



**Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba
Escola de Engenharia de Piracicaba
Curso de Engenharia Mecânica**



Guilherme Peixoto Rocha

**Confecção de um dispositivo mecânico para montagem de
mini-quadros utilizados em peneiras vibratórias.**

Piracicaba
2015

Guilherme Peixoto Rocha

**Confecção de um dispositivo mecânico para montagem de
mini-quadros utilizados em peneiras vibratórias.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia de
Piracicaba como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Marcelo Eurípedes da Silva

Piracicaba
2015

Guilherme Peixoto Rocha

Confecção de um dispositivo mecânico para montagem de mini-quadros utilizados em peneiras vibratórias.

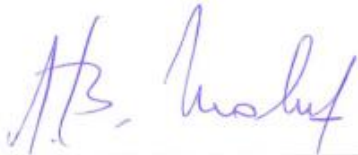
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia de Piracicaba como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Piracicaba, 05 de dezembro de 2015

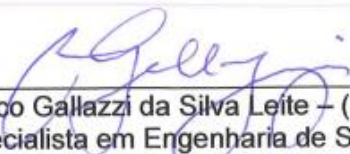
Banca Examinadora:



Marcelo Eurípedes da Silva – (Presidente)
Mestre em Engenharia Mecânica
Escola de Engenharia de Piracicaba



Aristides Bobroff Maluf – (Membro)
Doutor em Engenharia Mecânica
Escola de Engenharia de Piracicaba



Bianco Gallazzi da Silva Leite – (Membro)
Especialista em Engenharia de Soldagem
Escola de Engenharia de Piracicaba

Dedico este trabalho aos meus pais Geraldo Rocha Filho e Lucilene Peixoto dos Santos Rocha, ao meu irmão Gustavo Peixoto Rocha e a todos os meus familiares.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a todos os que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho, em especial:

Ao meu orientador Prof. Marcelo Eurípedes da Silva, sem o qual esta pesquisa não existiria.

A todos os professores e também ao Coordenador do curso de Engenharia Mecânica Hamilton Fernando Torrezan, pela competência e dedicação no decorrer do curso e também deste trabalho, além da oportunidade de crescimento a mim proporcionada, meus sinceros agradecimentos.

A todos os meus amigos, que me aguentaram ao longo desses cinco anos.

Aos meus pais, Geraldo Rocha Filho e Lucilene Peixoto dos Santos Rocha que sempre me apoiaram ao longo dessa jornada.

Gostaria de agradecer a PAINCO S/A, por ter possibilitado o estudo de caso e por ter liberado os dados para a elaboração do mesmo.

E por fim gostaria de agradecer a Deus, que durante toda minha vida tem me acompanhado e ajudado nos momentos mais difíceis.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá. ”

Ayrton Senna

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o estudo e construção de um dispositivo flexível para montagem, de quadros utilizados em peneiras vibratórias. O dispositivo foi desenvolvido a fim de melhorar os resultados dimensionais, otimizar o processo produtivo. Reduzindo os tempos de fabricação e de setup da peça em questão. Os dispositivos foram fabricados seguindo conceitos teóricos para localização da peça e para utilização de grampos adequados para prender e localizar a peça em questão. Conceitos para redução dos tempos de fabricação da peça também foram utilizados para a fabricação dos dispositivos. Apresentam-se conceitos e características de dispositivos mecânicos.

Palavras-chave: Dispositivo mecânico. Montagem. Produção enxuta.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Exemplo uma morsa que é um dos mais elementares dispositivos.	18
Figura 2: Exemplo de DFP complexo para fixação de suportes.....	19
Figura 3: Exemplo de análise pelo Método dos Elementos Finitos.	20
Figura 4: Fatores iniciais na seleção de um dispositivo.	22
Figura 5: Direções nas quais a peça de trabalho pode se movimentar.....	23
Figura 6: Os seis pinos restringindo nove graus de liberdade.....	24
Figura 7: Localização de peça plana.....	25
Figura 8: Suportes Fixos.	26
Figura 9: Suportes ajustáveis com rosca.	26
Figura 10: Suporte ajustável com mola.	26
Figura 11: Exemplo de suportes equalizadores.....	27
Figura 12: Pinos de localização para diâmetro pequenos.....	28
Figura 13: Localizadores para diâmetros grandes.	28
Figura 14: Exemplo de localização radial de uma peça com dois pinos.	29
Figura 15: Exemplo de um pino diamante.....	29
Figura 16: Exemplos de localização radial.....	30
Figura 17: Tipos de erros caso o princípio das posições extremas não seja respeitado.....	31
Figura 18: Representação dos doze graus de liberdade de uma peça cilíndrica.	32
Figura 19: Aplicação do método 3-2-1 em peças cilíndricas.	32
Figura 20: Combinação de pino com bloco V.....	33
Figura 21: Princípios de localização dos fixadores na peça.....	34
Figura 22: Princípios de fixação de peças.....	35
Figura 23: Exemplo de um grampo de fixação montado com mola.....	35
Figura 24: Um dos modelos de peneira vibratória em fase final de montagem.....	37
Figura 25: Quadros montados nas vigas de apoio.	38
Figura 26: Mesa furada.	39
Figura 27: Apoio flexível utilizado para montar todos os quadros.	40
Figura 28: Apoio flexível.....	41
Figura 29: Peças sobrepostas.....	42
Figura 30: Apoio com pinos localizadores.....	43
Figura 31: Dispositivo de montagem.....	43

Figura 32: Preparação do dispositivo.	44
Figura 33: Relatório dimensional do quadro 53280685500.	52
Figura 34: Relatório dimensional do quadro 53293066500.	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fatores no esquema de classificação dos sistemas de manufatura.....	15
Quadro 2: Relatório dimensional do quadro 53280685500.	45
Quadro 3: Relatório dimensional do quadro 53293066500.	46
Quadro 4: Tomada de tempo de montagem dos quadros e de setup do dispositivo.	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FUMEP: Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba

EEP: Escola de Engenharia de Piracicaba

TG: Tecnologia de Grupo

JIT: Just in Time

DFP: Dispositivo para Fixação de Peças

CAD: Projetos Auxiliados por Computador

ISO: Organização Internacional de Normalização

NBR: Norma Brasileira

CIESP: Centro das Indústrias do Estado de São Paulo

SQEP: Supplier Quality Excellence Process (Processo de Excelência da Qualidade do Fornecedor)

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	13
2 - SISTEMAS DE MANUFATURA	15
2.1 - Manufatura Celular	16
2.2 - Manufatura Enxuta (<i>Lean Manufacturing</i>).....	17
3 - DISPOSITIVOS MECÂNICOS	17
3.1 - Considerações Iniciais no Projeto de Dispositivos	21
3.2 - Método de Localização Nos Dispositivos	22
3.3 - Método de Localização 3-2-1.....	23
3.3 - Tolerâncias dos Dispositivos.....	24
3.4 - Localização Plana	25
3.5 - Localização Através de um Diâmetro Interno.....	27
3.6 - Princípios Para Localização de Pinos	30
3.7 - Localização de Peças Cilíndricas	31
3.11 - Elementos de Fixação.....	33
3.12 - Posicionamento dos elementos de fixação	34
3.13 - Grampo de Fixação	35
4 - ESTUDO DE CASO	37
4.1 – Dispositivo para Montagem das Estruturas dos Quadros.....	39
4.2 – Resultados	44
4.2.1 - Resultados Dimensionais.....	45

4.2.2 - Análise de melhoria dos processos	46
5 – CONCLUSÃO E SUGESTÃO FUTURA	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	49
APÊNDICE A – RELATÓRIO DIMENSIONAL DOS QUADROS	51

1 - Introdução

Nas últimas décadas, devido à necessidade de produzir em larga escala, as empresas com produção seriada, tiveram a necessidade de reinventar o conceito de sua linha de produção, a fim de diminuir os custos de fabricação, mantendo ou melhorando a qualidade do produto final.

A filosofia e os princípios da Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing), apresentam um importante diferencial para as empresas nos dias de hoje. Segundo Lindgren (2004) o sistema Lean Manufacturing pode ser traduzido como um conjunto de atividades que tem como meta aumento da capacidade de respostas às mudanças e a minimização dos desperdícios da produção. Esse conjunto de atividades deve estar sempre mantendo e buscando melhorias constantes de qualidade e processos, que abrangem desde o fechamento do pedido até a entrega do produto ao cliente.

Um dos pilares da Lean Manufacturing é a manufatura celular que por sua vez tem como base a Tecnologia de Grupo, criada pelo americano Flander (1925) para organizar a manufatura na Jones and Lamson Machine. A tecnologia de grupo tem sido introduzida por diversas empresas com produção em lotes, pois propõe que peças de configuração similar sejam produzidas em uma sequência padronizada.

Dentro desse contexto, por tornar viável a fabricação em lotes, são necessários os dispositivos mecânicos. Segundo Nadai (2012), a utilização de dispositivos de fabricação pode ser um diferencial em relação aos concorrentes. Pensando nesse diferencial, muitas empresas passaram a investir na fabricação de dispositivos mecânicos, elétricos, hidráulicos, entre outros, a fim de aumentar sua capacidade produtiva e além de tudo reduzir os custos de produção. Os dispositivos de fixação conseguem unir todos esses objetivos e ainda assim melhorando a qualidade do produto a ser produzido. Com o auxílio desses dispositivos de fixação, o processo produtivo das indústrias vem aumentando constantemente com o passar dos anos.

Segundo Csillag (1968), o dispositivo mecânico pode ser definido como sendo um mecanismo que prende ou fixa a peça de maneira prescrita e consistente, com uma localização exata.

De acordo com Silva (2012) a definição de Csillag (1968) pode ser ampliada, pois os dispositivos também devem garantir a tolerância de fabricação das peças, aliando-se ao ganho de produtividade. Entretanto esses dois requisitos são conflitantes e constantemente requeridos em projetos de dispositivos, sendo assim aumentando o custo do mesmo.

Pensando em amenizar esse problema, Silva (2012) ressalta que sempre deve-se analisar a possibilidade de desenvolver dispositivos flexíveis, possibilitando sua utilização na fabricação de um ou mais conjuntos e peças.

O objetivo deste trabalho é mostrar como foram feitos o desenvolvimento e a fabricação de um único dispositivo mecânico que consiga se adaptar as diferentes estruturas de quadros utilizados em peneiras vibratórias.

O presente trabalho foi estruturado da seguinte forma:

No capítulo 2 são apresentados os conceitos de manufatura enxuta.

No capítulo 3 são apresentados os conceitos de localização e fixação, exemplos de dispositivos, batedores, grampos e elementos de fixação.

Por fim no capítulo 4 está o estudo de caso, possibilitando uma visão prática de toda a teoria apresentada.

2 - Sistemas de Manufatura

No cenário atual, as exigências por qualidade, baixo tempo de produção, competitividade e flexibilidade para se ajustar aos desejos dos consumidores, estão fazendo com que as companhias tendem a aperfeiçoar seus processos de produção.

Segundo Groover (2012), os sistemas de manufatura podem ser definidos como uma coleção de equipamentos e recursos humanos integrados, cuja função é realizar uma ou mais operações de processamento e/ou montagem. Relacionando as exigências de mercado com a definição de Groover, podemos entender o quanto o aperfeiçoamento dos sistemas de manufatura é importante para as companhias.

De acordo com Groover (2012), o sistema de manufatura é classificado baseado em fatores que os definem e distinguem. São cinco fatores brevemente descritos no quadro 1.

Quadro 1: Fatores no esquema de classificação dos sistemas de manufatura.

Fator	Alternativas
Tipos de operações realizadas	Operações de processamento ou de montagem Tipos de operações de processamento ou montagem
Número de estações de trabalho	Célula com uma estação ou sistema multiestação
Layout do sistema	Para mais de uma estação, roteamento fixo ou variável
Nível de automação e apoio humano	Estações de trabalho manuais ou semiautomatizadas que exigem atenção contínua do operador ou estações totalmente automatizadas que exigem apenas atenção periódica do trabalhador
Variedade de peças ou produtos	Itens idênticos ou variações nos itens que exigem diferenças no processamento

Fonte: Groover, 2012, p.302.

Segundo Groover (2012), o *layout* do sistema está intimamente relacionado com o número de estações de trabalho, ou seja, a maneira como o sistema é arranjado. Portanto os *layouts* das estações de trabalho organizados para roteamento fixo normalmente são arranjados de maneira linear, por exemplo uma linha de produção. Enquanto *layouts* organizados para roteamento variável podem

ter diferentes tipos de configurações possíveis. Groover (2012), destaca que esses sistemas se aplicam principalmente aos sistemas com várias estações.

Analisando o quadro 1 e relacionando com o conjunto a ser desenvolvido no estudo de caso é possível definir quais os fatores e alternativas para a produção do conjunto.

