

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia de Produção**

**APLICAÇÃO DO CICLO PDCA NA MELHORIA DE  
PROCESSO NO SETOR DE PERFILADOS EM UMA  
INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA DA REGIÃO DE MARINGÁ-  
PR**

*Lucas Bombonatti dos Santos*

**TCC-EP-60-2012**

**Maringá - Paraná**  
**Brasil**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**APLICAÇÃO DO CICLO PDCA NA MELHORIA DE PROCESSO NO SETOR DE  
PERFILADOS EM UMA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA DA REGIÃO DE  
MARINGÁ-PR.**

**Área: Engenharia da qualidade**  
**Sub-área: Gestão da qualidade do processo**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Aluno: Lucas Bombonatti dos Santos  
Orientador: Prof. MSc. Daily Morales

MARINGÁ  
PARANÁ – BRASIL  
2012

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais que em todos os momentos necessários me deram apoio para seguir em frente.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais que sempre estiveram junto comigo nas decisões difíceis e nos momentos em que necessitei.

Aos meus avós e toda a minha família pelo carinho e constantes incentivos que não me deixaram desanimar.

Aos amigos que fiz em Maringá que tornaram possível a passagem desses 5 anos distante de minha cidade de origem, sempre mantendo a paz.

Aos professores que me passaram seus conhecimentos com entusiasmo e dedicação. Em especial ao professor Daily Morales que me orientou durante todo esse trabalho.

Aos colegas da empresa Noma do Brasil S/A por me ajudarem em todas as etapas de meu trabalho, me fornecendo conhecimento e experiência para lidar com os problemas encontrados.

## RESUMO

A gestão de melhorias de processos é de grande importância em qualquer empresa para que sejam atingidos os resultados necessários e para que haja constante desenvolvimento no sistema produtivo. O presente trabalho teve como objetivo a aplicação do PDCA para melhorias em uma empresa metal-mecânica tendo como meta a redução de itens não conformes produzidos. Foram realizadas diversas análises no setor de perfilados, aonde se priorizou os processos de dobramento por ser comprovado estatisticamente que era o processo mais crítico do setor. Além do ciclo PDCA foram utilizadas diversas ferramentas da qualidade como: Brainstorming, Diagrama de causa e efeito, Diagrama de Pareto, Folha de verificação. Essas ferramentas serviram para identificação das causas e elaboração do plano de ações que sendo executado traria a melhora na qualidade dos processos. Foram analisadas várias questões que influenciam no resultado do processo de dobramento, várias delas não tinham procedimento ou padronização, como raio interno de dobra das ferramentas, e o fator neutro utilizado nos projetos. Durante o trabalho foram executadas diversas ações para encontrar os valores corretos para esses parâmetros e encontraram-se sugestões para padronização dos mesmos.

**Palavras-chave:** Ciclo PDCA, Linha neutra, Processo de dobramento.

# SUMÁRIO

RESUMO .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE QUADROS .....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa .....	1
1.2 Definição e delimitação do problema .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo geral .....	2
1.3.2 Objetivos específicos .....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Gestão da Qualidade do Processo .....	4
2.2 Ferramentas da Qualidade.....	6
2.2.1 Ciclo PDCA.....	6
2.2.2 Controle estatístico da qualidade.....	7
2.2.3 Estratificação .....	7
2.2.4 Diagrama de Pareto .....	7
2.2.5 Diagrama de causa e efeito.....	9
2.2.6 Folha de verificação.....	10
2.2.7 Histograma .....	10
2.3 Processo de estampagem .....	11
2.4 Ferramentas de estampagem/dobramento.....	12
2.5 Desenvolvimento de chapas/ Linha neutra .....	13
3. METODOLOGIA.....	16
4. ESTUDO DE CASO .....	17
4.1 A Empresa.....	17
4.2 Delimitação da Área de Trabalho .....	18
4.3 Descrição dos processos .....	21
5. DESENVOLVIMENTO.....	23
5.1 Planejamento(P).....	23
5.1.1 Observação do processo .....	25
5.1.2 Coleta de dados.....	28
5.1.3 Abas com medidas divergentes do projeto .....	30
5.2 Execução(D) .....	34
5.2.1 Definir raios de dobra padrão .....	35
5.2.2 Definir fator neutro utilizado no projeto .....	38
5.2.3 Padronização dos projetos .....	41
5.2.4 Reformar ferramentas danificadas.....	42

5.2.5	Orçar ferramentas novas .....	43
5.2.6	Armazenagem das ferramentas.....	44
5.2.7	Determinar procedimento para manutenção preventiva.....	45
5.2.8	Correção de roteiros de produção .....	46
5.3	Checagem (C) .....	47
5.3.1	Checagem das máquinas e ferramentais .....	47
5.3.2	Checagem dos novos padrões de projeto.....	50
5.3.3	Checagem de modificações de roteiro.....	52
5.4	Ação(A) .....	52
5.4.1	Encontrar fator neutro correto para raios de 2mm e 10mm.....	53
5.4.2	Realizar manutenção do suporte da dobradeira.....	55
5.4.3	Elaborar e implantar tabela padrão para ser utilizada pela produção .....	56
5.4.4	Instrução para operadores de dobradeira .....	57
6.	CONCLUSÃO.....	58
6.1	Propostas para trabalhos futuros .....	59
6.2	Dificuldade e limitações do trabalho .....	59
7.	REFERÊNCIAS .....	60
	ANEXO I.....	61
	ANEXO II .....	66

