

PLANEJAMENTO DE UMA LINHA DE MANUTENÇÃO DE AERONAVES. APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE BALANCEAMENTO.

Marcio Cardoso Machado (ITA)

cardoso@ita.br

Lígia Maria Soto Urbina (ITA)

ligia@ita.br

Michelle Aparecida Gomes Eller (ITA)

mi_eller@yahoo.com.br



A finalidade precípua deste trabalho é apresentar os principais resultados advindos da utilização da técnica de balanceamento de linhas de produção, no contexto de manutenção de aeronaves. O objetivo, portanto, desta pesquisa foi verificar como seria possível aumentar a capacidade em uma linha de manutenção/revisão de aeronaves em uma organização que se caracteriza pelo reduzido efetivo de mão-de-obra qualificada e pela escassez de equipamentos de uso comum nas diferentes estações de trabalho. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em uma organização especializada neste tipo de atividade, onde se constatou que, por meio da racionalização na utilização dos recursos e com a utilização de princípios básicos de balanceamento de linha é possível aumentar significativamente o número de aeronaves atendidas. Cabe-se ressaltar que as características do caso analisado são básicas de uma organização governamental.

Palavras-chaves: Planejamento, Manutenção, Aeronaves.

1. Introdução

Para alcançar desempenho de classe mundial, as empresas estão empenhando esforços no sentido de aumentar a qualidade e a produtividade, e reduzir custos. Para determinadas empresas, parte desses esforços deve incluir uma análise das atividades da função manutenção. Uma manutenção efetiva é fundamental para muitas operações, é a partir dela que podemos estender o ciclo de vida do produto, melhorar a disponibilidade dos equipamentos e mantê-los em bom estado. Por outro lado, o descuido com a manutenção, pode produzir falhas mais frequentes, subutilização dos equipamentos e o conseqüente atraso nos calendários de produção.

Nas empresas, a atividade funcional de manutenção, tem como objetivo manter operacionais os equipamentos que estão sobre sua responsabilidade. Contudo, existem empresas que, além da manutenção como função, tem na manutenção a sua atividade fim, ou seja a manutenção é um serviço prestado a terceiros.

Para Pun *et. al.* (2002), a manutenção, como uma função de suporte aos negócios, desempenha um importante papel em apoiar diferentes técnicas de gerenciamento da produção emergentes ou já consolidadas (ex.: produção enxuta, just-in-time e produção seis sigma). A eficácia no gerenciamento da manutenção depende do desdobramento adequado dos recursos, sejam estes: peças de reposição, ferramentas, equipamentos ou mão de obra.

Na indústria aeronáutica podemos identificar claramente empresas que tem a manutenção como função organizacional e empresas que tem a manutenção como atividade fim. Empresas de transporte aéreo de carga ou de passageiros, normalmente, têm em sua estrutura organizacional um departamento responsável pela manutenção de seus equipamentos (aeronaves), contudo existem empresas que prestam serviços de manutenção aeronáutica nos equipamentos que constituem os diferentes sistemas das aeronaves. Por exemplo, uma companhia aérea ao realizar a manutenção em um de seus equipamentos identifica a necessidade de troca de um motor, esse motor, muito provavelmente, será enviado a uma empresa especializada que fará o devido reparo.

Toda atividade de manutenção em aeronaves deve ser executada por empresas homologadas, as quais são denominadas Empresas de Manutenção Aeronáutica. Essa homologação deve ser obtida junto a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), que emitirá um certificado conhecido como CHE (Certificado de Homologação de Empresa), específico para empresas da aviação civil. A aviação militar está sujeita a regras específicas para o setor, o que não significa um afastamento dos preceitos básicos de aeronavegabilidade. As oficinas de manutenção de aeronaves militares são de responsabilidade de cada Força (Marinha do Brasil, Exército Brasileiro e Força Aérea Brasileira), quando algum item das aeronaves não pode ser reparado nas respectivas oficinas, este é enviado a uma oficina contratada.

Neste estudo, procurou-se verificar a possibilidade de aumento da capacidade de manutenção de aeronaves, a partir da implementação dos conceitos de balanceamento de linha de produção, em um ambiente caracterizado pela limitada disponibilidade de mão de obra qualificada e também pela escassez de equipamento de uso comum nas diferentes estações de trabalho da linha de revisão de aeronaves.

