

## **A importância da aplicação prática das técnicas de planejamento de layout na retomada sustentável da indústria naval brasileira**

Wallace Affonso Alves (COPPE/UFRJ) [nimrod@osite.com.br](mailto:nimrod@osite.com.br)

Alberto Gabbay Canen (COPPE/UFRJ) [agcanen@pep.ufrj.br](mailto:agcanen@pep.ufrj.br)

Paulo Roberto Tavares Dalcol (PUC/RIO) [prtd@ind.puc-rio.br](mailto:prtd@ind.puc-rio.br)

### **Resumo**

*O objetivo deste artigo é avaliar o potencial da aplicação prática das técnicas de planejamento de layout nos estaleiros nacionais. Há fortes indícios de que a indústria naval brasileira, assim como empresas de outros setores, mesmo em países desenvolvidos, não vem empregando as técnicas de planejamento do layout, havendo, por isso, um potencial ganho de produtividade a ser alcançado. Neste momento em que 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, a efetividade da aplicação do planejamento de layout pode representar uma sistemática apropriada para se maximizar os ganhos, evitando-se os erros do passado. O presente artigo apresenta um diagnóstico preliminar da situação atual, a partir de entrevistas, bem como uma revisão da literatura, alguns aspectos estratégicos e um panorama dos principais modelos disponíveis e métodos de solução do problema de planejamento de layout.*

Palavras-chave: Arranjo físico, Arsenal, Estaleiros, Indústria naval, Layout, Planejamento de instalações.

### **1. Introdução**

O planejamento do layout 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 são, por um lado, preocupantes e,

por outro, oferecem um caminho potencial de melhoria do desempenho dos sistemas produtivos.

De acordo com relatório disponível no site da Secretaria de Desenvolvimento da Produção do Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (ANÔNIMO, 2002), o transporte marítimo é o grande meio de importação e exportação de produtos brasileiros, sendo a internacionalização do mercado de frete apontada, no entanto, como uma importante fonte de déficit em nossa balança comercial atual. Eventuais ganhos de eficiência obtidos através de um planejamento adequado do layout das instalações, disponíveis ou a se implantar, podem representar uma redução do chamado "custo Brasil", com um potencial aumento da competitividade de nossos produtos no exterior, principalmente no que se refere à construção e reparo de embarcações. No âmbito militar, a eventual melhoria de desempenho obtida por um planejamento de layout das instalações pode representar economia de recursos, aumento da disponibilidade dos meios e maior segurança e conforto para o pessoal.

O foco neste trabalho é a avaliação da aplicação prática das técnicas de planejamento de layout nos estaleiros nacionais. Há fortes indícios de que a indústria naval brasileira, assim como as empresas do estudo realizado na Escócia, citado acima, não vem empregando as técnicas de planejamento do layout, havendo, por isso, um potencial ganho de produtividade a ser alcançado.

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.

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

Tabela 1 - Pesquisa em bases de dados científicas.

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, sendo que apenas a dissertação de Queiroz (1996) tangenciou a aplicação prática das técnicas de planejamento de layout.

Palavras Pesquisadas	Teses Capes
oficinas	80
estaleiros	15
arranjo + fábrica	6
oficinas+naval	1

Tabela 2 - Pesquisa no banco de teses da CAPES.

Embora muitos dos trabalhos encontrados 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, conforme veremos adiante.

## 2. Diagnóstico preliminar

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 permitirão avaliar, preliminarmente, se os investimentos a serem realizados apresentam pretensões imediatas ou de longo prazo.

