

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTES**

**MARCOS FABRÍCIO PEDRO**

**ALOCAÇÃO DE MÃO DE OBRA NO PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO DE BENS  
DE CAPITAL SOB ENCOMENDA: UM ESTUDO DE CASO.**

Botucatu-SP  
Janeiro – 2011

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTES**

**MARCOS FABRÍCIO PEDRO**

**ALOCAÇÃO DE MÃO DE OBRA NO PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO DE BENS  
DE CAPITAL SOB ENCOMENDA: UM ESTUDO DE CASO.**

Orientador: Prof. Dr. Celso Fernandes Joaquim Júnior

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
FATEC - Faculdade de Tecnologia de  
Botucatu, para obtenção do título de  
Tecnólogo em Curso de Logística e  
Transportes.

Botucatu-SP  
Janeiro – 2011

*Aos meus pais, Antônio e Georgina pelos conselhos e  
dedicação; aos meus irmãos, Carlos e Elaine; aos  
amigos; a Adriana e ao meu Orientador Celso pelo  
incentivo e dedicação.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me guiar nesta jornada.

Ao Prof. Dr. Celso Fernandes Joaquim Júnior pela dedicação e conhecimento transmitido durante todo o nosso trabalho.

Aos Professores da FATEC de Botucatu pelos conhecimentos transmitidos.

Aos amigos da XII Turma de Logística, em especial aos que estiveram mais próximos e de certa forma direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus familiares e a minha namorada Adriana que souberam entender a minha ausência e continuaram me apoiando.

*“Nenhum homem realmente produtivo pensa como se estivesse escrevendo uma dissertação.”*

***Albert Einstein***

## RESUMO

A produção de bens de capital sob encomenda caracteriza-se pela oscilação freqüente e sazonal das quantidades produzidas, dificultando o planejamento da produção, assim como a alocação da mão de obra. Na área da indústria aeronáutica, na qual o emprego de mão de obra caracteriza-se pela alta necessidade de treinamento e especialização, o problema torna-se ainda mais grave, já que a oscilação na demanda produtiva gera, com freqüência, ociosidade, cuja minimização, por meio de redução de efetivo é via de regra, não recomendável, dada a dificuldade de reposição de profissionais em momentos de aumentos da demanda. Através de pesquisa de campo junto à área de planejamento de empresa do ramo aeronáutico, envolvendo fatores como o desbalanceamento entre células de montagem, o tempo de ciclo de produção interna e externa, a quantidade de mão de obra disponível, a capacidade produtiva e a demanda do mercado. O estudo do emprego e realocação da mão de obra produtiva no setor de montagens estruturais tiveram como premissa a verticalização da produção de peças e componentes terceirizados. Identificou-se que a maior parte dos itens terceirizados acarreta atrasos na linha de fabricação. Concluiu-se que a utilização de mão de obra ociosa e a utilização de mão de obra decorrente de desbalanceamento produtivo permitem a verticalização da produção com vantagens para a capacidade produtiva.

**Palavras - chave:** Flexibilização. Planejamento. Realocação. Verticalização.

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 - Variáveis envolvidas na análise ambiental. ....	13
2 - Fluxograma do processo produtivo da Célula Dianteira.....	27
3 – Fluxograma do processo produtivo da célula Central. ....	28
4 – Fluxograma do processo produtivo da célula Traseira.....	29
5 - Layout do setor de montagem de fuselagens. ....	31
6 - Representação Gráfica da seqüência de fabricação. ....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 – Informações relativas à produção.....	21
2 - Informações relativas à mão de obra aplicada.....	32
3 - Célula de montagem Traseira.....	32
4 – Célula de montagem Central .....	33
5 – Célula de montagem Dianteira .....	33
6 - Priorização dos itens terceirizados .....	35
7 – Tempo de ciclo dos itens terceirizados .....	37

## SUMÁRIO

RESUMO .....	5
1 INTRODUÇÃO .....	9
1.1 Objetivo .....	10
1.2 Justificativa .....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	11
2.1 Bens de capital sobre encomenda .....	11
2.2 Planejamento .....	12
2.3 Alocações de recursos produtivos .....	14
2.4 Tempos de ciclo .....	15
2.4.1 Arranjos Físicos .....	15
2.4.2 Takt Time .....	16
2.5 Balanceamento da linha produtiva .....	17
2.6 Programação da produção .....	18
2.6.1 Otimização de recursos .....	19
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	24
3.1 Materiais .....	24
3.2 Métodos .....	24
3.3 Estudo de Caso .....	25
3.3.1 Apresentação da Empresa .....	25
3.3.2 Processo Produtivo .....	26
3.3.3 Arranjo Físico .....	30
3.3.4 Mão de obra Aplicada .....	31
3.3.5 Tempos de Ciclo .....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
4.1 Resultados .....	34
4.2 Discussão .....	37
5 CONCLUSÃO .....	39
REFERÊNCIAS .....	40

## 1 INTRODUÇÃO

A empresa a ser estudada tem como principal atividade a produção de bens de capital sob encomenda, em questão, a aplicação de tecnologia na montagem estrutural de aeronaves.

Fundada em 1952, localizada no estado de São Paulo, a unidade se faz atuante no mercado internacional/global, onde seus principais clientes são pessoas jurídicas. Com cerca de 1400 colaboradores, são produzidas em média 7 aeronaves/mês na área da aviação executiva, área a ser estudada.

Na indústria, a produção de bens de capital sob encomenda caracteriza-se pela experiência de projetar e fabricar bens com características semelhantes, fato que traz dinamismo a sua economia, devido a oscilações no mercado mundial, em determinados períodos de alta na economia a demanda sofre aumentos, por outro lado em momentos de crise no mercado financeiro a demanda sofre com quedas que impactam diretamente na capacidade produtiva, gerando uma ociosidade.

A indústria aeronáutica não é exceção, caracterizada como indústria de bens de capital sob encomenda, depende de tecnologia de produto e recursos específicos. A mão de obra é um recurso crítico, já que na indústria aeronáutica caracteriza-se pelo alto nível de especialização e necessidade de treinamento.

Em momentos de baixa demanda, a ociosidade gerada apresenta um desafio para área de planejamento. Segundo Chiavenato (2007) o planejamento é uma técnica para absorver a incerteza sobre o futuro e permitir maior desempenho nas organizações, para atingir os planos necessários com eficiência e eficácia.

A terceirização de serviços acaba por ser uma saída para redução de custo de uma empresa, mas ela não pode ser tratada como um novo dogma, sendo a mesma responsável por

atrasos na entrega de componentes que impactam diretamente na produtividade da empresa, acarretando em atrasos na entrega final do produto ao cliente.

Em via dos fatos, quando se trabalha com produtos subcontratados e se possui ociosidade na mão de obra, cabe responder se seria viável uma verticalização da linha de produção trazendo esses componentes externos para a produção interna. O presente estudo visa analisar se é viável ou não essa verticalização da linha produtiva.

### **1.1 Objetivo**

Objetiva-se analisar o uso de mão de obra ociosa no equacionamento do balanço produtivo através da redução de tempo de ciclo de itens críticos e na verticalização da produção de componentes utilizados em linha de montagem de fuselagens aeronáuticas.

### **1.2 Justificativa**

A economia mundial vive momentos de intensa competição, agravada pela escassez de recursos e pelo aumento do número de concorrentes em todos os níveis e setores.

O mercado de produção aeronáutico não é exceção; ao contrário, passa por momento de crescente concorrência internacional e agressividade comercial onde se faz necessário o diferencial tecnológico, mas, sobretudo, o custo.

Desta forma, este trabalho justifica-se pela abordagem econômica e estratégica da alocação de recursos de mão de obra produtiva, impactando diretamente na produtividade da empresa.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Bens de capital sobre encomenda**

Lançada em março de 2004, a Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) citada por Alem e Pessoa (2005), ressalta a importância da indústria de bens de capital para o desenvolvimento da economia brasileira, visto que, grande parte dessa produção tem como certo a exportação.

Segundo Alem e Pessoa (2005), bens como máquinas e equipamentos – associados à indústria mecânica – e ônibus, caminhões, aeronaves – referentes à indústria de transportes, podem ser definidos como um bem de capital desde que seja utilizado na produção de bens e serviços sem que sofra transformação, como ocorre com os insumos.

Segundo Alem (1999), os bens de capital podem ser classificados como:

- Seriados (produzidos em larga escala, de forma padronizada, como máquinas agrícolas, tratores, ônibus e caminhões);
- Sob encomenda (produzidos segundo características técnicas associadas a determinado processo produtivo, como as prensas utilizadas em montadoras de automóveis, as turbinas das usinas hidrelétricas e as plataformas de petróleo);

Segundo Moreira (2002), a produção de bens sob encomenda pode se caracterizar pela produção para grandes projetos, cada projeto é único. Uma característica marcante dos projetos é o seu alto custo e a dificuldade gerencial. Exemplos desses projetos são:

- Produção de navios;
- Produção de aviões;
- Produção de grandes estruturas;

Para Vermulm (2003), bens de capital se diferenciam entre si segundo a finalidade a que se destinam, meios de controle, desempenho e acessórios. Assim, cada tipo de indústria usuária de bem de capital demanda um produto diferente e específico.

