

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

LUIZ HENRIQUE FIORAVANTI

**AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE REBITAGEM DE CONJUNTOS ESTRUTURAIS
AERONÁUTICO E AS SUAS PRINCIPAIS VANTAGENS**

Botucatu - SP

Junho – 2015

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL

LUIZ HENRIQUE FIORAVANTI

AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE REBITAGEM DE CONJUNTOS ESTRUTURAIS
AERONÁUTICO E AS SUAS PRINCIPAIS VANTAGENS

Orientador: Prof. Me. Ricardo Gasperini

Projeto de Pesquisa apresentado à FATEC -
Faculdade de Tecnologia de Botucatu, para
obtenção do título de Tecnólogo no Curso
Superior de Produção Industrial.

Botucatu – SP

Junho – 2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o grande criador do universo, pela vida maravilhosa que tem me concedido e por me dar mais esta oportunidade que no qual consegui superar as dificuldades com muita força e dedicação a fim de conquistar meus objetivos.

Aos meus pais que sempre me ensinaram ser uma pessoa de caráter, pelos princípios familiares que me deram ao longo da minha vida, pelo amor e incentivo, também agradeço a minha irmã.

A minha esposa Sara que sempre me incentivou a estudar e pela paciência que teve durante todos os momentos de minha ausência e a minha querida filha Lorena que teve muita compreensão em todo esse período durante a realização deste curso.

Ao meu orientador, Prof. Me. Ricardo Gasperini, pelo apoio e empenho durante a elaboração deste trabalho.

A Faculdade e todos os professores que compartilharam seus conhecimentos e pela motivação que me proporcionou nesta caminhada.

Agradeço a empresa e ao meu gestor pela cooperação e permissão de realizar este estudo no processo produtivo.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Aos meus pais, José Luiz Fioravanti e Maria Amélia Mendes Fioravanti.

*A minha esposa Sara Serafim Fioravanti e a minha filha Loreнна Serafim
Fioravanti com imenso amor e gratidão.*

E a todas as demais pessoas que me apoiaram e me motivaram.

RESUMO

O trabalho demonstrou que atualmente as indústrias estão cada vez mais buscando automação nos processos produtivos visando aumentar lucro da organização, seja ela aumentando a produtividade, a qualidade, a flexibilidade dos processos e reduzindo os custos. O objetivo da automação tem sido substituir os processos manuais pelos automáticos eliminando falhas e defeitos durante o processo de fabricação, demonstrando que a indústria aeronáutica está investindo grandemente nas inovações tecnológicas buscando uma melhor eficiência na fabricação das aeronaves, que, entretanto uma delas foi a automação no processo de rebiteagem. Após a conclusão do trabalho, a rebiteagem automática apresentou um processo de alta produtividade e perfeição na qualidade de suas atividades, propiciando um grande diferencial no processo de fabricação, também apresentou ganhos com a redução do trabalho manual, melhorando assim a ergonomia dos trabalhadores. Através dos dados coletados, foi realizada uma análise comparativa entre o método convencional e o método automatizado, com isso evidenciaram-se os ganhos e as vantagens da automação do processo, como: aumento da qualidade e produtividade, velocidade no processo de rebiteagem e os ganhos relacionados com a ergonomia.

PALAVRAS-CHAVE: Automação, Inovações, Rebiteagem, Vantagens

ABSTRACT

The study showed that currently the industries are increasingly seeking automation in production processes in order to increase profit organization, be it increasing the productivity, quality, flexibility of processes and reducing costs. The purpose of automation has been replacing manual processes by automatic eliminating failures and defects during the manufacturing process, showing that the aircraft industry is greatly investing in technological innovations seeking greater efficiency in the manufacture of aircraft, which, however one of them was to automation the riveting process. After completion of the study, the automatic riveting presented a process of high productivity and perfection in the quality of their activities, providing a great advantage in the manufacturing process, also showed gains with the reduction of manual work thus improving the ergonomics of workers. Through the collected data, a comparative analysis was performed between the conventional method and automated method, with it showed up the gains and process automation benefits such as: increased quality and productivity, speed in the riveting process and gains related to ergonomics.

KEYWORDS: Automation, Innovation, Riveting, Advantages

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Santos Dumont realiza 1º voo com o 14 Bis	10
Figura 2 - Estágios do processo de rebitagem	14
Figura 3 - Tipos comuns de cabeças de rebites convencionais	15
Figura 4 - Componentes básicos para rebitagem manual de rebites	16
Figura 5 - Rebitadora automática instalando rebites em uma fuselagem	17
Figura 6 - Fuselagem sendo cravada pela Rebitadora Automática Gemcor	19
Figura 7 - Parque de Rebitadoras Automática	19
Figura 8 - Rebitadora Automática G2000 C-Frame	20
Figura 9 - Rebitadora Automática Brotje IPAC	20
Figura 10 - Rebitadora Automática Brotje ISAC	21
Figura 11 - Rebitadora Automática Brotje CPAC	21
Figura 12 - Rebitagem manual com martelletes	24
Figura 13 - Fluxograma processo de rebitagem manual	28
Figura 14 - Fluxograma processo de rebitagem automática.....	28
Figura 15 - Etapas do processo de rebitagem automático	29
Figura 16 - Surgimento de limalhas e rebarbas entre as peças	29
Figura 17 - Velocidade de Rebitagem automática X manual em percentual	31
Figura 18 - Eficiência processo automático X manual	32
Figura 19 - Horas Máquina (%) X Horas Homem	33
Figura 20 - Fator de tempo	33
Figura 21 - Ganhos de colaboradores obtidos com a automação	34
Figura 22 - Processo Manual	35
Figura 23 - Processo Automático	36
Figura 24 - Rebitagem manual com martetele e barra de encontrar.....	37
Figura 25 - Utilização de martetele pneumático.....	38

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivo	9
1.2 Justificativa	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 A Indústria Aeronáutica	10
2.2 Competitividade, tendências e inovações tecnológicas.....	11
2.3 Automação	13
2.4 Conceito de rebitagem.....	14
2.5 Furação	15
2.6 Escareação	15
2.7 Selagem interface	15
2.8 Rebitagem manual.....	16
2.9 Rebitagem automática	17
2.10 Motivos para investir em automação	22
2.11 Riscos a saúde no trabalho durante a operação de rebitagem manual	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Material.....	26
3.2 Métodos	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Comparação da velocidade da rebitagem entre processo automatizado e o manual	30
4.2 Comparação do tempo da rebitagem entre o processo automático e o manual	32
4.3 Ganhos de colaboradores com a automação.....	33
4.4 Capabilidade do processo automático e o processo manual.....	34
4.5 Exposição ao Risco Ergonômico	36
5 CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Com a chegada da globalização, a indústria aeronáutica está enfrentando uma grande exigência do mercado mundial devido à alta competitividade e inovações na área tecnológica. Para avançar no mercado, atualmente as indústrias estão buscando cada vez mais a automação industrial nos processos de fabricação visando aumentar a produtividade, reduzir os custos, aumentar a qualidade dos itens fabricados ou serviços, aumentar a repetibilidade e flexibilidade dos processos industriais e também diminuir o tempo desde a fase conceitual do desenvolvimento do produto até a implantação do processo produtivo.

Portanto a indústria globalizada está diante de uma nova revolução, que será liderada cada vez mais por tecnologias como a automação e digitalização da manufatura. A competitividade do setor produtivo está sendo impulsionada rapidamente pelo desenvolvimento tecnológico cujas características são o avanço computacional que fez com que as máquinas tornassem muito mais robustas, ágeis e principalmente de menor custo, que por sua vez aumentou a sua aplicação na indústria facilitando a automação de processos e serviços, e sempre que possível substituindo os processos manuais pelos automáticos.

Outra característica dessa nova indústria é a imensa quantidade de informação digital disponível, que diminui o tempo de resposta no desenvolvimento do produto e permite criar um produto final com concepção mais madura isentos de defeitos e falhas. Isso é possível pelo fato que a concepção dos produtos, os designs, os testes, os protótipos, a arquitetura da fábrica, a organização da linha de manufatura, o estoque de materiais, os manuais do produto e o treinamento são todos digitais e integrados. Este avanço permitiu criar e operar ambientes fabris virtuais em sincronia com a unidade física.

Desta maneira fica evidente que a indústria aeronáutica para se manter competitiva mundialmente tem que empregar tecnologias desde a concepção do produto e processo para que a manufatura possa alavancar uma grande vantagem competitiva.

1.1 Objetivo

O objetivo deste projeto é analisar a eficiência da automação no processo de rebitagem de conjuntos estruturais e as suas principais vantagens em uma indústria aeronáutica.

1.2 Justificativa

Devido o crescimento da demanda para atender as grandes encomendas, a indústria aeronáutica está seguindo o mesmo conceito das grandes montadoras automotivas, empregando a robótica avançada, máquinas automáticas e novas ferramentas automatizadas buscando uma melhor eficiência na fabricação dos aviões.

Durante a montagem das aeronaves na grande maioria da sua estrutura, utilizam-se fixadores que são responsáveis pela união de duas ou mais peças, estes fixadores são conhecidos como rebites. A operação de rebitagem consiste nas etapas de furação, escareação, desmontagem das peças, rebarbação, limpeza, remontagem e por fim a instalação dos rebites. Esta é uma das etapas que leva certo tempo para ser executada, porém em função da maturidade e do alto nível de produtividade, a indústria aeronáutica utiliza-se um dos processos automatizados que é a rebitagem automática, ou seja, um processo de alta produtividade e perfeição na qualidade dos rebites instalados, propiciando um grande diferencial no processo de fabricação. Também com processo de rebitagem automática, irá reduzir-se ou até mesmo eliminar o trabalho manual impactando diretamente nos esforços exercidos pelos trabalhadores, melhorando assim a ergonomia.

