

## **MONTAGEM FINAL EM DOCA: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA**

**João Murta Alves**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, (PG/EAM) Produção. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Bairro Vila das Acácias – São José dos Campos / SP – CEP: 12228-900 – [murta@ita.br](mailto:murta@ita.br)

**Marina Mendonça Natalino Zenun**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, (PG/EAM) Produção. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Bairro Vila das Acácias – São José dos Campos / SP – CEP: 12228-900 - [marina.natalino@embraer.com.br](mailto:marina.natalino@embraer.com.br)

**Resumo:** Este trabalho apresenta os conceitos da montagem final em doca e contribui para a discussão das vantagens e limitações do sistema em relação à melhoria de produtividade. Trata-se de tema relevante dentro do estado da arte da gestão da produção e a sua aplicação na indústria aeronáutica brasileira - estratégica para o desenvolvimento tecnológico e exportação do país – caracteriza uma contribuição relevante no processo de aprimoramento dos sistemas de gestão da produção. São analisadas as influências dos aspectos de movimentação de produto, gestão dos recursos produtivos, trabalho em grupo e restrições do sistema na redução de inventário e lead time. O estudo de caso evidencia as características da montagem final em doca na produção da nova família de aeronaves da Embraer – Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.

**Palavras-chave:** Montagem em docas, montagem final, indústria aeronáutica.

### **1. INTRODUÇÃO**

No início do século XX, Henry Ford introduziu seus conceitos de produção. Após o lançamento do Modelo T, a fábrica da Ford não conseguia atender a demanda pelo produto. O objetivo de Henry Ford era então, aumentar a produção para abaixar o preço, mantendo a qualidade. Para atingir esse objetivo, Ford implantou as seguintes modificações na produção: transformou a segmentação dos gestos do taylorismo em segmentação das tarefas, o número de postos de trabalho foi multiplicado, cada um recobrindo o menor número possível de atividades. Dava-se assim, a introdução da produção em massa, caracterizada pela total intercambiabilidade das partes e a simplicidade de montagem (WOOD JR., 2000).

Logo após a introdução da produção em massa, ocorria também a construção da primeira linha de montagem descrita por Ford (s.d., p. 71) da seguinte maneira: Em abril de 1913 experimentamos a primeira aplicação de uma rede de montagem. Tratava-se da montagem dos magnetos. Nós viramos tudo de pernas para o ar quando se trata da adoção dum melhor sistema, mas só o fazemos depois de absolutamente certos das vantagens. Creio que esta estrada móvel foi a primeira que já se construiu com este fim. Veio-me a idéia vendo o sistema de carretilhas aéreas que se usam nos matadouros de Chicago. O método foi logo aplicado ao chassis. A redução obtida foi de 12 h e 28 min para 5 h e 50 min por chassis.

A produção em massa e a linha de montagem implantadas por Ford permitiram reduzir os esforços humanos nas montagens, aumentar a produtividade e diminuir os custos. Ford também conseguiu reduzir o tempo de “set-up” das máquinas, fazendo com que elas executassem apenas uma tarefa de cada vez e colocando-as em uma seqüência lógica. O operário, porém, se restringia a uma única tarefa, não preparava ou reparava equipamentos, ele nem mesmo entendia o que seu vizinho fazia. Assim como os operários, o sistema sofria com a falta de flexibilidade (WOOD JR., 2000).

A linha de montagem, desde o início de sua criação, apresenta limitações com relação à flexibilidade do sistema de produção. A justificativa para este trabalho se encontra na busca de um sistema que proporcione uma maior flexibilidade para a manufatura e consequentemente para a indústria montadora, notadamente a indústria aeronáutica, onde se encontra mais comumente a necessidade de flexibilidade da manufatura de dois tipos definidos por Slack (1993, p. 85):

- Flexibilidade de mix: habilidade de mudar a variedade dos produtos que estão sendo feitos pela operação dentro de um dado período de tempo.
- Flexibilidade de entrega: habilidade de mudar datas de entrega planejadas ou assumidas.

O objetivo deste artigo é apresentar um estudo de caso do sistema de montagem final em docas na Embraer, Empresa Brasileira de Aeronáutica S. A., descrevendo os conceitos do sistema, que está em fase de implantação na empresa, para a montagem das novas aeronaves EMBRAER 170/190, com intuito de se atingir uma maior flexibilidade.

O presente trabalho está estruturado em quatro seções, conforme descrito resumidamente a seguir.

A Seção 2 apresenta as características da montagem final em docas, com destaque para a movimentação do produto, recursos produtivos e trabalho em grupo.