Geralmente as empresas de bens de capital sob encomenda operam em diferentes plataformas diversificando o seu produto e verticalizando a sua linha produtiva, fato que contribui para o aumento da competitividade e concorrência ao qual se submete o mercado global. Megliorini e Guerreiro (2004) citam que segundo Corrêa, esse segmento caracteriza-se, pela existência de um grande número de empresas produzindo o mesmo produto. Para Vermulm (1993), essa diversificação de produtos não permite a concentração de esforços tecnológicos, o que acaba inibindo o desenvolvimento do setor e contribuindo para o baixo nível de competitividade.

## **2.2 Planejamento**

Segundo Moreira (2002), o Planejamento dá as bases para todas as atividades gerenciais futuras ao estabelecer linhas de ação que devem ser seguidas para satisfazer objetivos estabelecidos, bem como estipula o momento em que essas ações devem ocorrer.

Para Chiavenato (2007), o Planejamento representa como a estratégia será construída, formulada, implementada e avaliada. Na verdade, ele constitui a seqüência de atividades dentro da empresa que conduz à gestão estratégica do negócio.

Ainda Slack, Chambers e Johnston (2002), abordam o mesmo tema tendo como conceito que, nenhuma organização pode planejar pormenorizadamente todos os aspectos de suas ações atuais ou futuras, mas podem beneficiar-se de ter noção para onde estão dirigindo-se e de como podem chegar lá.

Para Oliveira (2002), planejar envolve o modo de pensar que por sua vez envolve indagações e questionamentos sobre o que fazer, como, quando, quanto, por que, pra que e pra onde. Tais atividades resultam em decisões a partir de análises sobre os possíveis impactos que a mesma pode causar em um determinado horizonte de tempo.

Mas Megginson, Mosley e Pietri (1998) definem o planejamento como:

O Processo de estabelecer objetivos ou metas, determinando a melhor maneira de atingi-las. O planejamento estabelece o alicerce para as subseqüentes funções de organizar, liderar e controlar e por isso é considerado função fundamental do administrador.

Para Moreira (2002), o Planejamento e as tomadas de decisões que lhe são inerentes podem ser classificados em três grandes níveis:

- Estratégico (envolve horizontes de longo prazo e altos graus de risco e incertezas);
- Tático (envolve médio prazo e moderado grau de risco);
- Operacional (envolvem curtos horizontes de tempo e riscos relativamente menores);

Segundo Chiavenato (2007), a estratégia está mergulhada em uma multiplicidade de fatores e componentes internos e externos, muitos deles longe da compreensão, controle e previsão da empresa. Nos fatores internos pode destacar-se o fator organizacional e entre os fatores externos destaca-se o fator ambiental.

Na figura 1 são representadas as variáveis envolvidas na análise ambiental.

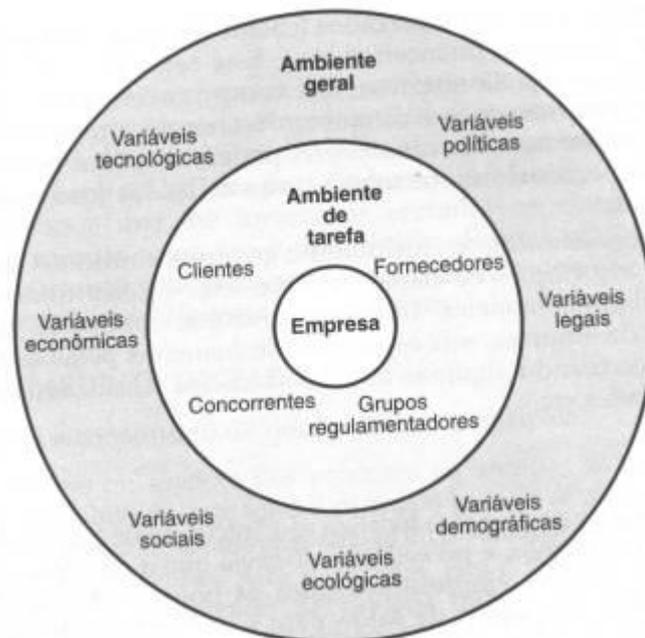


Figura 1 - Variáveis envolvidas na análise ambiental.  
Fonte: Adaptado de Chiavenato (2007).

Segundo Slack (2002), decisões estratégicas geralmente significam decisões que:

- Tem efeito abrangente na organização à qual a estratégia se refere;
- Definem a posição da organização relativamente ao seu ambiente;
- Aproximam a organização de seus objetivos de longo prazo.

Moreira (2002) destaca o Planejamento agregado como uma das mais importantes decisões em médio prazo, já que este forma a ponte de ligação entre o Planejamento da Capacidade e a Programação e Controle da Produção e Operações.

### **2.3 Alocações de recursos produtivos**

De acordo com CYGLAS – Smart Solutions (2005) entende-se por alocação, um processo de atribuição de custo a uma atividade ou a um objeto de custo quando não existe uma medida direta dos recursos produtivos consumidos. Conhecer e estimar a capacidade do processo produtivo é de grande importância para o dimensionamento de um processo produtivo. Para CYGLAS – Smart Solutions (2005), tais aplicações conduzem a benefícios imediatos em termos de otimização dos níveis de estoque e alocação de recursos produtivos, como máquinas e trabalhadores entre outros.

A mão de obra caracteriza-se como um recurso de suma importância para o processo produtivo, visto que, em determinadas áreas da produção de bens de capital sob encomenda a necessidade de mão de obra especializada se faz presente, como no caso da indústria aeronáutica. Segundo Moreira (2002), especialização indica o processo de estreitar cada vez mais a amplitude de um determinado trabalho.

Moreira (2002) destaca algumas vantagens da especialização:

- Alta produtividade;
- Facilidade para o treinamento (que incide sobre uma faixa estreita de atividades);
- Pouco esforço mental exigido do trabalhador;
- Custos baixos (eliminação do retrabalho devido à especialização).

Para Slack (2002), um dos grandes diferenciais produtivos está ligado à mão de obra, estar preparado para mudar ou adaptar-se as atividades de produção para enfrentar circunstâncias inesperadas, isso dá à empresa a vantagem de flexibilidade.

Para Chiavenato (2007), pessoas não são recursos empresariais. Na era industrial as pessoas eram tratadas de maneira uniforme, homogênea e padronizada – por meio da seleção, alocação em cargos, treinamento, remuneração, benefícios e avaliação do desempenho. Ainda, segundo Chiavenato (2007), atualmente, as organizações visualizam as pessoas como recursos vivos e inteligentes e não mais como fatores produtivos.

## 2.4 Tempos de ciclo

Segundo Alvarez e Antunes (2001) tempos de ciclo definem-se como: “A duração de um ciclo é dada pelo período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início ou fim desse ciclo”. Ou seja, o tempo que se leva até que o processo se repita.

A dimensão do tempo de ciclo varia de acordo com o tamanho da produção, dos processos e das divisões aonde é feito o processo. Dessa forma os arranjos físicos por produto são vitais para o tempo de ciclo, tendo que o tempo de ciclo é o tempo necessário para que cada etapa da produção seja concluída.

Segundo Moreira (2002), o planejamento do arranjo físico torna mais fácil e suave o movimento do trabalho através do sistema, quer esse movimento se refira ao fluxo de pessoas ou de materiais dentro do sistema. A movimentação de forma adequada pode eliminar desperdícios, ocasionando um ganho no tempo de ciclo do produto.

Taylor, citado por Chiavenato (2007), cita que através do estudo de tempos e movimentos, procurou tirar do operário o direito de escolher seu jeito individual de executar a tarefa. Taylor subdividiu atividades mais complexas em atividades mais simples para facilitar sua racionalização e sua padronização, tornando assim o trabalho mais eficiente.

Nos dias de hoje as organizações fazem uso do estudo de tempo para determinar seus tempos de ciclo. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), estudo de tempos é uma técnica de medida do trabalho para registrar os tempos e o ritmo de trabalho para os elementos de uma tarefa especializada. Essa técnica constitui-se de três etapas:

- Observar e medir o tempo necessário para cada elemento;
- Ajustar ou “normalizar” cada tempo observado;
- Calcular a média de tempos para obter o tempo básico para o elemento.

### 2.4.1 Arranjos Físicos

Os arranjos físicos são mais conhecidos como *layout* e tem suma importância dentro do processo produtivo quando se refere a tempos de produção. Um *layout* bem organizado permite maior fluidez do produto entre etapas inerentes a sua produção.

Para Megginson, Mosley e Pietri (1998) os tipos de *layout* mais utilizados são:

- *Layout* de produto, o arranjo físico é organizado de modo que o produto e os envolvidos no processo se movimentem com o mínimo de esforço;
- *Layout* de processo agrupa funcionários com capacidades semelhantes e máquinas que desempenham o mesmo tipo de trabalho. Exige um estoque maior na linha de produção;
- *Layout* de posição fixa, o produto permanece no mesmo lugar, são os funcionários, máquinas e materiais que se movimentam;
- *Layout* orientado para o cliente, as instalações são adaptadas para que ocorra uma maior interação entre o fornecedor e o cliente.