O propósito de uma linha de produção é aumentar a eficiência do sistema produtivo por

intermédio da maximização da relação entre os resultados pretendidos e o custo efetivo da produção (YAMAN, 2008). Com base nessa premissa e alinhado ao objetivo desse trabalho, iniciou-se um estudo de caso em uma organização governamental com a intenção de, após análise do estado atual do sistema de produção da empresa, oferecer uma proposta de racionalização dos recursos produtivos a fim de aumentar o número de aeronaves atendidas na linha de revisão (manutenção). Como se trata de um evento particular de uma determinada organização, utilizou-se o método de estudo de caso único (YIN, 1994). Os resultados obtidos puderam comprovar que os princípios de balanceamento de linha de produção aplicados em uma linha de revisão de aeronaves, podem maximizar a utilização dos recursos materiais, humanos.

1.2. Objetivo

Este estudo faz parte de uma pesquisa apoiada de pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), sobre as empresas de manutenção aeronáutica no Brasil e a sua capacitação relativa frente às empresas internacionais. Espera-se que, ao final da citada pesquisa, seja possível diagnosticar o *status quo* das empresas de manutenção aeronáutica no Brasil, assim como possíveis contribuições para a elaboração de um modelo de gestão específico para estas empresas.

O objetivo geral desse trabalho foi, a partir da análise de um caso específico de uma empresa de manutenção aeronáutica, investigar como seria possível, através do balanceamento das atividades, aumentar a capacidade em uma linha de manutenção de aeronaves em uma organização que se caracteriza pelo reduzido efetivo de mão-de-obra qualificada e pela escassez de equipamentos de uso comum, nas diferentes estações de trabalho. Segundo Souza (2003) e Cheung, Ip e Lu (2005) essa é uma questão importante, para os autores é importante a identificação de uma abordagem que facilite alocação de mão-de-obra e recursos. Na indústria de serviços de manutenção de aeronaves este problema torna-se complexo, pois, a escassez de engenheiros e técnicos experientes e qualificados torna o processo de atribuição de trabalho ainda mais difícil.

Portanto, para alcançar esse objetivo, identificou-se o estado atual do processo de manutenção de aeronaves na empresa, a capacidade instalada, principais estações de trabalho e quantificou-se a mão-de-obra disponível para as diversas atividades programadas.

1.3. Metodologia

Os estudos de caso podem ser únicos ou múltiplos, sendo que em estudos de caso múltiplos o projeto pode ser aplicado por replicação em outros ambientes, ao invés de utilizar a lógica de amostragem. Quando não há possibilidade de replicação o pesquisador fica limitado a projetos de caso único. Yin (1994) sinaliza que a generalização de resultados, em estudos de caso únicos ou múltiplos, acontece no campo da teoria e não no que se refere à população. Existem propostas e recomendações para a uma abordagem geral do projeto de pesquisa utilizando estudos de caso do tipo exploratórios, explicativos ou descritivos. Cada uma das três abordagens pode ser utilizada em estudos de caso único ou múltiplo. Os estudos de caso exploratórios preocupam-se em com a coleta de dados para o desenvolvimento de estudos de caso posteriores. Os explicativos preocupam-se em pesquisar fatos causais. Enquanto o estudo de caso descritivo procura estabelecer uma relação de causa e efeito entre os agentes pesquisados.

Optou-se inicialmente nesse estudo pela pesquisa exploratória com a utilização do método de estudo de caso único visto que, segundo Yin (1994), em estudo de casos exploratórios, o

trabalho de campo e a coleta de dados podem ser utilizados para o refinamento da questão de pesquisa ou elaboração das hipóteses, deixando para um segundo momento a definição da estrutura do estudo. Para Voss et. al. (2002), o estudo de caso pode ser utilizado para diferentes propósitos em pesquisa, tais como: exploração, construção de teoria, teste da teoria e refinamento/extensão da teoria. Projetos-piloto são comumente utilizados para determinar o protocolo final que será utilizado na pesquisa.

Em seguida à estruturação do protocolo para a pesquisa foi feito um estudo de caso descritivo para observar como a proposta de balanceamento se comportaria na organização. Para Yin e Moore (1988), em ambientes complexos e multivariados o estudo de caso pode contribuir para um entendimento mais completo do contexto analisado.

1.4. Protocolo da coleta de dados

O protocolo para execução dessa pesquisa foi o seguinte: revisão da literatura a respeito dos conceitos gerais de gerenciamento de manutenção, manutenção aeronáutica e balanceamento de linhas de produção. Em seguida, foi feita uma pesquisa exploratória utilizando-se de um estudo de caso em uma organização de manutenção aeronáutica. Os dados levantados foram sobre a natureza do trabalho realizado e sobre os processos utilizados na manutenção de sua frota. A análise dos dados e informações obtidos durante esta fase possibilitaram a elaboração de pressupostos sobre como melhorar a capacidade de manutenção da organização. Uma pesquisa descritiva foi utilizada na segunda rodada de coleta de dados a fim de detalhar todas as atividades que compõem o processo de manutenção, conforme objetivo proposto. Estes dados serviram para elaboração de uma linha balanceada e com maior capacidade operacional.