2.1 - Manufatura Celular

De acordo com a Nortegubisiana Consultoria (2015), a manufatura celular é um dos mais importantes sistemas de manufaturas existentes, é a forma mais comum de produção em lotes. Devido a sua alta utilização, tem-se a necessidade de se aprimorar cada vez mais esse tipo de sistema.

A manufatura celular se baseia na Tecnologia de Grupo (TG; do inglês, *technology group*) que é uma filosofia onde grupos de peças similares são agrupados formando famílias, e estas em células de manufatura tiveram suas origens com o russo Mitrofanov (1966). A família de peças é constituída de peças que possuem similaridades de projeto e manufatura. Segundo Clímaco (2003), apenas a partir da década de 60 os conceitos da TG passaram a ser difundidos em países industrializados como Inglaterra, Alemanha, Estados Unidos e Japão.

Segundo Nortegubisiana Consultoria (2015) a manufatura celular é um dos pilares mais importantes do *Lean Manufacturing* e as principais vantagens da manufatura celular são:

- Menor ciclo de fabricação
- Redução de setup
- Redução em transporte e movimentação
- Fluxo de fabricação simplificado
- Controle de produção simplificado
- Redução de refugos e retrabalhos
- Melhoria da qualidade
- Menor número de operadores
- Menores custos.

2.2 - Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*)

O Lean Manufacturing surgiu na Toyota Motors, no Japão, pós segunda-guerra mundial. Trata-se de uma mentalidade enxuta, que surgiu devido a necessidade de seus criadores em eliminar desperdícios, de forma que sua empresa – Toyota, conseguiu brigar no mercado automobilístico de igual para igual com os fabricantes americanos, de modo específico a Ford.

Segundo Lindgren (2001) os princípios desse sistema são: “ter (e manter) os itens certos nos lugares certos, no tempo certo e na quantidade correta. ” Ainda de acordo com Lindgren (2001) o sistema Lean tem que estar voltado à melhoria continua e buscar a qualidade ótima desde a primeira unidade entregue.

Para Lindgren (2001), basicamente utilizam-se as ferramentas do Just in Time (JIT) e a filosofia do Kaizen para se combater sete desperdícios da produção:

- a) Desperdício de superprodução;
- b) Desperdício de espera
- c) Desperdício de transporte
- d) Desperdício de processamento;
- e) Desperdício de movimento;
- f) Desperdício de produzir itens/produtos defeituosos;
- g) Desperdícios de estoques.

3 - Dispositivos Mecânicos

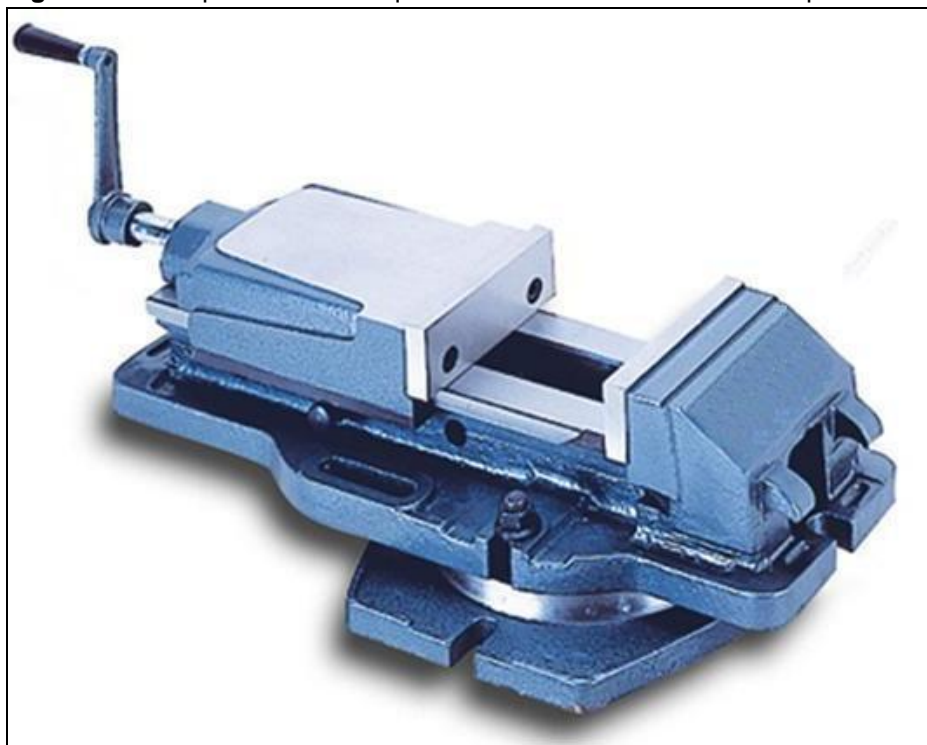
A manufatura enxuta, muito discutida atualmente como modelo de se fabricar no menor tempo possível e com a melhor qualidade, tem como ferramenta de produção os dispositivos mecânicos, conhecidos como Dispositivos de Fixação de Peças (DFPs). Esses dispositivos têm exatamente como finalidade a diminuição do tempo de fabricação, de forma até de excluir etapas do processo de produção, mantendo as condições impostas no projeto das peças/conjunto.

Os DFPs são comumente utilizados em processos de usinagem, devido ser um processo onde as tolerâncias geométricas, dimensionais são normalmente justas e, portanto, com níveis de dificuldades maiores que outros processos. Além dessas dificuldades processos de usinagem normalmente são os processos de finalização dos conjuntos, por tanto um erro nesse processo pode acarretar a perda de todo o conjunto.

Porém os DFPs também estão sendo utilizados em processos de montagem e soldagem, de forma a eliminar diversos tipos de erros de produção, além é claro de diminuir o tempo de fabricação.

Os dispositivos possuem diversos graus de complexidade, podendo ter fixações simples com a utilização de parafusos, encostos, apertos manuais, conforme figura 1. Como também podem ser supercomplexos fazendo o uso de sistemas de automação, sistemas hidráulicos e pneumáticos para a fixação, entre outras características (figura 2).

Figura 1: Exemplo uma morsa que é um dos mais elementares dispositivos.

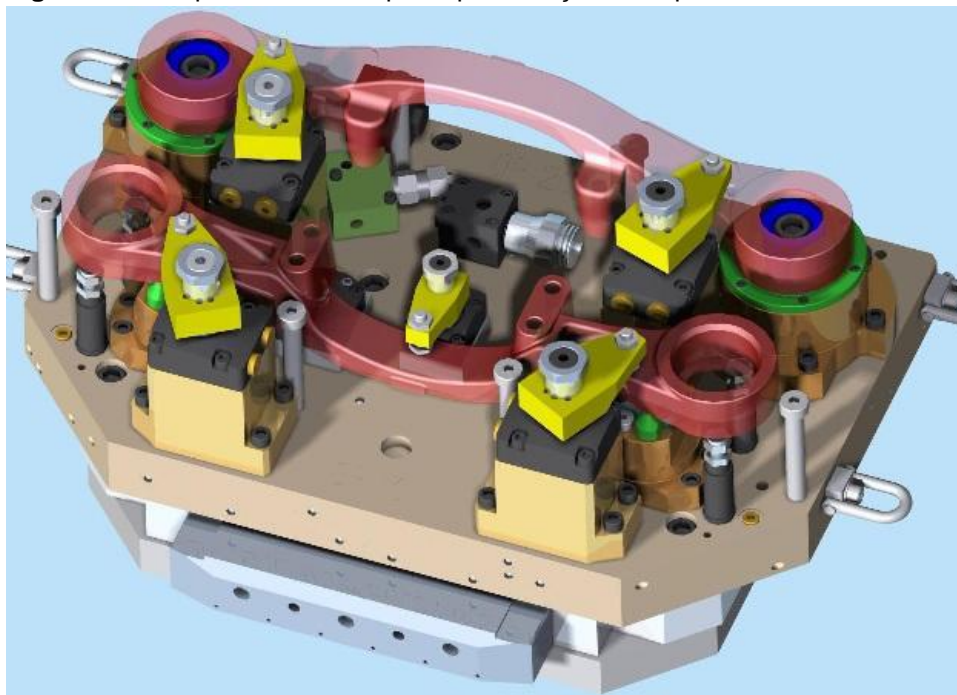


Fonte: Silva, 2012, p.8.

Segundo Csillag (1968), dispositivos mecânicos de usinagem podem ser definidos como sendo mecanismos que prendem ou fixam peças de trabalho de maneira prescrita e firme, numa localização exata, para executar uma operação de usinagem. Segundo Silva (2012), os dispositivos devem garantir a tolerância de

fabricação das peças, aliando-se também o ganho de produtividade. Essas características são conflitantes, entretanto muitas vezes requeridas, aumentando o custo do dispositivo. A definição utilizada por Csillag atende perfeitamente para processos de montagem e soldagem, assim como as características descritas por Silva.

Figura 2: Exemplo de DFP complexo para fixação de suportes.



Fonte: Silva, 2012, p.9.

Ainda segundo Silva (2012), deve-se pensar também na flexibilidade, como forma de economia, ou seja, os mesmos devem ser construídos para fixar uma família de peças, evitando trocas desnecessárias e ganhando-se em custo.

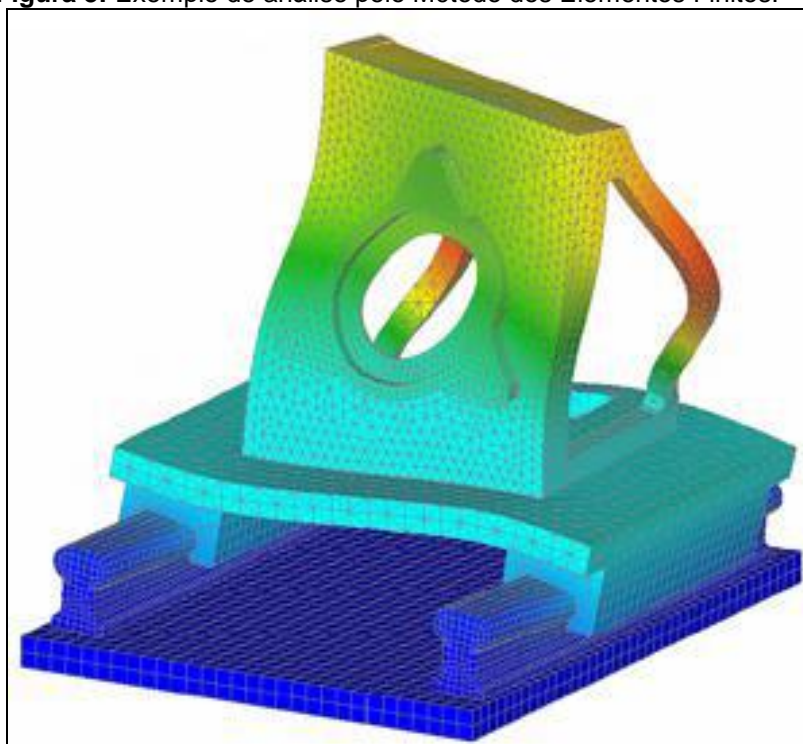
Os processos de fabricação vêm evoluindo tecnologicamente com frequência nos últimos anos em vários sentidos. Essa evolução pode ser vista nos aspectos dos equipamentos, métodos e ferramentas. Já os estudos dos DFPs para execução desses processos de fabricação ficaram em segundo plano de importância, não apresentando sustentação científica e bibliográfica, ou nem mesmo uma documentação que possa auxiliar o trabalho nesta área. (NADAI, 2012, p.20)

O projeto mecânico seja ele para qualquer fim mudou muito até os dias atuais, segundo Silva (2012) o projeto mecânico avançou do projeto em pranchetas para o Projeto Auxiliado por Computador (CAD), que a princípio surgiu como uma

ferramenta bidimensional e hoje avançou para o tridimensional, com a utilização de softwares modernos. Essa ferramenta propiciou uma análise previa do dispositivo, com o conjunto/peça de forma a facilitar erros comuns nos projetos de dispositivos, como por exemplo, a detecção de interferências entre peças.

Segundo Silva (2012), a utilização de softwares de elementos finitos tornou-se essencial para determinados projetos, principalmente em dispositivos automatizados que utilizam componentes de fixação hidráulica e pneumática, pois para utilizar esses componentes houve a necessidade de reduzir o tamanho dos elementos estruturais do dispositivo. Além dessas necessidades, softwares de elementos finitos auxiliam em projetos onde existe a necessidade de redução de peso, ou que precisam trabalhar em espaços reduzidos. A figura 3 mostra um exemplo do resultado obtido através desse tipo de análise.

Figura 3: Exemplo de análise pelo Método dos Elementos Finitos.



Fonte: Silva, 2012, p.6.

Segundo Hoffman (2004) citado por Silva (2012), atualmente a competitividade global requer que os produtos sejam desenvolvidos e entregues ao mercado em um tempo menor. Para atingir isso se deve fazer o uso da Engenharia Simultânea, cuja ideia é o inter-relacionamento das partes envolvidas no projeto desde o começo do processo, evitando assim surpresas na manufatura do produto.