Essas preocupações são confirmadas pelos comentários do diretor industrial de um dos estaleiros privados mais tradicionais na história de nossa indústria naval, contando, atualmente, com cerca de 6000 empregados atuando numa "simples" obra de conversão de meio. Trabalha-se com a expectativa da renovação da frota da TRANSPETRO, envolvendo cerca de 42 embarcações. Já foram investidos cerca de US\$ 60.000.000,00 (sessenta milhões de dólares) apenas para ativar o estaleiro que se encontrava bastante sucateado. Segundo este

mesmo diretor, investimentos ainda maiores seriam necessários para atualizar os sistemas produtivos e o layout das instalações. A questão é: considerando-se a demanda de 42 (quarenta e duas) embarcações dividida entre os cerca de 10 (dez) estaleiros 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. Dá para se falar em reativação de uma indústria com esses números? Já se trabalhou, nos áureos tempos deste estaleiro, construindo-se mais de 12 navios simultaneamente. Outro ponto 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: "na construção naval, a variedade de produtos é muito grande. Cada obra é diferente da outra, o que, praticamente, inviabiliza a adoção desses pacotes administrativos voltados basicamente para linhas de produção em série".

Os comentários de um engenheiro que trabalhou no controle de qualidade em obras de construção naval realizadas em Cingapura, sintetizam bem as vantagens comparativas dos países asiáticos: "o custo da mão-de-obra é muito baixo, além de não haver discussão sobre direitos trabalhistas. Não ouvi falar de greve ou qualquer movimento do gênero enquanto estive lá". Outra característica importante é a facilidade de mobilização: "de um dia para o outro eles mobilizam 5000 (cinco mil) pessoas para determinada obra. Existe uma escala muito grande de produção, a indústria já está aquecida". Quanto à qualidade dos serviços: "a qualidade dos serviços realizados aqui são indiscutivelmente melhores que os de lá. A questão é que eles querem entregar a obra o mais rapidamente possível, de preferência pulando o máximo de etapas do controle de qualidade e o correspondente registro documental".

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 de layout apresenta-se como uma poderosa ferramenta de racionalização e otimização dos métodos, que ainda, pelo constatado nas entrevistas acima, não foi plenamente efetivada.

Para a confirmação deste diagnóstico preliminar, outras bases científicas deverão ser consultadas e novas entrevistas em mais estaleiros deverão ser realizadas, além da avaliação, no decurso do tempo, das ações dos principais atores envolvidos nessa retomada.

### **3. O conceito e a identificação de alguns objetivos estratégicos no problema de planejamento de layout na indústria naval brasileira**

O layout, *the way in which the parts of something are arranged according to a plan* (Hornby, 1995), ou arranjo físico, pode ser sintetizado como a organização espacial voltada para a satisfação de objetivos determinados. Gaither e Frazier (2004) posicionam o problema do planejamento do layout entre as decisões estratégicas, ao lado do planejamento de produtos, processos e tecnologias.

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 incluem-se os porta-aviões, cruzadores, fragatas, corvetas, navios varredores, submarinos, navios de apoio e salvamento, navios-hospitalares, patrulha e assim por diante.

Considerando o volume e a variedade dos produtos envolvidos na construção naval, o layout típico para estaleiros é o arranjo físico posicional, também conhecido como layout 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. Assim, a capacidade de carga dos guindastes, que podem ultrapassar as 100 toneladas, aliada à renovação dos equipamentos e processos de fabricação previstos nos planos de investimentos dos consórcios que estão se formando são os elementos do layout que indicam se, verdadeiramente, há pretensões de longo prazo para a indústria naval brasileira.

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 (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.

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.

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. Couto (1995) sugere uma lista com uma série de pontos a serem checados nas diversas fases do desenvolvimento do layout 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”.

A participação da Marinha de Guerra é outro importante aspecto na avaliação do passado e das perspectivas futuras da indústria naval brasileira. A participação da Marinha confunde-se com a história do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). Um marco organizacional do cenário da indústria naval, o AMRJ tem estado presente desde a construção da Nau "São Sebastião", no ano de 1767, empregando as técnicas artesanais dos mestres construtores, até a construção pelo processo de acabamento avançado dos Submarinos Classe "Tupi", cujo último Submarino, "Tikuna", foi entregue em março de 2005. O estudo das práticas efetivamente empregadas na definição do layout do AMRJ é representativo da evolução histórica dos conceitos produtivos aplicados ao longo de mais de 200 anos (Greenhalgh, 1965), tanto no âmbito militar naval quanto no civil.