Para Smirdele, Vito e Fries (1998), o *layout* por produto é o mais utilizado em sistemas de manufatura e pode vir a ser o mais eficiente, isso justifica-se pelo volume de produção. O *layout* por produto pode ser classificado em três tipos básicos:

- Linha de produção simples: para um único modelo de produto, quando o mesmo for produzido em massa;
- Linha de produção mista: vários modelos de produto passam pela mesma linha sem necessidade de *set up* das máquinas, isto ocorre devido à similaridade dos produtos;
- Linha multi-produtora: quando existe uma diferença significativa entre os processos, os mesmos são produzidos em lotes para minimizar a diferença entre *set up* de máquinas. O problema nesse tipo de linha é dimensionar o tamanho dos lotes, para que não ocorra um desperdício nos tempos de *set up*.

Como podemos ver a escolha errada do arranjo físico pode acarretar em um acréscimo no tempo de ciclo de um produto.

#### **2.4.2 Takt Time**

Outra ferramenta diretamente ligada ao tempo de produção é a utilização do *Takt Time*. Segundo Alvarez e Antunes (2001) *Takt Time* se resume ao tempo que deve ser produzido uma determinada peça ou produto, baseado no seu ritmo de venda, para que a demanda possa ser atendida. Calcula-se dividindo o volume da demanda pelo tempo disponível de trabalho.

O *Takt Time* é uma ferramenta muito utilizada no Sistema Toyota de produção, por apresentar aspectos operacionais. Para Alvarez e Antunes (2001) o *Takt time* é uma

ferramenta com certa relevância nas discussões sobre Estratégia de Produção, “especialmente com respeito à dimensão e flexibilidade”.

Monden citado por Alvarez e Antunes (2001), aponta o *Takt Time* dentro do sistema de manufatura com devida importância nos seguintes aspectos:

- Obtenção de produtividade através de um trabalho eficiente, sem perda de movimento;
- “Balanceamento da linha em todos os processos em termos do tempo de produção”;
- Manutenção de um estoque de material mínimo em processo.

## **2.5 Balanceamento da linha produtiva**

Um sistema produtivo poder ser definido como um conjunto de Posto de Trabalho ou Células conectados entre si formando um fluxo contínuo de movimentação. Para Smirdele, Vito e Fries (1998) “o problema de balanceamento consiste em alocar tarefas às estações de forma a equalizar a carga de trabalho por estação, bem como obter um tempo de processamento próximo do tempo de ciclo.

Segundo Moreira (2002), o balanceamento de uma linha pode ser obtido atuando-se sobre os recursos produtivos. Combinando esses recursos produtivos, de maneira a, simultaneamente, atender a demanda e conseguir o custo mínimo.

O planejamento agregado visa à previsão da demanda, sujeito à várias influências, como: sazonalidade, momento econômico e etc. O planejamento agregado dentro de suas limitações como capacidade máxima e demanda, traz a possibilidade de combinar recursos produtivos para se obter o balanceamento da linha produtiva em um período de médio prazo.

Para Slack, Chambers e Johnston (2002), todas as operações são constituídas de microoperações, que por sua vez, cada uma tem sua capacidade formando uma rede. Para que a rede opere eficientemente, todas as etapas devem ter a mesma capacidade. Caso contrário, a capacidade total será seu elo mais lento, gerando um gargalo na rede.

Ainda conforme Slack, Chambers e Johnston (2002), aumentar a capacidade de produção não é somente uma questão de decidir a respeito do melhor tamanho do incremento de capacidade. Uma das opções é antecipar a capacidade à demanda, de forma que sempre haja capacidade suficiente para atender à demanda prevista. Outra opção é a capacidade acompanhar a demanda de forma que a demanda sempre seja igual ou maior do que a capacidade.

Para Johnston e Clark (2002) as empresas no nível operacional tendem a estar mais preocupadas com os problemas que dizem respeito às medidas operacionais, como velocidade, produtividade, utilização de equipamento e absenteísmo de funcionários. Uma vez que uma etapa do processo dependa da anterior, um processo mais rápido ou mais lento pode ocasionar um gargalo na linha produtiva.

Para Moreira (2002), uma das opções para o balanceamento produtivo é o Modelo de Tentativa e Erro, consiste em procurar uma composição das alternativas de produção baseando-se no bom senso. Não existe utilização de ferramentas matemáticas, exceto a aritmética elementar para o cálculo e comparação dos custos.

Moreira (2002) cita ainda o uso da Programação Linear como possível solução para o problema de balanceamento produtivo, visto que, esse modelo permite considerar os custos de contratação e demissão de pessoal, além de permitir a montagem de modelos diferenciados, conforme o objetivo e as restrições envolvidas.

## **2.6 Programação da produção**

Atualmente a programação da produção tem merecido atenção especial na produção de bens de capital sob encomenda, mediante a realidade atual do mercado na qual a competição está cada vez mais forte, a programação da produção por sua vez tem apresentado a proposta de alocação dos recursos necessários para a cadeia produtiva, tais como: disponibilidade de matéria-prima e mão de obra, seja esse em caráter temporário ou não.

A programação da produção tem como objetivo otimizar tempos de ciclo e indicar um sequenciamento adequado. Segundo Colin (2007) a “programação da produção pode ser definida como o estabelecimento de horários de início e de término para as atividades ou ordens de produção”. Ainda Colin (2007) ressalta que ao emitir um pedido a um fornecedor, esse por sua vez transforma os pedidos em ordens de produção que podem ser fabricados por lotes vários itens em uma única ordem de produção ou um pedido em diversas ordens.

Um dos problemas abordados pela programação da produção é o sequenciamento, a definição de como essas ordens serão produzidas. A área de Planejamento e Controle de Produção da empresa tem por sua vez a função de alocar e disponibilizar tais recursos em seus respectivos postos de trabalho desta forma determinando o sequenciamento adequado ao processo produtivo. Para Gaither e Frazier (2001) algumas das regras para definir a prioridade no momento do sequenciamento são:

- Primeiro a entrar, primeiro a ser atendido: A tarefa seguinte a ser produzida é aquela que chegou primeiro entre as tarefas que estão à espera;
- Menor tempo de processamento: A tarefa seguinte a ser produzida é aquela com o menor tempo de processamento entre as tarefas à espera;
- Mais urgente data de vencimento: A tarefa seguinte a ser produzida é aquela com a data de vencimento mais urgente entre as tarefas à espera;
- Menor folga: A tarefa seguinte a ser produzida é aquela com a menor folga (tempo até a data de vencimento menos tempo total de produção restante) entre as tarefas à espera;
- Razão crítica: A tarefa seguinte a ser produzida é aquela com a menor razão crítica (tempo até a data de vencimento dividido pelo tempo total de produção restante) entre as tarefas à espera;
- Menor custo de preparação: Uma vez que as tarefas seguem logicamente umas às outras devido à facilidade de preparação, a sequencia das tarefas à espera é determinada analisando-se o custo total de realização de todas as preparações de máquina entre as tarefas.

Para Colin (2007) o sequenciamento da produção é provavelmente a área da matemática aplicada que apresenta o maior número de problemas. Existem varias funções objetivas que minimizam o número de atrasos nas entregas, viabilizam o adiantamento da produção, otimizam os horários de término das atividades. Porém os problemas apresentados não possibilitam a resolução através de forma ótima, devido às dimensões encontradas no mundo real.

### ***2.6.1 Otimização de recursos***

A Programação Linear (PL) é uma técnica de otimização. Segundo Prado (2007) a Programação Linear é uma ferramenta utilizada para encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações nas quais temos diversas opções de escolha sujeitas a algum tipo de restrição ou regulamentação. Tem sua aplicação em diversas áreas, manufatura, transporte, alimentação e etc.

Para Prado (2007) a Programação Linear pode ser dividida nos seguintes tópicos:

- Programação Contínua;
- Programação Estruturada;
- Programação Inteira;

- Programação Inteira Mista.

Segundo Moreira (2002), a Programação Linear é um modelo matemático desenvolvido para resolver determinados tipos de problemas onde às relações entre as variáveis relevantes possam ser expressas por equações e inequações lineares.

Prado (2007), afirma que a Programação Linear é hoje uma das técnicas mais utilizadas dentro da Pesquisa Operacional, de acordo com estudos estatísticos. Hoje em dia é comum ver a Programação Linear fazendo parte da rotina de planejamento das empresas, das mais sofisticadas as mais simples.

Prado (2007) esclarece que o termo programação na Programação Linear tem o significado de Planejamento. Apesar da utilização de computadores para resolver seus problemas, a Programação Linear é uma técnica de planejamento baseada em matemática e economia.

A Pesquisa Operacional (PO) trata da modelagem matemática de fenômenos estatísticos ou dinâmicos. Para Colin (2007), três características podem definir a Pesquisa Operacional: uso de métodos matemáticos para resolver problemas, desejo constante por otimização e orientação a aplicações.