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: DIAGRAMA DE PARETO. FONTE: WIKIPÉDIA (2007) .....	8
FIGURA 2: DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO. FONTE: KUME (1993).....	9
FIGURA 3: FERRAMENTA DE DOBRA. FONTE: ROCHA (2004) .....	12
FIGURA 4: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA POSIÇÃO DA LINHA NEUTRA.	14
FIGURA 5: LAYOUT GERAL .....	18
FIGURA 6: LAYOUT DO PERFILADOS .....	19
FIGURA 7: ORGANOGRAMA DO PERFILADOS .....	20
FIGURA 8: GRÁFICO DE NÃO CONFORMIDADE .....	22
FIGURA 9: FERRAMENTAS DE DOBRA ARMAZENADAS .....	26
FIGURA 10: FERRAMENTAS DE DOBRA ARMAZENADAS .....	26
FIGURA 11: FERRAMENTAS DE DOBRA ARMAZENADAS .....	27
FIGURA 12: FERRAMENTA DE DOBRA DANIFICADA .....	27
FIGURA 13: FERRAMENTA DE DOBRA DANIFICADA .....	28
FIGURA 14: GRÁFICO DE PARETO PARA FREQUÊNCIA DOS TIPOS DE FALHAS..	30
FIGURA 15: DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO MEDIDA DIVERGENTE DO PROJETO. ....	33
FIGURA 16: OCORRÊNCIA DE FALHA DE DOBRA. ....	36
FIGURA 17: PERFIL COM RAIOS 8MM .....	37
FIGURA 18: PROJETO DO PERFIL UTILIZADO NO TESTE.....	39
FIGURA 19: PERFIL UTILIZADO NO TESTE. ....	40
FIGURA 20: FATOR NEUTRO.....	41
FIGURA 21: ARMAZENAGEM ATUAL DE FERRAMENTAS DE DOBRA .....	44
FIGURA 22: ARMÁRIO PARA ARMAZENAGEM DAS FERRAMENTAS.....	45
FIGURA 23: LONGARINA. ....	46
FIGURA 24: ALTERAÇÃO DE ROTEIRO. ....	47
FIGURA 25: SUPORTE DOBRADDEIRA DESMONTADO. ....	48
FIGURA 26: ESPECIFICAÇÃO NAS FERRAMENTAS DE DOBRA.....	49
FIGURA 27: CONFERÊNCIA DE RAIOS DE DOBRA. ....	50
FIGURA 28: PERFIL UTILIZADO NOS TESTES .....	51
FIGURA 29: TESTE PARA CALCULO DO FATOR NEUTRO CORRETO.....	55
FIGURA 30: SUPORTE DOBRADDEIRA RESTAURADO .....	56
FIGURA 31: TABELA PADRÃO PARA RAIOS DE DOBRA .....	57

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: EXEMPLO DE FOLHA DE VERIFICAÇÃO. ....	10
QUADRO 2: CICLO PDCA .....	24
QUADRO 3: FOLHA DE VERIFICAÇÃO FALHAS DE DOBRAMENTO .....	29
QUADRO 4: FREQUÊNCIA DOS TIPOS DE FALHAS.....	30
QUADRO 5: BRAINSTORMING.....	31
QUADRO 6: PROBLEMAS RELACIONADOS A ABAS DOBRADAS COM MEDIDAS DIVERGENTES DO PROJETO.....	32
QUADRO 7: PLANO DE AÇÕES. ....	35
QUADRO 8: PADRONIZAÇÃO DOS RAIOS DE DOBRA. ....	38
QUADRO 9: FERRAMENTAS DANIFICADAS. ....	43
QUADRO 10: FERRAMENTAS NOVAS. ....	43
QUADRO 11: CHECAGEM DO FATOR NEUTRO .....	51
QUADRO 12: PLANO DE AÇÕES. ....	53
QUADRO 13: TESTE FATOR NEUTRO.....	54
QUADRO 14: SEGUNDO TESTE FATOR NEUTRO. ....	54

# 1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores barreiras para a produtividade é o retrabalho causado pela má qualidade nos processos. A inspeção e documentação, a análise do erro e possível aproveitamento do item não conforme, a execução do retrabalho em si, tudo isso resulta em um grande desperdício de recursos.

Esses desperdícios são comuns em empresas de todo tipo, desde fábricas a prestadoras de serviços. Para uma melhora significativa nessa questão é preciso uma gestão de qualidade no processo eficiente e precisa, que considere todas as etapas e possíveis falhas em cada tarefa exercida.

A maioria dos especialistas em qualidade estima perdas médias na faixa de 20 a 30 por cento das vendas brutas como consequência da fabricação de produtos defeituosos ou insatisfatórios. (RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004)

Produtos defeituosos são resultado de um processo de fabricação deficiente. Conseqüentemente melhorar a qualidade dos processos é fundamental para minimizarmos ou eliminarmos o retrabalho. Este estudo baseia-se na utilização do Ciclo PDCA (*Plan, Do Check, Action*), também conhecido como Ciclo de Shewhart ou Ciclo de Deming, o qual constitui-se em uma abordagem sistêmica e sistematizada com o foco na melhoria contínua de produtos ou processos. O PDCA é aplicado para se atingir resultados dentro de um sistema de gestão e pode ser utilizado em qualquer empresa de forma a garantir o sucesso nos negócios, independentemente da área de atuação da empresa.

## 1.1 Justificativa

O trabalho será desenvolvido em uma indústria metal-mecânica visando diminuir a taxa de peças não conformes produzidas no setor de perfilados. Hoje o número de peças que precisam ser retrabalhadas é alto provocando sucessivos atrasos na produção.

Segundo Whiteley (1999), a eliminação do retrabalho reflete diretamente na produtividade, constituindo-se o retrabalho em um dos indicadores de maior desperdício nas empresas.

## **1.2 Definição e delimitação do problema**

A diretoria na indústria em análise tem a meta de quadruplicar a produção até 2015, uma das formas necessárias para isso é a redução do número de peças produzidas no setor de perfilados com algum tipo de não conformidade.

No setor de perfilados encontram-se muitos processos críticos como: ferramentas de conformação e projetos fora do padrão, máquinas sem manutenção preventiva, equipamentos mal elaborados e mal organizados, gestão de produção ineficiente e falta de treinamento.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Desenvolver propostas de melhorias nos processos que possam reduzir significativamente o número de peças não conformes do setor de perfilados, aumentando-se assim sua capacidade produtiva.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Como objetivos específicos, tem-se:

- Levantar dados sobre os processos existentes em todo o setor, identificando os mais críticos.
- Identificar quais são as não conformidades que ocorrem com maior frequência.
- Fazer utilização de métodos e ferramentas da engenharia da qualidade para identificar as causas das falhas, elaborar melhorias e atestar a eficácia das ações.

- Aplicar melhorias nos processos, propor melhorias e adequações nos centros de trabalho.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o intuito de embasar o planejamento do presente trabalho em métodos e autores consagrados na área de engenharia de produção.

### **2.1 Gestão da Qualidade do Processo**

Paladini (2004) diz que esse modelo gerencial centra sua atenção no processo produtivo em si, partindo do pressuposto segundo o qual a qualidade deve ser gerada a partir exatamente das operações do processo produtivo.

Para conseguir entender melhor o conceito de Gestão da Qualidade do Processo, primeiro definiremos alguns de seus termos principais:-

#### **Qualidade:**

Segundo Paladini (2004) há várias formas de entender o termo qualidade, e todas elas são voltadas para o atendimento as necessidades do cliente.