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 como justificativa para a ausência de um parque produtor de equipamentos bélicos no país.

#### **4. Abordagem sistemática do problema de planejamento de layout**

Uma vez definidos os objetivos estratégicos, a abordagem sistemática das várias etapas do problema do planejamento pode potencializar os resultados positivos, reduzindo os custos de implementação. Seguindo a estruturação proposta por Tompkins et al (1996) no planejamento de instalações (*facilities planning*), devemos selecionar um local que corresponda aos objetivos estabelecidos (*facilities location*), bem como um projeto de instalações (*facilities design*) cujos sistemas de apoio (*facility systems*) e de processamento (*handling systems*) estejam posicionados em um arranjo físico adequado (*facilities layout*).

No que tange à localização das instalações, Rezende (2005) destacou, em jornal de grande circulação, que os projetos governamentais, juntamente com instituições representativas do comércio e da indústria, têm sido desenvolvidos sem uma base consolidada de estudo sobre economia e espaço, fatores-chave para o sucesso das iniciativas. Considera necessário "analisar as características de escala, escopo, aprendizagem e especialização dos elementos já instalados e a viabilidade de atração de elementos ainda inexistentes" para facilitar o processo de formação de redes produtivas. Parece que, nessa retomada, há aglomerações espaciais de elementos econômicos, políticos, sociais e ambientais, alinhados no caminho da atividade industrial naval. No Rio de Janeiro, onde ainda se localiza a maioria dos estaleiros nacionais, encontra-se a maior parte destes fatores pelo seu passado de grande centro industrial naval e sua atualidade de maior produtor de petróleo. A importância da indústria do petróleo se deve ao fato de ser este o grande cliente das obras realizadas nos estaleiros nacionais. Há outros pólos na região norte, no mercado de embarcações fluviais, nordeste, pela proximidade com as grandes rotas do atlântico, e sul, grande escoador de grãos pela via marítima.

Quanto ao projeto de instalações, Corrêa (1993) constatou que a maior parte dos equipamentos e tecnologias utilizadas em nosso parque industrial naval é da década de 70, sugerindo a necessidade do redimensionamento do tamanho e do layout das plantas como caminho para a sobrevivência. Muitas vezes, soluções simples podem representar considerável economia de energia e melhoria da qualidade do ambiente de trabalho (QUEIROZ, 1996). Deve-se observar, entretanto, que se a mudança de layout já pode representar gastos significativos em indústrias pequenas, na indústria naval os custos envolvidos podem ser proibitivamente elevados, tanto na modificação, quanto na manutenção do layout inadequado devido, neste último, às perdas de produtividade. Daí a importância de uma boa solução inicial, obtida empregando-se as ferramentas teóricas e práticas disponíveis do planejamento de layout.

#### **5. Modelagem e métodos de solução**

As abordagens na modelagem e solução do problema de planejamento de layout são das mais variadas possíveis, atendendo diversos escopos de complexidade. Muther e Wheeler (2000) propõem um planejamento sistemático e simplificado de layout. 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.

Canen e Williamson (1998) apresentam a evolução histórica dos principais pacotes 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), que partem de uma solução inicial e a aperfeiçoam num processo sucessivo. Também falam da combinação de algoritmos construtivos e algoritmos de melhoramento, que tem resultado em abordagens promissoras de algoritmos híbridos (ELSHAFEI, 1977, SCRIABIN e VERGIN, 1985). Essa listagem, apenas ilustrativa, está longe de esgotar a vasta gama de programas e algoritmos disponíveis.

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.