Segundo Moreira (2002), para enquadrar um problema em um modelo de Programação Linear, é fundamental que se consiga distinguir, quais são os parâmetros fora do controle da pessoa que o analisa, cujos valores já estão fixados, e quais são as variáveis de decisão, cujo valor se quer conhecer.

De acordo com Colin (2007), parâmetros são variáveis utilizadas no modelo que não podem ser controladas pelo tomador de decisão. Encontra-se a solução do problema admitindo como fixos os valores dos parâmetros.

Entre as diversas áreas de aplicação da Programação Linear, Colin (2007), cita como exemplo a produção industrial, nesse caso, a produção de aeronaves (a empresa citada no exemplo não faz referência e não possui nenhum vínculo com a empresa objeto deste estudo de caso). No exemplo, através dos parâmetros de produção condicionantes do problema, Colin (2007) monta um modelo de forma, que, a ser executado em um software de Programação Linear ou em um *solver*, ele possa retornar o valor ótimo do lucro obtido através da produção de determinada quantia de aeronaves de diferentes modelos. A empresa McD produz quatro tipos de aeronaves: McD1 capacidade de 1 lugar, McD2 capacidade para 2 lugares, McD4 capacidade para 4 lugares e a McD6 capacidade para 6 lugares. A FAA – *Federal Aviation Administration* regulamenta as aeronaves e tem como exigência a inspeção mensal das aeronaves produzidas, por sua vez a empresa tem que se programar mensalmente.

A tabela 1 a seguir mostra as informações relativas à produção.

Tabela 1 – Informações relativas à produção

Características	Aeronave			
	McD1	McD2	McD4	McD6
<b>Produção permitida pela FAA (aeronaves/mês)</b>	8	17	11	15
<b>Tempo de produção (dias)</b>	4	7	9	11
<b>Gerentes de produção necessários por aeronave</b>	1	1	2	2
<b>Margem de contribuição (\$/aeronave)</b>	62	84	103	125

Fonte: Adaptada de Colin (2007, p.193).

A empresa conta com 60 gerências de produção e pode fabricar até 9 aeronaves ao mesmo tempo. Considerando-se os 30 dias de produção no mês, a empresa pode chegar a uma capacidade de 270 dias de produção em cada mês.

Considerando essas variáveis, Colin (2007) formula um modelo de forma que atenda as exigências da FAA e dê um retorno à empresa de modo que a margem total seja máxima.

Colin (2007) demonstra em outros exemplos como a Pesquisa Operacional pode ser utilizada para a resolução de problemas voltados a produção. Entre um dos seus exemplos, cita uma empresa que precisa decidir entre comprar ou produzir quatro componentes que serão utilizados na produção de veículos. Se ela produzir internamente, necessitará de seis máquinas diferentes, através dos tempos de máquina, preços de compra, custos de fabricação, disponibilidade semanal das máquinas e demanda semanal, o autor consegue chegar a uma decisão sobre qual procedimento será mais viável à empresa: comprar os componentes ou produzir internamente.

Ainda segundo Colin (2007), “Empresas que trabalham em regime contínuo precisam sempre fazer a programação de sua mão de obra”. Devido à variação na demanda, pode ocorrer uma ociosidade em determinados momentos, porém em outras situações pode haver um gargalo. É fator determinante a área de planejamento da empresa saber como lidar com situações semelhantes a essa. Tendo em mãos os dados necessários como: capacidade produtiva, demanda e número de funcionários, é possível formular um modelo matemático de forma que venha atender às necessidades produtivas a partir de uma solução ótima.

Colin (2007) ainda cita um exemplo voltado para área de planejamento onde uma Siderúrgica Brasileira produz aço de várias qualidades com a intenção de fornecer aos mais distintos mercados. O seu processo de produção é longo e complexo devido à dependência de processos químicos e alterações nas propriedades físicas do produto. Uma das grandes

dificuldades da empresa encontra-se no atendimento a seus clientes no que se diz respeito às datas de entrega solicitadas pelos clientes. Além disso, a política da empresa não permite que sejam formados estoques do produto final, visando um melhor atendimento a seus clientes. Diante dos fatos não restam muitas alternativas a não ser que a empresa tenha um planejamento perfeito. Nesse caso o que interessa na utilização da Pesquisa Operacional é encontrar uma formulação que venha a minimizar o atraso total das entregas. Através dessa formulação pode-se objetivar o horizonte de tempo necessário para que a empresa retome o seu plano de produção.

Em um de seus exemplos, Colin (2007) cita um problema de planejamento agregado: uma determinada empresa precisa tomar decisões para um horizonte de quatro meses no qual objetiva-se minimizar o custo total das operações. A empresa possui quatro famílias de produtos e quatro plantas, das quais duas possuem limitação na capacidade de máquinas e duas possuem limitações na capacidade de mão de obra. Os custos da empresa são os seguintes:

- Produção;
- Armazenagem;
- Atraso;
- Hora-homem normal;
- Hora-homem ocioso;
- Hora-homem extra;
- Admissão;
- Demissão.

As restrições do problema devem considerar:

- Restrições de capacidade;
- Possibilidade de admissão;
- Possibilidade de demissão;
- Utilização de horas extras.

Através dos dados fornecidos, Colin (2007) consegue direcionar as diretrizes do planejamento agregado em determinado horizonte de tempo, através da formulação de um problema de Programação Linear.

De acordo com Prado (2007), problemas de Programação Linear são resolvidos na sua maior parte com a ajuda de *softwares*. Apesar de modelos mais simples que envolvem apenas duas variáveis oferecerem a possibilidade de solução através do método gráfico.

Prado (2007) cita a utilização da Programação Linear em um problema de alocação de pessoas em uma fábrica. No exemplo, a fábrica possui duas linhas de produção, a primeira com capacidade para 24 pessoas, cada item consumindo 1 homem por dia para ser produzido e fornecendo um lucro de \$ 30, 00 por item produzido. A segunda linha de produção tem capacidade para 32 pessoas, cada item consome 2 homens por dia para ser produzido e o lucro por item produzido é de \$40, 00. A fábrica tem um total de 40 empregados e as duas linhas juntas tem capacidade para 56 pessoas. O desafio é alocar essas 40 pessoas de forma a objetivar-se o lucro máximo a ser obtido, ao contrário do que se esperaria em uma análise superficial, a escolha resultou sobre o item de menor lucro unitário. Prado (2007) ressalta que esse é um modelo simples de Programação Linear, modelos reais são muito mais complexos e exigem um *software* computacional para a resolução.

Segundo o autor, na vida prática podemos ser induzidos a algum tipo de erro ao deixar de fazer uso de ferramentas de otimização, uma vez que o bom senso humano tende a levar-nos à escolha do item que sempre produz o maior lucro unitário. A Programação Linear nos mostra que, “Em situações reais de alguma complexidade o chamado “bom senso” não é a ferramenta mais adequada para a solução de problemas”.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Materiais

Para o presente estudo de caso foram utilizados os seguintes materiais:

- Planilhas eletrônicas gerados pelo *software* Microsoft Office Excel 2007® (Windows Vista®);
- *Software* ERP (*Enterprise Resource Planning*);
- Microcomputador Pentium Dual - Core T4200;
- Planilhas impressas para anotações de tempo de produção.

### 3.2 Métodos

Foi utilizado o método quantitativo para levantamento de dados através da seguinte seqüência de atividades:

- Pesquisa de campo e consulta ao ERP (um sistema de aplicativos e produtos para processamento de dados utilizado pela empresa), com a finalidade de levantar dados como: tempos de ciclo e ociosidade;
- Levantamento de disponibilidade de mão de obra junto ao setor de recursos humanos da empresa, para a quantificação de recursos disponíveis;
- Tabulação dos dados levantados em planilhas de controle elaboradas através do *software* Microsoft Office Excel. As planilhas contêm os seguintes dados: tempos de ciclo, média de horas trabalhadas, tempo ocioso do operador e prioridade de itens críticos para a produção;

Os resultados foram analisados e comparados considerando fatores como: verticalização, terceirização, horas e tempo de ciclo.

### **3.3 Estudo de Caso**

O estudo de caso foi desenvolvido junto ao setor de planejamento de empresa fabricante de bens de capital sob encomenda no ramo aeronáutico (doravante denominada empresa “A” para efeito de preservação de informações confidenciais), onde se analisou a quantidade disponível de mão de obra para uma possível verticalização da linha produtiva, tempo de ciclo em horas para a fabricação do produto em questão, comparação de “*lead time*” entre componentes terceirizados e componentes fabricados internamente e a possibilidade do balanceamento da linha visando otimizar os recursos da empresa.

#### ***3.3.1 Apresentação da Empresa***

A empresa objeto deste estudo tem como principal atividade a produção de bens de capital sob encomenda focada no desenvolvimento tecnológico e na montagem estrutural de aeronaves.