A produção, o uso e o descarte de um produto sempre acarretam prejuízos para a sociedade, quanto menor for o prejuízo, melhor será a qualidade do produto. Exemplo: A produção de veículos leva à construção de siderúrgicas que poluem o ar com diferentes elementos químicos; durante o uso, esses mesmos veículos poluem o ar com a emissão de CO; e, como se não bastasse, ao final da vida útil, muitos dos seus componentes ficam sem destino, por não serem recicláveis. Os prejuízos para a sociedade não se limitam aos prejuízos para o meio ambiente, mas incluem também todos os prejuízos diretos para os compradores do produto, tais como quebras inesperadas, consumo excessivo, mau posicionamento do freio de mão, etc. (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2004 apud TAGUCHI, 1999)

“Os clientes definem a qualidade de várias maneiras. Em um sentido amplo, qualidade pode ser definida como atender ou exceder as expectativas do cliente. Em termos práticos, é necessário ser mais específico”. (RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004, p. 994)

## **Processo:**

Segundo Ritzman e Krajewski (2004) um processo envolve o uso dos recursos de uma organização para proporcionar algo de valor. Nenhum produto pode ser feito e nenhum serviço pode ser prestado sem um processo, e nenhum processo pode existir sem um produto ou serviço.

Um processo é qualquer atividade ou conjunto de atividades que parte de um ou mais insumos, transforma-os e lhes agrega valor, criando um ou mais produtos (ou serviços) para os clientes. O tipo de processo pode variar. Em uma fábrica, por exemplo, o processo primário seria a transformação física ou química de matérias-primas em produtos. Existem, porém, muitos processos não relacionados a manufatura em uma fábrica, como o processamento de pedidos, o acerto de compromissos de entrega com os clientes e o controle de estoque. (RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004, p. 03)

“Em uma empresa industrial, entendemos como processo o percurso realizado por um material desde que entre na empresa até que dela sai com um grau determinado de transformação”. (MARTINS E LAUGENI, 2005, p. 96)

## **Gestão:**

Segundo Juran (1992) gerenciar é controlar. Sem controle não há gerenciamento, sem medição não há controle.

Os sistemas de gestão apresentam características gerais e especificidades que lhes conferem um modelo conceitual diversificado (sua base envolve múltiplas definições) e uma estrutura organizacional bastante complexa (porque envolve elementos complexos como por exemplo, os recursos humanos). Essa abrangência poderia tornar muito difícil o estudo desses sistemas, não fosse o fato de que todos têm dois objetivos básicos: devem desenvolver mecanismos que, em um primeiro momento, garantam a sobrevivência da organização e, a seguir, possibilitem sua permanente e contínua evolução. (Paladini, p 133, 2004)

## **Gestão da qualidade do processo:**

A Gestão da qualidade do processo possibilita uma visualização e otimização dos processos como um todo. Podendo-se aplicar melhorias do início ao fim do processo e padroniza-lo, de modo que o mesmo atinja robustez e agregue valor ao produto em todas as suas etapas.

Segundo Ritzman e Krajewski (2004) gerenciamento de processo é a seleção dos insumos, das operações, dos fluxos de trabalho e dos métodos que transformam insumos em resultados.

“Um roteiro prático para viabilizar a Gestão da Qualidade no processo envolve a implementação de atividades agrupadas em três etapas: a eliminação de perdas; a eliminação das causas das perdas e a otimização do processo”. (PALADINI, 1995)

Ainda segundo Paladini (1995) não há forma de definir qualidade sem atentar ao atendimento integral ao cliente. Não há forma de atender ao cliente sem qualidade no processo produtivo.

## **2.2 Ferramentas da Qualidade**

### **2.2.1 Ciclo PDCA**

Segundo Falconi (1992), o controle de processo pode ser exercido por meio do Ciclo PDCA de controle de processos. Os termos no Ciclo PDCA têm o seguinte significado:

- Planejamento (*Plan*) – Consiste em estabelecer metas sobre os itens de controle e estabelecer a maneira (o caminho, o método) para atingir as metas propostas.
- Execução (*Do*) – Execução das tarefas exatamente como prevista no plano e coleta de dados para verificação do processo. Nesta etapa é essencial o treinamento no trabalho decorrente da fase de planejamento.
- Verificação (*Check*) – A partir dos dados coletados na execução, compara-se o resultado alcançado com a meta planejada.

- Atuação corretiva (*Action*) – Esta é a etapa onde o usuário detectou desvios e atuara no sentido de fazer correções definitivas, de tal modo que o problema nunca volte a ocorrer.

### **2.2.2 Controle estatístico da qualidade**

No presente estudo nos basearemos em métodos estatísticos para controlarmos a qualidade, definir os problemas principais, elaborar soluções e atestar se um problema foi solucionado ou não. Segundo Ritzman e Krajewski (2004) os métodos de controle estatístico de processo (CEP) são uteis para medir a qualidade atual dos produtos ou serviços e detectar se o processo em si foi alterado de modo a afetar a qualidade.

Através da prática do controle estatístico da qualidade podemos manter as especificações de qualidade pré-estabelecidas de uma maneira muito menos custosa para a empresa, pois substituímos grande parte do gasto com descarte de itens não conforme identificados na inspeção por um gasto menor com um controle do processo antes de ser produzido o item não conforme.

“O monitoramento dos processos, se realizado de forma inteligente, implica em custos que se pagam facilmente, pois qualidade agrega valor”. (TAGUCHI, 1999 apud COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2004).

### **2.2.3 Estratificação**

Segundo Falconi (1992, p.229) “Estratificar é dividir um problema em “estratos” (camadas) de problemas de origens diferentes. A estratificação é uma “análise de processo”, pois é um método para ir à busca da origem do problema”.

### **2.2.4 Diagrama de Pareto**

O Diagrama de Pareto é uma importante ferramenta da engenharia da qualidade, será utilizado nesse trabalho para que se priorize a solução dos problemas que tem maior influencia no resultado final. Seguem abaixo algumas considerações sobre a utilização dessa ferramenta ilustrada na Figura 1.

Segundo Falconi (1992, p. 227) “A Análise de Pareto é um método muito simples e muito poderoso para o gerente, pois o ajuda a classificar e priorizar os seus problemas”.