A Seção 3 apresenta o estudo de caso do sistema de montagem final em docas na Embraer, com ênfase para o processo decisório de implantação do sistema, movimentação do produto, recursos produtivos, equipes de trabalho, redução de inventário e lead-time.

A Seção 4 finaliza o trabalho, apresentando as conclusões.

## 2. CARACTERÍSTICAS DA MONTAGEM FINAL EM DOCAS

A pesquisa realizada para elaboração deste artigo indica uma escassez de estudos acadêmicos abordando sistemas de montagem final em docas na produção aeronáutica, porém, com relação à indústria automobilística há um registro de estudos de plantas que saíram do tradicional modelo de montagem em linhas, como os casos das plantas da Volvo, com destaque para os casos citados por Karlsson (1996, p. 9):

- A planta de Kalmar (início da década de 1970) abandonando a linha controlada;
- A planta de Uddevalla (final da década de 1980) com times pequenos na montagem completa de um automóvel.
- A planta de Gent (final da década de 1980) implementando a manufatura enxuta.
- Em Born (meados da década de 1990) com a introdução de uma planta flexível com a produção de duas formas diferentes.

### 2.1. Movimentação do Produto

Sobre a planta de Uddevalla, em especial, Marx (1994, p. 32) descreve uma das principais características da produção em docas, que é descrita como: Abandono completo das linhas de montagem baseadas em correias transportadoras e introdução de um esquema em que a montagem é feita com o produto praticamente imóvel.

A ausência total ou quase total de movimentação do produto indica a eliminação de uma atividade que não agrega valor ao produto, o que representa uma vantagem do sistema de montagem em docas.

## **2.2. Recursos Produtivos**

Para se realizar a montagem final de um produto, praticamente imóvel ou totalmente imóvel, na chamada doca, é necessário que todos os equipamentos de apoio estejam disponíveis, diferentemente do que ocorre em uma linha de montagem, onde os equipamentos de apoio são distribuídos conforme sua necessidade durante as diversas fases do processo produtivo. Isso gera uma multiplicação da necessidade desses equipamentos proporcional ao número de docas com relação ao número necessário à linha. Se compararmos os dois sistemas, o sistema de docas requer um maior investimento inicial com equipamentos de apoio.

## **2.3. Trabalho em Grupo**

Sobre a divisão do trabalho, Marx (1994, p.32) cita que: Na planta de Uddevalla, foram estabelecidos grupos de 5 a 10 trabalhadores responsáveis pela montagem integral de produtos completos. A idéia era aumentar tanto quanto possível o ciclo de trabalho, de forma que a atividade exigisse cada vez mais o uso de conhecimentos/experiência do trabalhador.

Ainda sobre a divisão do trabalho, Karlsson (1996, p. 9 e 10) escreve: Na planta de Kalmar, os montadores, ao contrário de trabalharem isolados ao longo de uma linha de montagem, deveriam trabalhar juntos em um time capaz de produzir algo de maneira integrada. Na planta de Uddevalla, o conceito básico era permitir aos trabalhadores que eles montassem automóveis do início ao fim. Era o contrário da velha teoria Fordista, que tornava o trabalho o mais simples possível. A companhia anunciava que não queria simples montadores e sim fabricantes de automóveis. A mensagem era: “Venha e torne-se um fabricante de automóveis na planta da Volvo-Uddevalla. Você terá um treinamento consistente e aprenderá como montar seu próprio automóvel por completo”.

Pode-se observar então que, outra característica da montagem final em doca é o fortalecimento do trabalho em grupo, com trabalhadores mais treinados e conscientes das suas responsabilidades na montagem de um produto como um todo.

## **3. ESTUDO DE CASO**

### **3.1. A Empresa**

A Embraer, Empresa Brasileira de Aeronáutica S. A., possui posição de destaque no mercado de aviação comercial internacional, sendo atualmente a quarta maior fabricante de aeronaves comerciais do mundo, posição alcançada graças à excelência de seus produtos, à tecnologia de ponta no segmento aeronáutico e à alta capacidade na gestão da manufatura. Atualmente, a empresa é uma sociedade anônima de capital aberto, controlada por um consórcio de empresas e fundos de pensão liderados pelo Grupo Bonzano Simonsen, um dos principais conglomerados brasileiros (BERNARDES, 2000).