Fundada em 1952, localizada no estado de São Paulo, a unidade se faz atuante no mercado internacional/global, sendo seus principais clientes formados por pessoas jurídicas. Com cerca de 1400 colaboradores, são produzidas em média 7 aeronaves/mês na área da aviação executiva, foco deste estudo de caso.

A empresa atua também na área da aviação comercial, na qual já foram produzidos e entregues mais de 1000 aeronaves a mais de 37 companhias aéreas, tendo a sua linha de jatos regionais atuando em 24 países. Na área de defesa a empresa atua fornecendo boa parte da frota nacional e desenvolve tecnologia para o mercado externo totalizando aproximadamente 145 aeronaves entregues, tanto em âmbito nacional quanto internacional. Diversificando ainda mais a sua produção, a empresa atua no mercado agrícola nacional.

A referida empresa tem como negócio gerar valores através da produção de bens de capital sob encomenda, satisfazendo os seus clientes, perpetuar a integridade da sua marca e manter íntegro o comportamento e a consciência sócio ambiental.

Com o objetivo de aumentar a eficácia e eficiência operacional da empresa, bem como ultrapassar e corrigir os problemas identificados no passado, a mesma aprimorou seu nível organizacional. Como consequência, aproximou-se dos seus clientes e tornou a suas ações mais ágeis. A nova organização caracterizou-se em uma macro-estrutura mais enxuta.

### 3.3.2 *Processo Produtivo*

A empresa possui um processo produtivo misto, devido ao seu *layout* caracterizar-se como fixo em função da complexidade do seu produto e por utilizar-se de células de montagens, vinculando-se o seu o processo a produção enxuta, conceito muito praticado pelo sistema Toyota de produção.

A célula conceitua-se pela forma de organização e a busca pela integração entre os diversos operadores envolvidos no processo produtivo. O processo do produto em questão contém três células:

- Dianteira;
- Central;
- Traseira.

Cada célula de montagem é formada por três painéis:

- Inferior;
- Lateral Direito;
- Lateral Esquerdo.

Ao final do processo produtivo de cada célula o produto é inspecionado e após o setor de qualidade da empresa certificar que todas as configurações do produto estão conforme descrito no projeto o produto segue para o cliente, neste caso um cliente interno.

O fluxograma da figura 2 demonstra o processo produtivo da célula de montagem Dianteira.

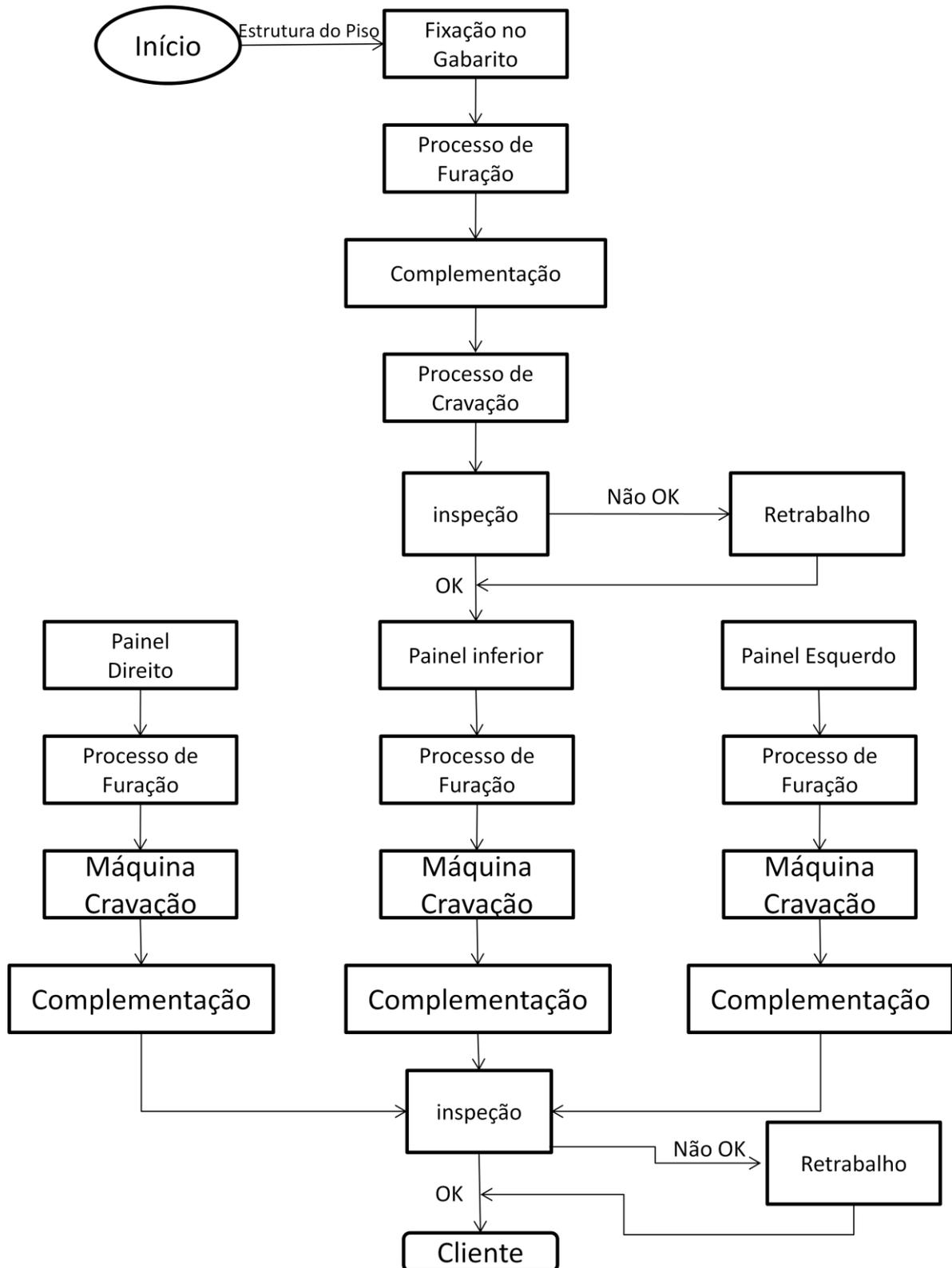


Figura 2 - Fluxograma do processo produtivo da Célula Dianteira.

O Fluxograma da figura 3 demonstra o processo produtivo da célula de montagem Central.

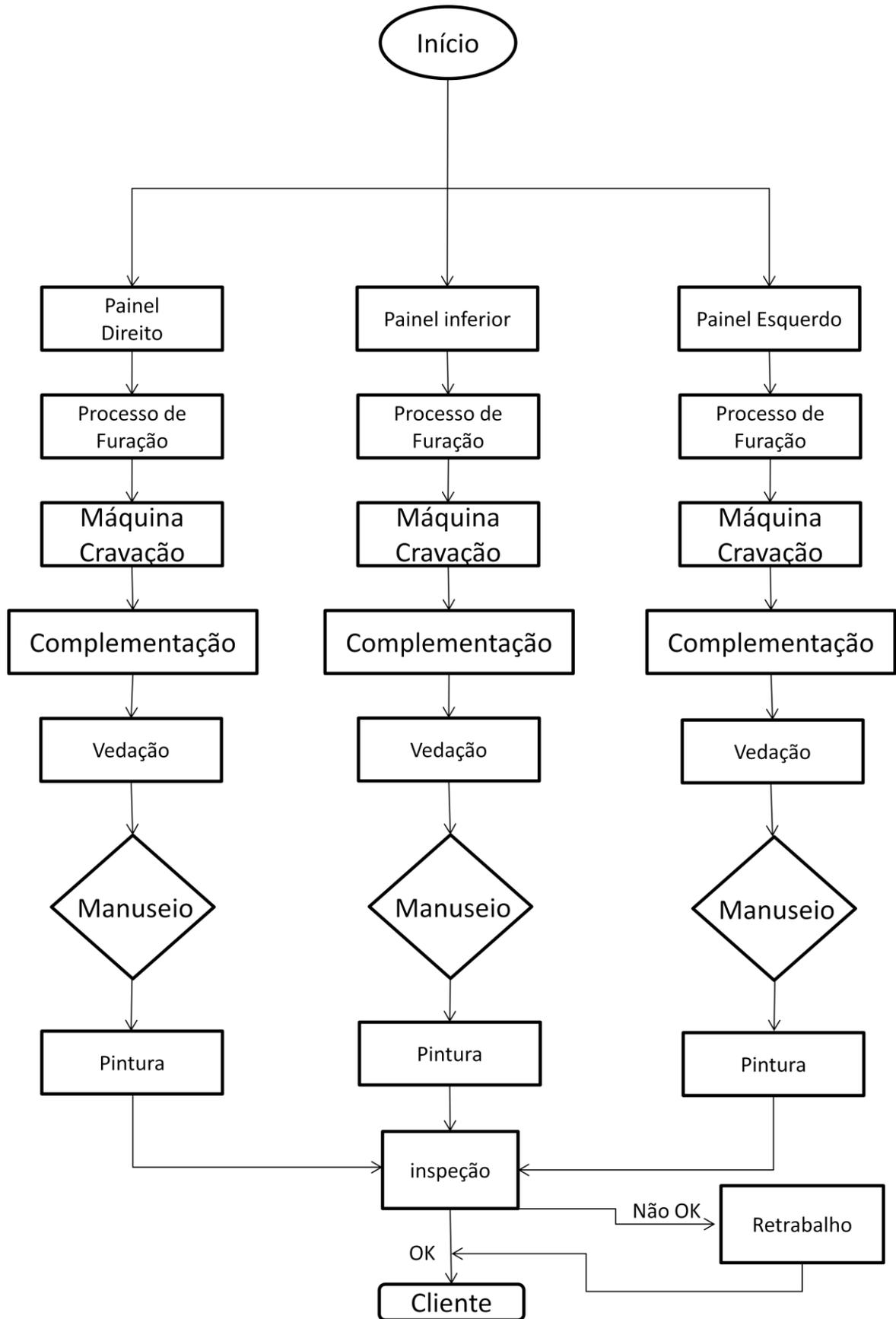


Figura 3 – Fluxograma do processo produtivo da célula Central.