Os problemas de qualidade aparecem sob forma de perdas (itens defeituosos e seus custos). É extremamente importante esclarecer a forma de distribuição das perdas. A maioria delas deve-se a alguns poucos tipos de defeitos, que podem ser atribuídos a uma pequena quantidade de causas. Assim, se as causas destes poucos defeitos vitais forem identificadas, poderemos eliminar quase todas as perdas concentrando-nos sobre estas causas principais, deixando de lado, numa abordagem preliminar, os outros defeitos que são muitos e triviais. (KUME, 1993, p. 22)

Em poucas palavras existem poucos itens vitais e muitos itens triviais. (Falconi, 1992, p. 227)

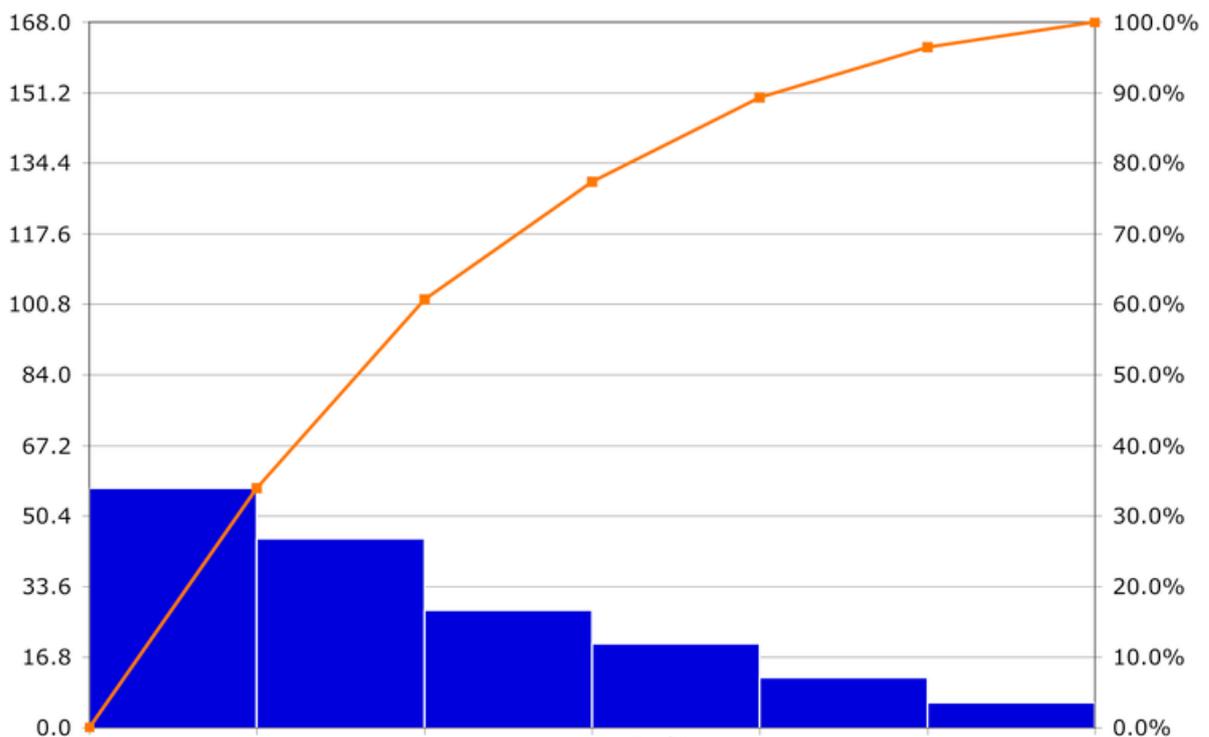


Figura 1: Diagrama de Pareto. Fonte: Wikipédia (2007)

Sobre a utilização do diagrama de Pareto Kume (1993) adverte que como o gráfico de Pareto visa à eficiência da solução de problemas, ele requer, basicamente, que priorizemos somente os poucos vitais. Entretanto se houver um item que parece ter uma importância relativa pequena, mas que pode ser resolvido através de uma contramedida simples, ele deve ser solucionado, pois servirá como um exemplo de solução eficiente de problema, e a

experiência, as informações e a elevação do moral obtidas por meio dele serão de grande valia para futuras soluções de problemas.

### 2.2.5 Diagrama de causa e efeito

Com o diagrama de causa e efeito podemos visualizar de forma completa toda a estratificação de um problema, é uma poderosa ferramenta gerencial desenvolvida por Kaoru Ishikawa.

“O controle de processo é a essência do gerenciamento em todos os níveis hierárquicos das empresas, desde o presidente até os operadores. O primeiro passo no entendimento do controle de processo é a compreensão do relacionamento causa-efeito”. (FALCONI, 1992, p. 19)

Segundo Kume (1993) a saída ou resultado de um processo pode ser atribuído a uma grande quantidade de fatores, e uma relação de causa-e-efeito pode ser encontrada entre esses fatores. Pode-se determinar a estrutura ou uma relação de causa-e-efeito múltipla observando o processo sistematicamente. Dessa forma podemos minimizar ou eliminar essas causas, aumentando a capacidade do processo.

A Figura 2 ilustra um diagrama de causa-e-efeito desenvolvido por Kaoru Ishikawa.

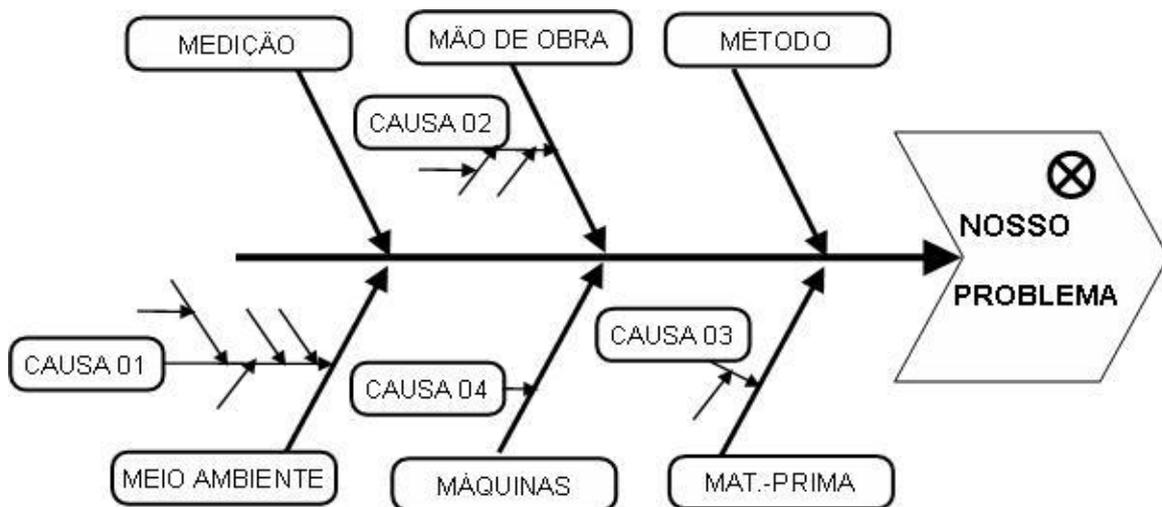


Figura 2: Diagrama de causa e efeito. Fonte: Kume (1993).