### **3.2. Processo Decisório para Implantação do Sistema de Montagem Final em Docas**

Durante a fase de desenvolvimento das famílias de aeronaves EMBRAER 170/190, verificou-se que os ciclos de montagem das mesmas eram significativamente diferentes. O mix de produtos (170/190) possuía projeção mercadológica com grandes variações durante os períodos de produção. Deu-se início ao estudo do sistema de gestão da produção que possuísse flexibilidade suficiente para se adequar ao mix de produção das aeronaves.

No sistema de montagem final em linha é necessário que exista sincronismo na movimentação do produto na linha durante as mudanças de fases de montagem. Para isso, todos os produtos devem ter o mesmo ciclo. Poder-se-ia optar pela gestão de duas linhas de montagem; uma para o EMBRAER 170 e outra para o EMBRAER 190. Entretanto, como a previsão era de que o mix de produção teria uma grande variação, a probabilidade de uma das linhas ficar parada era alta.

Decidiu-se então, pelo sistema de docas, o conceito de montagem em linha, até então utilizado na produção da empresa, não seria adotado nas fases de montagem final das novas aeronaves EMBRAER 170/190.

O sistema de docas pode ser considerado mais flexível com relação ao sistema de linha na absorção de produtos com maiores ciclos. Por exemplo: A aeronave de maior ciclo está em uma das fases de montagem final em uma doca, enquanto isso, as montagens nas outras docas seguem em ritmo normal, não acarretando atrasos. Na linha, se houvesse uma fase da montagem final com ciclo maior ou mesmo um atraso, isso acarretaria um atraso às aeronaves seguintes, pois a movimentação da linha seria postergada e não haveria mudança para as próximas fases de montagem.

### 3.3. Movimentação do Produto

A montagem final em docas na Embraer caracteriza-se pela posição fixa do produto, não existindo movimentação do mesmo após sua entrada na doca. O produto permanece durante todas as fases da montagem final em uma mesma posição. Dessa forma, não há a movimentação do produto como ocorre numa linha de montagem. Isso pode ser considerado um ganho em relação ao sistema de linha, pois, dessa maneira, a empresa eliminou da montagem final um tempo que não agregaria valor ao produto.

### 3.4. Recursos Produtivos

Para a montagem final das aeronaves EMBRAER 170/190 foi construído um hangar dedicado às atividades de montagem final, dividido em um número de docas calculado para dar vazão à cadência produtiva esperada. Cada doca possui os mesmos recursos produtivos, necessários às diversas fases da montagem. Isso gerou uma multiplicação da necessidade desses equipamentos e, consequentemente, um maior investimento inicial com equipamentos de apoio. Pode-se dizer que se o sistema escolhido fosse o de montagem final em linha, o investimento inicial teria sido bem menor.

### 3.5. Equipes de Trabalho

A empresa realizou um estudo antes da implantação do sistema e dividiu as equipes de trabalho em três opções:

**Equipe fixa (polivalência):** Equipe fixa significa que a mão-de-obra da doca está apta para executar todas as atividades necessárias. Para que isso ocorra, é necessária uma maior qualificação da equipe. Mesmo que isso seja alcançado, sempre existirá mão-de-obra dedicada para determinadas atividades muito específicas, o que acarretará em um nivelamento pelo maior número de pessoas exigidas (pico) o que pode gerar ociosidade nas atividades em que é necessário um menor número de pessoas.

**Equipe volante (equipe trabalha em linha):** Significa que a mão-de-obra se desloca conforme a evolução da montagem. Com isso, teremos mão-de-obra dedicada por atividades, a qualificação exigida será menor (pontual) e devido à repetitividade das tarefas, a qualificação adquirida será maior, gerando uma maior produtividade e menor índice de não-conformidades. Acontecerá uma racionalização da mão-de-obra, evitando que ocorra a ociosidade da mesma. A desvantagem desse sistema é que a flexibilidade da doca praticamente desaparece. No caso de um atraso ou produto de maior ciclo, a doca, em fase de montagem anterior, ficaria parada aguardando a disponibilidade da mão-de-obra.

**Equipe híbrida (parte fixa, parte volante):** A equipe híbrida é composta de uma parte fixa e uma parte volante, com o objetivo de amenizar a ociosidade da mão-de-obra e diminuir a qualificação exigida (utilizar a mão-de-obra volante em tarefas que exigem maior qualificação). O percentual de parte fixa e parte volante depende da relação das atividades com maior qualificação exigida e as demais atividades.

O sistema ideal seria o de mão-de-obra fixa por doca, porém, como já mencionado, isso representa uma certa ociosidade das equipes. Por outro lado, se tivermos uma equipe dedicada por doca, o sistema alcançará a flexibilidade máxima, a doca estaria, dessa maneira, o tempo todo apta para executar qualquer atividade, não dependendo de mão-de-obra oriunda de outra doca.

