) (d[10,13]=730 {10, 9, 8, 6, 12, 13}) (d[10,14]=954 {10, 9, 8, 6, 12, 13, 14}) (d[10,15]=1120 {10, 9, 8, 6, 12, 13, 14, 15}) (d[10,16]=1243 {10, 9, 8, 6, 5, 21, 17, 16}) (d[10,17]=1112 {10, 9, 8, 6, 5, 21, 17}) (d[10,18]=1005 {10, 9, 8, 6, 12, 19, 18}) (d[10,19]=842 {10, 9, 8, 6, 12, 19}) (d[10,20]=1092 {10, 9, 8, 6, 5, 21, 20}) (d[10,21]=929 {10, 9, 8, 6, 5, 21}) (d[10,22]=1097 {10, 9, 8, 6, 5, 21, 22}) (d[10,23]=1197 {10, 9, 8, 6, 5, 3, 24, 23}) (d[10,24]=1073 {10, 9, 8, 6, 5, 3, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 11**

(d[11,1]=1891 {11, 7, 6, 5, 3, 2, 1}) (d[11,2]=1569 {11, 7, 6, 5, 3, 2}) (d[11,3]=791 {11, 7, 6, 5, 3}) (d[11,4]=948 {11, 7, 6, 5, 4}) (d[11,5]=665 {11, 7, 6, 5}) (d[11,6]=307 {11, 7, 6}) (d[11,7]=120 {11, 7}) (d[11,8]=378 {11, 7, 9, 8}) (d[11,9]=280 {11, 7, 9}) (d[11,10]=160 {11, 10}) (d[11,11]=0 {11, 11}) (d[11,12]=485 {11, 7, 6, 12}) (d[11,13]=611 {11, 7, 6, 12, 13}) (d[11,14]=835 {11, 7, 6, 12, 13, 14}) (d[11,15]=1001 {11, 7, 6, 12, 13, 14, 15}) (d[11,16]=1124 {11, 7, 6, 5, 21, 17, 16}) (d[11,17]=993 {11, 7, 6, 5, 21, 17}) (d[11,18]=886 {11, 7, 6, 12, 19, 18}) (d[11,19]=723 {11, 7, 6, 12, 19}) (d[11,20]=973 {11, 7, 6, 5, 21, 20}) (d[11,21]=810 {11, 7, 6, 5, 21}) (d[11,22]=978 {11, 7, 6, 5, 21, 22}) (d[11,23]=1078 {11, 7, 6, 5, 3, 24, 23}) (d[11,24]=954 {11, 7, 6, 5, 3, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 12**

(d[12,1]=1762 {12, 6, 5, 3, 2, 1}) (d[12,2]=1440 {12, 6, 5, 3, 2}) (d[12,3]=662 {12, 6, 5, 3}) (d[12,4]=819 {12, 6, 5, 4}) (d[12,5]=536 {12, 6, 5}) (d[12,6]=178 {12, 6}) (d[12,7]=365 {12, 6, 7}) (d[12,8]=386 {12, 6, 8}) (d[12,9]=484 {12, 6, 8, 9}) (d[12,10]=604 {12, 6, 8, 9, 10}) (d[12,11]=485 {12, 6, 7, 11}) (d[12,12]=0 {12, 12}) (d[12,13]=126 {12, 13}) (d[12,14]=350 {12, 13, 14}) (d[12,15]=516 {12, 13, 14, 15}) (d[12,16]=673 {12, 13, 14, 15, 16}) (d[12,17]=557 {12, 19, 18, 17}) (d[12,18]=401 {12, 19, 18}) (d[12,19]=238 {12, 19}) (d[12,20]=572 {12, 19, 21, 20}) (d[12,21]=409 {12, 19, 21}) (d[12,22]=577 {12, 19, 21, 22}) (d[12,23]=712 {12, 19, 21, 24, 23}) (d[12,24]=588 {12, 19, 21, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 13**