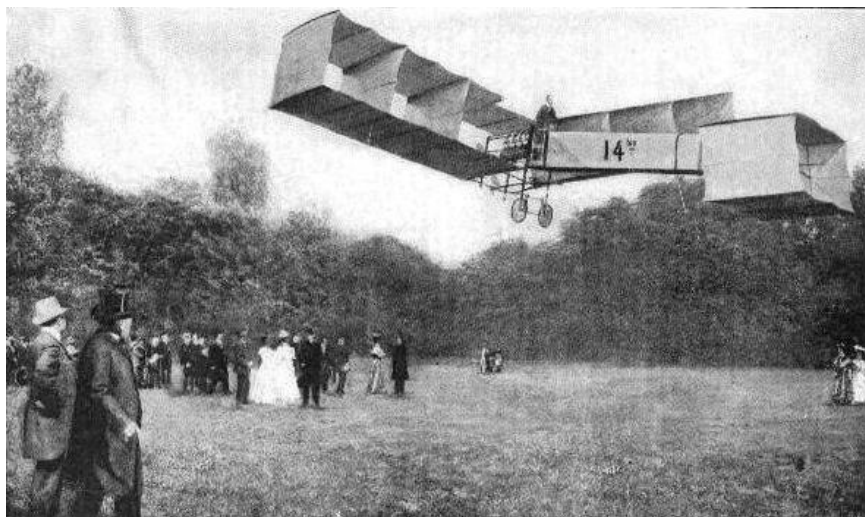
Desta maneira o trabalho tem a justificativa de levantar e apresentar as vantagens da aplicação da automação do processo de rebitagem na indústria aeronáutica que é pouco explorado e falado no meio acadêmico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Indústria Aeronáutica

O primeiro voo do mundo ocorreu em 23 de outubro de 1906 no Campo de Bagatelle, em Paris, realizado pelo brasileiro Alberto Santos Dumont, que pela primeira vez no mundo demonstrou em público o voo e a aeronave que era mais pesada que o ar, com isso, Santos Dumont ficou conhecido internacionalmente como pai da aviação. Depois deste excepcional acontecimento tornou-se uma grande obsessão e houve uma verdadeira corrida para aperfeiçoar e desenvolver novos tipos de aeronaves, porém as máquinas voadoras ficaram muito tempo no campo da ciência experimental, sem levar a um desenvolvimento tecnológico que permitisse sua produção em massa. A partir desta inspiração estava surgindo à indústria aeronáutica do mundo. (BARBOSA, 2012)

Figura 1 - Santos Dumont realiza 1º voo com o 14 Bis



Fonte: BARROS, 2002.

Ainda Barbosa (2012) afirma que a construção de aviões foi grandemente impulsionada durante a primeira guerra e tornou-se realmente como uma indústria durante a segunda guerra mundial. A sua produção em escala industrial foi para fins militares, sendo para transporte de pessoas e cargas, e muito mais sendo utilizadas como arma de combate.

2.2 Competitividade, tendências e inovações tecnológicas

Atualmente a concorrência entre as empresas está cada vez mais acirrada, as empresas estão buscando cada vez mais inovações tecnológicas, visando aumentar a produtividade, reduzir os custos, aumentar a qualidade, aumentar a confiabilidade e flexibilidade.

Segundo Motta (1995, p. 13): Na era da competitividade global, o grande desafio das empresas está centrado na capacidade de busca de novas tecnologias, novos mercados e novos métodos de gerenciamento ou do redesenho dos processos de negócio e de integração total das cadeias de valor da empresa, clientes e fornecedores.

No entanto, as mudanças que estão ocorrendo, não são meras tendências, mas sim transformações radicais guiadas pela globalização dos mercados, tais como o uso cada vez mais da tecnologia da informação (MOTTA, 1995).

Bozzi Filho (2008) afirma que inovação tem a capacidade de agregar valor aos produtos de uma empresa, diferenciando-a, ainda que momentaneamente, do ambiente competitivo.

Segundo Tigre (2006, p. 38), a importância de inovar faz com aqueles que inovam fiquem em posição de vantagem em relação aos demais e tenha a capacidade de agregar valor aos produtos de uma empresa, diferenciando-a no ambiente competitivo.

De acordo com Gurgel (2013), as inovações são importantes porque permitem que as empresas acessem novos mercados, aumentem suas receitas, realizem novas parcerias, adquiram novos conhecimentos e aumentem o valor de suas marcas.

Sugahara e Jannuzzi (2005), afirma que a inovação tecnológica está relacionada a um processo tecnologicamente novo ou aprimorado, que envolve a introdução de tecnologia de produção nova ou significativamente aperfeiçoada, assim como métodos novos ou substancialmente aprimorados de manuseio, e entrega de produtos. A adoção desses métodos pode acarretar mudanças nas máquinas e equipamentos e/ou na organização produtiva e trazer resultados relevantes em relação ao nível e à qualidade do produto, ou custos de produção e entrega.

Entende-se por produto tecnologicamente novo aquele cujas características fundamentais diferem significativamente de todos os produtos previamente produzidos pela empresa (SUGAHARA; JANNUZZI, 2005).

Segundo a Pintec - Pesquisa Industrial Inovação Tecnológica (2015, p. 8) do IBGE, as inovações de produto e processo são diferenciadas de acordo com o seu grau de novidade:

- inovação para a empresa, mas já existente no mercado/setor;
- inovação para a empresa e para o mercado/setor;
- inovação para o mundo.

Sugahara e Jannuzzi (2005), afirma que o desempenho varia substancialmente conforme o porte da empresa, sendo a proporção da taxa de inovação crescente com o tamanho da empresa.

A indústria aeronáutica é uma das mais importantes dos setores da indústria manufatureira, pois apresenta um alto valor agregado. Também é um dos setores que mais motiva o desenvolvimento tecnológico e mais utiliza mão de obra especializada. (SEITZ; STEELE, 1985).

Ferreira et al. (2008) afirma que a crescente introdução de avanços tecnológicos e consequente aumento da necessidade de financiamento têm elevado às necessidades de escala mínima para operação na indústria aeronáutica.

A concorrência da indústria aeronáutica está focada nas inovações tecnológicas e nas condições de financiamento destas inovações, isto tenderá a ficar cada vez mais acirrada no contexto do mercado globalizado (FERREIRA et al, 2008).

A maioria das empresas de grande porte possuem áreas dedicadas à inovação tecnológica, como: laboratórios de pesquisa e desenvolvimento (P&D) que contam com diversos pesquisadores, sejam como funcionários diretos ou indiretos. A integração entre parceiros é importante para que as inovações sejam implantadas sem que haja dificuldades.

A Pintec - Pesquisa Industrial Inovação Tecnológica (2015, p. 14) do IBGE, compreende o trabalho criativo, empreendido de maneira sistemática, com o propósito de aumentar o acervo de conhecimentos da empresa, assim como a utilização destes conhecimentos para criar novas aplicações. A atividade de P&D engloba:

- ✓ Pesquisa básica (trabalho experimental ou teórico voltado para a aquisição de novos conhecimentos sobre os fundamentos de fenômenos ou fatos observáveis, sem ter por objetivo dar-lhes qualquer aplicação ou utilização determinada);
- ✓ Pesquisa aplicada (trabalho experimental ou teórico também realizado para adquirir novos conhecimentos, mas dirigido para um objetivo prático específico);

✓ Desenvolvimento experimental (trabalho sistemático baseado no conhecimento existente, obtido através da pesquisa e experiência prática e dirigido para a produção de novos materiais e produtos, para instalação de novos processos, sistemas e serviços, ou para melhorar substancialmente aqueles já produzidos ou em operação).

2.3 Automação

A palavra automação está relacionada ao controle automático de uma determinada atividade, ou seja, ações que não dependem da intervenção humana.

Automação é uma tecnologia que faz uso de sistemas mecânicos, elétricos, eletrônicos e de computação para efetuar controle de processos produtivos (GROOVER 1997).

Ribeiro (1999) define automação como a substituição de trabalho humano ou animal por máquinas, ou seja, é a operação de máquinas ou sistemas automáticos com a mínima interferência possível do operador. O autor complementa dizendo que a automação pode reduzir a mão de obra empregada, porém ainda requer acompanhamento, programação e ajustes, ao invés de fazer a tarefa diretamente o operador controla a máquina. Muitas pessoas pensam e temem que a automação resulte em perda de empregos, quando pode ocorrer o contrário. Com a falta de automação, as empresas não podem competir economicamente entre si por causa de sua baixa produtividade, com isso elas são forçadas a demitir ou encerrar suas atividades. Assim, automação pode significar ganho e estabilidade do emprego, devido o aumento da produtividade, eficiência e economia.

Moraes e Castrucci (2007) afirma que automação é qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitui o trabalho humano em fator da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias e dos serviços.

Também Moraes e Castrucci (2007) enfatiza que a automação traz maior nível de qualidade, expressa por especificações numéricas de tolerância, maior flexibilidade para o mercado, maior segurança dos operários, menores perdas, mais disponibilidade e qualidade da informação sobre o processo produtivo, melhor planejamento e controle da produção.

Segundo Martins (2012) nos processos industriais a Automação tem por objetivo facilitar os processos produtivos, produzindo bens com menor custo, maior produtividade, menor tempo e com maior qualidade. A automação garante a qualidade de uma produção sempre com as mesmas características e com alta produtividade, visando atender o cliente num menor prazo e com preço competitivo.

Portanto, a automação tem um papel de muita importância na sobrevivência das indústrias, pois garante a melhoria do processo produtivo e possibilita a competitividade no mercado globalizado (MARTINS 2012).

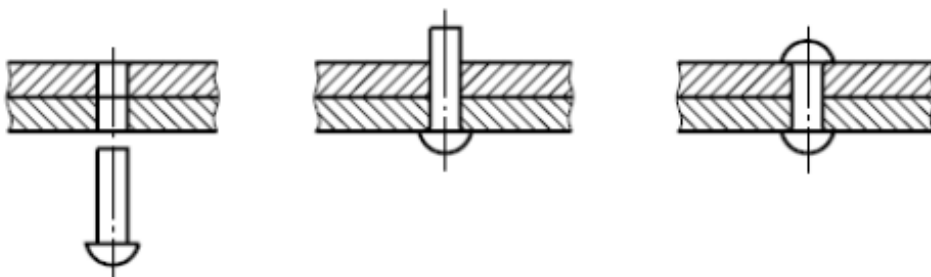
2.4 Conceito de rebitagem

São soluções permanentes amplamente aplicados na construção aeronáutica para juntas estruturais e de custo relativamente baixo quando comparado a parafusos. Uma vez que as juntas rebitadas são permanentes, estas só podem ser removidas por processo de furação, o que pode se apresentar como uma tarefa trabalhosa (NASA, 1990).