## 2.2.6 Folha de verificação

A folha de verificação é o método que será utilizado para coleta de dados antes e depois de realizadas as melhorias. Segundo Kume (1993) quando for preciso coletar dados, é essencial esclarecer sua finalidade e ter valores que reflitam claramente os fatos. Além dessas premissas, em situações reais é importante que os dados sejam coletados de uma maneira simples e num formulário fácil de usar. Adverte também que a coleta e o registro dos dados parecem ser fáceis, mas, na realidade, não são. Usualmente, quanto mais pessoas processam os dados, maior é a possibilidade de aparecimento de erros de registro e escrita.

Defeito	Dia									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Quadro 1: Exemplo de folha de verificação.

## 2.2.7 Histograma

Segundo Kume (1993) se houver uma especificação, pode-se traçar as linhas dos limites da especificação no histograma, para comparar a distribuição com a especificação. Depois observa-se se o histograma esta localizado bem dentro dos limites.

Dados obtidos de uma amostra servem como base para uma decisão sobre a população. Quanto maior o tamanho da amostra, mais informação obtemos sobre a população. Porém, um aumento do tamanho da amostra também implica um aumento do número da quantidade de dados, e isso torna difícil compreender a população a partir destes, mesmo quando estão organizados em tabelas. Em tal caso, precisamos de um método que nos possibilite conhecer a população em um rápido exame. Um histograma atende às nossas necessidades. Por meio da organização de muitos dados num histograma, podemos conhecer a população de maneira objetiva. (KUME, 1993, p. 44)

“Quando um histograma mostra que ele segue uma distribuição normal, um estudo da capacidade do processo é frequentemente realizado. Este estudo visa verificar se o processo consegue atender às especificações, ou não”. (KUME, 1993, p.67)

## 2.3 Processo de estampagem

Segundo Breciani Filho *et al.*(2011) os processos de estampagem podem ser classificados em dois grupos:

- Estampagem profunda
- Conformação geral

Nos processos classificados no grupo de conformação em geral, estão sempre presentes, na zona de deformação da peça, esforços de flexão que dobram a região a ser deformada, criando tensões de tração numa superfície e de compressão na superfície oposta. Na estampagem profunda estão associados aos esforços típicos desse processo os esforços que caracterizam os processos de conformação em geral. Nesse processo, verifica-se invariavelmente a ação de um dispositivo da ferramenta denominado prensa-chapas ou sujeitador, que ocasiona o surgimento de esforços adicionais.

Normalmente as operações de conformação de chapas são efetuadas a frio, utilizando-se como matéria-prima laminados delgados de aço, ligas de alumínio, ligas de cobre e outros materiais.

Segundo Rocha (2004), na conformação em geral, as peças iniciais, ou seja, os esboços, podem ser simples pedaços de tiras, que serão dobrados ou rebordados ou então, todos os pedaços de tubos que serão abalados ou pregueados. Podem ser ainda, discos que serão estampados e depois pregueados (como as pequenas tampas metálicas de garrafas de cerveja e refrigerantes).

Filho; Silva; Batalha; Button (2011) também dizem que os esforços que surgem nessas operações criam diversos estados de tensão nas diferentes partes das peças. Isso torna complexa e difícil a previsão do esforço resultante e necessário a conformação e dos esforços nos pontos críticos que podem conduzir a ruptura da peça na conformação. Contudo, pode-se notar que, simplificadamente, o tipo de esforço predominante é o de flexão, conduzindo ao surgimento de forças de tração e compressão em lados opostos da chapa ao longo da direção e através da dimensão de espessura. Como a flexão se realiza até a deformação plástica da peça convencionou-se chamar o processo, de um modo geral, de dobramento. do esboço, e denominado flangeamento.

Segundo Breciani Filho *et al.*(2011), no dobramento de uma peça inicial na forma de uma tira, os esforços são aplicados em duas direções opostas para provocar a flexão e a deformação plástica consequente, mudando a forma de uma superfície plana para duas superfícies concorrentes, em ângulo, e formando, na junção, um raio de concordância.

Os esforços de conformação se concentram na região de concordância das duas superfícies. Na parte interna da região de concordância, surgem esforços de compressão e, na externa, de tração. A eventual fratura da peça ocorre na parte externa e o possível enrugamento na parte interna.

## **2.4 Ferramentas de estampagem/dobramento**

Segundo Rocha (2004) o dobramento é realizado em ferramentas denominadas estampas de dobramento, a figura 3 apresenta um desses estampas, que compõem-se de uma parte superior (macho) e uma parte inferior (fêmea) e para o dobramento deve ser levado em consideração o raio de curvatura utilizado para a peça e a elasticidade do material.



**Figura 3: Ferramenta de dobra.**

Segundo Breciani Filho *et al.*(2011), após a deformação, que provoca o dobramento, a peça tende a voltar a sua forma primitiva, em proporção tanto maior quanto mais duro for o material da chapa, devido a recuperação elástica. Portanto, ao se construir os estampos de dobramento, deve-se fixar um ângulo de dobramento mais acentuado, de modo que, uma vez cessada a pressão de conformação, possa se obter uma peça com o ângulo desejado.

Para se conformar uma peça e muitas vezes necessário efetuar o dobramento por etapas, em diversos estampos.

Os materiais para as ferramentas de estampagem são selecionados em função dos seguintes fatores: tamanho e tipo de ferramenta (corte, dobramento, embutimento), temperatura de trabalho (na estampagem geralmente o processo é conduzido a frio) e natureza do material da peça.

Os dois componentes mais importantes da ferramenta são o punção e a matriz e, dependendo do tipo do processo, as solicitações mecânicas podem ser de desgaste, de choque e de fadiga. Os materiais de uso mais comum para o conjunto punção-matriz são aços-liga da categoria "aços para ferramentas".