(d[13,1]=1888 {13, 12, 6, 5, 3, 2, 1}) (d[13,2]=1566 {13, 12, 6, 5, 3, 2}) (d[13,3]=788 {13, 12, 6, 5, 3}) (d[13,4]=945 {13, 12, 6, 5, 4}) (d[13,5]=662 {13, 12, 6, 5}) (d[13,6]=304 {13, 12, 6}) (d[13,7]=491 {13, 12, 6, 7}) (d[13,8]=512 {13, 12, 6, 8}) (d[13,9]=610 {13, 12, 6, 8, 9}) (d[13,10]=730 {13, 12, 6, 8, 9, 10}) (d[13,11]=611 {13, 12, 6, 7, 11}) (d[13,12]=126 {13, 12}) (d[13,13]=0 {13, 13}) (d[13,14]=224 {13, 14}) (d[13,15]=390 {13, 14, 15}) (d[13,16]=547 {13, 14, 15, 16}) (d[13,17]=678 {13, 14, 15, 16, 17}) (d[13,18]=522 {13, 14, 15, 18}) (d[13,19]=359 {13, 14, 19}) (d[13,20]=693 {13, 14, 19, 21, 20}) (d[13,21]=530 {13, 14, 19, 21}) (d[13,22]=698 {13, 14, 19, 21, 22}) (d[13,23]=833 {13, 14, 19, 21, 24, 23}) (d[13,24]=709 {13, 14, 19, 21, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 14**

(d[14,1]=1677 {14, 19, 21, 5, 3, 2, 1}) (d[14,2]=1355 {14, 19, 21, 5, 3, 2}) (d[14,3]=577 {14, 19, 21, 5, 3}) (d[14,4]=734 {14, 19, 21, 5, 4}) (d[14,5]=451 {14, 19, 21, 5}) (d[14,6]=528 {14, 13, 12, 6}) (d[14,7]=715 {14, 13, 12, 6, 7}) (d[14,8]=736 {14, 13, 12, 6, 8}) (d[14,9]=834 {14, 13, 12, 6, 8, 9}) (d[14,10]=954 {14, 13, 12, 6, 8, 9, 10}) (d[14,11]=835 {14, 13, 12, 6, 7, 11}) (d[14,12]=350 {14, 13, 12}) (d[14,13]=224 {14, 13}) (d[14,14]=0 {14, 14}) (d[14,15]=166 {14, 15}) (d[14,16]=323 {14, 15, 16}) (d[14,17]=454 {14, 15, 16, 17}) (d[14,18]=298 {14, 15, 18}) (d[14,19]=135 {14, 19}) (d[14,20]=469 {14, 19, 21, 20}) (d[14,21]=306 {14, 19, 21}) (d[14,22]=474 {14, 19, 21, 22}) (d[14,23]=609 {14, 19, 21, 24, 23}) (d[14,24]=485 {14, 19, 21, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 15**

(d[15,1]=1579 {15, 18, 21, 5, 3, 2, 1}) (d[15,2]=1257 {15, 18, 21, 5, 3, 2}) (d[15,3]=479 {15, 18, 21, 5, 3}) (d[15,4]=636 {15, 18, 21, 5, 4}) (d[15,5]=353 {15, 18, 21, 5}) (d[15,6]=694 {15, 14, 13, 12, 6}) (d[15,7]=881 {15, 14, 13, 12, 6, 7}) (d[15,8]=902 {15, 14, 13, 12, 6, 8}) (d[15,9]=1000 {15, 14, 13, 12, 6, 8, 9}) (d[15,10]=1120 {15, 14, 13, 12, 6, 8, 9, 10}) (d[15,11]=1001 {15, 14, 13, 12, 6, 7, 11}) (d[15,12]=516 {15, 14, 13, 12}) (d[15,13]=390 {15, 14, 13}) (d[15,14]=166 {15, 14}) (d[15,15]=0 {15, 15}) (d[15,16]=157 {15, 16}) (d[15,17]=288 {15, 16, 17}) (d[15,18]=132 {15, 18}) (d[15,19]=295 {15, 18, 19}) (d[15,20]=346 {15, 16, 17, 20}) (d[15,21]=208 {15, 18, 21}) (d[15,22]=376 {15, 18, 21, 22}) (d[15,23]=511 {15, 18, 21, 24, 23}) (d[15,24]=387 {15, 18, 21, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 16**