Germano (2012) afirma que os rebites têm emprego em geral em situações onde não é possível usar a união por processo de solda, pois alguns materiais não permitem este tipo de união devido à tensão que é gerada. Na aviação o rebite tem ampla aplicação, pois possui baixo peso específico e não há formação de tensão na união.

Quando se pretende unir de modo definitivo duas ou mais peças planas de pequena espessura que não admitem a solda, emprega-se o processo conhecido por rebitagem. Os rebites são instalados nos orifícios abertos previamente nas peças a unir, e bate-se a parte que sobressai das peças até formar uma segunda cabeça, que prende as duas peças. As principais dimensões dos rebites são o diâmetro e o comprimento. Durante a sua instalação, o diâmetro do rebite preenche totalmente o orifício da peça pelo efeito de recalque produzido pela rebitagem. Já o comprimento do rebite depende das espessuras das peças, devendo sobressair uma porção suficiente que possa ser rebitado formando a segunda cabeça. (PARETO, 2003).

Figura 2 - Estágios do processo de rebitagem



Fonte: Apostila de Chapeamento & Ajustagem – EMBRAER, 2005

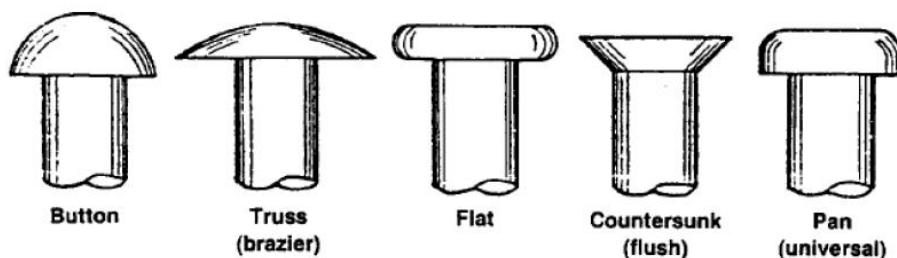
2.5 Furação

Menegon (2011) afirma que o processo furação consiste na abertura de furos de diâmetros variados onde serão fixados os rebites para obter a união das peças metálicas que posteriormente formará a fuselagem da aeronave. O início das furações é realizado com brocas de pequeno diâmetro, em seguida os furos são alargados de acordo com a característica do rebite que deverá ser utilizado na rebitagem. O alargamento de um furo pode necessitar a utilização de vários tipos de brocas, com isso a furação é uma tarefa que requer muita precisão, tempo e habilidade operacional durante esta operação. Após a operação de furação, as peças são desmontadas para que sejam retiradas as rebarbas metálicas dos furos e limpeza das peças.

2.6 Escareação

Afirma Menegon (2011) que dependendo da região da fuselagem, é necessário realizar o processo de escareação, que tem por finalidade de acomodar corretamente a cabeça do rebite, de modo a eliminar as saliências na fuselagem da aeronave. A escareação é um processo executado na parte externa da fuselagem e tem como finalidade diminuir o arrasto aerodinâmico causado pelas saliências da cabeça dos rebites.

Figura 3 - Tipos comuns de cabeças de rebites convencionais



Fonte: NASA, 1990.

2.7 Selagem interface

Antes de iniciar a rebitagem, os operadores executam o processo de selagem interface, que consiste na aplicação manual de selante nas peças que serão unidas pelo processo de rebitagem, ou seja, a sua cravação definitiva. A selagem de interface impede a passagem de ar

ou líquidos entre as partes metálicas fixadas, o que poderia comprometer a resistência estrutural da aeronave (MENEGON, 2011).

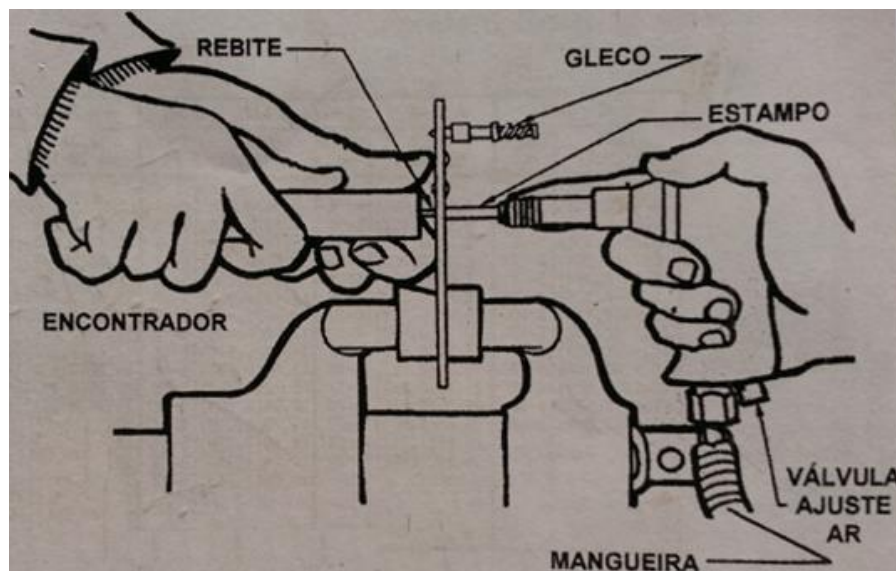
2.8 Rebitagem manual

A rebitagem manual é um processo de manufatura muito utilizado na indústria aeronáutica e é caracterizado pela instalação de prendedores para unir partes. Os prendedores usados neste processo são classificados como de fixação definitiva (MENEGON, 2011).

No processo de rebitagem manual, são utilizados alguns componentes básicos como:

- a. Martelete: equipamento pneumático utilizado para conformação dos rebites, pois ele exerce uma força de deformação na cabeça do rebite;
- b. Encontrador: ferramenta utilizada para apoiar à contra cabeça do rebite durante a atuação do martelete, auxiliando na conformação do rebite;
- c. Estampo: dispositivo instalado no martelete para assentar na cabeça do rebite e prevenir danos no revestimento durante o processo de rebitagem manual.

Figura 4 - Componentes básicos para rebitagem manual de rebites



Fonte: Apostila de Chapeamento & Ajustagem – EMBRAER, 2005

Conforme apostila de Chapeamento & Ajustagem - Embraer (2005) segue os passos para realização do processo de rebitagem manual:

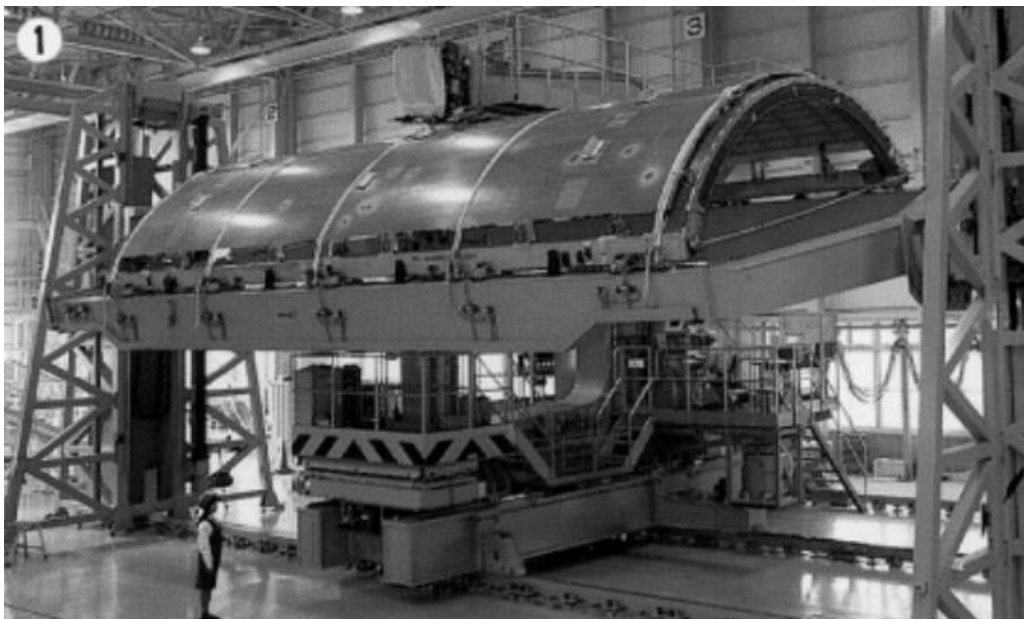
- a. Selecionar o martelete e o encontrador;
- b. Selecionar o estampo que será a ferramenta que irá apoiar na cabeça do rebite;

- c. Assegurar que as superfícies do estampo e do encontrador estejam lisas e polidas;
- d. Encostar o estampo no rebite e acionar suavemente o martetele para o rebite assentar na junta. Quando o operador perceber que o encontrador reage com força de resistência, acionar o martetele com pouca potência, aumentando-a progressivamente até que o rebite esteja conformado;
- e. Avaliar se a contra cabeça está com as dimensões conforme norma.

2.9 Rebitagem automática

Rebitadoras automáticas são utilizadas para instalar rebites na estrutura da aeronave, desde que ambos os lados são facilmente acessíveis. Elas são aplicáveis para os subconjuntos que tenham geometria mais planas, como a asa e os painéis da fuselagem. Estas máquinas automáticas tem uma estrutura em forma de “C” que possibilita acessar locais da fuselagem durante o processo de instalações dos rebites. As rebitadoras têm cabeçotes com várias ferramentas que podem furar, escarear, lubrificar, instalar e conformar os rebites (CASE STUDY OF AIRCRAFT WING MANUFACTURE, 2003).