2. Revisão da Literatura

2.1. Breve perspectiva histórica da manutenção

Os Sistemas de Gestão são normalmente concebidos levando-se em conta a natureza da atividade que deverá ser gerenciada, e a manutenção não é exceção a essa premissa. Ao longo do tempo, o gerenciamento da manutenção tem sido algo intangível que ocorre fora do campo de visão das atividades operacionais correntes. Para que possamos entender esta afirmação torna-se necessário uma breve retrospectiva histórica da manutenção.

Antes da Revolução Industrial, que teve seu início na Inglaterra por volta de 1750, a manutenção consistia do trabalho individual de artesãos, tais como: carpinteiros, ferreiros, borracheiros, pedreiros, etc. Estes artífices reparavam construções, máquinas e rudimentares veículos. Como não havia controle dimensional das peças que compunham os mecanismos, o processo de manutenção ocorria com a fabricação de uma peça sob medida para substituição da peça defeituosa. Além do mais, era senso comum que os conjuntos mecânicos deveriam ser reparados ao invés de substituídos, portanto as estruturas básicas deveriam ser projetadas de forma serem facilmente reparadas, ou que fossem muito duráveis, ou as duas simultaneamente. Na falta de técnicas de cálculo de estresse de material, a evolução dos projetos deveriam ser acompanhadas de seus respectivos métodos de reparo. Portanto, um artífice deveria substituir uma peça, que foi danificada por falha de material, por uma outra com material mais resistente, esta modificação deveria ser incorporada ao projeto para que o próximo equipamento fabricado se beneficiasse desta melhoria.

A Pesquisa Operacional definida como “a aplicação de métodos científicos para problemas operacionais” foi inicialmente utilizada na manutenção, durante a Segunda Guerra Mundial (MCCLOSKEY E TREFETHEN, 1954 apud SHERWIN, 2000). Segundo o autor, um estudo

britânico aconselhava a redução da manutenção realizada nos aviões de combate partindo do princípio de que eles, em grande parte, seriam destruídos antes que qualquer desgaste mecânico vital ocorresse. Isto levou cientistas de campos completamente diferentes a perceberem que o problema durante o período de guerra era retornar o mais rápido possível os aviões para as operações, o que era diametralmente diferente da tarefa de manter a prontidão em tempo de paz.

Como podemos observar a atividade de manutenção, ao longo do tempo tem lidado com fatos intangíveis que não estão diretamente ligados às operações em si, e sim a estratégias de competição, seja em um campo de batalha ou em uma organização.

2.2. A aplicação de linhas de manutenção

Linhas de fluxo, das quais a linha de montagem é o exemplo mais comumente utilizado, podem ser facilmente observadas em um ambiente de produção em massa. As linhas de montagem permitem a montagem de produtos complexos por trabalhadores que tenham um período de formação de curta duração (GUNASEKARAN e CECILE, 1998). Assim, um projeto eficiente de uma linha de montagem, como parte de um sistema de manufatura, é um problema vital para algumas empresas. Uma linha de montagem é uma solução comum para empresas com níveis de produção médio ou alto. Seu principal objetivo é aumentar a eficiência do sistema, maximizando a relação entre produção e custo necessários. Os processos de montagem podem ser mostrados graficamente, utilizando a lista de peças e desenhos relacionados. No caso de produtos complexos, a seqüência de montagem pode não ser única, aceitando, portanto, múltiplas possibilidades. Para uma boa decisão entre estas alternativas, padrões de tempo e uma lista de precedência são necessários (MEYERS e STEPHENS, 2005; BOYSEN *et. al.*, 2007). Considerando que o processo de manutenção geral de uma aeronave consiste da sua desmontagem, revisão das partes e posterior montagem, podemos admitir que as técnicas de balaceamento utilizadas na produção de aeronaves, conforme descrito por Chao e Graves (1998), podem ser utilizadas também nos sistemas de manutenção geral. Com este pano de fundo, será proposta uma abordagem que possibilite o aumento da capacidade produtiva de uma linha de manutenção de aeronaves.

O trabalho em uma linha manutenção de aeronaves deve ser realizado por uma oficina de manutenção certificada. No Brasil esta certificação é emitida pela Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC, ou, no caso da aviação militar, pelas Forças Armadas.