(d[16,1]=1685 {16, 17, 21, 5, 3, 2, 1}) (d[16,2]=1363 {16, 17, 21, 5, 3, 2}) (d[16,3]=585 {16, 17, 21, 5, 3}) (d[16,4]=742 {16, 17, 21, 5, 4}) (d[16,5]=459 {16, 17, 21, 5}) (d[16,6]=817 {16, 17, 21, 5, 6}) (d[16,7]=1004 {16, 17, 21, 5, 6, 7}) (d[16,8]=1025 {16, 17, 21, 5, 6, 8}) (d[16,9]=1123 {16, 17, 21, 5, 6, 8, 9}) (d[16,10]=1243 {16, 17, 21, 5, 6, 8, 9, 10}) (d[16,11]=1124 {16, 17, 21, 5, 6, 7, 11}) (d[16,12]=673 {16, 15, 14, 13, 12}) (d[16,13]=547 {16, 15, 14, 13}) (d[16,14]=323 {16, 15, 14}) (d[16,15]=157 {16, 15}) (d[16,16]=0 {16, 16}) (d[16,17]=131 {16, 17}) (d[16,18]=287 {16, 17, 18}) (d[16,19]=450 {16, 17, 18, 19}) (d[16,20]=189 {16, 17, 20}) (d[16,21]=314 {16, 17, 21}) (d[16,22]=482 {16, 17, 21, 22}) (d[16,23]=617 {16, 17, 21, 24, 23}) (d[16,24]=493 {16, 17, 21, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 17**

(d[17,1]=1554 {17, 21, 5, 3, 2, 1}) (d[17,2]=1232 {17, 21, 5, 3, 2}) (d[17,3]=454 {17, 21, 5, 3}) (d[17,4]=611 {17, 21, 5, 4}) (d[17,5]=328 {17, 21, 5}) (d[17,6]=686 {17, 21, 5, 6}) (d[17,7]=873 {17, 21, 5, 6, 7}) (d[17,8]=894 {17, 21, 5, 6, 8}) (d[17,9]=992 {17, 21, 5, 6, 8, 9}) (d[17,10]=1112 {17, 21, 5, 6, 8, 9, 10}) (d[17,11]=993 {17, 21, 5, 6, 7, 11}) (d[17,12]=557 {17, 18, 19, 12}) (d[17,13]=678 {17, 16, 15, 14, 13}) (d[17,14]=454 {17, 16, 15, 14}) (d[17,15]=288 {17, 16, 15}) (d[17,16]=131 {17, 16}) (d[17,17]=0 {17, 17}) (d[17,18]=156 {17, 18}) (d[17,19]=319 {17, 18, 19}) (d[17,20]=58 {17, 20}) (d[17,21]=183 {17, 21}) (d[17,22]=351 {17, 21, 22}) (d[17,23]=486 {17, 21, 24, 23}) (d[17,24]=362 {17, 21, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 18**

(d[18,1]=1447 {18, 21, 5, 3, 2, 1}) (d[18,2]=1125 {18, 21, 5, 3, 2}) (d[18,3]=347 {18, 21, 5, 3}) (d[18,4]=504 {18, 21, 5, 4}) (d[18,5]=221 {18, 21, 5}) (d[18,6]=579 {18, 19, 12, 6}) (d[18,7]=766 {18, 19, 12, 6, 7}) (d[18,8]=787 {18, 19, 12, 6, 8}) (d[18,9]=885 {18, 19, 12, 6, 8, 9}) (d[18,10]=1005 {18, 19, 12, 6, 8, 9, 10}) (d[18,11]=886 {18, 19, 12, 6, 7, 11}) (d[18,12]=401 {18, 19, 12}) (d[18,13]=522 {18, 15, 14, 13}) (d[18,14]=298 {18, 15, 14}) (d[18,15]=132 {18, 15}) (d[18,16]=287 {18, 17, 16}) (d[18,17]=156 {18, 17}) (d[18,18]=0 {18, 18}) (d[18,19]=163 {18, 19}) (d[18,20]=214 {18, 17, 20}) (d[18,21]=76 {18, 21}) (d[18,22]=244 {18, 21, 22}) (d[18,23]=379 {18, 21, 24, 23}) (d[18,24]=255 {18, 21, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 19**