O fluxograma da figura 4 demonstra o processo produtivo da célula de montagem Traseira.

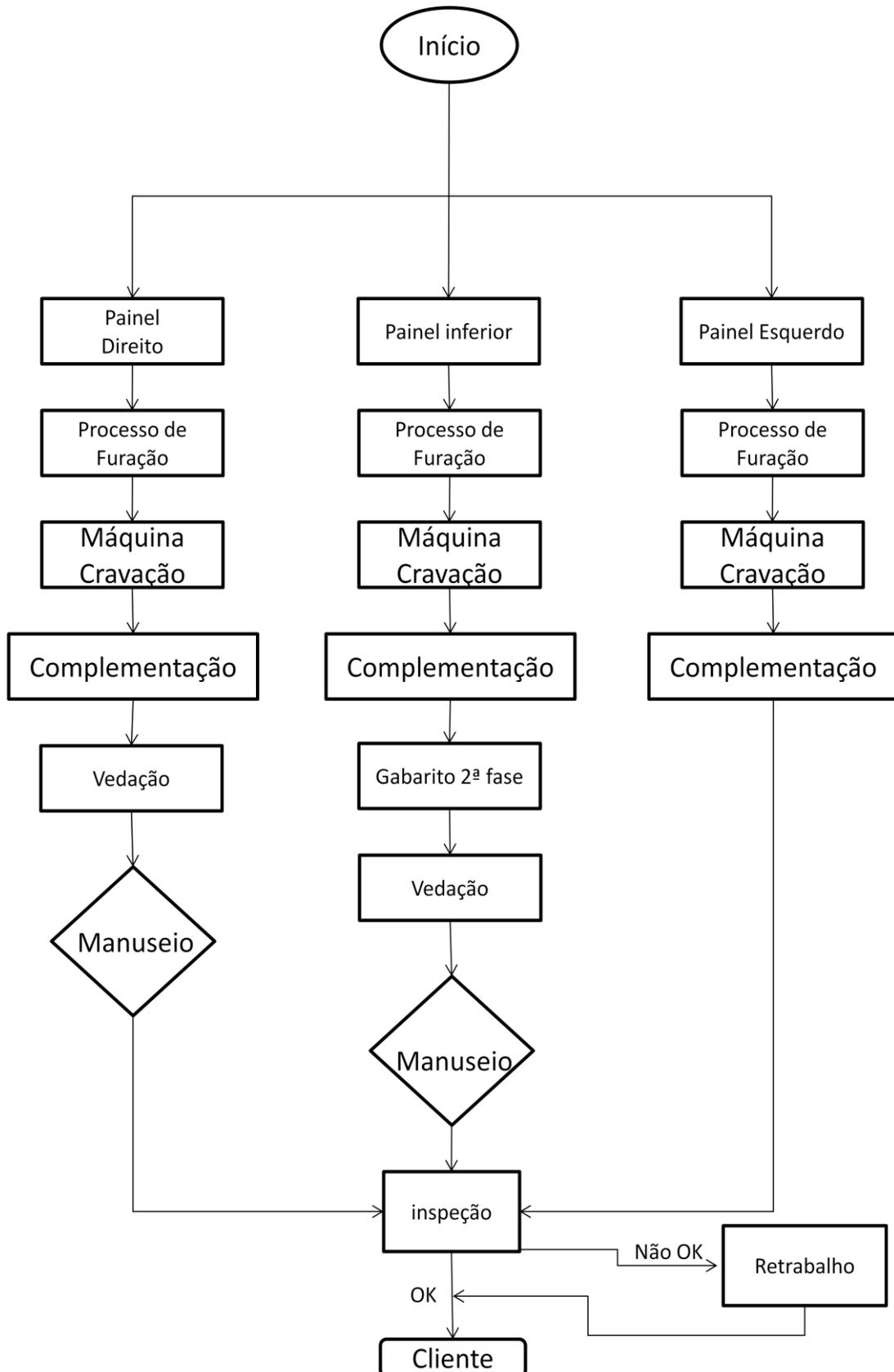


Figura 4 – Fluxograma do processo produtivo da célula Traseira.

Os processos produtivos de cada célula diferenciam-se entre si devido a determinadas operações, fatores estes que podem vir a tornar o processo de uma célula mais complexo do que o processo em relação às outras células, como: o processo de pintura apenas presente na célula Central, a ausência do processo de vedação na Dianteira que pode tornar o processo da célula mais simples em relação às outras células que possuem esse processo, etc.

### **3.3.3 Arranjo Físico**

Apesar da necessidade de possuir um *layout* fixo devido à dimensão do seu produto, a empresa optou pela diversificação do seu processo, executando a implantação de células de montagem visando agregar valores trazidos da indústria automobilística, como o *Just in time*, o *Lean manufacturing*, etc.

A escolha do *layout* pode influenciar em vários fatores, trazendo mais dinamismo à linha, e permitindo uma maior fluidez do produto através da linha de montagem. Um simples detalhe no *layout* pode fazer com que a empresa ganhe na redução de seus tempos de movimentação, os quais impactam diretamente no tempo de ciclo da empresa.

Quando se utiliza de um *layout* celular, o fato do material deslocar pela célula buscando os processos necessários faz com que o processo ganhe certa flexibilidade elevando o nível de produtividade. A necessidade de materiais na linha é reduzida, eliminando a necessidade de estoques na linha e a mão de obra passa a ser melhor utilizada.

Na empresa, as células de montagem se dispõem em seqüência de acordo com as suas atividades, enquanto as montagens dos painéis seguem paralelas na célula, tendo o painel inferior entre os painéis laterais, sempre uma célula dando seqüência à outra até o produto chegar ao cliente final.

O *layout* é disposto pela seguinte seqüência de células:

- Traseira;
- Central;
- Dianteira.

Cada célula é composta por três painéis; lateral esquerdo, lateral direito e inferior ao centro.

Os painéis, depois de fixados em gabaritos, recebem peças adicionais as quais são fixadas provisoriamente. Após esta etapa, os painéis são encaminhados a uma máquina onde recebem operações de furação final e cravação, conforme sequencia apresentada na figura 5.