Para Ford (1997), a organização e o sequenciamento das atividades de manutenção são questões importantes que devem ser observadas na atividade de manutenção aeronáutica, para o autor, embora o manual de manutenção e os cartões de tarefas especificarem os procedimentos a serem seguidos, existe um potencial para a divergência entre os procedimentos em papel e a forma como o trabalho é efetivamente realizado. Os procedimentos devem o mais prático e realista possível. Práticas informais de trabalho muitas vezes podem substituir procedimentos estabelecidos, o desvio de uma prática informal pode ser tão perigoso como desvio de um procedimento. Portanto, no sequenciamento de atividades de uma linha de manutenção deve-se atentar para a execução de cada uma das tarefas previstas em cada uma das atividades a fim de evitar possíveis erros, para isso o gerente da linha pode contar com um sistema de cartões, os quais são assinados pelos inspetores e técnicos, depois de cumprida cada uma das tarefas de manutenção.

3. Desenvolvimento da pesquisa

3.1 Estudo exploratório

A empresa estudada é uma organização governamental que possui uma frota de aproximadamente 50 aeronaves que sofrem revisão geral após 1200 horas voadas. Essa revisão geral engloba a total desmontagem da aeronave e o cumprimento de todas as tarefas de inspeção e manutenção previstas em um roteiro previamente estabelecido.

Atualmente, não existe um sequenciamento de atividades seguindo a lógica do balanceamento. Todas as atividades de revisão são realizadas de acordo com as necessidades específicas de cada aeronave, o que resulta na ocorrência de gargalos onde não deveria e ociosidade em atividades que naturalmente seriam gargalos. Em virtude desse desbalanceamento a organização tem se mostrado capaz de revisar uma, no máximo duas aeronaves por ano.

O estudo exploratório iniciou-se com uma observação direta nos locais de trabalho e entrevistas com os responsáveis pelo serviço de manutenção, chefes, encarregados e técnicos. Um resumo das principais informações é tratado a seguir.

Para o chefe da coordenadoria de manutenção existem alguns problemas que dificultam a programação da linha de manutenção e o principal deles é determinar quando e quantas aeronaves recém adquiridas chegarão, e qual tipo de manutenção será realizado. O encarregado da coordenadoria relatou que não existe um auxiliar da coordenadoria específico para a linha de revisão das aeronaves, e que todas as informações relativas ao projeto devem ser obtidas com o encarregado da linha de manutenção.

Segundo técnicos entrevistados, existem diferenças entre os recursos necessários para a desmontagem e os recursos necessários para a montagem. No processo de desmontagem são necessários, basicamente: espaço físico, pessoal qualificado, ponto de energia elétrica e pneumática, bancadas (normais e anti-estáticas) e ferramentas. No processo de montagem, além dos recursos citados para desmontagem, são necessários também, fonte elétrica (220V) e hidráulica (440V), pessoal qualificado com maior experiência e pontos de energia elétrica específicos para alimentação das fontes.

O técnico encarregado do setor de montagem e desmontagem das aeronaves queixou-se da falta de capacidade produtiva de outros setores, tais como: setor de recuperação de estrutura, setor de itens reparáveis e setor de raio-x, o que afeta diretamente a produtividade da linha.

O Chefe do planejamento da manutenção necessita de informações mais precisas sobre a linha de revisão. A chegada de novas aeronaves exigirá do setor de planejamento alterações nas necessidades de recursos.

O sequenciamento da manutenção é elaborado de forma a garantir que todas as informações relativas às aeronaves estejam disponíveis e que todas as fases de manutenção sejam escalonadas de acordo com a capacidade produtiva de cada setor. Contudo, o setor responsável pelo sequenciamento das atividades, não demonstrou ter uma efetiva quantificação dos recursos necessários para cada fase da diagonal de manutenção, ou seja, as informações para o dimensionamento das fases são obtidas a partir do conhecimento empírico dos participantes do processo.

Um coordenador de oficina acredita que o maior impacto com a chegada das novas aeronaves é o aumento da necessidade de material (*spare parts*) para a revisão dos itens, visto que, a escassez de material para as revisões já é um problema existente.

Quanto à mão-de-obra, com exceção de alguns setores específicos, não há maiores problemas para a execução de dos serviços. Mas, segundo o coordenador, quando existe ociosidade em algum setor específico é preciso observar a real causa da ociosidade, pois, se esta tiver como origem a inviabilidade de um grande número de ordens de serviço, por falta de material, não adianta abrir novas ordens de serviço, porque, na maioria dos casos isto só aumentará o número de inviabilidades. O coordenador sugere que cada um dos coordenadores junto com os inspetores faça um levantamento dos itens críticos das oficinas de sua responsabilidade de forma a auxiliar o planejamento das necessidades. Para o encarregado da seção de raio-x, esta pode vir a se tornar um gargalo na linha de revisão dependendo da quantidade de aeronaves sendo trabalhada simultaneamente. A seção de raio-x dispõe de apenas dois equipamentos, um dos quais acompanha os serviços externos.