Um aspecto importante a se considerar na criação de um dispositivo é o financeiro, segundo Silva (2012), já que para garantir a tolerância das peças, os dispositivos devem ser mais precisos que elas, além de ter um desgaste mínimo, esses fatores elevam o custo do dispositivo.

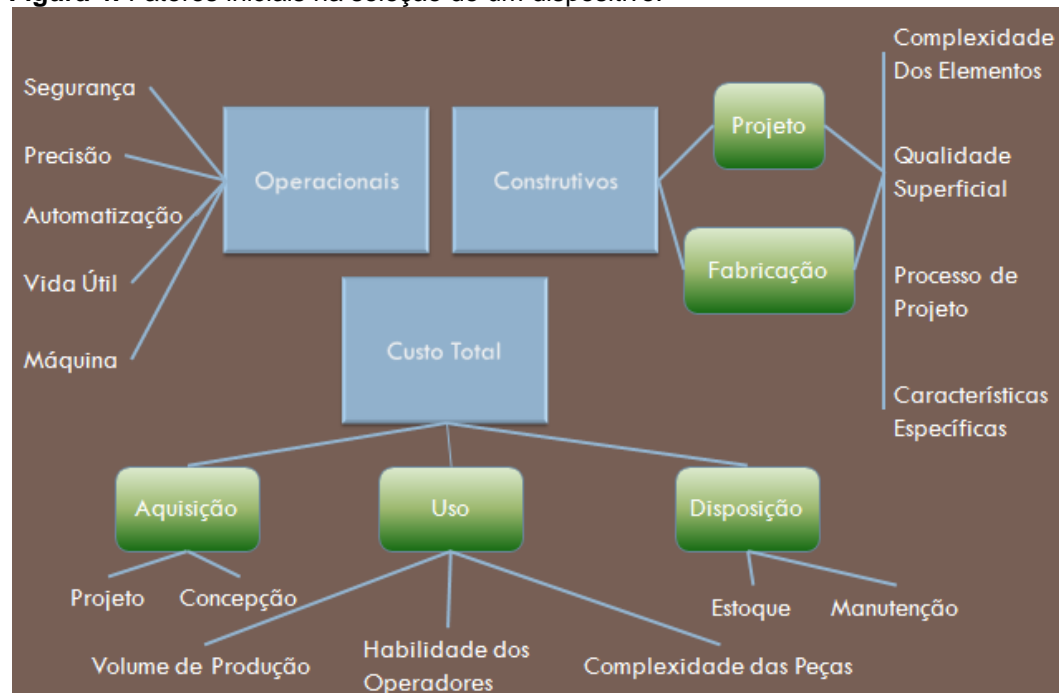
3.1 - Considerações Iniciais no Projeto de Dispositivos

O primeiro passo ao iniciar um projeto de um dispositivo de fixação, é fazer uma análise crítica do produto a ser desenvolvido pois dessa forma será permitido identificar possíveis agrupamentos de processos de fabricação em um mesmo dispositivo, montar e soldar, por exemplo. Esses agrupamentos de operações tendem a diminuir o percurso que o produto, a ser fabricado, precisará percorrer durante a sua fabricação.

Segundo Silva (2012), as considerações iniciais levam em conta os fatores operacionais, construtivos e o custo total do dispositivo como mostra a figura 4. Silva ressalta ainda que alguns objetivos podem ser conflitantes em um projeto de dispositivo, como por exemplo o custo do dispositivo é conflitante com os fatores operacionais, ou seja, aumento da vida útil, adicionar a automatização aumentam o custo do dispositivo.

Nadai (2012), ressalta também que os custos dos dispositivos geram conflitos com a essência do sistema de manufatura enxuta que é a redução de custo acima de tudo. Vale a penas lembrar que o custo do dispositivo é agregado ao preço final do produto, portanto para que seu o custo seja amenizado para o cliente final deve-se analisar a demanda de peças/conjuntos a serem produzidos com o dispositivo.

Como ocorre em qualquer projeto, a segurança do funcionário jamais deve ser esquecida. Em um dispositivo seja ele para qualquer fim, deve-se analisar sempre como será utilizado pelo colaborador, de forma a não apresentar riscos de acidentes ou até mesmo debilitação do funcionário devido a uma postura inadequada.

Figura 4: Fatores iniciais na seleção de um dispositivo.

Fonte: Silva, 2012, p.13.

3.2 - Método de Localização Nos Dispositivos

O principal objetivo da fabricação de um dispositivo de fabricação é a facilidade e agilidade no setup das peças para o início da operação. Porém isso tudo deve ser feito mantendo as dimensões da peça, para que isso seja possível faz-se o uso dos métodos de localização.

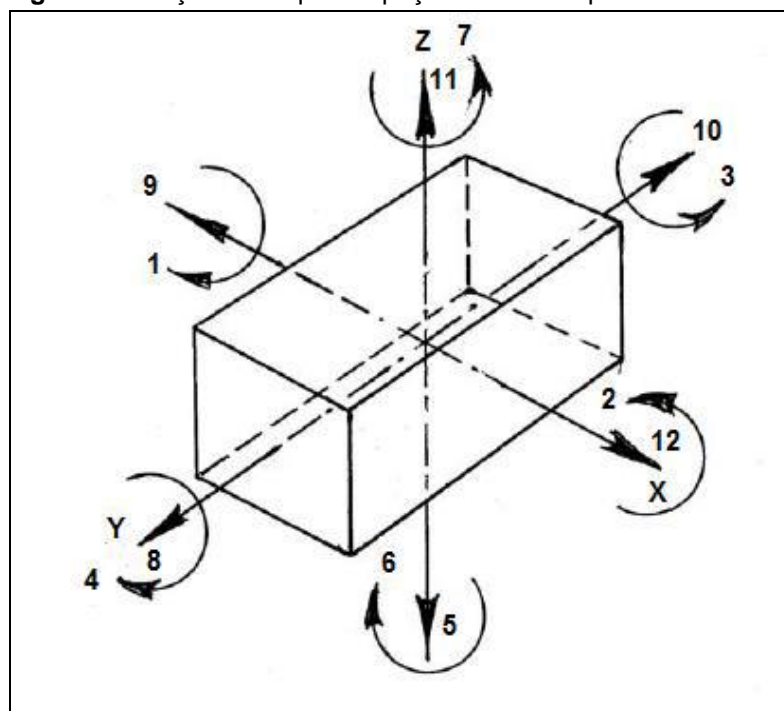
Conforme Csillag (1968) apud Silva (2012), a localização tem o propósito de estabelecer uma relação definida entre a ferramenta de corte e alguns pontos da superfície de peça. Por tanto para que aumente a produção, a peça quando nele colocada deve sempre assumir a mesma posição, pois dessa forma o operador adquire agilidade no setup da peça.

3.3 - Método de Localização 3-2-1

Segundo Silva (2012), esse método de localização 3-2-1 é um esquema clássico e bem antigo, mas ainda hoje muito utilizado no projeto de dispositivos por ser prático e funcional.

De acordo com Scillag (1968), uma peça quando livre pode-se movimentar em todas as direções, tendo como base o plano cartesiano (x, y, z) de referência. Por tanto pode-se dizer que a peça possui 12 graus de liberdade, onde à mesma pode se mover em qualquer um dos eixos e nos dois sentidos diferentes, além de poder girar no sentido horário e anti-horário, conforme figura 5. Para entendimento do sistema de localização, considera-se a peça um prisma.

Figura 5: Direções nas quais a peça de trabalho pode se movimentar.



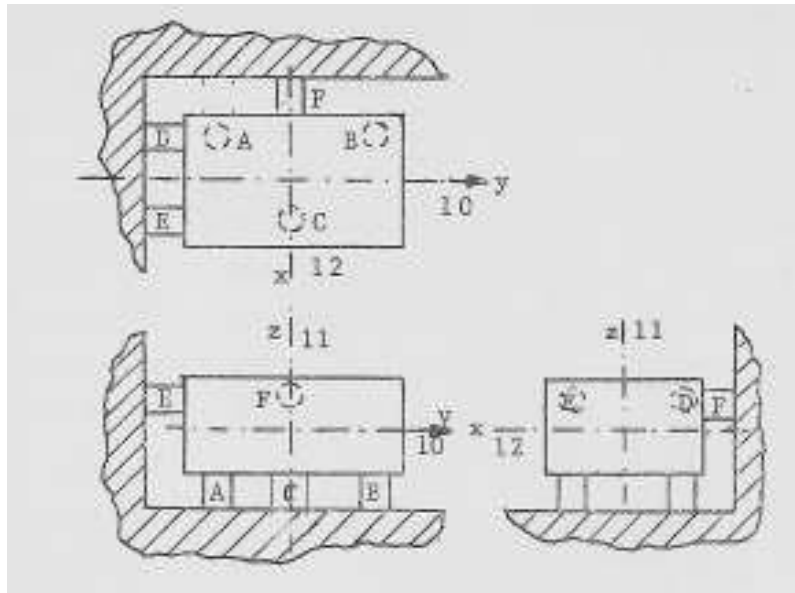
Fonte: Silva, 2012, p.20.

Segundo Csillag (1968), o método 3-2-1 se aplica da seguinte forma: adicionando-se três pinos (A, B e C) paralelamente aos eixos x e y, o prisma não rodará em torno dos eixos x e y, e também restringe o movimento na direção do eixo 5. Adicionando-se mais dois pinos (D e E) paralelamente os planos x e z, restringe a rotação do prisma no eixo z e o movimento na direção do eixo 8. Por último adicionando-se o pino F conforme a figura 6, restringe-se o nono grau de liberdade.

Portanto, com a utilização de 6 pinos obteremos uma localização precisa e efetiva e teremos 9 graus de liberdade restringidos.

Observando a figura 6, nota-se que ainda existem três graus de liberdade (10, 11 12) livres, adicionando-se mais três pinos restringiria os graus de liberdade restantes, porém não seria viável, pois impediria a montagem e desmontagem da peça. A restrição dos três graus de liberdades restantes na pratica é feita utilizando grampos fixadores.

Figura 6: Os seis pinos restringindo nove graus de liberdade.



Fonte: Nadai, 1968, p.24.

Os grampos fixadores podem ter formas variadas, dependendo da geometria da peça. A seleção desses grampos depende também dos erros de geometria e de forma inerentes a peça.

3.3 - Tolerâncias dos Dispositivos

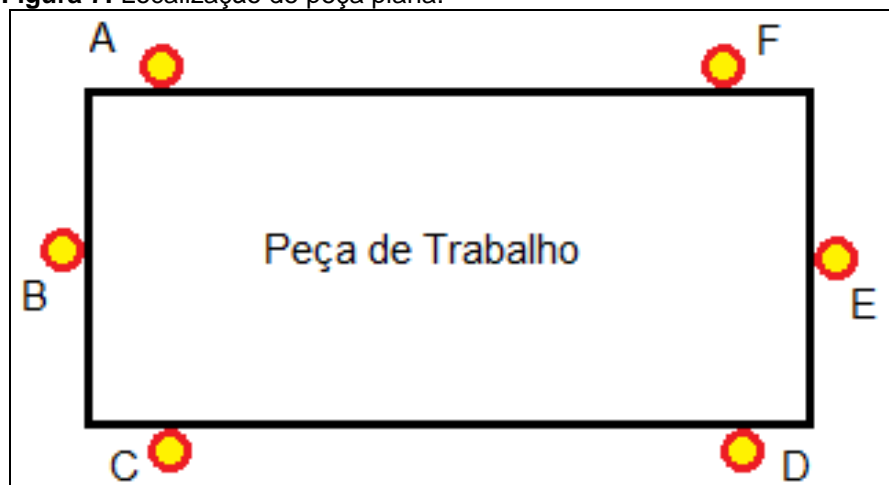
Segundo Hoffman (2004) apud Silva (2012), ao se projetar um dispositivo sempre deve-se considerar a tolerância da peça. Conforme dito anteriormente, um dispositivo de fixação deve sempre manter as dimensões finais da peça a ser fabricada. Para isso, os dispositivos devem ter tolerâncias mais apertadas que as peças que serão fabricadas através dele.

Como regra geral, um dispositivo deve ter uma tolerância entre 20% a 50% da tolerância da peça a ser montada no mesmo, enfatiza Silva (2012). Por exemplo, se um furo na peça tem uma tolerância de $\pm 0,100\text{mm}$, o pino de localização a ser colocado nesse furo deve ter uma tolerância entre $\pm 0,020\text{mm}$ e $\pm 0,050\text{mm}$. Entretanto, vale lembrar que quanto maior a precisão das peças do dispositivo, maior o seu custo e, portanto, deve-se analisar caso a caso a real necessidade de se fazer algo tão preciso, pois nem sempre utilizando tolerâncias muito apertadas, consegue-se peças mais precisas, pois existem outras variáveis, tais como: precisão da máquina, qualidade da ferramenta, entres outros fatores.