Para os demais componentes estruturais são normalmente utilizados aços de baixo e médio carbono e para os elementos mais solicitados (molas, pinos, etc.) aços-liga de uso comum na construção mecânica. Para elevar a resistência ao desgaste, particularmente das ferramentas de corte, empregam-se alguns tipos de metal duro (carboneto de tungstênio aglomerado com cobalto), na forma de pastilhas inseridas em suportes de aço.

## **2.5 Desenvolvimento de chapas/ Linha neutra**

Para entender alguns dos problemas abordados, assim como suas soluções é necessário conhecer alguns conceitos de projeto mecânico e conformação de chapas, indispensáveis quando se trata de processos de conformação de metais e projetos desenvolvidos no software Solid Edge.

Segundo Rocha (2005) para obter uma chapa dobrada segundo um determinado perfil, é necessário cortar a chapa com tamanho certo. Para isto é necessário conhecer as dimensões da peça desenvolvida. Na conformação da dobra, todas as fibras do material padecem

solicitações de compressão ou tração, sofrendo conseqüentemente alongamento ou encurtamento.

As únicas fibras que permanecem inalteradas são as que estão localizadas no plano neutro, ou, tratando-se de elementos lineares, na linha neutra. As fibras ali localizadas não sofrem deformações, portanto o desenvolvimento desta linha nos fornecerá o comprimento exato da chapa ou da tira a ser cortada.

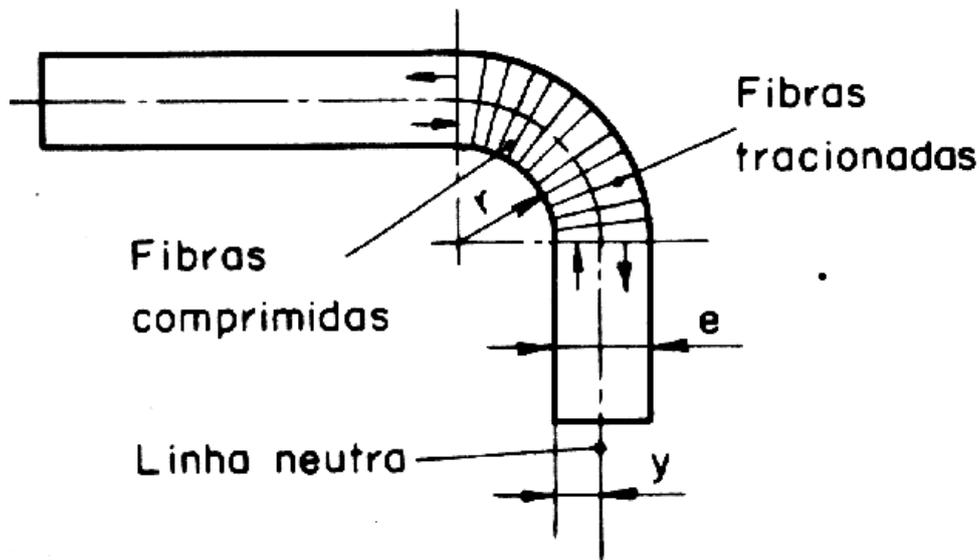


Figura 4: Representação esquemática da posição da linha neutra. Fonte: Rocha (2004).

Segundo Breciani Filho *et al.*(2011), como a parte externa atua uma força num sentido (de tração) e na interna em outro sentido (de compressão), existe um ponto, ao longo de uma linha perpendicular a chapa - portanto, na direção do raio -, em que as tensões são nulas. Este ponto é denominado ponto neutro. A linha de união de todos os pontos neutros ao longo da chapa (em um corte feito pelo plano transversal e que contenha as forças e o raio de curvatura) e denominada linha neutra.

O comprimento da linha neutra, antes e após o dobramento, é admitido permanecer o mesmo. As linhas correspondentes aos cortes, porém, entre as superfícies externa e interna e o plano transversal, não mantém o mesmo comprimento inicial: a linha correspondente a superfície externa tem seu comprimento aumentado após o dobramento e a correspondente a superfície interna diminuído.

A linha neutra é utilizada como referência - pois o seu comprimento não varia na conformação, para a verificação do desenvolvimento da peça conformada, ou seja, para a

determinação das dimensões do esboço inicial que atingem, depois de conformado, as dimensões da peça considerada. Antes da conformação, a posição da linha neutra coincide com a linha de simetria, que divide a espessura da chapa em duas partes iguais. Após a conformação, no entanto, a linha neutra se desloca em direção a superfície interna.

### **3. METODOLOGIA**

O presente trabalho será desenvolvido sob a forma de um estudo de caso, o qual segundo GIL (2007) é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas.

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre as técnicas e ferramentas utilizadas no trabalho.

Em seguida, foi realizada a coleta de dados utilizando-se os relatórios do TQC que permitem a visualização de todas as peças não conformes que saem do setor de perfilados.

Após essa etapa foi realizada a estratificação e priorização dos problemas. O gráfico de Pareto e o brainstorming serão alguns métodos e ferramentas utilizados nessa etapa.

Os processos mais críticos foram identificados, escolhendo-se alguns que possam representar os processos em geral. Os pontos mais críticos desses processos serão levantados, utilizando o diagrama de Ishikawa, elaborando-se a partir daí planos de ações para aperfeiçoá-los. Será girado o ciclo PDCA voltado para melhorias.

Serão executadas e documentadas as melhorias, ou ao menos será elaborada a proposta para a solução dos problemas.

Nas melhorias que forem executadas será feito a checagem para verificação da eficácia. Se for confirmada a eficácia será feita a padronização.

Por fim será analisado os roteiros tomados para a execução das melhorias serão analisados, a fim de obter considerações sobre as melhores práticas a serem utilizadas como métodos para resolução de problemas fabris.