Figura 5 - Rebitadora automática instalando rebites em uma fuselagem



Fonte: Case Study of Aircraft Wing Manufacture, 2003.

O trabalho de cravar estes rebites manualmente é cansativo e barulhento e é uma das principais atividades de alto custo na fabricação de aeronaves, por isso as indústrias aeronáuticas estão utilizando cada vez mais as rebitadoras automáticas.

As máquinas de rebite automática têm maior produtividade e qualidade superando as operações realizadas manualmente (DINIZ, 1999).

Além da intensidade do ruído ser bem menor, a rebitadora automática traz conforto durante as suas operações. Utilizar a rebitadora automática é um salto em termos de tecnologia (REVISTA BANDEIRANTE, 1996).

Uma das vantagens utilizando a rebitadora automática é eliminação do homem durante o processo de rebite e também a quantidade de rebites instalados por hora na estrutura da aeronave (REVISTA BANDEIRANTE, 2001).

Segundo Jamshidi et al. (2009), os sistemas automáticos como, por exemplo, máquinas automáticas e robôs, vêm substituindo gradativamente a mão de obra humana nos processos de fabricação e montagem aeronáutica, pelo fato de serem mais eficientes e garantir o produto final com melhor qualidade.

A automação aumenta a precisão e melhora a qualidade, consideram aplicações que envolvem a melhoria da segurança, ergonomia ou no ambiente de trabalho. Também considera a capacidade de reduzir custos e conquistar novos negócios. O uso de robôs e máquinas automáticas tem sido um fator chave para a competitividade (MCMILLIN, 2012).

De acordo com a Pintec - Pesquisa Industrial Inovação Tecnológica (2015) do IBGE, aquisição de máquinas, equipamentos e hardware especificamente comprados para a implementação de produtos ou processos novos ou aperfeiçoados. Podem ser identificados três casos:

- a. Instalação das máquinas e equipamentos que melhoram substancialmente o desempenho tecnológico da empresa é uma inovação de processos;
- b. Instalação de máquinas e equipamentos que não melhoram o desempenho tecnológico da empresa, mas que são necessárias à implementação de produtos novos;
- c. Aquisição de máquinas e equipamentos ainda que modernas e mais avançadas em relação aos modelos anteriores, que não estejam diretamente ligadas à inovação de processo e de produto não devem ser consideradas como inovação de processo, uma vez que estas não contribuem para a melhoria tecnológica de processo e/ou de produto.

Segue alguns modelos de rebitoras automáticas em atividades:

Figura 6 - Fuselagem sendo cravada pela Rebitadora Automática Gemcor



Fonte: GEMCOR.COM, 2014.

Figura 7 - Parque de Rebitadoras Automática



Fonte: GEMCOR.COM, 2014.

Figura 8 - Rebitadora Automática G2000 C-Frame



Fonte: GEMCOR.COM, 2014.

Figura 9 - Rebitadora Automática Brotje IPAC



Fonte: BROETJE-AUTOMATION.DE, 2014.

Figura 10 - Rebitadora Automática Brotje ISAC



Fonte: BROETJE-AUTOMATION.DE, 2014.

Figura 11 - Rebitadora Automática Brotje CPAC



Fonte: BROETJE-AUTOMATION.DE, 2014.

Para painéis simples e de grandes dimensões, são utilizadas as rebitoras automáticas em forma de “C” que é conhecida como sistema C-frame, elas são montadas sobre trilhos que percorrem o comprimento da peça. Um cabeçote ferramenta suporta temporariamente o conjunto a ser montado para junto da peça, de modo a garantir o posicionamento adequado durante a instalação do prendedor permanente (CASE STUDY OF AIRCRAFT WING MANUFACTURE, 2003).

2.10 Motivos para investir em automação

Segundo Goeking (2010, p. 76), afirma que as principais vantagens da automação consistem em produzir mais produtos, em menor tempo e com maior qualidade, com a menor intervenção humana possível.

Também o mesmo autor destaca-se que é possível aperfeiçoar os processos usando os equipamentos responsáveis pela produção, de forma a obter seu melhor rendimento e diminuir a carga em horários de ponta, quando a energia é mais cara, e diminuir os gastos com a concessionária.

A *Fanuc robotics* relaciona algumas vantagens para investir em automação:

- a. Aumento da produtividade: uma linha automatizada bem desenhada irá aumentar o rendimento da linha de produção. As máquinas e equipamentos automáticos são mais rápidos do que nunca, com um movimento de alta precisão e repetitividade. Soluções de robótica também eliminam a variabilidade dos ciclos que contém muito por depender do fator humano;
- b. Melhoria da qualidade do produto: a implementação de um processo produtivo altamente repetitivo através da automação ou da robótica, gera um impacto direto sobre os custos envolvidos, reduzindo os defeitos de qualidade. O custo total da não qualidade é normalmente uma das maiores perdas em uma indústria, sendo assim a automação elimina a variabilidade inerente dos processos controlados pelo ser humano;
- c. Integração entre a produção enxuta e automação é o principal fator para o crescimento sustentável: identificando os desperdícios e eliminando as atividades que não agregam valor ao produto, estão se tornando comum na maioria dos ambientes de produção. O uso da automação com os princípios da produção enxuta é o melhor investimento que as indústrias e fabricantes de

hoje podem fazer para eliminar os desperdícios e aumentar o crescimento e a rentabilidade;

- d. Aumento da flexibilidade com a robótica: as células robotizadas do passado exigiam uma grande dose de engenharia e eram dedicadas a um único processo ou produto. Devido a isso, muitos processos de produção não tinham volume para justificar uma célula robótica. Com as inovações modernas, as células robóticas de hoje podem ser muito mais flexíveis, permitindo mais processos a serem combinados ou produtos diferentes para uma mesma célula. Uma vez programada, a célula poderá até alternar entre os processos de forma autônoma;
- e. A competitividade é automatizar: as melhores empresas estão atualmente investindo em automação com o foco de reduzir ainda mais os custos, ganhando novos mercados e assim aumenta a rentabilidade.
- f. Redução dos custos operacionais: o uso da robótica e automação reduz os custos diretos e indiretos da fabricação. Isso pode ajudar a identificação e justificação dos projetos, analisando para ambas as aplicações e também para o impacto financeiro;
- g. Redução do custo da tecnologia: assim como reduziu o preço dos eletroeletrônicos, o preço da automação industrial é muito menos dispendioso do que era há 10 anos. Em algumas indústrias, a automação e a robótica podem ainda parecer fora de alcance, mas com uma boa análise revela frequentemente soluções com um retorno financeiro de 18-24 meses, ou menos.
- h. Facilidade de integração na menor capacidade: frequentemente muitas das empresas passam por períodos de redução na produção, e por isso não fazem investimento para o futuro. Entretanto, quando sua produção aumenta, busca-se ajustarem com a implementação de melhorias para atender a plena produção requerida. O correto seria utilizar o período de baixa produção para melhorar sua eficiência e capacidade, planejando para o retorno econômico;
- i. Facilidade no financiamento: as linhas de financiamento facilitam os valores em crédito para as empresas, um aumento e ajuda significativa em relação ao que era praticado no passado.

2.11 Riscos a saúde no trabalho durante a operação de rebitagem manual

De acordo com Secchin (2007), o trabalho de montagem estrutural de aeronaves é caracterizado pela realização cíclica de processos básicos de posicionamento de peças, furação, escareação e cravação, com ciclos de trabalhos longos.

Como relatado por Souza (2008) o processo de trabalho na montagem estrutural aeronáutica está associado ao desenvolvimento de sintomas osteomusculares no trabalho. As formas de adoecimento no trabalho, por sua vez, associam-se a determinadas características das tarefas realizadas.

Os riscos a saúde relacionada ao trabalho de montagem de aeronaves abordam os problemas relacionados com o uso intensivo de ferramentas manuais de potência, tais como os martelletes pneumáticos, como, por exemplo, a operação de rebitagem manual. O mecanismo de acionamento dessas ferramentas gera vibração que é transmitida aos membros superiores do trabalhador e seu uso por período de tempo prolongado está relacionado ao desenvolvimento de distúrbios osteomusculares ou neurológicos (Occupational Safety & Health Administration – US Department of Labour, 1992).

Figura 12 - Rebitagem manual com martelletes



Fonte: REVISTA BANDEIRANTE, 2001.

Aldien et al., (2006), relata que o termo “síndrome da vibração mão punho” é normalmente utilizado para caracterizar os sintomas associados com a exposição ocupacional a vibração desencadeada pela operação de ferramentas manuais de potência. Esses sintomas podem afetar o segmento mão punho do trabalhador e também se estender para membros superiores, como os antebraços, braços e ombros.

Boileau et al., (1994) apontaram que cerca de 50% dos operadores que trabalham com rebite manual na montagem aeronáutica desenvolvem sintomas associados ao fenômeno de Raynaud.

Segundo Ximenes (2006), conceitua que o fenômeno de Raynaud é a exposição ocupacional submetidas as altas acelerações oscilatórias e as vibrações nas mãos e nas articulações dos braços que traz efeitos neurológicos, vasculares e musculoesqueléticos, causando o empalidecimento dos dedos em virtude da ausência de vascularização, principalmente nas pontas, progredindo lentamente na direção da palma, também conhecido como "síndrome dos dedos brancos".

De acordo com Ximenes (2006), esta doença tem por base a contração dos vasos sanguíneos para determinados tecidos do corpo humano, afetando as articulações das mãos e dos braços.

Souza (2008), diz que o National Institute of Occupational Safety and Health dos EUA traçou diretrizes ergonômicas limitando os riscos relacionados à exposição à vibração em níveis superiores aos limites recomendados. As seguintes recomendações são: empreender esforços no sentido de reduzir a vibração das ferramentas, substituir ferramentas que produzam elevados níveis de vibração, detectar precocemente a presença de desordens relacionadas à vibração e instituir pausas nas operações que utilizem ferramentas com altos índices de vibração.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Foram utilizados para realização deste trabalho os seguintes materiais:

- Microcomputador com 16GB de memória equipado com software para programação e simulação CNC;
- 01 Rebitadora automática Brötje, modelo IPAC;
- 04 Rebitadoras automáticas Gemcor, modelo G86;
- 01 Rebitadora automática Gemcor, modelo G2000;
- 01 Relógio comparador milesimal, equipado com ogiva para medições dos furos realizados;
- 01 Medidor de profundidade para medição dos escareados;
- Corpos de prova de alumínio.