3.4 - Localização Plana

Segundo Scillag (1968), grande parte das peças são planas por natureza e podem ser montadas em uma mesa, sendo assim restringindo-se cinco graus de liberdade. Utilizando mais cinco pinos, conforme a figura 7, restringe-se mais seis graus de liberdade, e, portanto, a peça só poderá movimentar-se para cima. A utilização de um grampo de fixação paralelo ao plano da mesa, já será suficiente para eliminar este último grau de liberdade.

Figura 7: Localização de peça plana.

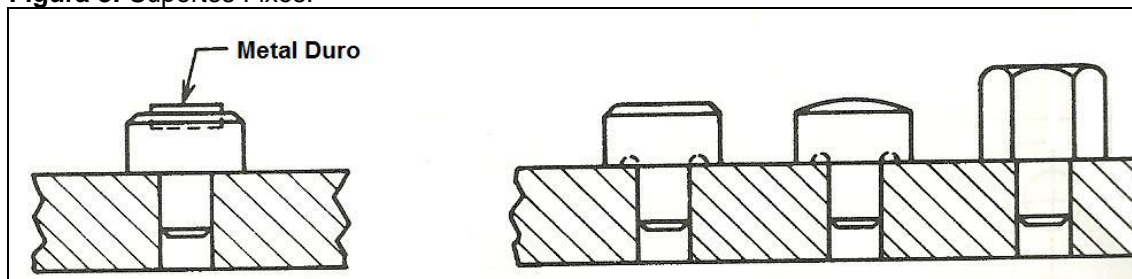


Fonte: Silva, 2012, p.25.

Uma outra maneira de apoiar as peças em superfícies planas é utilizando suportes que podem ser fixos, ajustáveis ou equalizadores.

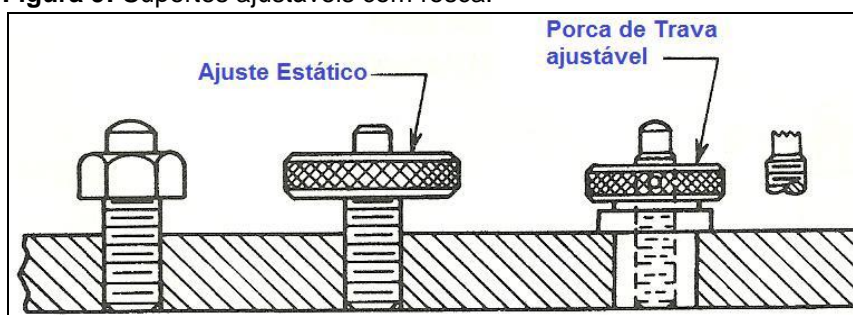
Os suportes fixos (figura 8) são os mais baratos, mas só podem ser utilizados quando a superfície da peça estiver pré-usinada. Para superfícies assimétricas ou brutas, são utilizados os suportes ajustáveis (figura 9) que comumente são feitos através de parafusos, porém podem ser do tipo mola conforme a figura 10. Em um dispositivo normalmente se utiliza uma combinação de suportes fixos e ajustáveis.

Figura 8: Suportes Fixos.



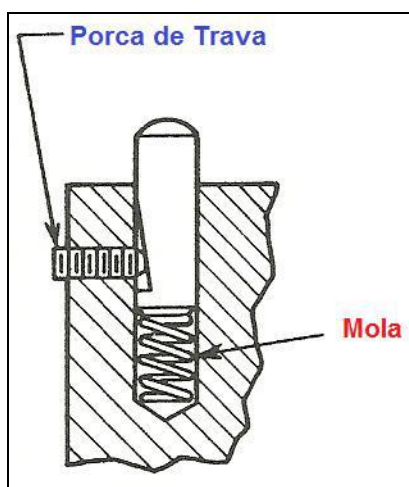
Fonte: Silva, 2012, p.26.

Figura 9: Suportes ajustáveis com rosca.



Fonte: Silva, 2012, p.26.

Figura 10: Suporte ajustável com mola.

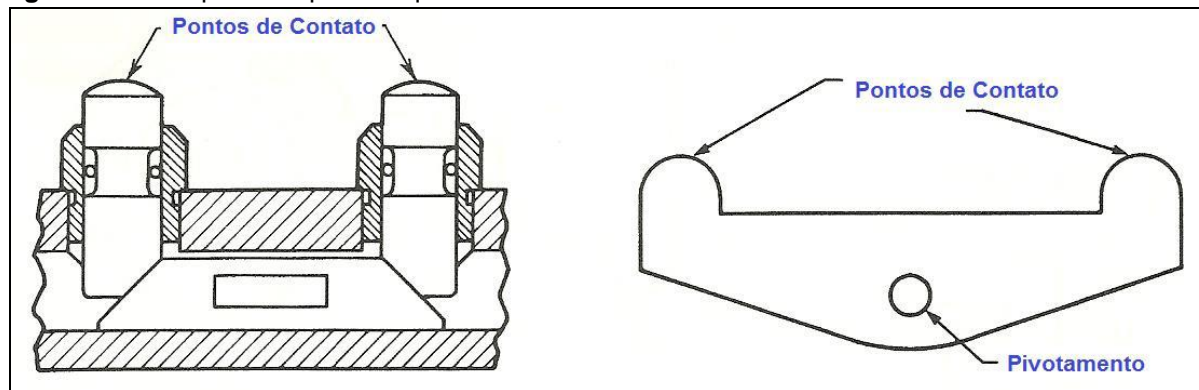


Fonte: Silva, 2012, p.27.

O último, porém, não menos importante são os suportes equalizadores, que até podem ser considerados suportes ajustáveis. A utilização deste suporte permite

obter um apoio homogêneo em dois pontos de contatos, ou seja, quando um ponto entra em contato com a peça, ele desce e o outro ponto sobe até apoiar outra superfície. Por tanto, esse tipo de suporte é importante para prender peças fundidas ou assimétricas. A figura 11 mostra um exemplo desse tipo de suporte.

Figura 11: Exemplo de suportes equalizadores.

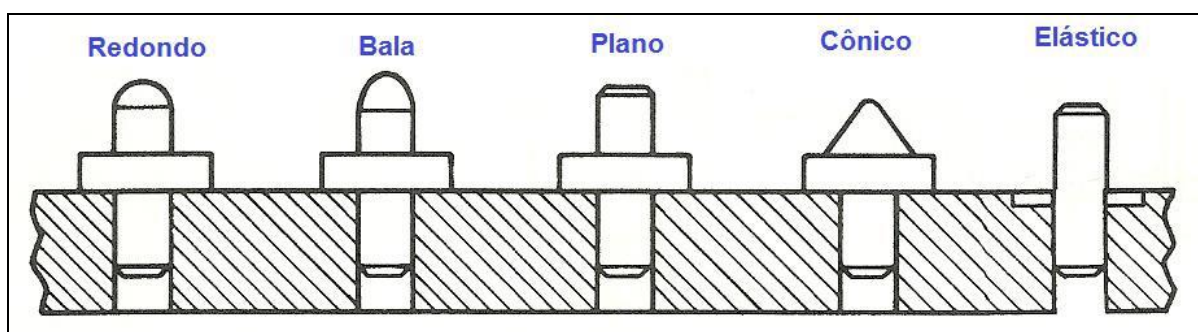


Fonte: Silva, 2012, p.27.

3.5 - Localização Através de um Diâmetro Interno

Segundo Silva (2012), o posicionamento de peças através de diâmetros internos é feito, quase sempre, através dos pinos de localização, devido ao seu baixo custo e simplicidade. Hoje em dia, existem vários tipos de pinos de localização, que devem ser escolhidos de acordo com a sua função e, para dispositivos de usinagem, esforço de corte. Pois dependendo da localização do pino, o mesmo pode sofrer esforços que provoquem a flexão ou o cisalhamento do mesmo. Devido ao contato constante dos pinos com a peça, os pinos devem receber um tratamento térmico a fim de evitar seu desgaste prematuro.

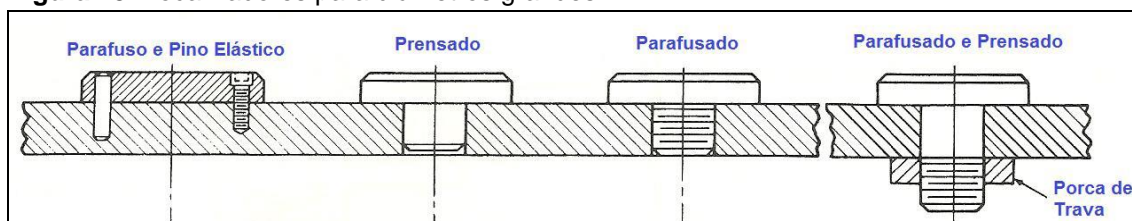
Figura 12: Pinos de localização para diâmetro pequenos.



Fonte: Silva, 2012, p.28.

Segundo Silva (2012), o tipo mais comum de localizadores concêntricos para furos largos são os que utilizam parafusos e pinos elásticos. A utilização de pinos com fixação prensada garante uma maior precisão, e devem ser a primeira opção quando este é o principal objetivo. Porém nem sempre é possível utilizar pinos de fixação prensada, nesse caso utiliza-se o de rosca. A figura 13 mostra ainda um outro tipo que combina a vantagem dos dois outros.

Figura 13: Localizadores para diâmetros grandes.

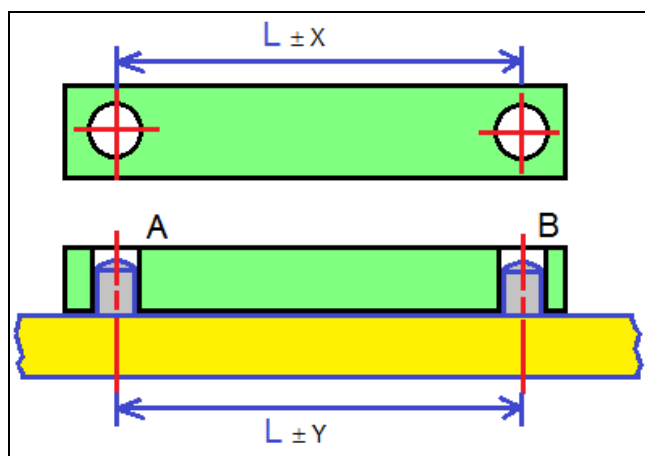


Fonte: Silva, 2012, p.29.

De acordo com Silva (2012), uma situação bastante comum que pode acontecer devido às tolerâncias de posicionamentos dos furos na peça e entre dois pinos adjacentes. Analisando a figura 14, temos uma tolerância $\pm X$ para o posicionamento entre furo da peça e uma tolerância $\pm Y$, para o posicionamento entre pinos.

Para não haver interferência na montagem, o diâmetro do pino B dever ser tolerado de forma que o seu diâmetro máximo seja igual à dimensão nominal menos a soma entre X e Y. Desse modo, poderia haver uma folga grande no pino B, e essa permitiria uma rotação indesejada da peça. (SILVA, 2012, p.29.)

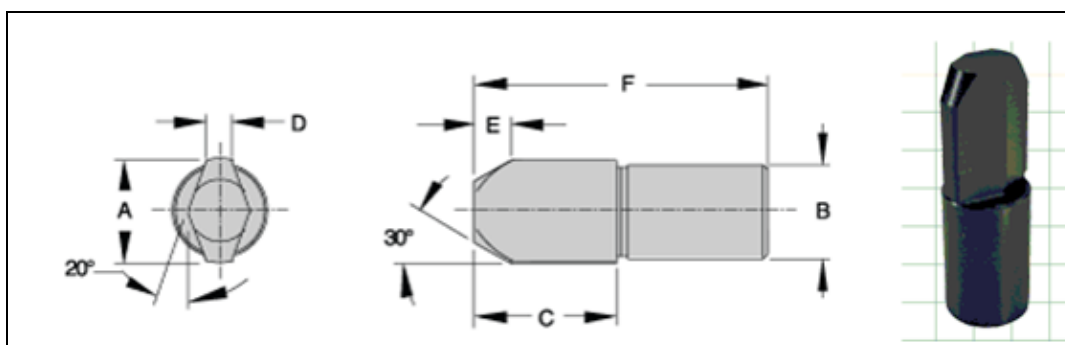
Figura 14: Exemplo de localização radial de uma peça com dois pinos.



Fonte: Silva, 2012, p.29.

Para Silva (2012), o problema exemplificado acima poderia ser evitado, pois nota-se que o pino B não precisa travar a direção axial, já que o pino A está travando essa direção. Sendo assim o pino B pode ter um alívio, travando assim apenas a direção radial. Esse pino com construção particular (figura 15) é denominada de pino diamante. Na figura 15, pode-se notar que a dimensão A é maior que a D, sendo assim na direção de D existe uma folga que compensa os erros de posição tanto da peça quanto do dispositivo. Dessa maneira a dimensão A pode ter uma tolerância mais precisa que impeça que a peça se desloque na direção radial.