Atualmente, o sistema adotado é o de equipe volante. A produção em série teve início no final de 2003 e a mão-de-obra instalada é maior que a planejada para esse período. Pode-se dizer que, a mão-de-obra existente supre os atrasos ou produtos de maior ciclo, mantendo a flexibilidade do sistema. Com o aumento da cadência produtiva, pensa-se em utilizar a equipe híbrida com percentuais de 25% de mão-de-obra fixa (por doca) e 75% de volante, com o objetivo de inverter tendendo ao que seria considerado ideal pela empresa: 75% de mão-de-obra fixa (por doca) e 25% de volante.

### **3.6. Redução de Lead-time**

Aparentemente o sistema de docas, consegue-se uma redução de lead-time, pois, se o sistema adotado fosse o de uma única linha de montagem final para o mix de produção do EMBRAER 170/190, o takt-time adotado seria o necessário à montagem do produto de maior ciclo, nivelando pelo maior, assim o ciclo do menor, no montante final, sofreria um acréscimo de lead-time.

## **4. CONCLUSÃO**

Marx (1994, p. 36) afirma que o modelo sueco de produção em docas não pode ser considerado como acabado e tampouco como o mais eficiente em quaisquer que sejam as circunstâncias. Os dados empíricos que nos chegaram nos anos 90 mostram que mais importantes são as adaptações locais (caso a caso) a princípios que serão decisivos para a obtenção de níveis crescentes de desempenho industrial.

O sistema de montagem final em docas na Embraer foi implantado recentemente na produção de protótipos (aproximadamente 2,5 anos), tempo que pode ser considerado pouco para avaliar todas as características do sistema, principalmente se considerarmos que a produção em série teve início no final de 2003. Entretanto, pôde-se observar que o sistema realmente demonstrou uma maior flexibilidade se comparado ao sistema em linha, sendo que, casos de atrasos foram absorvidos dentro da própria doca, não gerando impactos na montagem em outras docas.

A mão-de-obra se mostrou motivada e comprometida com relação ao produto final e observou-se também que houve um maior trabalho em equipe.

Características como flexibilidade e trabalho em grupo devem ser consideradas como determinantes para o sucesso de uma indústria manufatureira, sobretudo para a indústria aeronáutica.

## **5. REFERÊNCIAS**

- Bernardes, Roberto, 2000, “Embraer: elos entre estado e mercado”, Ed. Hucitec, Fapesp, São Paulo, 393 p.
- Ford, Henry, s.d., “Os princípios da prosperidade”, Ed. Brand, Rio de Janeiro, 427 p.
- Karlsson, Christer, 1996, “Radically new production systems”, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16, Nº 11, pp. 8-19.
- Marx, Roberto, 1994, “Organização do Trabalho na Indústria Automobilística Sueca: Produção em Docas e Grupos Semi-Autônomos”, Workshop International Para Onde Caminham As Organizações?, Anais São Paulo: Epusp/Dep, São Paulo, pp. 25-38.
- Slack, Nigel, 1993, “Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais”, Ed. Atlas, São Paulo, 198 p.
- Wood Jr., Thomaz, 2000, “Mudança Organizacional”, Ed. Atlas, São Paulo, 280 p.

## **6. DIREITOS AUTORAIS**

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.

## **DOCKS-ASSEMBLY: CASE STUDY IN AERONAUTICS INDUSTRY**

### **João Murta Alves**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, (PG/EAM) Produção. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Bairro Vila das Acácias – São José dos Campos / SP – CEP: 12228-900 – [murta@ita.br](mailto:murta@ita.br)

### **Marina Mendonça Natalino Zenun**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, (PG/EAM) Produção. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Bairro Vila das Acácias – São José dos Campos / SP – CEP: 12228-900 - [marina.natalino@embraer.com.br](mailto:marina.natalino@embraer.com.br)

***Abstract:** This paper shows docks-assembly concepts and contributes to discussion of system advantages and limitations related to productivity improvement. This is a relevant theme in state-of-the-art manufacturing management and its application in Brazilian Aeronautics Industry – strategic to the technological development and exportation of the country - characterizes a relevant contribution to the process of improvement in the manufacturing management system. The influence of aspects such as product movement, productive resources management, teamwork and system constraints in inventory reduction and lead-time are analyzed. This case study highlights the characteristics of docks-assembly in the production of the Embraer new aircraft family.*

**Key words:** Docks-assembly, final assembly, aeronautics industry.