## 4. ESTUDO DE CASO

### 4.1 A Empresa

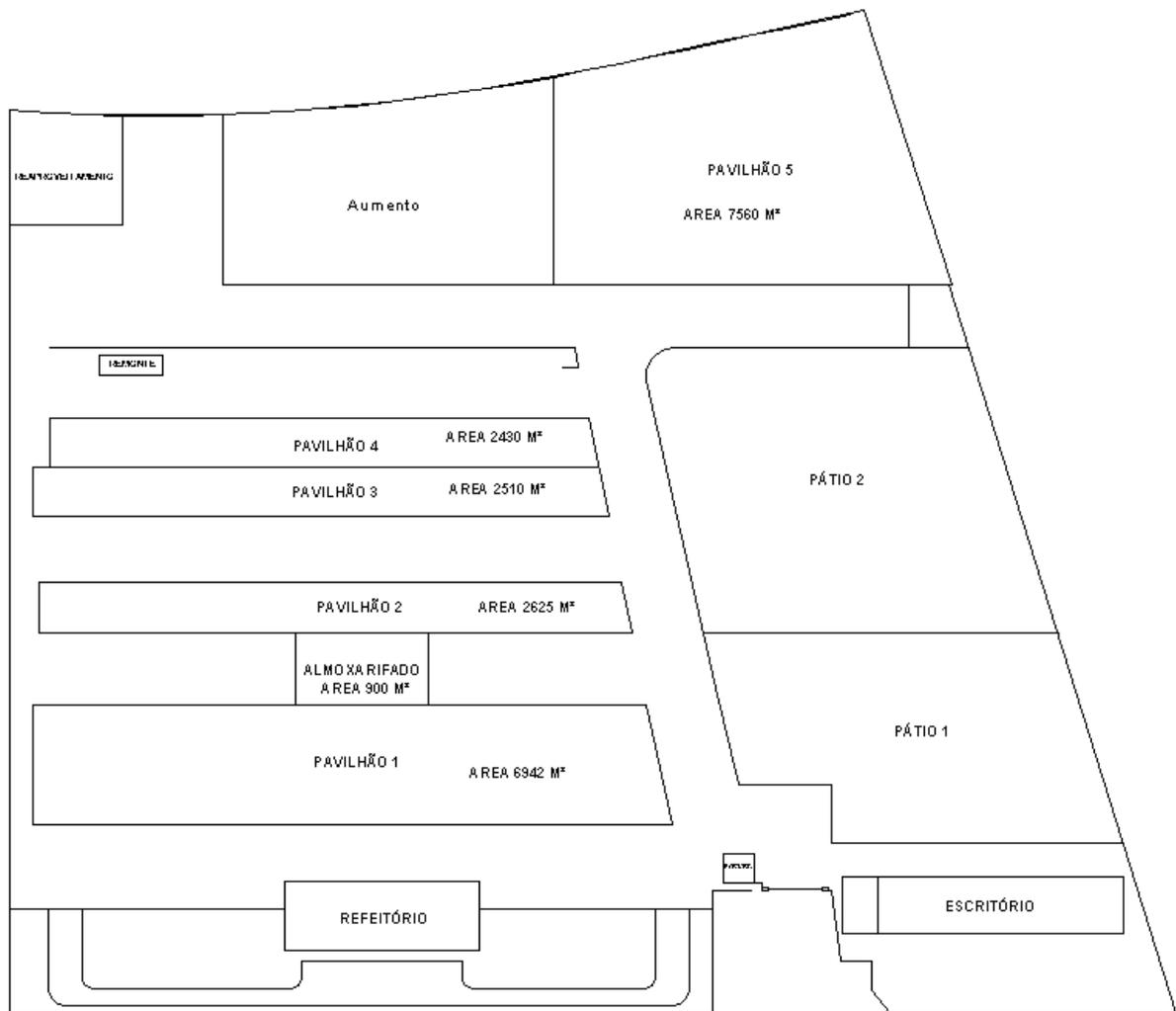
O presente estudo foi realizado na empresa de implementos rodoviários Noma do Brasil S/A fundada no dia 1º de julho de 1967. A sede fica localizada em Sarandi, interior do Paraná, em um terreno de 11375 m<sup>2</sup>. A Noma fabrica graneleiros, basculantes, semirreboques, carregatudo, tanque. A diversificação de tantos produtos exigiu arrojo empresarial, experiência e técnica.

Em 2002 já consolidada no cenário nacional a Noma começou a realizar grandes mudanças estruturais. Na administração, adquiriu o software SAP, um dos mais completos do mundo em sua categoria. Nesse ano também passou a trabalhar com o processo de produção em linha de montagem. Em 2006 a empresa conquistou a certificação ISO 9001-2000 através da *Bureau Veritas*.

A Noma é hoje a quinta maior empresa de implementos rodoviários da América Latina, com uma capacidade produtiva de 650 pinos por mês, sendo que pinos simbolizam o número de produtos, denominados dessa maneira por causa do pino-rei, que acopla os implementos rodoviários ao caminhão.

Possui ampla rede de distribuidores no Mercosul, exportando para Bolívia, Argentina, Paraguai, Uruguai, Chile e Equador. Irá construir uma nova fábrica em Tatuí, interior de São Paulo, o que deve dobrar a capacidade produtiva da empresa.

Dentro da empresa os setores produtivos são divididos entre montadora, montagem e peças, aonde montadora engloba os setores de acabamento, montagem de eixo, pintura e tampas. Na montagem tem-se os setores de basculante, bases, bi-caçamba, especial, longarina e tanque. A divisão de peças contempla o setor de perfilados, a usinagem e pré-montagem. Todas elas baseiam seu modo de funcionamento no conceito de produção enxuta, inspirado no modelo Toyota.



**Figura 5: Layout Geral no ano de 2008**

## 4.2 Delimitação da Área de Trabalho

O estudo será feito na divisão de peças da empresa, mais especificamente no setor de perfilados, responsável por processar todas as peças que utilizam bobinas e chapas de aço como matéria prima.

O setor de perfilados ainda possui processos pouco estudados e definidos. Muitos sem procedimento algum. A intenção desse estudo é priorizar um processo critico que gera muitas peças não conformes e depois estratifica-lo, apresentar um projeto para a solução das causas

especiais das falhas, determinar a melhor maneira de realiza-lo, padronizar e definir os procedimentos para a realização correta do mesmo.