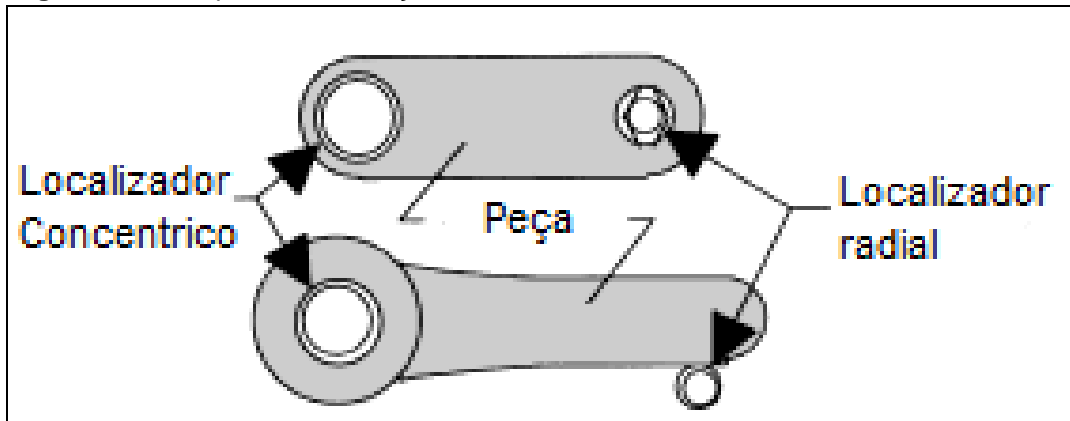
Figura 15: Exemplo de um pino diamante.



Fonte: Silva, 2012, p.30.

Segundo Silva (2012), os pinos diamantes também podem ser utilizados quando não houver dois furos na peça. Dessa forma o travamento da rotação se dá através de um pino externo.

Figura 16: Exemplos de localização radial.



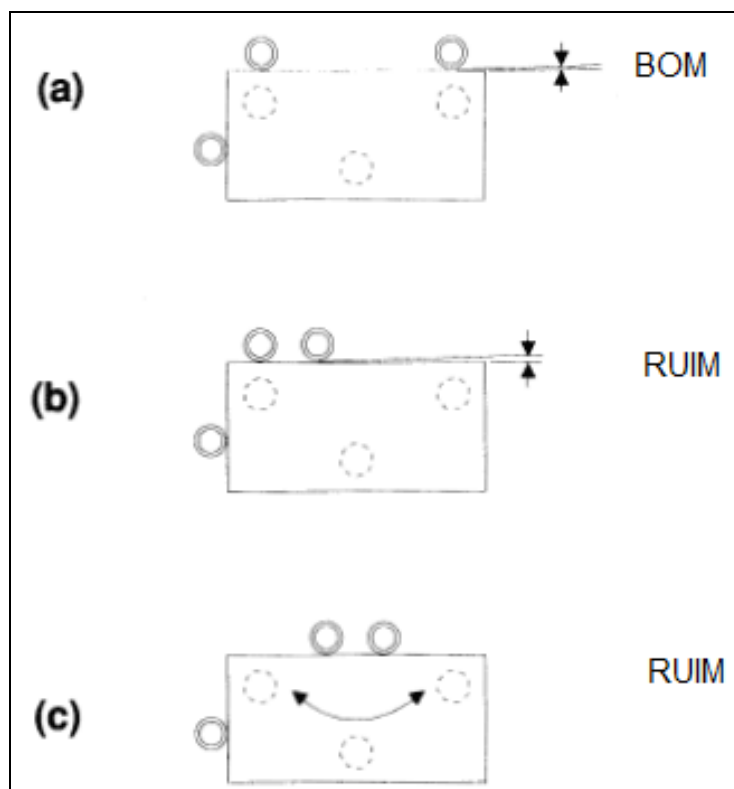
Fonte: Silva, 2012, p.31.

3.6 - Princípios Para Localização de Pinos

Segundo Csillag (1968) apud Nadai (2012), a localização por pinos tem três princípios básicos, conforme descritos abaixo:

- Princípio do mínimo de pontos de localização: deve-se utilizar o menor número de pinos possíveis, um bom princípio é o 3-2-1.
- Princípio das posições extremas: os pinos localizadores devem estar afastados entre si pela maior distância possível permitida pela peça, diminuindo assim um possível desvio da peça de trabalho, conforme figura 17.
- Princípios dos planos mutuamente perpendiculares: Preferencialmente deve-se colocar os pinos em planos perpendiculares é possível se ter uma melhor localização, porém o uso de planos inclinados é permitido mas existem duas desvantagens. A primeira é o efeito de cunha, que pode levantar a peça. A segunda é a possibilidade de partículas de sujeira se acumularem nos pinos, prejudicando o posicionamento da peça.

Figura 17: Tipos de erros caso o princípio das posições extremas não seja respeitado.



Fonte: Nadai, 2012, p.32.

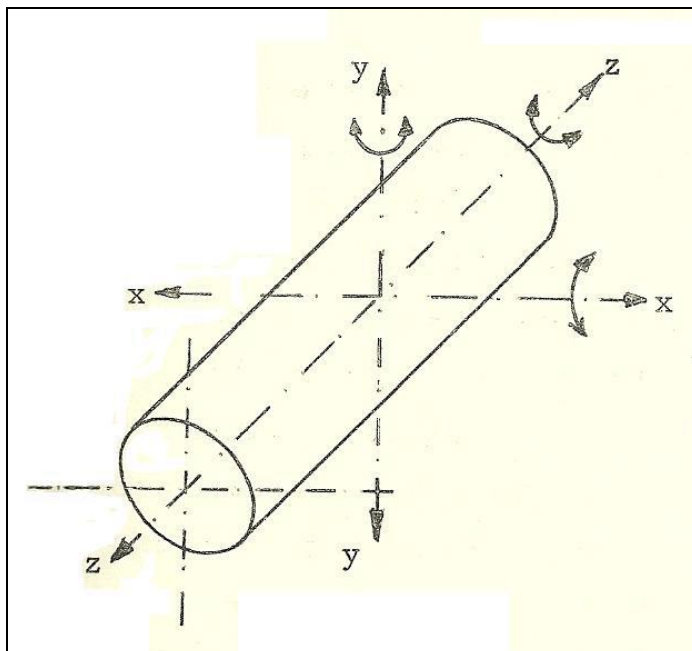
3.7 - Localização de Peças Cilíndricas

Segundo Csillag (1968), as peças cilíndricas, assim como os prismas, possuem os mesmos doze graus de liberdade conforme mostrado na figura 18. Por similaridade, é possível aplicar o método de 3-2-1, apoiando-se a peça a ser trabalhada em dois planos perpendiculares entre si, formando um V como mostrado na figura 19.

A utilização de um localizador em V, faz com que restem apenas seis graus de liberdade, pois os movimentos de rotação em torno dos eixos X e Y estarão restringidos, assim como os movimentos lineares em um sentido de cada eixo. Adicionando um batente, observa-se que o mesmo restringe o movimento em um dos sentidos do eixo Z, dessa maneira restam apenas cinco graus de liberdade livre. O movimento de rotação do eixo Z, pode ser restringido em ambos os sentidos com

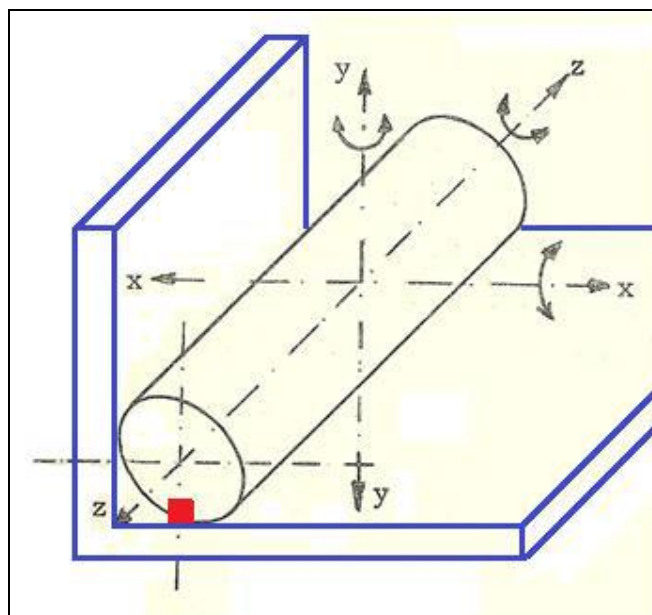
utilização de um grampo colocado contra o V, de forma a completar os nove graus de liberdade do método.

Figura 18: Representação dos doze graus de liberdade de uma peça cilíndrica.



Fonte: Csillag, 1968, p.41.

Figura 19: Aplicação do método 3-2-1 em peças cilíndricas.



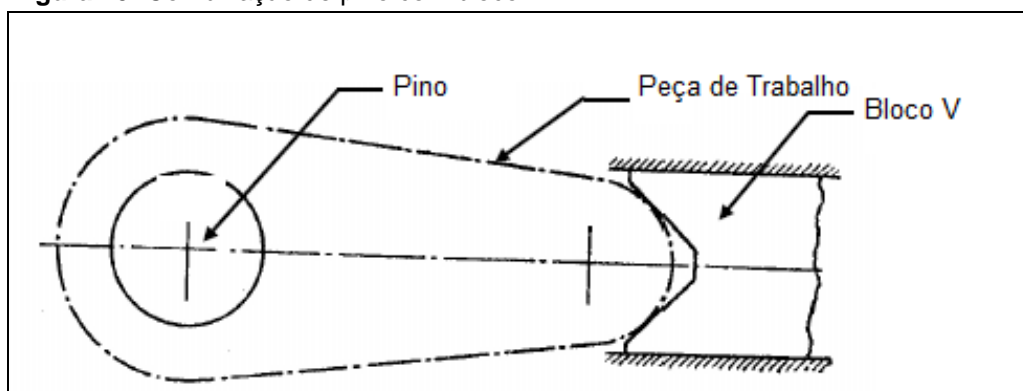
Fonte: Silva, 2012, p.33.

Segundo Silva (2012), além dos suportes em V proporcionarem um posicionamento do eixo longitudinal da peça de forma exata, eles ainda podem ser

utilizados em peças que possuam algum seguimento cilíndrico, por tanto as peças não precisam ser necessariamente um tarugo ou tubo cilíndrico, conforme figura 20.

Entretanto o posicionamento de peças utilizando um prisma em V, pode ser afetado caso a peça possua alguma “grande” imperfeição de forma, por exemplo uma rebarba. Além de imperfeições desse tipo, ainda deve-se manter o local onde a peça apoia no V limpo, pois qualquer tipo de partículas como por exemplo cavacos, podem interferir no posicionamento da peça.

Figura 20: Combinação de pino com bloco V.



Fonte: Silva, 2012, p.34.

3.11 - Elementos de Fixação

Além dos elementos de localização, um dispositivo mecânico também é composto por elementos de fixação e um complementa o outro. Pois enquanto os elementos de localização têm a função de localizar corretamente a peça no dispositivo, garantindo a precisão da peça ou conjunto a ser montado, os elementos de fixação têm a função de fixar as peças de forma que elas não se movimentem quando iniciar o processo de fabricação. Os elementos de fixação também têm a função de eliminar os graus de liberdades restantes.

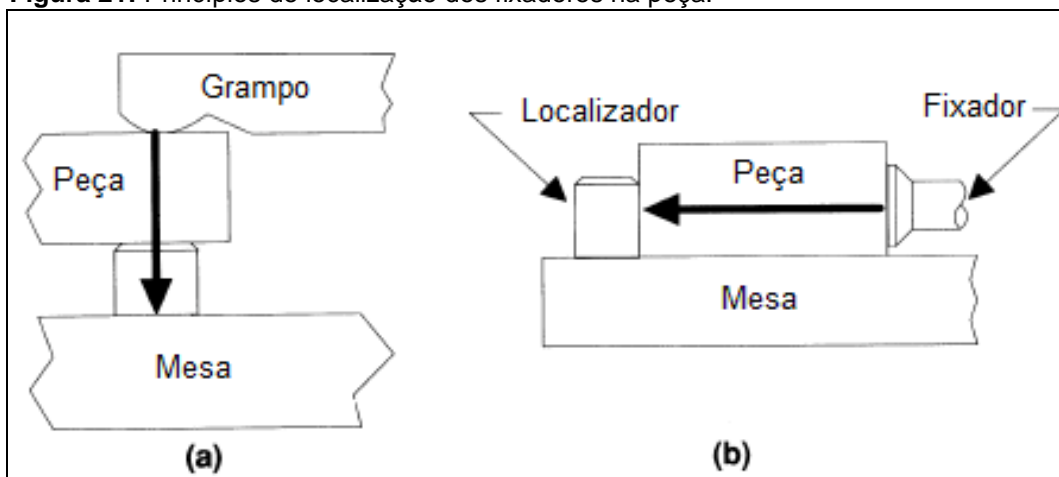
No processo de montagem e soldagem, os elementos de fixação atuam de forma a travar a peça, para que não ocorra a torção da mesma devido a condução de calor gerado pelo processo de soldagem. Em outros processos como o de usinagem, os fixadores devem resistir as forças secundárias de corte.