As informações relativas ao tempo de execução dos serviços de Inspeção Não Destrutiva, tanto na asa quanto na fuselagem, divergem muito daquelas previstas na programação de manutenção. Como exemplo pode-se citar o tempo de inspeção de uma asa, que na diagonal de manutenção consome 3 dias e na oficina, segundo informações dos técnicos, levaria pelo menos 10 dias. As principais dificuldades relatadas referem-se ao número de técnicos disponível para os serviços nas oficinas e, também, à experiência dos mesmos.

3.2 Estudo descritivo

O processo de manutenção de aeronaves na organização estudada deve cumprir as seguintes etapas: recebimento da aeronave, desmontagem, delineamento dos serviços, inspeção por raio-x, lavagem, execução dos reparos estruturais identificados como necessários, reparos dos equipamentos retirados por ocasião da desmontagem, montagem, pintura, ensaios e entrega da aeronave.

A linha de manutenção conta com quatro boxes para montagem e/ou desmontagem das aeronaves, podendo chegar a seis. Segundo informações obtidas junto ao encarregado da linha as equipes de montagem devem ser compostas por 02 técnicos de cada especialidade, o que representa um total de 14 técnicos. Com o efetivo atual, a linha pode executar a montagem (última fase da linha de manutenção) de três aeronaves, ou seja, é possível compor três equipes. Porém, qualquer atividade de desmontagem ocorrida simultaneamente prejudicaria a capacidade de montagem.

A seção de revisão e reparo de estrutura conta atualmente com 13 técnicos. A indefinição ou inconstância quanto ao trabalho a ser executado (Ex.: quantas aeronaves deverão ser revisadas no corrente período) também prejudica o desenvolvimento do trabalho nas oficinas. A seção de pintura dispõe de dois técnicos, o que dificulta o cumprimento dos prazos previstos na programação de manutenção.

De uma forma geral as oficinas de revisão de itens reparáveis, segundo os inspetores, possuem capacidade produtiva limitada, em função do número reduzido de homens-hora disponíveis para a execução das atividades.

O Departamento de Oficinas dá apoio à linha de revisão, realizando os seguintes serviços: serviços de revisão, reparos em equipamentos das aeronaves, serviços de fabricação; serviços de estrutura; serviços de manutenção de equipamentos de apoio de solo; serviços de ensaios mecânicos, não destrutivos e químicos; serviços e manutenção em componentes, acessórios e equipamentos bélicos inertes. As informações sobre as oficinas foram obtidas principalmente junto aos inspetores. Atualmente a capacidade da linha de manutenção de aeronaves, segundo dados históricos, é de três aeronaves por anos.

Neste levantamento foi utilizada a entrevista semi-estruturada que é uma técnica de coleta de dados que supõe uma conversação continuada entre informante e pesquisador, e que deve ser dirigida por este de acordo com seus objetivos. Assim, do que se ouve só interessa aquilo que vem se inserir diretamente no domínio desta pesquisa.

Basicamente as questões dirigidas aos entrevistados relacionavam os recursos disponíveis para a execução da manutenção e a programação das atividades.

Os dados obtidos durante esta fase da pesquisa possibilitaram a elaboração de uma Work Breakdown Structure – WBS, que serviu para a elaboração de um Diagrama de Precedência com todas as atividades que compõem o processo de manutenção (Figura 1).

3.3 Alternativa proposta

Foi proposto um balanceamento da linha de revisão, que visa proporcionar melhor cadência na execução das atividades e tarefas de manutenção, facilitando sua programação. O balanceamento da linha de revisão consiste na divisão da mesma em Estações cujos tempos de execução são aproximadamente os mesmos. Para tanto foram coletadas as seguintes informações:

- a) WBS das tarefas de manutenção – A Work Breakdown Structure – WBS corresponde à representação estruturada das atividades de manutenção. Esta WBS foi elaborada a partir de informações obtidas no Sistema Integrado de Informação disponível na organização e ajustada conforme pesquisa realizada com técnicos, encarregados e inspetores. A WBS serviu de input para elaboração do diagrama de precedência da linha de manutenção.
- b) Duração das tarefas – Na impossibilidade de se conseguir quantificar, a partir da observação direta, o tempo gasto na execução de cada uma das atividades, foram consideradas como duração das atividades àquelas constantes no Sistema Integrado de Informação da organização.
- c) Tempo útil – O Tempo Útil – TU corresponde ao tempo realmente disponível para execução do processo de manutenção nas aeronaves. Este tempo foi calculado em função da quantidade de dias úteis no ano. Assumindo 20 dias mês, o tempo útil por ano totalizaria 210 dias. Para este cálculo foram excluídos o mês de janeiro e a segunda quinzena de dezembro, períodos nos quais ocorrem as férias coletivas da organização.
- d) Tempo total necessário para a manutenção – O Tempo Total – TT necessário para a manutenção corresponde ao somatório da duração das atividades que compõem o caminho crítico (o caminho crítico corresponde à seqüência de atividades cujo total representa o maior tempo), o qual totaliza 202 dias.
- e) Quantidade desejada de aeronaves revisadas – De acordo com a necessidade da organização o objetivo é que a linha de revisão deva contemplar a revisão de sete aeronaves por ano.
- f) Determinação do Tempo de Ciclo – O tempo de ciclo – TC é calculado dividindo-se o Tempo Útil – TU pela quantidade de aeronaves – Q que serão revisadas no ano.