(d[19,1]=1542 {19, 21, 5, 3, 2, 1}) (d[19,2]=1220 {19, 21, 5, 3, 2}) (d[19,3]=442 {19, 21, 5, 3}) (d[19,4]=599 {19, 21, 5, 4}) (d[19,5]=316 {19, 21, 5}) (d[19,6]=416 {19, 12, 6}) (d[19,7]=603 {19, 12, 6, 7}) (d[19,8]=624 {19, 12, 6, 8}) (d[19,9]=722 {19, 12, 6, 8, 9}) (d[19,10]=842 {19, 12, 6, 8, 9, 10}) (d[19,11]=723 {19, 12, 6, 7, 11}) (d[19,12]=238 {19, 12}) (d[19,13]=359 {19, 14, 13}) (d[19,14]=135 {19, 14}) (d[19,15]=295 {19, 18, 15}) (d[19,16]=450 {19, 18, 17, 16}) (d[19,17]=319 {19, 18, 17}) (d[19,18]=163 {19, 18}) (d[19,19]=0 {19, 19}) (d[19,20]=334 {19, 21, 20}) (d[19,21]=171 {19, 21}) (d[19,22]=339 {19, 21, 22}) (d[19,23]=474 {19, 21, 24, 23}) (d[19,24]=350 {19, 21, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 20**

(d[20,1]=1534 {20, 21, 5, 3, 2, 1}) (d[20,2]=1212 {20, 21, 5, 3, 2}) (d[20,3]=434 {20, 21, 5, 3}) (d[20,4]=591 {20, 21, 5, 4}) (d[20,5]=308 {20, 21, 5}) (d[20,6]=666 {20, 21, 5, 6}) (d[20,7]=853 {20, 21, 5, 6, 7}) (d[20,8]=874 {20, 21, 5, 6, 8}) (d[20,9]=972 {20, 21, 5, 6, 8, 9}) (d[20,10]=1092 {20, 21, 5, 6, 8, 9, 10}) (d[20,11]=973 {20, 21, 5, 6, 7, 11}) (d[20,12]=572 {20, 21, 19, 12}) (d[20,13]=693 {20, 21, 19, 14, 13}) (d[20,14]=469 {20, 21, 19, 14}) (d[20,15]=346 {20, 17, 16, 15}) (d[20,16]=189 {20, 17, 16}) (d[20,17]=58 {20, 17}) (d[20,18]=214 {20, 17, 18}) (d[20,19]=334 {20, 21, 19}) (d[20,20]=0 {20, 20}) (d[20,21]=163 {20, 21}) (d[20,22]=331 {20, 21, 22}) (d[20,23]=466 {20, 21, 24, 23}) (d[20,24]=342 {20, 21, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 21**

(d[21,1]=1371 {21, 5, 3, 2, 1}) (d[21,2]=1049 {21, 5, 3, 2}) (d[21,3]=271 {21, 5, 3}) (d[21,4]=428 {21, 5, 4}) (d[21,5]=145 {21, 5}) (d[21,6]=503 {21, 5, 6}) (d[21,7]=690 {21, 5, 6, 7}) (d[21,8]=711 {21, 5, 6, 8}) (d[21,9]=809 {21, 5, 6, 8, 9}) (d[21,10]=929 {21, 5, 6, 8, 9, 10}) (d[21,11]=810 {21, 5, 6, 7, 11}) (d[21,12]=409 {21, 19, 12}) (d[21,13]=530 {21, 19, 14, 13}) (d[21,14]=306 {21, 19, 14}) (d[21,15]=208 {21, 18, 15}) (d[21,16]=314 {21, 17, 16}) (d[21,17]=183 {21, 17}) (d[21,18]=76 {21, 18}) (d[21,19]=171 {21, 19}) (d[21,20]=163 {21, 20}) (d[21,21]=0 {21, 21}) (d[21,22]=168 {21, 22}) (d[21,23]=303 {21, 24, 23}) (d[21,24]=179 {21, 24})