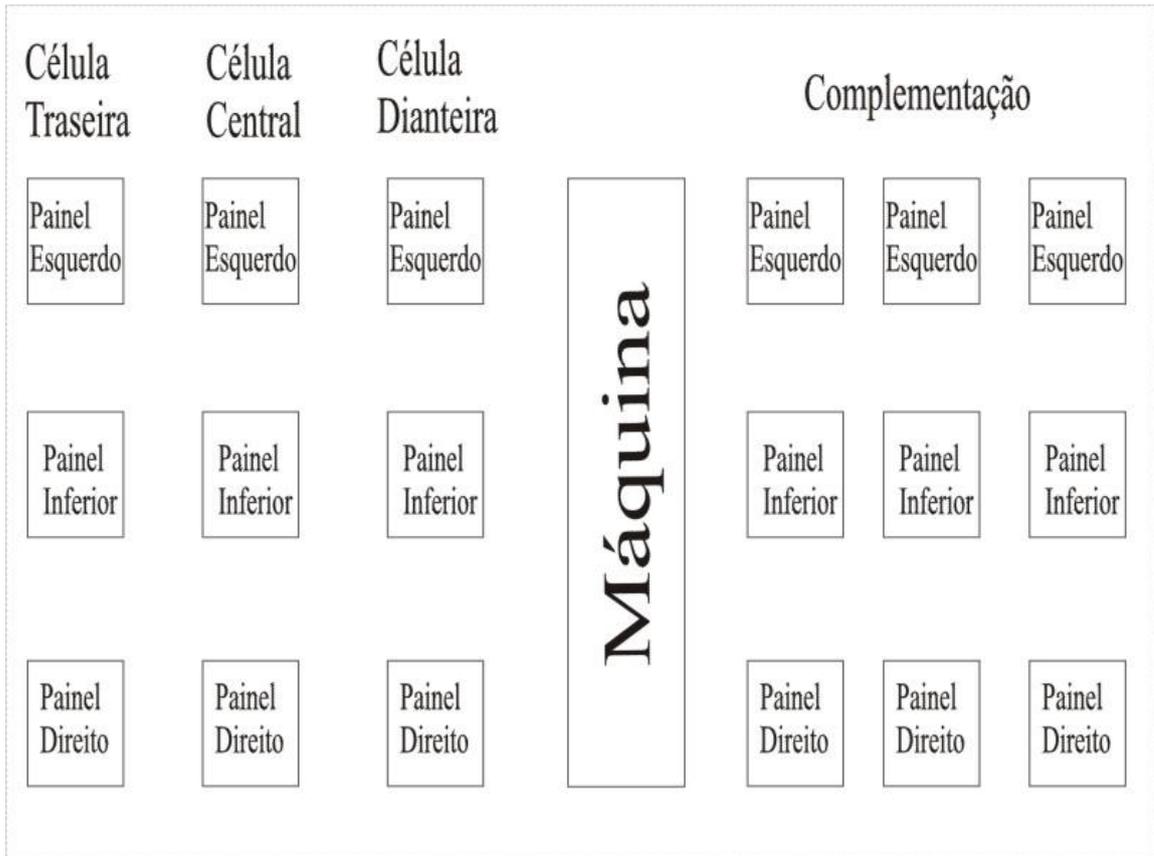


Figura 5 - Layout do setor de montagem de fuselagens.

Fonte: Adaptado da Empresa objeto desse estudo (2010).

### 3.3.4 Mão de obra Aplicada

Para atingir as metas de crescimento, com qualidade e desenvolvimento, a empresa tem em sua meta o objetivo de manter e desenvolver o seu quadro de funcionários, abrangendo todas as áreas na qual a empresa se dispôs a atuar.

No setor de montagem de fuselagens dispõe-se de um quadro de 30 funcionários trabalhando diretamente no produto, dividido em 2 turnos com carga horária de 8 horas cada turno, totalizando 240 horas diárias, todos ocupando o mesmo cargo; mecânico estrutural.

A tabela 2 demonstra a relação de funcionários divididos por célula e fase do processo produtivo.

Tabela 2 - Informações relativas à mão de obra aplicada

	<b>Célula Traseira</b>	<b>Célula Central</b>	<b>Célula Dianteira</b>	<b>Máquina</b>	<b>Inspeção</b>
<b>Turno 1</b>	4	6	2	2	1
<b>Turno 2</b>	4	6	2	2	1
				<b>Total</b>	30

### 3.3.5 Tempos de Ciclo

Em um mercado globalizado e competitivo como se encontra o cenário atual, as necessidades de especialização e mudanças tecnológicas passam a ser uma exigência dos clientes. Cabe às empresas buscarem alternativas para alcançar essa competitividade utilizando-se de ferramentas que visam analisar o alcance deste objetivo. A manufatura celular em um ambiente enxuto, muito conhecido dentro das empresas com *Lean*, tendo como base o *just in time* pode ser um grande diferencial competitivo se usado corretamente.

A empresa estudada utilizou dessas técnicas para estabelecer os seus processos e tempos de ciclo. No cenário atual, a sua linha está adequada a sua demanda e capacidade produtiva para que o produto possa ser entregue dentro do prazo estabelecido pela empresa para o seu cliente final.

A tabela 3 contém informações relativas à célula de montagem Traseira e seus processos produtivos, assim como; atividades, quantidade de pessoas, tempos de ciclo em horas, etc.

Tabela 3 - Célula de montagem Traseira

	<b>Painel Inferior</b>		<b>Painel Direito</b>		<b>Painel Esquerdo</b>	
	Tempo	Quantidade	Tempo	Quantidade	Tempo	Quantidade
<b>Gabarito</b>	8	2	10	1	10	1
<b>Máquina</b>	7	1	5	1	6	1
<b>Complementação</b>	8	2	16	1	14	1
<b>Gabarito 2</b>	8	2	0	0	0	0
<b>Vedação</b>	2	2	2	1	0	0
<b>Manuseio</b>	16	0	16	0	0	0
<b>Inspeção</b>	1	1	1	1	1	1
					<b>Ciclo Total</b>	95 horas

A tabela 4 contém informações relativas à célula de montagem Central, e seus processos produtivos, assim como; atividades, quantidade de pessoas, tempos de ciclo em horas, etc.

Tabela 4 – Célula de montagem Central

	<b>Painel Inferior</b>		<b>Painel Direito</b>		<b>Painel Esquerdo</b>	
	Tempo	Quantidade	Tempo	Quantidade	Tempo	Quantidade
<b>Gabarito</b>	15	2	14	2	14	2
<b>Máquina</b>	8	2	8	2	7	2
<b>Complementação</b>	32	2	24	2	16	2
<b>Pintura</b>	6	1	6	1	6	1
<b>Vedação</b>	3	1	3	1	3	1
<b>Manuseio</b>	16	0	16	0	16	0
<b>Inspeção</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Ciclo Total</b>					<b>156 horas</b>	

A tabela 5 contém informações relativas à célula de montagem Dianteira, e seus processos produtivos, assim como; atividades, quantidade de pessoas, tempos de ciclo em horas, etc.

Tabela 5 – Célula de montagem Dianteira

	<b>Painel Inferior</b>		<b>Painel Direito</b>		<b>Painel Esquerdo</b>	
	Tempo	Quantidade	Tempo	Quantidade	Tempo	Quantidade
<b>Gabarito</b>	6	1	0	0	0	0
<b>Complementação</b>	8	1	0	0	0	0
<b>Inspeção</b>	1	1	0	0	0	0
<b>Gabarito</b>	8	1	4	1	4	1
<b>Máquina</b>	3	1	3	1	3	1
<b>Complementação</b>	27	1	6	1	6	1
<b>Inspeção</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Ciclo Total</b>					<b>82 horas</b>	

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados

Levando-se em consideração o tempo de ciclo total de cada célula de montagem verificou-se que existe um desbalanceamento nos tempos de ciclos das células, fator este que pode vir a causar uma ociosidade na mão de obra produtiva.

Somando os tempos de ciclos de cada célula de montagem, encontra-se um valor de 333 horas para o ciclo de tempo total do produto, tomando como referência a célula de montagem Central por ter o maior tempo de ciclo das três células de montagem verificou-se uma discrepância de 61 horas em relação à célula Traseira que possui um ciclo de 95 horas e em relação à célula dianteira que possui um ciclo de 82 horas a célula central apresentou uma diferença de 74 horas. Somando-se as horas ociosas verificou-se um total de 135 horas, ou seja, 40,54 % de tempo ocioso devido ao desbalanceamento entre as células.

A equação 1 demonstra o desbalanceamento entre as células de montagem.

$$333x = 135.(100) \quad \dots(1)$$

$$x = 40,54\%$$

Onde:

- 333: tempo de ciclo total do produto;
- X: valor em porcentagem;
- 135: soma das diferenças de tempo das células (61 + 74);
- 100: referente à porcentagem.

Para efeito deste estudo de caso, considerou-se a demanda produtiva relativa a seis meses de produção. Nestes seis meses, a empresa apresentou uma carteira de pedidos firmes de 41 aeronaves. Com o tempo de ciclo do produto, em via, da capacidade produtiva, existe a possibilidade de produzir 17 aeronaves por mês.

O resultado é demonstrado na equação 2 e na equação 3.

Quantidades de horas disponíveis por mês para a produção.

$$192 \frac{h}{mês} \cdot 30 = 5760 \frac{h}{mês} \quad \dots(2)$$

Capacidade produtiva.

$$\frac{5760 \text{ h/mês}}{333 \text{ h}} = 17,29 \text{ aeronaves/mês} \quad \dots(3)$$

Onde:

- 192: quantidade de horas trabalhadas em 1 mês;
- 30: quantidade de funcionários do setor;
- 333: ciclo do produto em horas.

Com esta capacidade produtiva a demanda seria totalmente atendida considerando-se que para atender a produção de 41 aeronaves em um período de 6 meses é necessário que se produza, em média, 6,83 ou, aproximadamente, 7 aeronaves por mês.

As três células são abastecidas por um total de 1228 itens que são produzidos externamente, dos quais, 837 causam impacto direto nas montagens, ocasionando paradas da linha. A tabela 6 demonstra os itens em quantidade e prioridade no processo produtivo, sendo os itens com prioridade 1 os mais críticos e assim por diante.

Tabela 6 - Priorização dos itens terceirizados

Item	Quantidade	Prioridade	%
<b>Usinado</b>	302	1	54%
<b>Com tratamento</b>	180	2	24%
<b>Não Metálico</b>	152	3	13%
<b>Estampado</b>	203	4	9%
		<b>Total</b>	<b>837 Itens</b>

A tabela 6 mostra que os itens mais críticos são os usinados e os itens com tratamento químico, os quais impactam diretamente nas montagens das respectivas células.

A Figura 6 demonstra a representação gráfica da sequência de produção dos itens produzidos externamente.