3.2 Métodos

Foram utilizados os métodos de análises qualitativa e quantitativa, utilizando os corpos de prova de alumínio para executar as furações e a rebitagem. Para concretizar as análises, foi realizado o levantamento dos tempos e velocidade de rebitagem, sendo que para o processo automático os dados foram extraídos do sistema de apontamento via web do qual consta todos os dados dos produtos realizados automaticamente, já o processo manual foi realizado uma cronoanálise no processo produtivo, obtendo-se assim os dados.

Posteriormente após o levantamento dos dados, foi realizada análise comparativa entre o método de rebite manual e o método automático. Também foi realizada análise estatística das furações, comprovando as vantagens do processo automático.

O estudo foi realizado em uma empresa no ramo aeroespacial localizada no interior do estado de São Paulo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obter os resultados do trabalho, foi necessário coletar e analisar os dados sobre o processo de rebite manual e processo de rebite automático. O processo de rebite manual consiste nas seguintes etapas: furação, desmontagem das peças, remoção das rebarbas metálicas das peças, limpeza, remontagem das peças e por fim a rebite manual. Na figura 13 apresentar-se todas as atividades da rebite manual e que através do fluxograma foi possível identificar as seis atividades necessárias para que um rebite seja instalado.

Figura 13 - Fluxograma processo de rebite manual



O processo de rebite automático consiste em apenas duas etapas: processo de furação e rebite conforme ilustrado na figura 14.

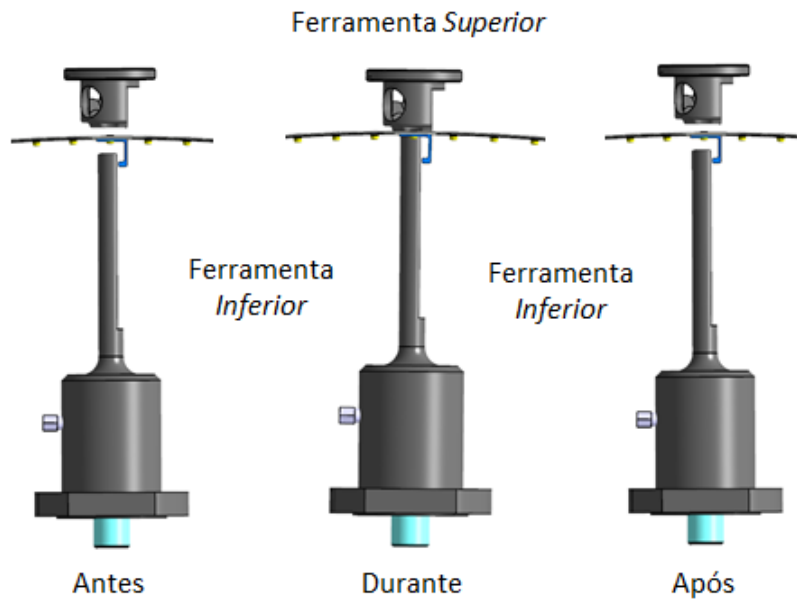
Figura 14 - Fluxograma processo de rebite automática



No fluxograma apresentado pela figura 14, nota-se que não se fazem necessárias as atividades de desmontagem das peças, rebarbação, limpeza e remontagem, pois durante o

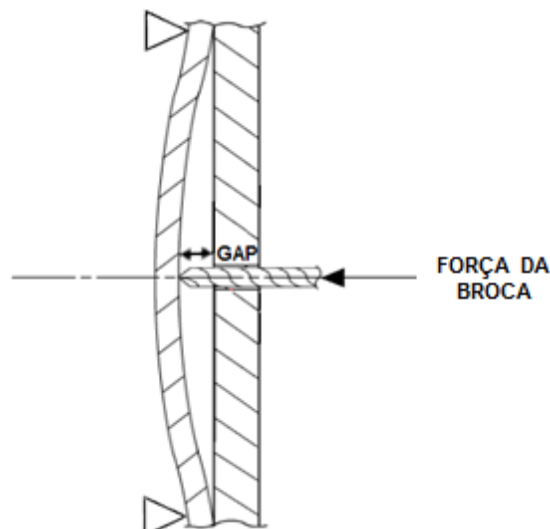
processo automático a rebitora exerce uma força controlada impedindo o surgimento de rebarbas entre as peças, conforme visto na figura 15.

Figura 15 - Etapas do processo de rebiteagem automática



Durante a rebiteagem automática, a ferramenta superior movimenta-se para baixo e a ferramenta inferior executa o aperto controlado entre as peças e posteriormente efetua-se a furação e rebiteagem. Já no processo de rebiteagem manual não existe a força entre as peças sendo assim é necessário executar as etapas de desmontagem das peças, remoção de rebarbas, limpeza e remontagem, isto para evitar a contaminação do selante interface que fica entre as peças.

Figura 16 - Surgimento de limalhas e rebarbas entre as peças



Outro fator importante é a quantidade de brocas que são utilizadas no processo de furação manual, pois a furação é realizada com brocas de pequeno diâmetro, em seguida os furos são alargados de acordo com a característica do rebite que deverá ser utilizado na rebitagem. O alargamento de um furo pode necessitar a utilização de vários tipos de brocas, com isso a furação é uma tarefa que requer muita precisão, tempo e habilidade operacional durante esta operação.

Já no processo automático, a furação é realizada com uma única broca, ou seja, o furo fica na condição final para receber o rebite a ser instalado. Desta forma pode-se afirmar que a quantidade de atividades do processo manual é maior que o processo automático.

A seguir será apresentada uma comparação entre o processo automático e o processo manual, alguns valores absolutos não serão apresentados, mas serão representados em percentuais que foram coletados durante o processo. Isso se deve pelo motivo do pedido da corporação em resguardar informações e números do processo produtivo da mesma.

4.1 Comparação da velocidade da rebitagem entre processo automatizado e o manual

Uma das principais vantagens do processo de rebitagem automático é a velocidade de rebitagem que é relacionada com a quantidade de rebites instalados por minuto, porém serão apresentados valores correspondentes em percentuais.

Tempo de rebitagem foi considerado somente quando a rebitadora está em operação, outras operações são desconsideradas como: o tempo de setup, intervenções operacionais como limpeza de ferramentas, medições dos furos e dos rebites instalados, tempo com manutenção corretiva, preventiva e preditiva, tempo de rebitagem de novos produtos e quando há alguma alteração no programa CNC (Controle Numérico Computadorizado) que necessita de ser testado e aprovado.

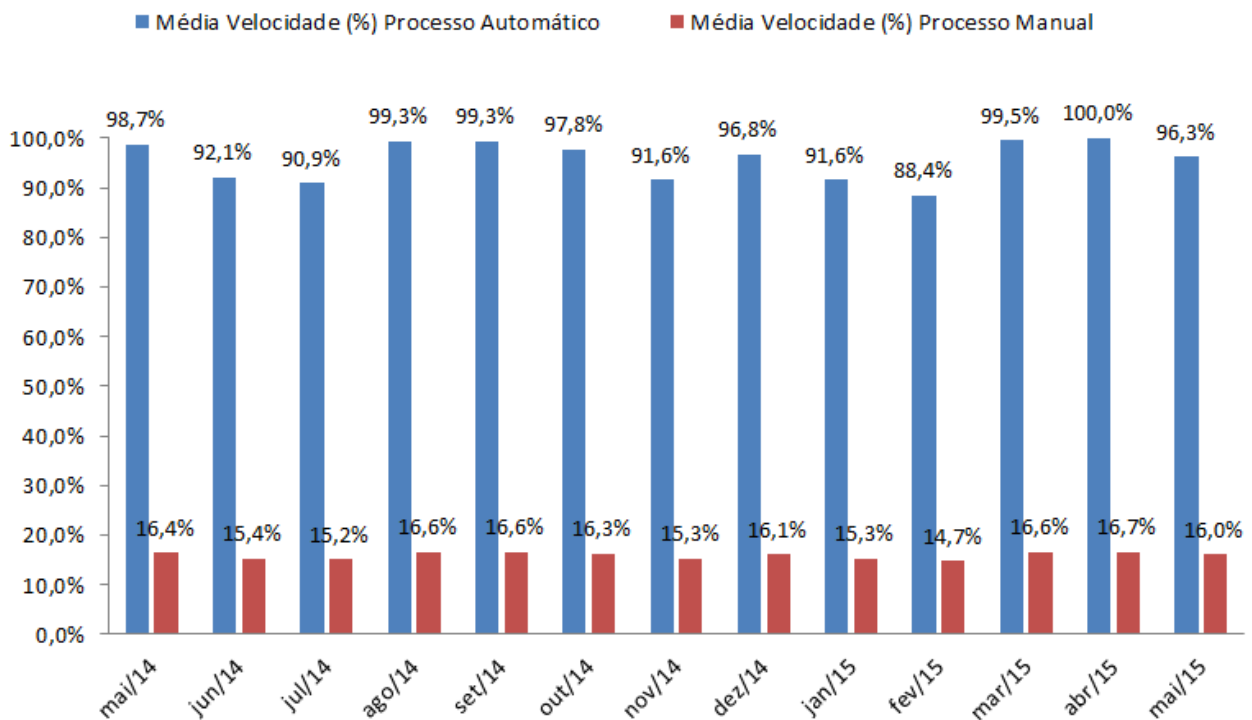
Todos os tempos mencionados acima são apontados pelos operadores no sistema de apontamentos permanecendo em uma fonte de dados facilitando as análises pela gestão e se as metas estão dentro do permitido.

Para obter a velocidade de rebitagem do processo automático foram coletadas as quantidades de rebites instalados dividido pelo tempo que a rebitadora esteve em operação em minutos, obtendo o fator de rebites por minuto. Na figura 17, a velocidade de rebitagem do processo automático em abril de 2015, que foi 100% que corresponde a 5,88 rebites por

minuto, os demais valores serão apresentados em percentuais por resguardar os dados da empresa.