Existem diversos tipos de fixadores, podendo ser muito simples como um parafuso ou uma morsa, como também podem ser equipamentos automatizados.

3.12 - Posicionamento dos elementos de fixação

Conforme dito anteriormente, os elementos de fixação devem empurrar a peça contra os localizadores, de forma que não cause uma deformação plástica na peça. Por tanto o posicionamento do fixador deve ser próximo a parte mais robusta da peça, pois dessa forma pode-se aplicar uma força maior sem que haja uma deformação plástica. Para Silva (2012), isso significa que em alguns casos os fixadores devem fixar diretamente sobre os elementos de suporte conforme figura 21.

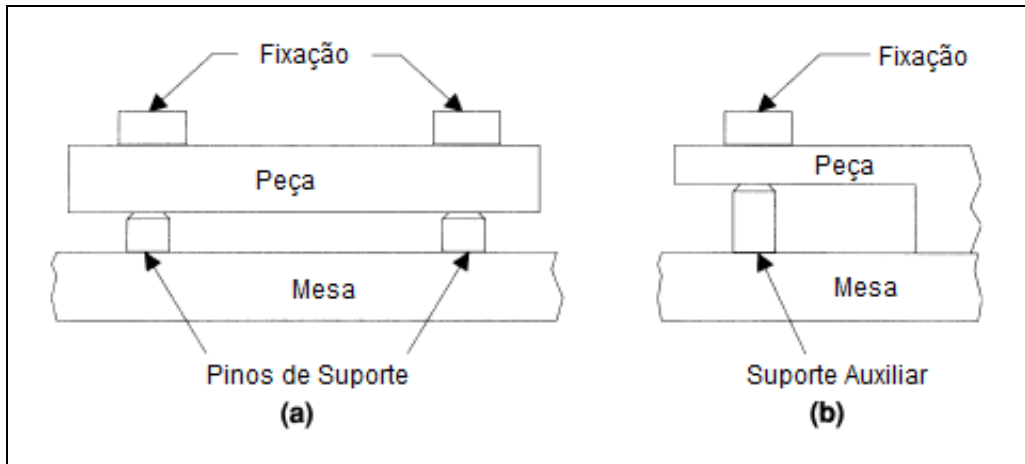
Figura 21: Princípios de localização dos fixadores na peça.



Fonte: Silva, 2012, p.49.

Segundo Silva (2012), peças que possuem dois pontos de apoio distanciados entre si (figura 22), devem ser utilizados dois grampos de fixação. Dessa forma, não há o risco de levantar um dos lados da peça, evitando assim distorções do produto final.

Figura 22: Princípios de fixação de peças.

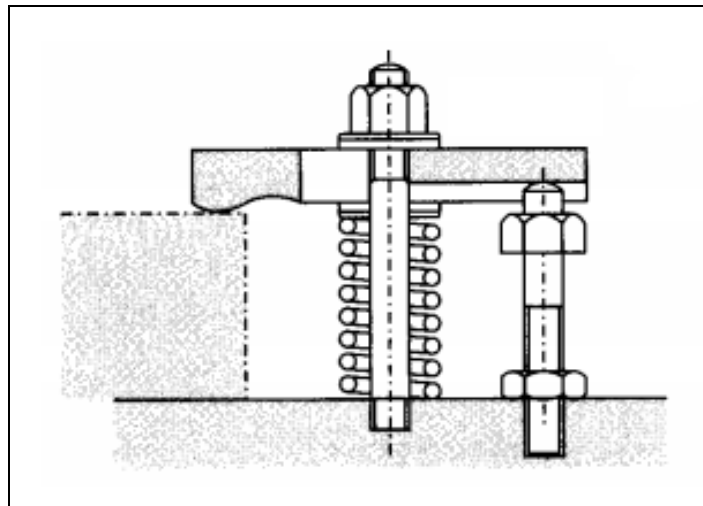


Fonte: Silva, 2012, p.49.

3.13 - Grampo de Fixação

Os grampos de fixação são provavelmente os elementos mais comuns em dispositivos mecânicos. Atualmente os grampos possuem molas, que facilitam a desmontagem da peça do dispositivo, o aperto é feito através de uma porca conforme figura 23. Silva (2012), lembra que como os grampos normalmente são colocados na parte superior da peça, deve-se manter sua altura a menor possível (Para não interferir na usinagem).

Figura 23: Exemplo de um grampo de fixação montado com mola.



Fonte: Silva, 2012, p.52.

No mercado atual, existem diversos tipos de grampos de fixação não citados nesse trabalho, por tanto a escolha do mesmo deve sempre levar em considerações o preço, a flexibilidade de se adaptar em outros dispositivos e sua real necessidade.

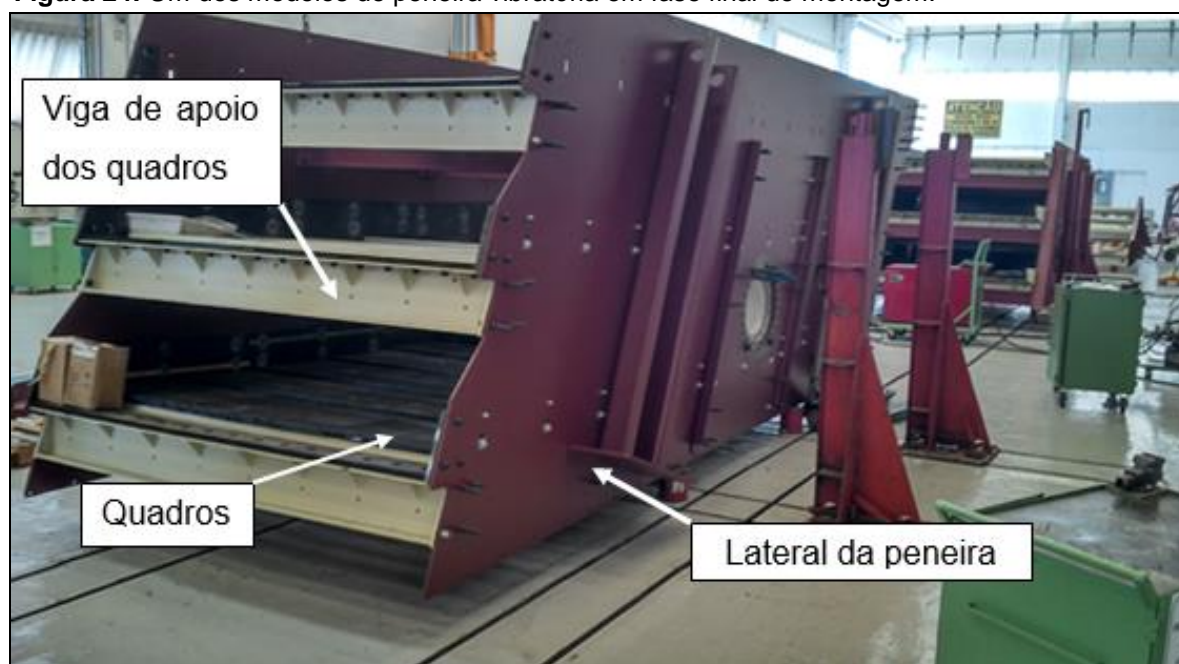
4 - Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado na Painco em Rio das Pedras, com o objetivo de mostrar o desenvolvimento de um dispositivo para montagem e ponteamento de estruturas de quadros utilizados em peneiras vibratórias para mineração, conforme mostra as figuras 24 e 25. Sendo que são utilizados, em média, 13 quadros em cada conjunto de peneiras. Cada quadro possui em média 10 peças cortadas no laser, sendo que as principais peças são dobradas. Portanto, a demanda de fabricação é relativamente alta. Além disso, a montagem era feita sem o auxílio de dispositivos e cada montador tinha uma maneira própria de montar.

Devido às dificuldades citadas acima, a produtividade nessa operação era baixa. Assim sendo, a empresa decidiu melhorar essa montagem através do uso de dispositivos.

Antes de falar sobre o dispositivo em si, é importante conhecer a peça para o qual ele foi aplicado. Ela pode ser visualizada na figura 25. Nota-se que este modelo de peneira vibratória possui três estágios de quadros, a quantidade de quadros e tamanhos irão variar de acordo com o tamanho de cada peneira.

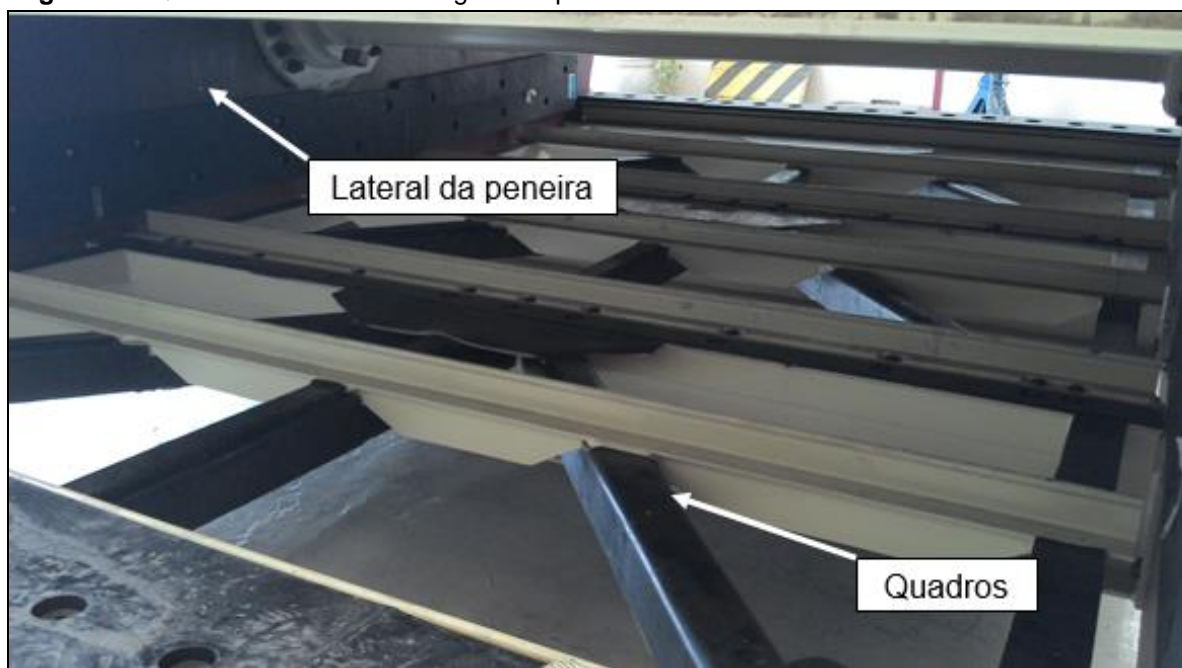
Figura 24: Um dos modelos de peneira vibratória em fase final de montagem.



Fonte: Do próprio autor.

Na figura 25, já estão montadas as telas sobre os quadros, dificultando a visualização dos mesmos. Já na figura 26, mostra-se os quadros montados sobre as vigas de apoio, porém sem as telas para facilitar a visualização.

Figura 25: Quadros montados nas vigas de apoio.



Fonte: Do próprio autor.

O dispositivo foi desenvolvido com o auxílio de um software de CAD 3D. A utilização dessa ferramenta foi de suma importância para o projeto, uma vez que com esse tipo de ferramenta, pode-se transformar todas as informações dos desenhos e as ideias de projeto em modelos virtuais 3D, a fim de simular a montagem dos quadros nos dispositivos, garantindo assim a compatibilidade geométrica entre as peças.