$$TC = \frac{TU}{Q} \Rightarrow TC = \frac{210 \text{ dias / ano}}{7 \text{ anv / ano}} = 30 \text{ dias / anv}$$

Obs.: para o cálculo do TU foi utilizado um total de 10 ½ meses e uma média de 20 dias úteis por mês.

Este tempo de ciclo de 30 dias é a base para o balanceamento da linha de revisão. Significa que para obter sete aeronaves revisadas por ano o total do tempo utilizado em

cada uma das estações de revisão não pode durar mais que o tempo de ciclo. Portanto, foi estabelecido um Tempo de Ciclo de 30 dias.

- g) Determinação do número teórico de estações – O número teórico de estações representa a quantidade de “postos de trabalho” que deverão realizar suas tarefas dentro do tempo de ciclo. O número teórico de estações foi calculado dividindo-se o tempo útil necessário para a manutenção pelo tempo de ciclo.

$$N = \frac{TT}{TC} \Rightarrow N = \frac{202\text{dias}}{30\text{dias}} = 6,73 \text{ fases}$$

Neste caso o número teórico de estações sequenciais são sete. Porém, existe a revisão de itens reparáveis que depende da primeira estação e é executada paralelamente com as Estações, 2, 3, 4 e 5. O início da Estação 6 dependerá do término revisão dos reparáveis. A manutenção dos reparáveis será considerada uma atividade realizada por subcontratados.

3.4 Detalhamento da linha de manutenção balanceada

Na figura 1 é apresentado um detalhamento da linha de manutenção já balanceada para um tempo de ciclo de trinta dias. Onde cada atividade está representada por uma letra e seu respectivo tempo de execução. Os números inscritos nos círculos são os “nós” que marcam o início e o término de cada atividade e suas respectivas relações de dependência

3.4.1 Estação 1

A Estação 1 é composta pelas atividades de recebimento/translado e de desmontagem. O tempo total de execução desta estação é de 30 dias. Ao término desta estação inicia-se a Estação 2 e a Revisão dos itens retirados na desmontagem (nó 22)

3.4.2 Estação 2

A Estação 2 é composta pelas atividades de delineamento, *Non-destructive inspection* – NDI e lavagem. O tempo total para execução desta Estação é de 30 dias. Ao término desta Estação inicia-se a Estação 3. A revisão dos itens é realizada em paralelo.

3.4.3 Estação 3

A Estação 3 representa a primeira etapa da atividade de reparo estrutural. O tempo total de execução desta Estação é de 30 dias. Ao término desta Estação inicia-se a Estação 4, a revisão dos itens é realizada em paralelo.

3.4.4 Estação 4

A Estação 4 representa a segunda etapa da atividade de reparo estrutural. O tempo total de execução desta Estação é de 30 dias. Ao término desta Estação inicia-se a Estação 5, a revisão dos itens é realizada em paralelo.

3.4.5 Estação 5

Na Estação 5 são realizadas as atividades de lavagem e pré-pintura. O tempo total de execução desta Estação é de 22 dias. Ao término desta Estação inicia-se a Estação 6, a revisão dos itens é realizada em paralelo e termina junto com a Estação 5.

3.4.6 Estação 6

A Estação 6 refere-se às atividades de montagem. O tempo total de execução desta Estação é

de 30 dias. Ao término desta Estação inicia-se a Estação 7. Esta Estação depende da finalização das Estações 5 e 8.

3.4.7 Estação 6

A Estação 7 consiste das atividades de ensaio, teste de pista, lavar, pintar, instalar assento, transladar e ensaiar. O tempo total de execução desta Estação é de 30 dias. Esta estação encerra a manutenção da aeronave.

3.4.8 Reparáveis

A Atividade de revisão de itens reparáveis, com início no nó 21 e término no nó 22, refere-se à revisão dos itens retirados da ANV durante a desmontagem. Ela deve ocorrer paralelamente às outras fases de manutenção, conforme Figura 1.