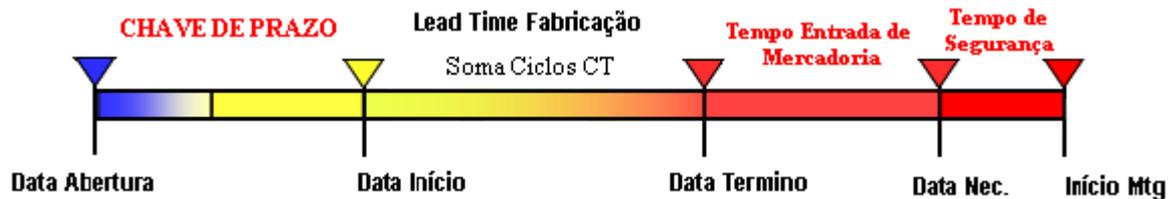


Figura 6 - Representação Gráfica da seqüência de fabricação.

Fonte: Empresa objeto deste estudo de caso (2010).

Os dados apresentados na figura 6 (representação gráfica da sequência de fabricação) são representados em dias corridos, com os seguintes períodos para cada dado:

- Data de abertura: 5 dias da emissão da ordem de produção até a chegada do material ao contratado;
- Chave de prazo: somente para itens em atraso antecipando em 10 dias a data de início;
- *Lead Time* de fabricação: soma dos ciclos de produção;
- Tempo de entrada da mercadoria: 5 dias da saída do contratado até a entrada e movimentação no estoque da Empresa contratante;
- Data de necessidade: 5 dias de antecedência a data de início na montagem da célula.

A tabela 7 mostra os tempos de ciclos para os itens críticos para a linha de montagem da empresa; no caso, os itens usinados e itens usinados com tratamento químico.

Tabela 7 – Tempo de ciclo dos itens terceirizados

	<b>Usinado</b>	<b>Com Tratamento Químico</b>
<b>Data de abertura</b>	40	40
<b>Usinagem</b>	280	280
<b>Tratamento</b>	0	160
<b>Montagem</b>	40	40
<b>Segunda Usinagem</b>	40	40
<b>Ciclo Total</b>	400 Horas	560 Horas

Os dados apresentados na tabela 7 foram convertidos de dias para horas, levando-se em consideração que a empresa contratada trabalha em 1 turno com carga diária de 8 horas.

Considerando as três células, Traseira, Central e Dianteira, soma-se um tempo de ciclo para a produção interna de 333 horas, verificando-se um desbalanceamento nos tempos de ciclo da linha interna com o dos itens necessários para a produção, fabricados por terceiros. Considerando-se o item produzido por terceiros com maior ciclo, de 560 horas, esse desbalanceamento apresenta uma diferença de 227 horas.

Em vista dos fatores externos de mercado, a empresa apresenta uma disponibilidade de aproximadamente 448 horas por dia na sua mão de obra produtiva em nível operacional devido a outros programas da empresa que sofreram redução na sua demanda, além de 135 horas por produto devido ao desbalanceamento interno entre as células de montagem.

## 4.2 Discussão

A empresa objeto deste estudo de caso apresenta uma disponibilidade de 56 pessoas com uma carga horária de 8 horas de trabalho por dia somando 448 horas por dia disponíveis.

Como demonstrado anteriormente na equação 1, a empresa ainda apresenta um desbalanceamento de 135 horas por fuselagem produzida.

Apresentando uma carteira de pedidos de 41 aeronaves a serem produzidas no período de 6 meses consegue-se atender a esta demanda produzindo uma média de 6, 83 aeronaves por mês. A equação 4 demonstra a disponibilidade mensal de horas, obtida através deste desbalanceamento entre as células de montagem.

$$6,83 \cdot 135h = 922,05 h$$

...(4)

Onde:

- 6,83: quantidade média de aeronaves produzidas por mês;
- 135: quantidade de horas disponível por fuselagem produzida;
- 922, 05: quantidade de horas disponível por mês;
- $h$ : horas.

A empresa dispõe, ainda, de 448 horas por dia de mão de obra, considerando-se que a mesma trabalha 24 dias por mês, totalizando 10752 horas disponíveis por mês. Considerando-se as horas de mão de obra disponíveis e as horas obtidas através do desbalanceamento das células de montagem resulta um total de 11674,05 horas disponíveis por mês.

Para a produção de uma fuselagem são necessários os itens produzidos externamente por uma empresa terceirizada, itens estes que somam um total de 960 horas, 400 horas para o item usinado e 560 horas para o item com tratamento químico.

A equação 5 demonstra a possível quantidade de itens a ser produzidos com a verticalização da linha utilizando-se a mão de obra interna ociosa para a produção interna.

$$\frac{11674,05}{960} = 12,16 \text{ fuselagens/mês} \quad \dots(5)$$

Levando-se em consideração que a quantidade média necessária para atender a demanda é de 6, 83 fuselagens/mês, a produção interna, uma vez verticalizada, atenderia plenamente a necessidade.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu analisar o uso de mão de obra ociosa no equacionamento do balanço produtivo e na verticalização da linha de produção de componentes utilizados em linha de montagem de fuselagens aeronáuticas.

Para tanto, foram analisados fatores como: desbalanceamento entre as células de montagens, tempo de ciclo da produção interna, tempo de ciclo da produção externa, quantidade de mão de obra disponível, capacidade produtiva, demanda, etc.

A utilização da mão de obra ociosa disponível na empresa permitiria obter uma capacidade de produção de 12,16 fuselagens/mês, enquanto a produção média atual da empresa é de 6,83 fuselagens/mês. Pode-se considerar que a disponibilidade interna de horas-homens, geradas pela utilização da mão de obra ociosa, que é 78% superior àquela demandada por empresa terceirizada, compensaria uma esperada baixa produtividade inicial, resultante do uso da mão de obra interna, uma vez que o índice de ineficiência da indústria metalúrgica gire em torno de 14% a 16%. Do ponto de vista logístico, com a verticalização da produção, seria possível eliminar tempos de transporte e movimentação externos, assim como diminuir o tempo e custo de emissão de documentos necessários aos trâmites do processo produtivo.

Outras variáveis inerentes aos custos de implantação e custos de produção não puderam ser analisadas devido às restrições da empresa no fornecimento de informações, consideradas como segredo industrial.

## REFERÊNCIAS

ALEM, A. C.; PESSOA, R. M. O setor de bens de capital e o desenvolvimento econômico: quais os desafios. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, 2005. n. 22. p. 71 – 88.

ALEM, A.C. As novas políticas de competitividade na OCDE: lições para o Brasil e atuação do BNDES. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, 1999. n. 12. p. 87 – 92.

ALVAREZ, R. R.; ANTUNES, V. A. J. Takt-Time: Conceitos e Contextualização Dentro do Sistema Toyota de Produção. **Revista Gestão e Produção**, Rio de Janeiro, 2001. n. 1. p. 1 – 18.

CHIAVENATO, I. **Administração Teoria, Processo e Prática**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2007. p.411

COLIN, E. C. **Pesquisa Operacional 170 Aplicações em Estratégia, Finanças, Logística, Produção, Marketing e Vendas**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 501 p.

CYGLAS SMART SOLUTIONS. **Glossário**. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.cyglas.com.br/glossario.shtml>>. Acesso em: 06 set. 2010.

GAITHER, N.; FRAZIER G. **Administração da Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Editora Pioneira Thomson, 2001. 598 p.

JOHNSTON, R.; CLARK, G. **Administração de Operações de Serviços**. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 562 p.

MEGGINSON, C. L.; MOSLEY, C. D.; PIETRI, H. P. **Administração Conceitos e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Editora Harbra, 1998. 614 p.

MEGLIORINI, E.; GUERREIRO, R. **A percepção dos gestores sobre quanto a fatores competitivos nas empresas produtoras de bens de capital sob encomenda: um estudo exploratório**. São Leopoldo, 2004. Disponível em: <[http://www.unisinos.br/publicacoes\\_cientificas/images/stories/pdfs\\_base/05basevol1n2\\_artigo01.pdf](http://www.unisinos.br/publicacoes_cientificas/images/stories/pdfs_base/05basevol1n2_artigo01.pdf)>. Acesso em: 07 set. 2010.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 6. ed. São Paulo: Thompson Pioneira, 2002. 619 p.

OLIVEIRA, R. P. D. **Planejamento Estratégico Conceitos Metodologia Práticas**. 18. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 337 p.

PRADO, D. **Programação Linear**. 5. ed. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e serviços Ltda. 2007. 238 p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2002. 747 p.

SMIDERLE, D. C.; VITO, L. S.; FRIES, E. C. A busca da eficiência e a importância do balanceamento de linhas de produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18, 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF, 1998.

VERMULM, R. **A indústria de bens de capital seriados**. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/21524/LCBRS147RobertoVermulm.pdf>> Acesso em: 05 set. 2010.

VERMULM, R. **O setor de bens de capital**. Rio de Janeiro, 1993. Disponível em: <<http://www.schwartzman.org.br/simon/scipol/pdf/vermulm.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2010.