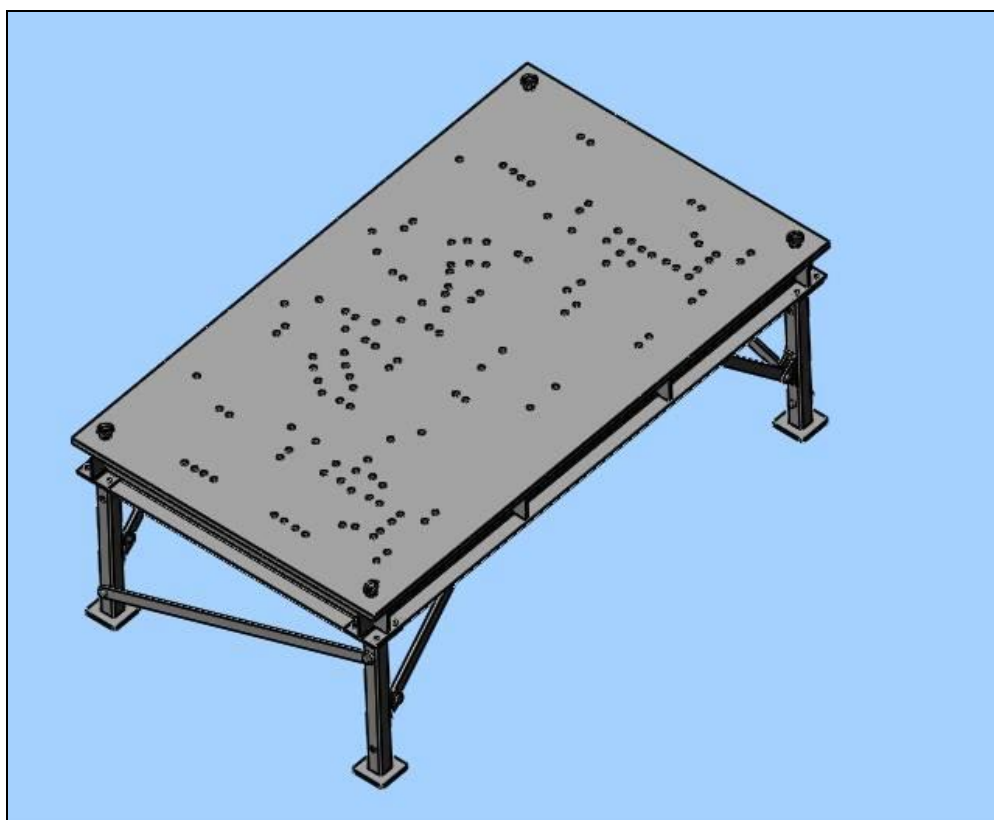
Os objetivos do dispositivo foram a diminuição do tempo de fabricação, melhoria da qualidade, fixar as cotas funcionais (tolerância de 1mm) entre furos das cantoneiras laterais, além de facilitar a montagem das cantoneiras com ângulos de 2° e 4°.

A principal característica do dispositivo de montagem das estruturas dos quadros é a possibilidade de se montar, inicialmente, 8 tipos de quadros diferentes. Isso porque, as peças de fixação podem ser dispostas de formas variadas na mesa, de acordo com cada tipo de quadro.

4.1 – Dispositivo para Montagem das Estruturas dos Quadros

Um dos principais objetivos, para a confecção do dispositivo, foi à capacidade de se adaptar para cada tipo de quadro, sem a necessidade de se desenvolver um dispositivo para cada quadro. Desse modo, economizou-se no custo do dispositivo, pois esse é um fator importante, conforme citado no capítulo 3. Com esse pensamento, foi desenvolvida uma mesa com diversos furos para o encaixe das peças de fixação referente a cada quadro, conforme figura 26.

Figura 26: Mesa furada.



Fonte: Do próprio autor

Para que o montador identifique quais peças estão sendo montadas, foram gravados números de 1 a 6 ao lado dos furos e em todos os apoios para a identificação dos mesmos. Cada número corresponde a um tipo de quadro e conseqüentemente posições diferentes das peças de fixação.

Conforme dito anteriormente, o dispositivo tem a capacidade de montar oito quadros diferentes, porém dois deles possuem a mesma estrutura de montagem,

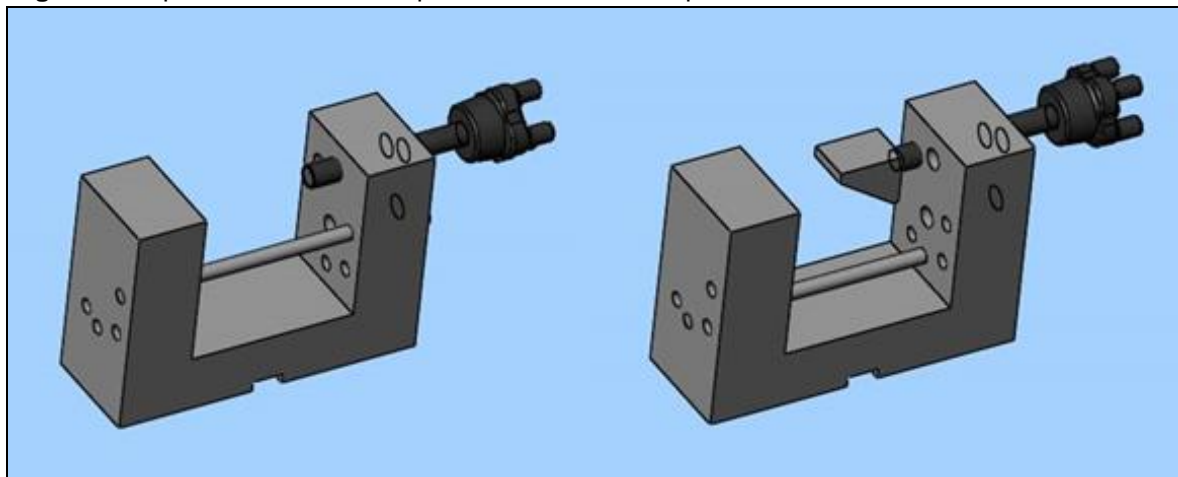
variando apenas os materiais utilizados. Como por exemplo um recorte nas chapas dobradas em “U”.

Para que não fossem utilizados apoios em posições erradas, foram adicionados pinos fixos, com distâncias diferentes entre si, para o encaixe dos mesmos na mesa furada. Dessa forma, os montadores ao preparar o dispositivo para a montagem não conseguem encaixar os apoios em posições erradas.

Como em qualquer dispositivo ou processo de fabricação, o baixo tempo de *setup* é sempre um quesito que deve ser melhorado. Com esse propósito, os apoios foram desenvolvidos para que as peças ficassem travadas unicamente pela gravidade ou em alguns casos utilizando manípulos manuais para aperto das peças, de forma que o montador não necessite de ferramentas variadas.

Foram desenvolvidos diversos apoios diferentes, sendo que um deles (figura 27) é flexível e utilizado em todas as configurações de montagem dos quadros assim como o apoio da chata dobrada em 90°.

Figura 27: Apoio flexível utilizado para montar todos os quadros.



Fonte: Do próprio autor.

O apoio da figura acima é utilizado para a fixação das vigas transversais, seja ela em perfil “U” ou de tubo. Por tanto para o desenvolvimento desse apoio foi utilizado o conceito de localização de peças cilíndricas, conforme citado no capítulo 3.

Figura 28: Apoio flexível

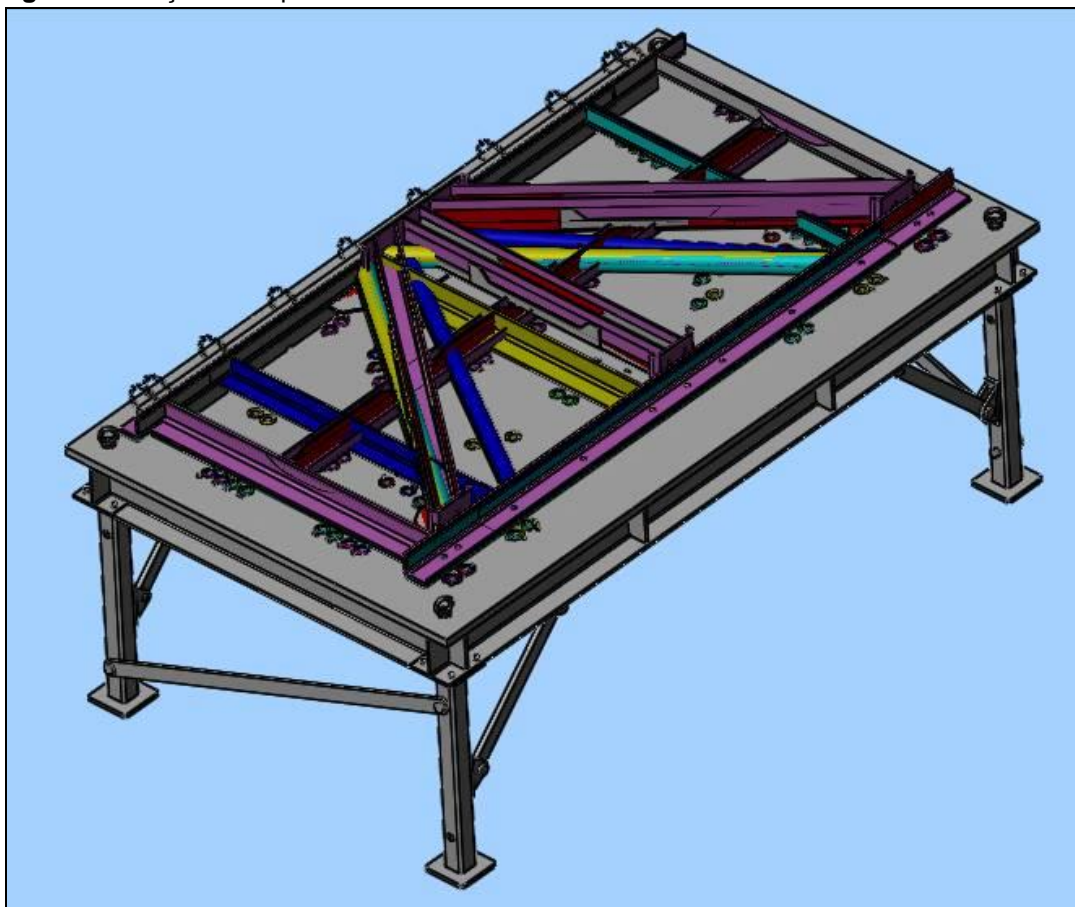
Fonte: Do próprio autor.

Devido as vigas transversais possuírem diferentes alturas, foi desenvolvido um pino com elevada dureza para que possa ser regulado de acordo com o quadro a ser montado. Através de marcações na face do apoio e uma nota na instrução de montagem do dispositivo, o montador consegue identificar qual deve ser o posicionamento do pino para cada tipo de quadro.

Para posicionar as chapas dobradas laterais, foi utilizado apoios com pinos localizadores para o posicionamento correto das peças conforme dito no capítulo 3. Dessa forma tirou-se proveito das peças serem cortadas em máquinas a laser, que conseguem garantir o posicionamento dos furos e seu diâmetro dentro de uma tolerância precisa.

A fim de utilizar a menor quantidade de apoios diferentes, fez-se uma simulação computacional de todos os quadros com angulação de 2° e 4° , separadamente, sobrepostos para análise de quais peças poderiam ter o mesmo fixador (figura 29), e em quais poderiam ser feitos ajustes de posição e altura.

Figura 29: Peças sobrepostas.



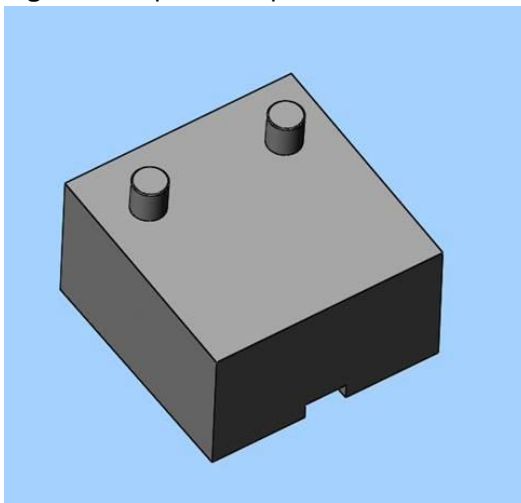
Fonte: Do próprio autor

Com esse tipo de simulação, percebeu-se que alguns quadros têm a estrutura muito semelhante, utilizando peças iguais, variando apenas a posição ou não. Com essa análise, conseguiu-se utilizar os mesmos fixadores para mais de um tipo de quadro.

Devido às peças de fixação estarem sempre em contato com as peças do quadro e com a própria mesa, foi realizado em todas as peças de fixação tratamento térmico a fim de evitar o desgaste prematuro das mesmas e assim aumentar o tempo de utilização sem a necessidade de se fazer uma manutenção preventiva do dispositivo.

A grande dificuldade dos montadores, era garantir as cotas entre furos da chapa dobrada 90° e da chapa dobrada com 92 ou 94°. Pois devido aos ângulos de 2° ou 4° de uma das peças, dificultava o posicionamento manual das mesmas sobre a mesa.

Figura 30: Apoio com pinos localizadores.



Fonte: Do próprio autor.

Para garantir essas cotas, foram desenvolvidos apoios usinados com o ângulo de 2° e de 4° . Dessa forma as chapas dobradas ficam apoiadas completamente sobre o mesmo, e um pino fixo trava o posicionamento de forma a garantir as principais cotas de cada quadro.

Figura 31: Dispositivo de montagem.



Fonte: Do próprio autor

Figura 32: Preparação do dispositivo.