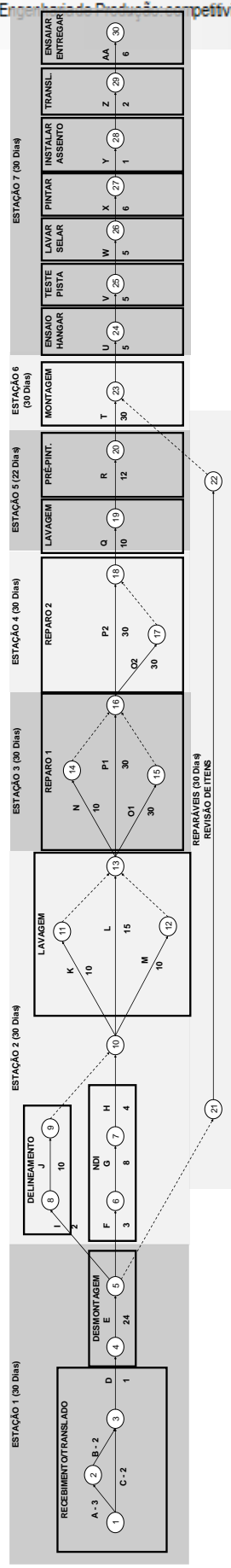


Figura 1 – Diagrama de Precedência da Linha balanceada.

4. Resultados

Pode-se observar na figura 2 que em cada período de 30 dias úteis (Tempo de Ciclo) haverá apenas uma aeronave em cada estação. Isto significa que após a revisão da primeira aeronave, a cada ciclo teremos uma nova aeronave revisada (Figura 3).

Em função de uma programação previsível, o balanceamento da linha proporcionou um melhor planejamento das necessidades de materiais, resolvendo alguns dos principais problemas identificados que é a escassez de mão-de-obra. Desta forma, houve uma utilização mais racional da M.O., proporcionando em alguns casos uma redução (ex.: segundo relatório de levantamento das necessidades da linha de revisão, hoje o setor de montagem conta com um efetivo suficiente para a montagem de 3 aeronaves simultaneamente, como, de acordo com a proposta, teríamos apenas uma aeronave por vez neste setor, isto significaria um excedente de mão-de-obra).

| Ano 1 | | | | | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ANV 1 | Estação 1 | Estação 2 | Estação 3 | Estação 4 | Estação 5 | Estação 6 | Estação 7 |
| ANV 2 | | Estação 1 | Estação 2 | Estação 3 | Estação 4 | Estação 5 | Estação 6 |
| ANV 3 | | | Estação 1 | Estação 2 | Estação 3 | Estação 4 | Estação 5 |
| ANV 4 | | | | Estação 1 | Estação 2 | Estação 3 | Estação 4 |
| ANV 5 | | | | | Estação 1 | Estação 2 | Estação 3 |
| ANV 6 | | | | | | Estação 1 | Estação 2 |
| ANV 7 | | | | | | | Estação 1 |
| ANV 8 | | | | | | | |
| ANV 9 | | | | | | | |
| ANV 10 | | | | | | | |
| ANV 11 | | | | | | | |
| ANV 12 | | | | | | | |

Figura 2 – Simulação da diagonal de manutenção

O número de aeronaves na linha de revisão irá aumentando gradativamente durante o primeiro ano de implantação do projeto. Ao final do primeiro ano todas estações da linha de revisão (estações 1 a 7) estarão com uma aeronave executando as fases de manutenção previstas. Com podemos observar na simulação da figura 2, a aeronave 7 estará na fase inicial de manutenção (Estação 1) enquanto a aeronave 1 está cumprindo a última etapa da manutenção (Estação 7).

Nota-se, na figura 2, que a aeronave 1 a cada tempo de ciclo avançará uma Estação e a cada ciclo uma nova aeronave entrará na linha. Esta lógica exigirá um esforço de planejamento, no sentido de programar o recolhimento dessas aeronaves e também de controle para que os reparáveis estejam disponíveis nos momentos certos.

| Ano 2 | | | | | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ANV 1 | | | | | | | |
| ANV 2 | Estação 7 | | | | | | |
| ANV 3 | Estação 6 | Estação 7 | | | | | |
| ANV 4 | Estação 5 | Estação 6 | Estação 7 | | | | |
| ANV 5 | Estação 4 | Estação 5 | Estação 6 | Estação 7 | | | |
| ANV 6 | Estação 3 | Estação 4 | Estação 5 | Estação 6 | Estação 7 | | |
| ANV 7 | Estação 2 | Estação 3 | Estação 4 | Estação 5 | Estação 6 | Estação 7 | |
| ANV 8 | Estação 1 | Estação 2 | Estação 3 | Estação 4 | Estação 5 | Estação 6 | Estação 7 |
| ANV 9 | | Estação 1 | Estação 2 | Estação 3 | Estação 4 | Estação 5 | Estação 6 |
| ANV 10 | | | Estação 1 | Estação 2 | Estação 3 | Estação 4 | Estação 5 |
| ANV 11 | | | | Estação 1 | Estação 2 | Estação 3 | Estação 4 |
| ANV 12 | | | | | Estação 1 | Estação 2 | Estação 3 |
| ANV 13 | | | | | | Estação 1 | Estação 2 |
| ANV 14 | | | | | | | Estação 1 |

Figura 3 – Simulação da diagonal de manutenção

No segundo ano de implantação da nova linha haverá uma aeronave em cada estação, ou seja, 07 aeronaves sendo mantidas simultaneamente. Cada uma em sua respectiva estação de trabalho.