**ORIGEM VÉRTICE 22**

(d[22,1]=1539 {22, 21, 5, 3, 2, 1}) (d[22,2]=1217 {22, 21, 5, 3, 2}) (d[22,3]=439 {22, 21, 5, 3}) (d[22,4]=596 {22, 21, 5, 4}) (d[22,5]=313 {22, 21, 5}) (d[22,6]=671 {22, 21, 5, 6}) (d[22,7]=858 {22, 21, 5, 6, 7}) (d[22,8]=879 {22, 21, 5, 6, 8}) (d[22,9]=977 {22, 21, 5, 6, 8, 9}) (d[22,10]=1097 {22, 21, 5, 6, 8, 9, 10}) (d[22,11]=978 {22, 21, 5, 6, 7, 11}) (d[22,12]=577 {22, 21, 19, 12}) (d[22,13]=698 {22, 21, 19, 14, 13}) (d[22,14]=474 {22, 21, 19, 14}) (d[22,15]=376 {22, 21, 18, 15})

( d[22,16]=482 {22, 21, 17, 16}) ( d[22,17]=351 {22, 21, 17}) ( d[22,18]=244 {22, 21, 18}) ( d[22,19]=339 {22, 21, 19}) ( d[22,20]=331 {22, 21, 20}) ( d[22,21]=168 {22, 21}) ( d[22,22]=0 {22, 22}) ( d[22,23]=471 {22, 21, 24, 23}) ( d[22,24]=347 {22, 21, 24})

### ORIGEM VÉRTICE 23

( d[23,1]=1387 {23, 24, 3, 2, 1}) ( d[23,2]=1065 {23, 24, 3, 2}) ( d[23,3]=287 {23, 24, 3}) ( d[23,4]=665 {23, 24, 3, 4}) ( d[23,5]=413 {23, 24, 3, 5}) ( d[23,6]=771 {23, 24, 3, 5, 6}) ( d[23,7]=958 {23, 24, 3, 5, 6, 7}) ( d[23,8]=979 {23, 24, 3, 5, 6, 8}) ( d[23,9]=1077 {23, 24, 3, 5, 6, 8, 9}) ( d[23,10]=1197 {23, 24, 3, 5, 6, 8, 9, 10}) ( d[23,11]=1078 {23, 24, 3, 5, 6, 7, 11}) ( d[23,12]=712 {23, 24, 21, 19, 12}) ( d[23,13]=833 {23, 24, 21, 19, 14, 13}) ( d[23,14]=609 {23, 24, 21, 19, 14}) ( d[23,15]=511 {23, 24, 21, 18, 15}) ( d[23,16]=617 {23, 24, 21, 17, 16}) ( d[23,17]=486 {23, 24, 21, 17}) ( d[23,18]=379 {23, 24, 21, 18}) ( d[23,19]=474 {23, 24, 21, 19}) ( d[23,20]=466 {23, 24, 21, 20}) ( d[23,21]=303 {23, 24, 21}) ( d[23,22]=471 {23, 24, 21, 22}) ( d[23,23]=0 {23, 23}) ( d[23,24]=124 {23, 24})