Fonte: Do próprio autor

4.2 – Resultados

O dispositivo obteve alguns resultados que podem ser divididos em categorias distintas, conforme os itens descritos nas próximas páginas. Porém, devido à urgência de se utilizar a matriz, não foi possível montar amostras de todos os quadros antes de entrega-lo para a produção. A falta de tempo e colaboradores disponíveis para realizar os testes, também impossibilitou que fossem feitas todas as amostras. Portanto, as análises dimensional e cronológica do quadro, foram feitas conforme a autorização de fabricação encaminhada pelo comercial. Mas para os dois modelos que estão sendo fabricados com a matriz, obteve-se os resultados mostrados nos itens 4.2.1 e 4.2.2.

4.2.1 - Resultados Dimensionais

Até a presente data, foi montado 2 modelos de quadros utilizando a matriz. Portanto esses quadros foram realizados os relatórios dimensionais abaixo, utilizando sempre 3 amostras de cada modelo:

Dos conjuntos já montados nota-se que todas as cotas são iguais, conforme os quadros 2 e 3. Das cotas descritas nos quadros, o dispositivo tem a obrigação de garantir as que estão em negrito, pois tratam-se de cotas funcionais do projeto. Além de serem as mais difíceis de garantir sem o auxílio do dispositivo.

As demais cotas, são garantidas em processos diferentes. Como por exemplo a furação das chapas dobradas, são garantidas no corte à laser.

Quadro 2: Relatório dimensional do quadro 53280685500.

Item	Local	Dimensão / Especificações	Tol.	Resultado das Medições			Conforme	Não conforme
				01 - 10 - 15	02 - 10 - 15	03 - 10 - 15		
01	B3	1199,00	+0 -1,0	1198,30	1198,60	1198,40	X	
02	B3	602,50	± 1,0	603,00	602,80	603,10	X	
03	B4	60,0 (4X)	± 0,5	59,8 a 60,1	59,8 a 60,1	59,8 a 60,1	X	
04	C3	305,0 (10X)	± 0,4	304,8 a 305,2	304,8 a 305,2	304,8 a 305,2	X	
05	C4	2400,00	+0 -1,5	2399,30	2399,50	2399,20	X	
06	B3	1127,00	± 1,0	1126,60	1126,70	1126,40	X	
07	D3	Ø 14,5 (22X)	± 0,5	14,6 a 14,8	14,6 a 14,8	14,6 a 14,8	X	
08	B3	37,00	± 0,5	37,20	36,90	37,40	X	
09	B3	43,00	± 0,5	43,50	43,10	42,90	X	
10	A2	2°	± 0,3	2°	2°	2°	X	
11	B3	40°	± 0,3	40,2°	40,3°	40°	X	
12	C2	2300,00	± 1,0	2300,10	2300,00	2299,80	X	

Fonte: Do próprio autor.

Quadro 3: Relatório dimensional do quadro 53293066500.

Item	Local	Dimensão / Especificações	Tol.	Resultado das Medições			Conforme	Não Conforme
				01 - 09 - 15	02 - 09 - 15	03 - 09 - 15		
01	B3	1199,00	+0 -1,0	1198,80	1198,60	1198,90	X	
02	B3	602,50	± 1,0	602,90	602,50	602,70	X	
03	B4	60,0 (4X)	± 0,5	59,8 a 60,1	59,8 a 60,1	59,8 a 60,1	X	
04	C3	305,0 (10X)	± 0,4	304,8 a 305,2	304,8 a 305,2	304,8 a 305,2	X	
05	C3	2400,00	+0 -1,5	2399,80	2399,50	2399,70	X	
06	B3	1127,00	± 1,0	1126,90	1127,00	1127,20	X	
07	C4	Ø 14,5 (22X)	± 0,5	14,6 a 14,8	14,6 a 14,8	14,6 a 14,8	X	
08	B3	37,00	± 0,5	37,20	36,70	37,50	X	
09	B3	43,00	± 0,5	43,0	43,10	43,0	X	
10	D2	2°	± 0,3	2°	2°	2	X	
10	B3	40°	± 0,3	40,1°	40,0°	40,0°	X	
11	C3	2300,00	± 1,0	2300,20	2300,10	2299,90	X	

Fonte: Do próprio autor.

Observando os relatórios nota-se que os quadros estão inteiramente aprovados, conforme desenhos do cliente.

4.2.2 - Análise de melhoria dos processos

Assim como a análise dimensional, a análise cronológica é de suma importância para avaliar se o estudo, trabalho e investimento feito na elaboração do dispositivo teve um resultado positivo.

O quadro 4, apresenta os tempos gastos no *setup* do dispositivo e o tempo médio de montagem dos quadros. Conforme dito anteriormente, devido a urgência de entregar o dispositivo para a produção, não foi possível montar amostras de todos os quadros e conseqüentemente não foram coletados os tempos de montagem para todos os quadros.

Os tempos de *setup*, são iguais para todos os modelos. Pois trata-se apenas de posicionar as peças móveis em seus respectivos furos. O que acaba levando a mesma quantidade de tempo para todos os quadros.

Quadro 4: Tomada de tempo de montagem dos quadros e de setup do dispositivo.

	Setup (minutos)	Tempo Médio (minutos) - Montagem com o dispositivo	Setup + Montagem	Tempo Médio (minutos) - Montagem manual
531799595XX	10	--	--	68
53275004500	10	--	--	75
53280685500	10	50	60	90
53293066500	10	50	60	90
53291230500	10	--	--	95
MM0345111	10	--	--	60
MM0345113	10	--	--	60

Fonte: Do próprio autor.

Comparando os tempos de montagem com e sem o auxílio do dispositivo, nota-se uma diminuição de quase 35% do tempo de montagem. Como ainda não foi realizado a montagem dos demais quadros, não se pode afirmar que esse percentual seja para todos. Até porque os demais quadros, exceto o 53291230500, são menores e possuem um número inferior de peças, o que facilita a montagem manual.

A expectativa de tempo de montagem dos quadros menores, é que diminua em média 20 minutos em comparação com a montagem manual.

5 – Conclusão

O estudo desse trabalho teve como objetivo principal a construção de um dispositivo flexível para a montagem de oito modelos de quadros, utilizados em peneiras vibratórias. Cujo foco principal foi o sistema de localização e fixação das peças.

O estudo foi possível devido à demanda relativamente alta para a produção e nas solicitações recorrentes, por parte dos montadores e líderes de produção, de se desenvolver um dispositivo capaz de eliminar as principais dificuldades de posicionamento das peças, de forma a garantir suas cotas funcionais de montagem.

Com a fabricação do dispositivo e sua utilização na produção pode-se afirmar que os objetivos traçados nesse trabalho foram alcançados, tomando como base os relatórios dimensionais e as análises cronológicas.

As análises cronológicas dos quadros fabricados, mostram que o dispositivo diminuiu o tempo de fabricação de 33% e analisando os projetos dos demais quadros, a expectativa é que o tempo de montagem diminua em 15%.

As análises dimensionais mostram que o dispositivo garante as dimensões de montagem especificadas nos desenhos do cliente, assim como a repetibilidade do processo.

Como sugestão para um futuro trabalho, pode se analisar o desenvolvimento de peças de fixação que possibilite a união dos processos de montagem e soldagem da estrutura dos quadros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONCEIÇÃO, Samuel Viera. **Otimização do fluxo de materiais através da manufatura celular**. Departamento de Engenharia de Produção — UFMG <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132005000200008>. Acessado em 19 de maio de 2015.

DA SILVA, Marcelo Eurípedes. **Tecnologia dos Dispositivos Mecânicos**, 2ª Edição, Piracicaba 2012.

CSILLAG, João Mário. **Dispositivos de Usinagem**. Departamento de Publicações da Escola de Engenharia de Mauá. São Paulo, Outubro de 1968.

DE NADAI, Thiago Alberto Sanson. **Estudo de Dispositivos Mecânicos aplicados na Fabricação do chassi de uma Retro Escavadeira**. Piracicaba 2012.

LINDGREN, Paulo C Corrêa. **Implementação do Sistema de Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing) na Embraer**, Monografia apresentada ao departamento de Economia, Contabilidade, Administração e secretário executivo da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção da aprovação no Curso de MBS em Gerência de Produção e Tecnologia, Taubaté 2001. http://www.ppga.com.br/mestrado/2004/lindgren-paulo_cesar_correa.pdf. Acessado em: 20 de maio de 2015.

GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3ªed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

CLÍMACO, Rogério Ribeiro. **Tecnologia de grupo e manufatura celular aplicadas ao projeto de leiaute industrial para pequenas e médias empresas: simplificação do fluxo de produção de uma empresa metal mecânica**. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 2003. http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0105_0345.pdf. Acessado em: 12 de setembro de 2015.

**NORTEGUBISIAN CONSULTORIA EMPRESARIAL E
TREINAMENTO.** <http://www.nortegubisian.com.br/onde-atuamos/gestao-de-operacoes/119-manufatura-celular>. Acessado em: 16 de setembro de 2015.

APÊNDICE A – RELATÓRIO DIMENSIONAL DOS QUADROS

Figura 33: Relatório dimensional do quadro 53280685500.

PÂNCO		Aprovação de Peças de Produção							
Resultados dimensionais									
Cliente		Nome da Peça		Número da Peça			Rev.		
METSO		Quadro 8" para tela Trelstep		53280685500			11		
Qte	lote	<input type="checkbox"/> Amostra <input checked="" type="checkbox"/> Alteração de processo / dispositivo <input type="checkbox"/> Correção			<input type="checkbox"/> Revisão <input type="checkbox"/> Auditoria / Set Up		Folha		
1							1 DE 1		
Nota fiscal							Data do Desenho		
							28/10/2014		
Item	Local	Dimensão / Especificações	Tol.	Caract.	Resultado das Medições			C.	N.C.
					01 - 10 - 15	02 - 10 - 15	03 - 10 - 15		
01	B3	1199,00	+0 -1,0		1198,30	1198,60	1198,40	X	
02	B3	602,50	± 1,0		603,00	602,80	603,10	X	
03	B4	60,0 (4X)	± 0,5		59,8 à 60,1	59,8 à 60,1	59,8 à 60,1	X	
04	C3	305,0 (10X)	± 0,4		304,8 à 305,2	304,8 à 305,2	304,8 à 305,2	X	
05	C4	2400,00	+0 -1,5		2399,30	2399,50	2399,20	X	
06	B3	1127,00	± 1,0		1126,60	1126,70	1126,40	X	
07	D3	Ø 14,5 (22X)	± 0,5		14,6 a 14,8	14,6 a 14,8	14,6 a 14,8	X	
08	B3	37,00	± 0,5		37,20	36,90	37,40	X	
09	B3	43,00	± 0,5		43,50	43,10	42,90	X	
10	A2	2°	± 0,3		2°	2°	2°	X	
11	B3	40°	± 0,3		40,2°	40,3°	40°	X	
12	C2	2300,00	± 1,0		2300,10	2300,00	2299,80	X	
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
Inspeccionado por:		Diego Teodoro		Diego Teodoro			02/10/15		
		Nome		Assinatura			Data		
Análise do Processo	Aprovado	<input checked="" type="checkbox"/>							
	Rejeitado	<input type="checkbox"/>							
Analisado por:		Robson Leme							
		Nome		Assinatura			Data		

Modelo 510 - Rev. 6 (Folha 01 Opcional)

Fonte: Do próprio autor.

Figura 34: Relatório dimensional do quadro 53293066500.

Item		Local	Dimensão / Especificações	Tol.	Caract.	Resultado das Medições			C.	N.C.
						01 - 09 - 15	02 - 09 - 15	03 - 09 - 15		
01	B3		1199,00	+0 -1,0		1198,80	1198,60	1198,90	X	
02	B3		602,50	± 1,0		602,90	602,50	602,70	X	
03	B4		60,0 (4X)	± 0,5		59,8 à 60,1	59,8 à 60,1	59,8 à 60,1	X	
04	C3		305,0 (10X)	± 0,4		304,8 à 305,2	304,8 à 305,2	304,8 à 305,2	X	
05	C3		2400,00	+0 -1,5		2399,80	2399,50	2399,70	X	
06	B3		1127,00	± 1,0		1126,90	1127,00	1127,20	X	
07	C4		Ø 14,5 (22X)	± 0,5		14,6 a 14,8	14,6 a 14,8	14,6 a 14,8	X	
08	B3		37,00	± 0,5		37,20	36,70	37,50	X	
09	B3		43,00	± 0,5		43,0	43,10	43,0	X	
10	A2		2°	± 0,3		2°	2°	2°	X	
11	B3		40°	± 0,3		40,1°	40,0°	40,0°	X	
12	C3		2300,00	± 1,0		2300,20	2300,10	2299,90	X	
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										

Inspeccionado por:		Diego Teodoro	Diego Teodoro	18/09/15
		Nome	Assinatura	Data
Análise do Processo	Aprovado	<input checked="" type="checkbox"/>		
	Rejeitado	<input type="checkbox"/>		
Analisado por:		Robson Leme		
		Nome	Assinatura	Data

Modelo 510 - Rev. 6 (Folha 01 Opcional)

Fonte: Do próprio autor.