Um fator importante que influencia a velocidade de rebite é a geometria do conjunto a ser rebiteado, ou seja, quando mais complexo for o conjunto mais baixa será a velocidade de rebiteagem, isso ocorre devido à rebiteadora utilizar todos os seus eixos para atingir certo ponto a ser rebiteado e quanto mais simples for o conjunto mais eficiente será a rebiteadora.

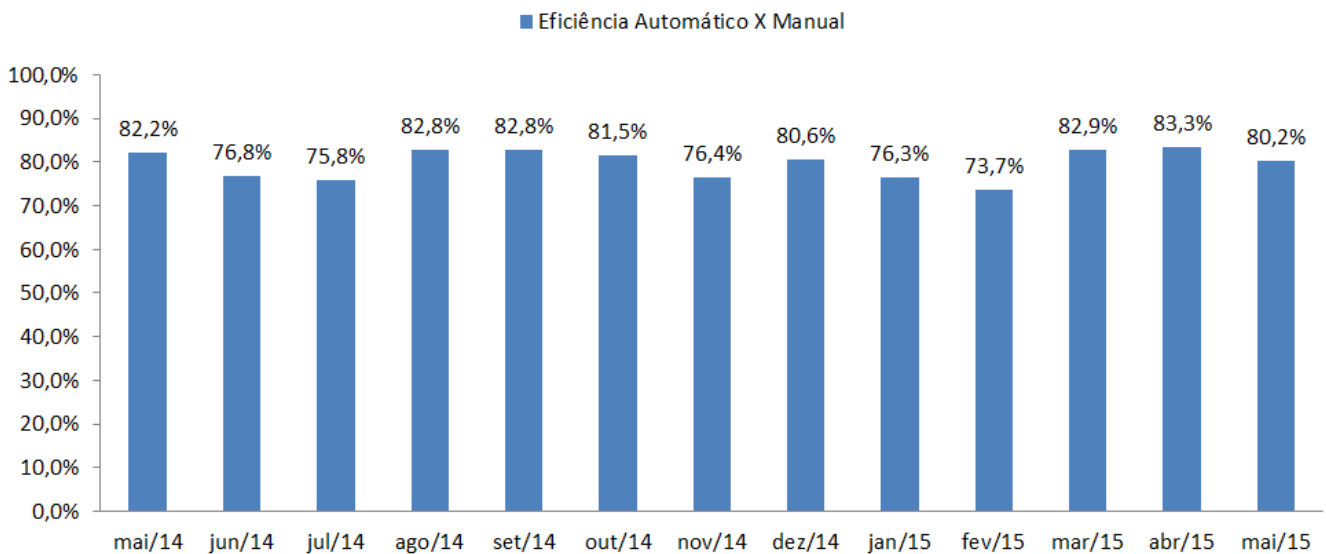
Figura 17 - Velocidade de Rebiteagem automática X manual em percentual



Nota-se no gráfico de percentual que há um ganho de velocidade do processo automático comparado com o processo manual, e que em abril de 2015 esse ganho foi de 83,3% por rebitear conjuntos de menos complexidade. Já em fevereiro de 2015 a diferença foi menor que corresponde a 73,7% por rebitear conjuntos mais complexo, mas mesmo assim fica evidenciado que a velocidade de rebiteagem automática é muito mais rápida do que a velocidade manual.

Na figura 18, observa-se a eficiência da velocidade do processo de rebiteagem automático em relação à rebiteagem manual, sendo assim essa eficiência é uma grande vantagem do processo automático tem uma enorme contribuição para atender toda a demanda produtiva.

Figura 18 - Eficiência processo automático X manual

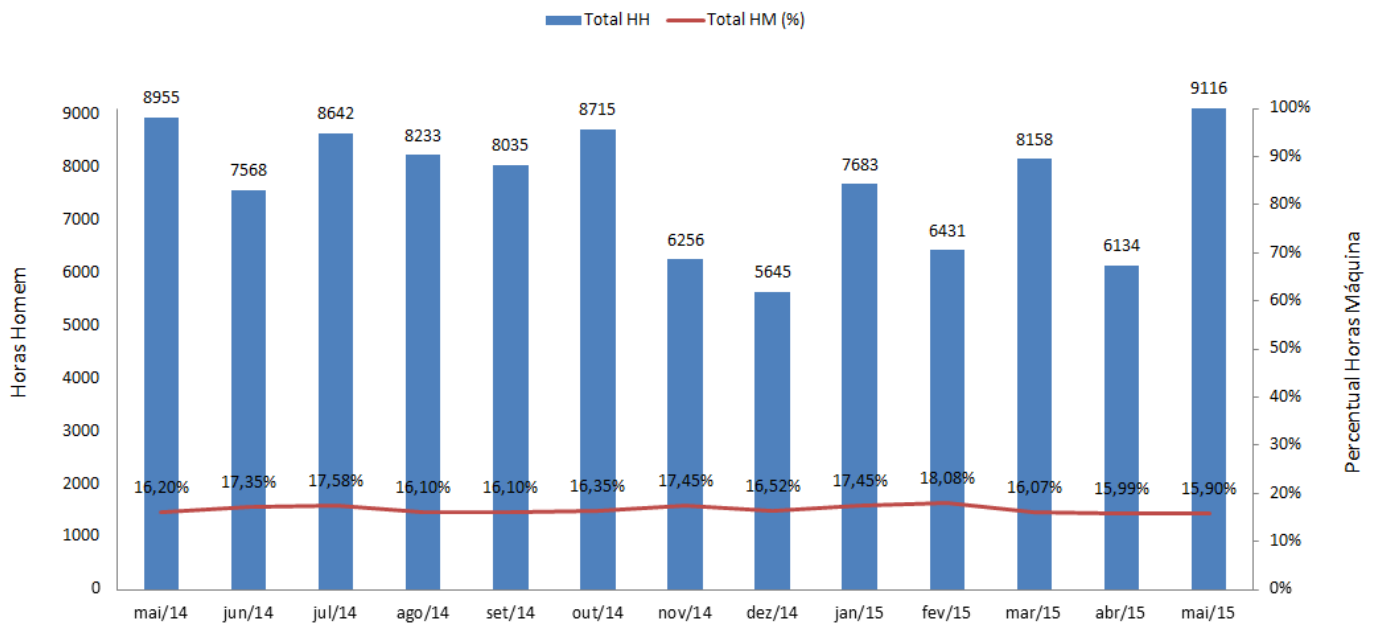


4.2 Comparação do tempo da rebitagem entre o processo automático e o manual

Uma das vantagens do processo automático é a sua velocidade de produtividade, que permite reduzir os ciclos de produção com maior eficiência para que a demanda seja atendida no prazo. Também outro aspecto importante é que atualmente as indústrias estão buscando cada vez mais automatizar seus processos para reduzir os custos com a mão de obra e aumentar a qualidade dos produtos fabricados proporcionando uma posição à frente de seus concorrentes.

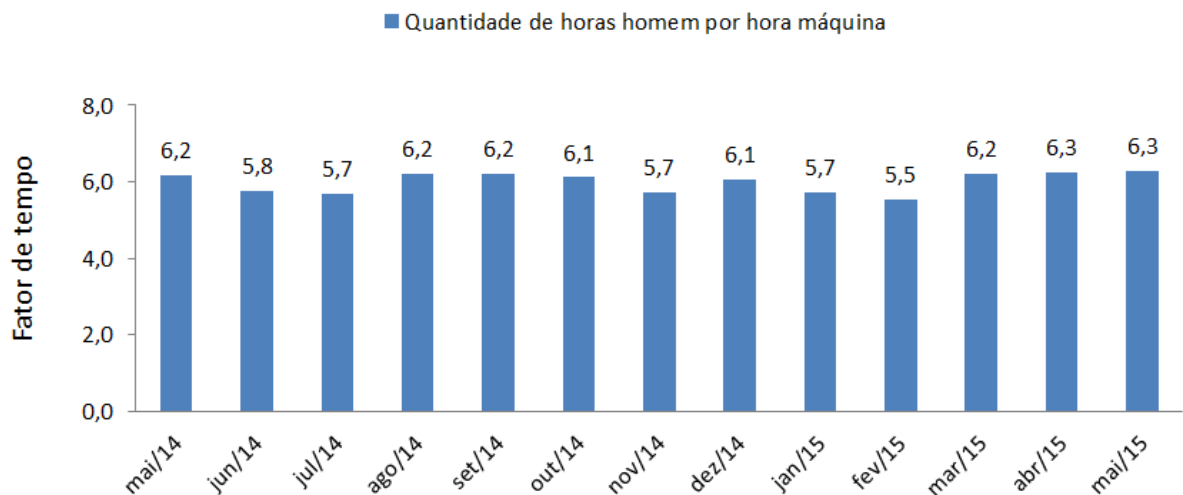
Na figura 19 demonstra uma relação de tempo entre o processo de rebitagem automático e o processo manual e nota-se que há uma variação nas horas máquina em relação às horas homem, pois esta variação está relacionada à complexidade e acessibilidade do conjunto a ser rebitado. Para melhor interpretação do gráfico da figura 19 nota-se que existe dois eixos, um corresponde aos valores de horas homem (HH) que estão em valores reais e o outro corresponde às horas máquina que estão em percentuais. Assim pode-se afirmar que em maio de 2015 foi consumido apenas 15,90 % em relação 9116 horas homem.

Figura 19 - Horas Máquina (%) X Horas Homem



Na figura 20 foi demonstrada uma relação da quantidade de vezes em horas entre o processo manual e o automático, assim pode-se observar que em média para cada 06 horas homem foi necessário apenas 01 hora máquina, chegando a um fator médio de tempo de 6:1.