## **6. Conclusões**

O texto discutiu a aplicação prática das técnicas de planejamento de layout, argumentando que têm muito a oferecer na retomada competitiva e sustentável da indústria naval brasileira, tanto na busca do ótimo possível com os recursos instalados, quanto na definição de configurações a serem implantadas. Significativas melhorias das condições de conforto, segurança e produtividade nos estaleiros podem ser obtidas a partir do respeito aos princípios da ergonomia na definição do layout.

Como causa e efeito do planejamento de layout, a implantação de uma cultura da racionalização das operações produtivas, assim como a modernização das práticas gerenciais e dos métodos produtivos, poderão contribuir significativamente para o processo decisório na construção naval e, dessa forma, otimizar ganhos e minimizar perdas neste setor. Isso, aliado à implantação de uma cultura de segurança do trabalho, com foco na qualidade de vida do trabalhador, como peça chave do processo produtivo, incorrendo em baixos índices de acidentes com afastamento, devido à formação e capacitação desse profissional, agrega um aumento de eficiência e competitividade da área e deve ser contemplado desde a fase inicial de qualquer projeto de instalação.

Mais do que nunca, o desenvolvimento de uma agenda de pesquisa nesta área faz-se necessária. Um aprofundamento da verificação das práticas efetivamente aplicadas no AMRJ



e seu estudo de caso podem ajudar no entendimento de como a indústria naval tem incorporado os conceitos produtivos ao longo do tempo. Neste aspecto, a distribuição das oficinas e diques do arsenal, e o processo decisório que levou à configuração encontrada, podem ajudar a entender todas as fases por onde passou a indústria naval brasileira. Sem dúvida, a dinâmica desse estaleiro apagou muitas de suas marcas, no entanto, as essenciais, guardadas nos antigos mestres, ainda estão lá e a receptividade à mudança também poderá ser avaliada.

Finalmente, fica a esperança que guindastes capazes de transportar grandes módulos, produzidos em linhas de produção modernas, em equipamentos e processos, caracterizem o layout das instalações nesse novo ciclo da indústria naval brasileira.

## Referências

- ANÔNIMO, 2002, Desenvolvimento de Ações de Apoio à Cadeia Produtiva da Indústria Naval e Marinha Mercante, Secretaria de Desenvolvimento da Produção, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Relatório Março, (<http://www.desenvolvimento.gov.br>).
- 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.
- CANEN, ALBERTO G., WILLIAMSON, GOEFF H., 1998, "Facility Layout Overview: Towards Competitive Advantage", *Facilities*, v. 16, n. 7/8 (July/August), pp. 198-203.
- CANEN, ALBERTO G., SCOTT, LEONARD G., 1995, "Bridging Theory and Practice in VRP", *Journal of the Operational Research Society*, v.46, n.1, pp. 1-8.
- 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.
- COUTO, H.A., 1995, *Ergonomia Aplicada ao Trabalho - Manual Técnico da Máquina Humana*, v.2 Belo Horizonte, Ergo Editora.
- ELSHAFEI, A. N. ,1977, "Hospital Layout as a Quadratic Assignment Problem", *Operations Research Quarterly*, v. 28, n. 1, p. 167-179.
- GAITHER, NORMAN, GREG, FRAZIER, 2004, *Administração da Produção e Operações*, 8 ed. São Paulo, Pioneira- Thomson Learning.
- 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., 1965, *O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro na História*, vol. I e II, Rio de Janeiro, Editora IBGE.
- 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.
- 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.
- 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.
- REZENDE, P. T., 2005, "Crescimento Econômico", *Jornal do Brasil*, 26/MAR, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- 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.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A., JOHNSTON, R., 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., FRAZELLE, E.H., TANCHOCO, J.M.A., TREVINO, J., 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, LUCIANO O. M. DE , LIMA, ERIKSOM T., 1997, *Informe Infra-estrutura (BNDES)*, número 14/SET, Área de Projetos de Infra-estrutura.