5. Conclusões

Este trabalho teve como finalidade apresentar os principais resultados advindos da utilização da técnica de balanceamento de linhas de produção, no contexto de manutenção de aeronaves. Sendo seu objetivo, verificar como seria possível aumentar a capacidade em uma linha de manutenção/revisão de aeronaves em uma organização que se caracteriza pelo reduzido efetivo de mão-de-obra qualificada e pela escassez de equipamentos de uso comum nas diferentes estações de trabalho. O estudo mostrou que é possível obter resultados satisfatórios com a utilização da metodologia de balanceamento de linhas de montagem na otimização de linhas de manutenção. Para tanto, é necessário que todos os envolvidos no processo compreendam a necessidade de mudança, e dessa forma contribuam com dados confiáveis a respeito do tempo de duração de cada uma das atividades. Também se verificou que um diagnóstico preciso da situação atual é importante para o perfeito dimensionamento da capacidade produtiva dos diversos setores envolvidos. A divisão das estações de trabalho devem levar em com a WBS elaborada a partir do diagnóstico inicial.

Portanto, as principais conclusões advindas desta pesquisa são: a importância de se avaliar de forma consistente todas as atividades envolvidas diretamente no processo de manutenção. A necessidade de se estabelecer uma seqüência balanceada de atividades fazendo com que o processo de manutenção possa fluir ao longo da linha. O aumento de capacidade de manutenção pode ser obtido, com a racionalização do trabalho apoiada pela lógica do balanceamento de linhas de montagem.

Acredita-se que este estudo é um exemplo adequado de uma pesquisa orientada para a ação, a qual considera os problemas de mundo real das operações, e procura ampliar, estender e aplicar novos conceitos.

Referências

- CHAO, S. J., GRAVES C. S. *Reducing flow time in aircraft manufacturing*. Production and Operations Management. V.7, N.º 1. 1998.
- CHEUNG, A. IP, W.H. LU, D. *Expert system for aircraft maintenance services industry*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, vol. 11, n. 4, p. 348–358. 2005.
- ENDSLEY, M.R. ROBERTSON, M.M. *Situation awareness in aircraft maintenance teams*. International Journal of Industrial Ergonomics, n. 26, p. 301-325. 2000.

- FORD, T.** *Three aspects of aerospace safety. Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, vol. 69, n.3, p. 254–264. 1997.
- GARG, A. e DESHMUKH S.G.** *Maintenance management: literature review and directions. Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 12, n.3, p. 205–238. 2006.
- GHOSH, S.; GAGNON, R. J.** *A comprehensive literature review and analysis of the design, balancing and scheduling of assembly systems. International Journal of Production Research*, v. 27, n. 4, p. 637-670, 1989.
- LÖFSTEN, H.** *Measuring maintenance performance – in search for a maintenance productivity index. International Journal of Production Economics*, vol. 63, p. 47–58. 2000.
- McCLOSKEY, J.F. e TREFETHEN, F.N. (Org.).** *Operations Research for Management*, Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1954.
- PUN, Kit-Fai. et. al.** *An effectiveness-centered approach to maintenance management. A case study. Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 8, n.4. p. 346–368. 2002.
- RAMAZAN, Y.** *An assembly line design and construction for a small manufacturing company. Assembly Automation*, vol. 28, n. 2, p. 163–172. 2008.
- SHERWIN, D.** *A review of overall models for maintenance management. Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 6, n.3, p. 138–164. 2000.
- SOUZA, M. C. F. et. al.** *Análise da alocação de mão-de-obra em linhas de multimodelos de produtos com demanda variável através do uso da simulação: um estudo de caso. Produção*, v. 13, n. 3. 2003.
- TELLIS, W.** *Introduction to case study. Qualitative Report*, vol. 3, n.2, Jul. 1997.
- VOSS, C., TSIKRIKTSIS, N., FROHLICH M.** *Case research for operations management. International journal of operations and production management. V.22, N.º 2. Manchester: 2002.*
- YIN, R.** *Case study research: Design and methods. 2 ed. Beverly Hills: Sage Publishing, 1994.*