Figura 20 - Fator de tempo



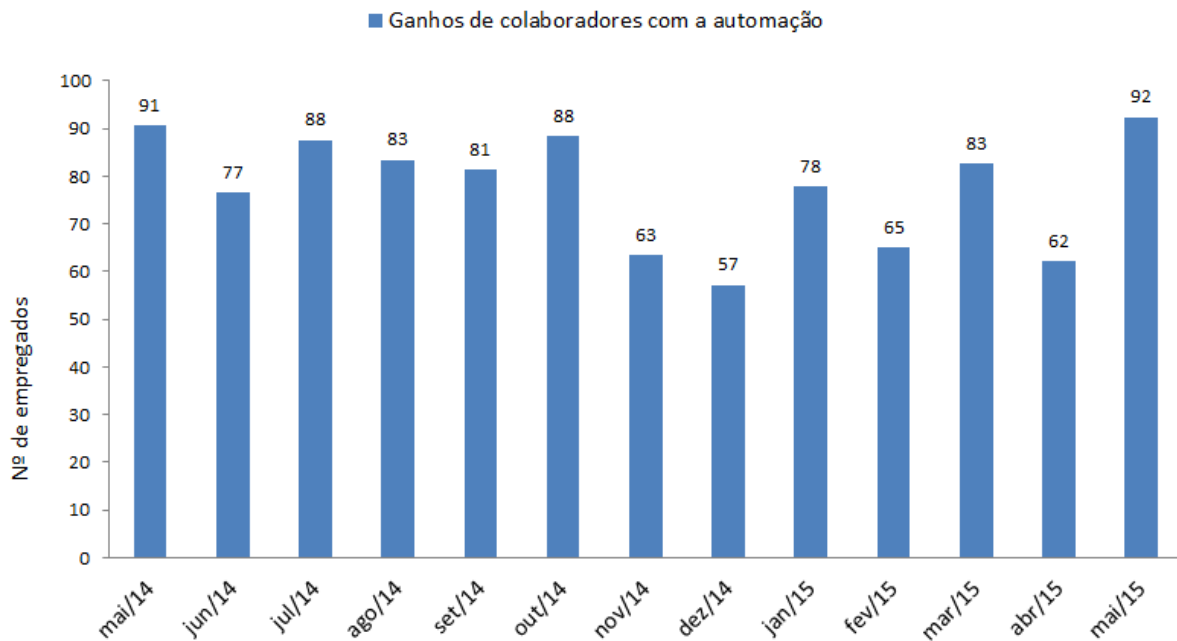
4.3 Ganhos de colaboradores com a automação

A quantidade de colaboradores que foram necessários para realizar o mesmo trabalho que o processo automático foi obtido através da quantidade de rebites executados mensalmente pelas horas úteis por colaborador. Do tempo total disponível mensal foram

consideradas 141 horas úteis, e que 70% das horas foram utilizadas para rebite manual e 30% foram horas atribuídas para outras atividades.

Na figura 21 observa-se que a quantidade necessária de colaboradores é relativamente proporcional à quantidade de rebites executados no período, ou seja, quanto maior o número de rebite manual, maior será a quantidade de colaboradores necessários.

Figura 21 - Ganhos de colaboradores obtidos com a automação



Horas úteis mensais por colaborador = (141 horas * 70%) = 98,7 horas

De acordo com a demanda e o modelo dos aviões que foram fabricados existe uma variação de colaboradores de cada período. No período de maio de 2014 houve um ganho de 91 colaboradores, já em dezembro de 2014 o ganho foi de 57 colaboradores, isso devido à diferença da quantidade de rebites executados.

Um ponto importante a ser observado foi que durante o processo de implantação da automação não houve redução na quantidade de colaboradores, mas sim remanejamento dos colaboradores para outros setores.

4.4 Capabilidade do processo automático e o processo manual

De acordo com Spiring (1997 citado por Collin; Pamplona, 1997, p. 02) aponta o índice de capabilidade (C_p) como a medida mais comum de capabilidade. Capabilidade do

processo mede a dispersão permitida do processo pela medida da real dispersão do processo. É uma medida da performance potencial do processo. É definido por:

$$C_p = \frac{\text{dispersão permitida do Processo}}{\text{dispersão real do processo}} = \frac{LSE - LIE}{LSC - LIC}$$

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 \text{ SIGMA}}$$

Onde:

LSE: Limite Superior de Especificação;

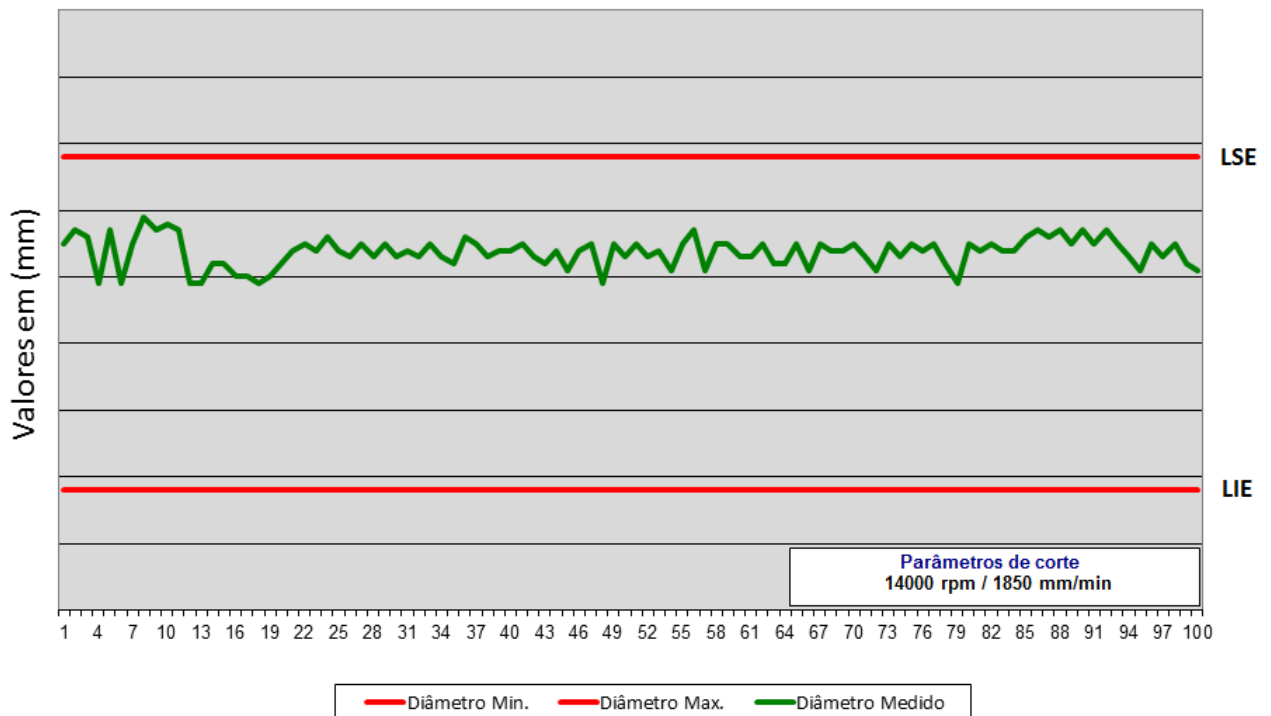
LIE: Limite Inferior de Especificação;

LSC: Limite Superior de Controle;

LIC: Limite Inferior de Controle.

Na figura 22, será apresentada a análise comparativa entre o processo manual e o automático, sendo que o LSE corresponde ao diâmetro máximo do furo especificado pela norma e o LIE diâmetro mínimo do furo especificado pela norma. Ambos os casos foram analisadas 100 amostras e os limites máximo e mínimo são os mesmos.

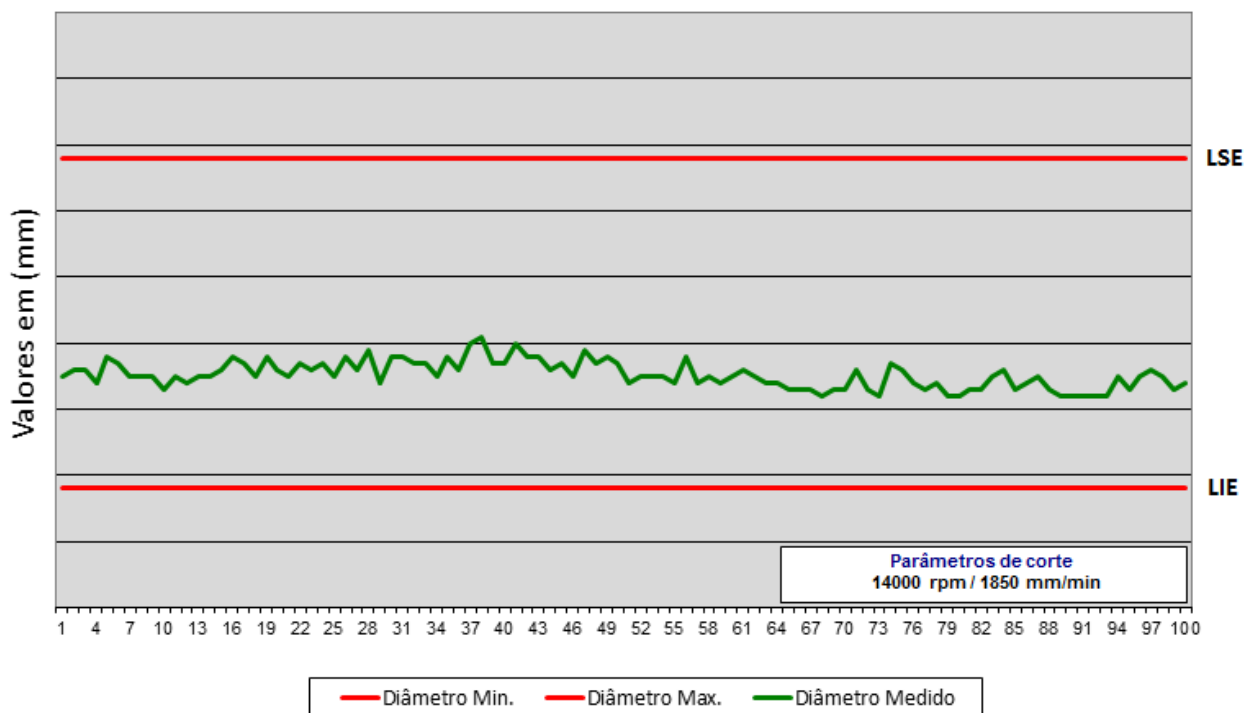
Figura 22 - Processo Manual



Conforme analisado o gráfico acima (Processo Manual), os valores encontrados estão dentro dos limites permitidos por norma, porém acima da média, mas apresenta-se capaz. O resultado do Cp desta amostra foi de 3,71.