### ORIGEM VÉRTICE 24

( d[24,1]=1263 {24, 3, 2, 1}) ( d[24,2]=941 {24, 3, 2}) ( d[24,3]=163 {24, 3}) ( d[24,4]=541 {24, 3, 4}) ( d[24,5]=289 {24, 3, 5}) ( d[24,6]=647 {24, 3, 5, 6}) ( d[24,7]=834 {24, 3, 5, 6, 7}) ( d[24,8]=855 {24, 3, 5, 6, 8}) ( d[24,9]=953 {24, 3, 5, 6, 8, 9}) ( d[24,10]=1073 {24, 3, 5, 6, 8, 9, 10}) ( d[24,11]=954 {24, 3, 5, 6, 7, 11}) ( d[24,12]=588 {24, 21, 19, 12}) ( d[24,13]=709 {24, 21, 19, 14, 13}) ( d[24,14]=485 {24, 21, 19, 14}) ( d[24,15]=387 {24, 21, 18, 15}) ( d[24,16]=493 {24, 21, 17, 16}) ( d[24,17]=362 {24, 21, 17}) ( d[24,18]=255 {24, 21, 18}) ( d[24,19]=350 {24, 21, 19}) ( d[24,20]=342 {24, 21, 20}) ( d[24,21]=179 {24, 21}) ( d[24,22]=347 {24, 21, 22}) ( d[24,23]=124 {24, 23}) ( d[24,24]=0 {24, 24})

**Cadeia de suprimento de navios de apoio construídos no país para a PETROBRAS.**

| <b>Sistema</b>   | <b>Origem</b>   | <b>Situação</b>   | <b>Futuro</b>   |
|--|---|---|---|
| <b>Propulsão</b><br>Motores<br>Eixo<br>Hélices   | 100% importado  | No passado os hélices eram fabricados no país.                        | Sem escala para fabricar motores. Eixos: possível, tem tecnologia.                      |
| <b>Governo</b><br>Lemes<br>Comando   | 100% importado  | Sem tecnologia para os controles e sem escala para os lemes.          | Chances reduzidas de produção local.  |
| <b>Manobras</b><br>Thrusters<br>Posic. Dinâmico  | 100% importado  | Sem tecnologia ou escala.   | Chances reduzidas de produção local.  |
| <b>Energia</b><br>Gerador eixo<br>Gerador diesel<br>Quadros<br>Paineis                     | 95% importado<br>5% local   | Poderia ser 100% fornecido localmente. Os quadros são locais.         | Existe tecnologia e indústrias que exportam.. Não existe produção o para mercado naval. |
| <b>Automação</b><br>Nível de tanque<br>Remoto válvula<br>Pressão / Temp.                   | 100% importado  | Poderia ser em parte fornecido localmente.                            | Existem indústrias que exportam e que poderiam produzir p/ mercado naval.               |
| <b>Acomodação</b><br>Cozinha<br>Ar Condicionado<br>Frigorífico<br>Mobiliário<br>Divisórias | 20 % importado<br>80 % local  | O mobiliário é 100% nacional. As divisórias são importadas.           | O fornecedor de divisórias não tem tecnologia atualizada para o padrão naval.           |
| <b>Estrutura</b><br>Casco<br>Acessórios  | 100% local  | Segmento mais fácil de desenvolver fornecedores.                      | Condições de avanço e aperfeiçoamento.  |
| <b>Carga</b><br>Bombas<br>Guindaste<br>Compressor<br>Tanques                               | 90% importado<br>10% local  | Os tanques foram desenvolvidos no Rio na Apollo Mecânica.             | Os demais equipamentos não são produzidos para as exigências navais. Há tecnologia.     |
| <b>Elétrico</b><br>Cabos<br>Conectores   | 97% importado<br>3% local   |   | Foram importados da Pirelli na Itália.  |
| <b>Hidráulico</b><br>Tubos<br>Conexões   | O cabos "halogen free" não são fabricados no país.<br>5% importado<br>95% local | Foram encontrados e desenvolvidos fornecedores locais.                | Conexões ainda são importadas e podem ser locais.                                       |
| <b>Navegação</b><br>Radar<br>GPS<br>Agulha Magn<br>Piloto autom.                           | 100% importado  | No passado as encomendas da Marinha havia criado tecnologia local.    | Há tecnologia, mas não há escala industrial para interessar a indústria.                |
| <b>Comunicação</b><br>Rádios UHF<br>Comunicação<br>Via satélite                            | 100% importado  | No passado havia fornecimento local. Tecnologia obtida com a Marinha. | Há tecnologia. Falta escala industrial para interessar empresas.                        |

FONTE: FERRAZ *et al.* (2002)