Já o processo automático também está com os valores encontrados dentro das especificações, porém minimamente abaixo da média, resultando no Cp de 4,04. Assim o processo também se apresenta capaz e é considerado melhor, já que no processo manual pode ocorrer alguma anomalia alargando o furo sendo necessária abertura de não conformidade.

Figura 23 - Processo Automático



4.5 Exposição ao Risco Ergonômico

Considerando a utilização do processo de rebitagem automática substituindo o processo de rebitagem manual, nota-se que a exposição à vibração, mencionado na revisão da literatura como uma das causas de maior preocupação em provocar danos à saúde do operador com relação aos distúrbio-osteomusculares e também a “síndrome dos dedos brancos” não existirá mais, pois os operadores expostos a esse risco foram remanejados para outros processos.

A preocupação com a saúde do trabalhador é uma das características muitíssimo importante, pois alguns danos provocados pela exposição da vibração causada pela atividade

de rebite manual podem ser irreversíveis, afastando o operador definitivamente de processos manuais, tanto nas atividades laborais, como também em atividades domésticas em alguns casos mais graves e também a perda da sensibilidade das pontas dos dedos devido à ausência de vascularização provocada pela vibração sobre as mãos.

A figura 21 também pode ser entendida como números de colaboradores que não estão mais sendo expostos a essas vibrações e assim ausentando-se de riscos ergonômicos causados pelo processo de rebite manual.

Na figura 24 e 25 mostra que no processo de rebite manual além de existir a exposição da vibração também há o esforço físico de empurrar uma ferramenta contra outra, e que isso haverá implicações de biomecânica como os desvios de punho e ombros. Nota-se também que o tempo de carregamento das ferramentas foi eliminado, uma vez que este processo pode ser substituído pelo processo de rebite automática.

Figura 24 - Rebite manual com martetele e barra de encontrar



Fonte: REVISTA BANDEIRANTE, 2001.

Os estudos sobre DORT's (Distúrbio Osteomuscular relacionado ao trabalho) indicam que exigências de força de pega elevada, especialmente com desvios de pulso e com altas concentrações de pressão, estão ligadas com o desenvolvimento de doenças na mão, tais como a síndrome do túnel do carpo. (COSTA, 2009).

Figura 25 - Utilização de martetele pneumático



Fonte: REVISTA BANDEIRANTE, 2001.

5 CONCLUSÕES

Após a realização do trabalho e várias análises, pode-se concluir que a automação trouxe várias vantagens para o processo produtivo como: maior eficiência em relação à velocidade de rebitagem em média de 79,6%, redução de tempo médio de 83,33%, aumento da qualidade superando o índice de capacidade do processo de 3,71 para 4,04, eliminação de atividades que não agregam valor ao produto que são a desmontagem das peças, remoção das rebarbas entre as peças ou chapas, limpeza e remontagem das peças, e redução ao risco ergonômico. Assim todas estas vantagens contribuíram com a redução de custos aumentando a lucratividade da empresa.

Um dos principais motivos para a substituição do processo manual para o automático foi devido à eliminação da exposição à vibração, ou seja, a empresa envolveu esforço para evitar danos à saúde do operador contribuindo para uma melhor ergonomia.

A automatização do processo também proporcionou para empresa vantagem competitiva, ou seja, conseguir atender a alta demanda entregando o produto para o cliente no prazo, mantendo a confiabilidade dos clientes. Também além de ser um grande diferencial no processo de fabricação a empresa tem o poder de avançar a frente dos concorrentes neste mercado altamente competitivo.

REFERÊNCIAS

- ALDIEN, Y. et al. Influence of hand-arm posture on biodynamic response of the human hand-arm exposed to zh-axis vibration. **International Journal of Industrial Ergonomics**. Disponível em: < <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169814105001095> >. Acesso em: 23 out. 2014.
- BANDEIRANTE, **Informativo mensal para os empregados da Embraer**. São Paulo, p. 4, 1996.
- BANDEIRANTE, **Informativo Embraer para o Brasil e exterior**. São Paulo, p. 31, 2001.
- BARBOSA, G. F. **Desenvolvimento de um modelo de análise para implantação de automação na manufatura aeronáutica, orientado pelos requisitos das metodologias de Projeto para Excelência (DFX - Design for Excellence) e Produção Enxuta (Lean Manufacturing)**. 2012. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- BARROS, H. L. **Santos Dumont: o homem voa!**. Editora Contraponto. Rio de Janeiro, 2002.
- BOILEAU, P. et al. **Les vibrations engendrées par les marteaux-riveteurs dans l'assemblage aérospatial**. Montréal, 1994.
- BOZZI FILHO, M. **Resenha sobre o texto Inovações nas organizações empresariais**. Instituto de Educação Tecnológica. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: < http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/422 >. Acesso em: 23 ago. 2014.
- BROETJE-AUTOMATION. Drilling & Fastening. Disponível em: < <http://www.broetje-automation.de/en/solutions-customer-benefit/equipment/automated-assembly/drilling-fastening/> >. Acesso em: 10 nov. 2014.
- “Case Study of Aircraft Wing Manufacture,”** 2003. Disponível em: < http://www.oup.com/us/static/companion.websites/9780195157826/Chapter_19.pdf >. Acesso em: 25 out. 2014.
- COLLIN, L. D.'OLIVEIRA; PAMPLONA, E. OLIVEIRA. **A utilização da função Perda de Taguchi na prática do Controle Estatístico de Processo**. Escola Federal de Engenharia de Itajubá-IEM/DPR, 1997.
- COSTA, W. C. F.; SOUZA, V. C.; CAMAROTTO, J. A. **Concepção de artefatos sob a ótica da teoria da atividade: um estudo em situações de trabalho**. In: XVI SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, 2009, Bauru. XVI SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, 2009.
- EMBRAER. Apostila de Chapeamento & Ajustagem. 2005

FERREIRA, M. J. B. et al. **Indústria Aeronáutica**. Relatório de Acompanhamento Setorial, Brasília, v. 1, Mar. 2008.

GEMCOR. Advanced All Electric Aerospace Fastening. Disponível em: < <http://www.gemcor.com/wp/automation-products/fuselage-fastening-systems/> >. Acesso em: 10 nov. 2014.

GERMANO NETO, D. **Definição de parâmetros para procedimento de montagem por interferência de eixo e flange**. Panambi, 2012. Disponível em: < <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/596/TCC%20Douglas%20Germano%20Neto.pdf?sequence=1> >. Acesso em: 01 nov. 2014.

GOEKING, W. **Da máquina a vapor aos softwares de automação**. Editora LTC. 2. ed. São Paulo, 2010. Disponível em: < http://test.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/memoria_maio_10.pdf >. Acesso em: 30 set. 2014.

GROOVER, M. P. **Fundamentos da manufatura moderna: materiais, processos y sistemas**: 1. Ed. Naucalpan de Juarez: Pearson Educación, 1997.

GURGEL, R. G. **A força da marca como diferencial competitivo na farmácia de manipulação**. Facesi em Revista. v.5, n.2, 2013. Disponível em: < <http://www.uniesp.edu.br/facesi/facesiemrevista/downloads/numero10/artigo01.pdf> >. Acesso em: 30 ago. 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2014**. Rio de Janeiro, 2015.

JANNUZZI, P. M.; SUGAHARA, C. R. **Estudo do uso de fontes de informação para inovação tecnológica na indústria brasileira**. Ciência da Informação.v.34, n.1, 2005. Disponível em: < <http://revista.ibict.br/cienciainformacao/index.php/ciinf/article/view/618/550> >. Acesso em: 23 ago. 2014.

MARTINS, G. M. **Princípios de Automação Industrial**. Apostila Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: < http://www.ufsm.br/desp/geomar/automacao/Apostila_032012.pdf >. Acesso em: 30 ago. 2014.

MCMILLIN, M. **Robots becoming a crucial part of aircraft production**.2012. Disponível em: < <http://phys.org/news/2012-07-robots-crucial-aircraft-production.html> >. Acesso em: 08nov. 2014.

MENEGON, F. A. **Atividade de montagem estrutural de aeronaves e fatores associados à capacidade para o trabalho e fadiga**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Saúde Ambiental.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. Editora LTC. 2. ed. Rio de Janeiro, 2007.

MOTTA, R. **A busca da competitividade nas empresas**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 12-16, Mar. 1995.

NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, **Fastener Design Manual**, NASA Reference Publication 1228, Washington, USA, 1990.

Occupational Safety & Health Administration – US Department of Labour. **Ergonomic Report – SIC CODE 9711**. Albuquerque, 1992.

PARETO, L. **Formulário de elementos de máquinas**. Barcelona: Editora Hemus, 2003. 239p.

RIBEIRO, M. A. **Automação Industrial**: 4. Ed. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 1999.

SECCHIN, V. M. D. S. **Implicações da organização da produção e do trabalho na atividade dos montadores estrutural**. 2007. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

SEITZ, F.; STEELE, L. W. **The competitive status of the U.S. civil aviation manufacturing industry**. A Study of the Influences of Technology in Determining International Industrial Competitive Advantage. Washington DC, National Academy Press, 1985.

SOUZA, T. O. **Construção e formalização do saber em montagem estrutural de aeronaves**. 2008. 182f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

TIGRE, P. B. **Gestão da Inovação**: A economia da tecnologia no Brasil. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

XIMENES, G. M. **Gestão ocupacional da vibração no corpo humano, aspectos técnicos e legais relacionados à saúde e segurança**. 2006. 157f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.