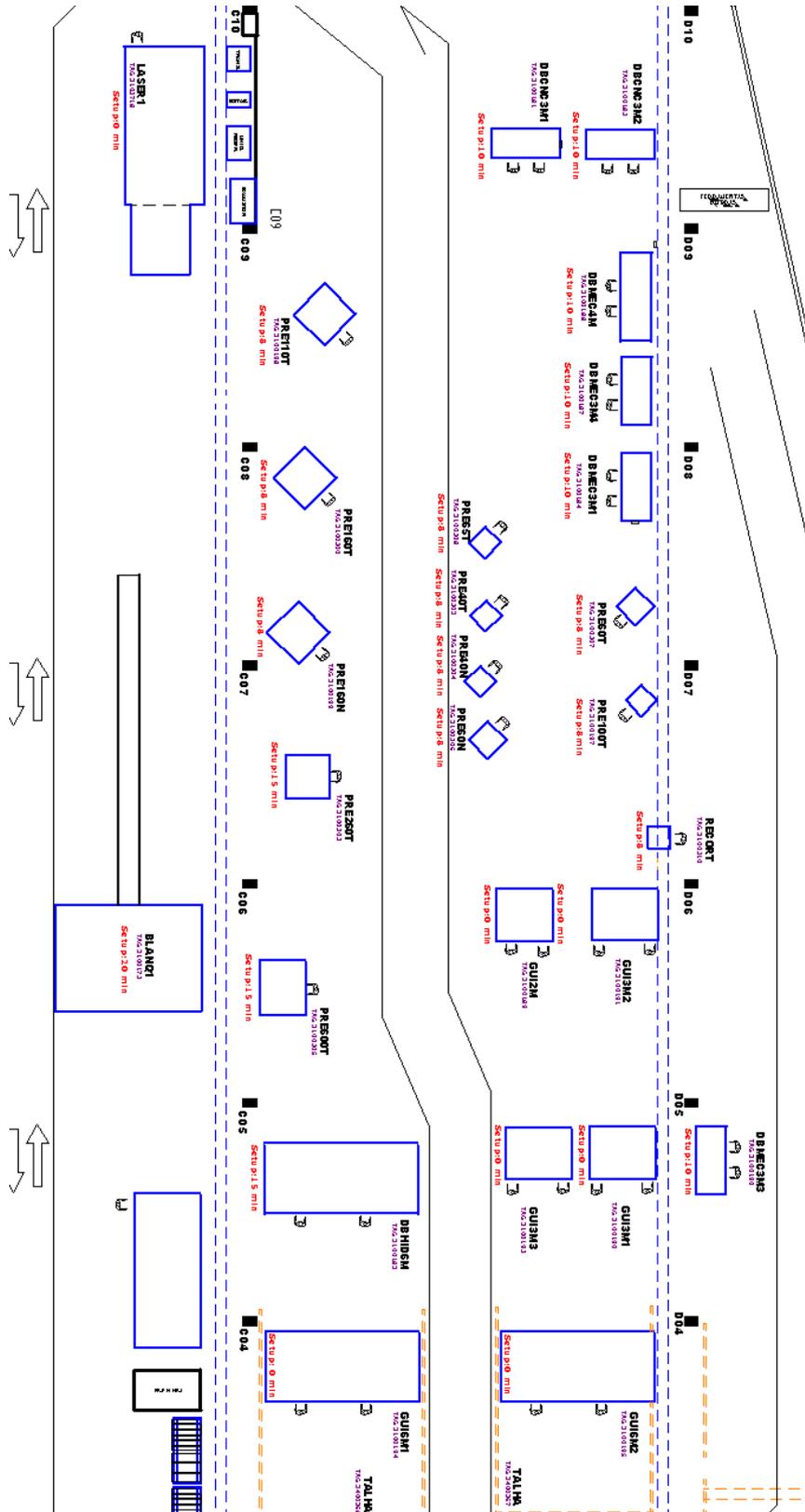
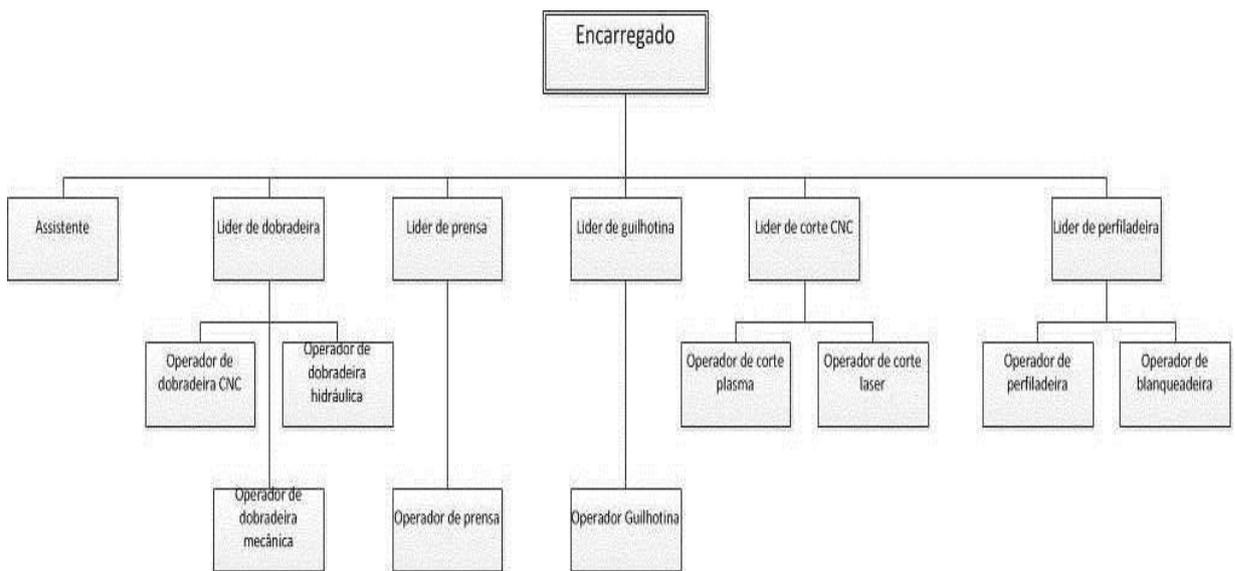


Figura 6: Layout do Perfilados

No layout pode-se observar diversas máquinas existentes no setor, tais como guilhotinas, prensas, plasma, blanqueadeira e as dobradeiras, que serão o objeto de estudo deste trabalho. Porém de certa maneira todas as outras máquinas podem colaborar com as falhas ocorridas na dobradeira, por exemplo, se a peça for mal cortada na guilhotina e depois for dobrada, provavelmente as abas ficarão com medidas erradas.



**Figura 7: Organograma do perfilados**

**Encarregado:** Responsável por liderar e supervisionar todo o setor objetivando o alcance das metas de produção, assim como comunicar a gerencia sobre qualquer oportunidade de melhoria encontrada. É dele também a responsabilidade de coordenar todo o capital humano, informando o departamento de recursos humanos se ocorrerem alguma ausência, demissão, ou necessidade de novas contratações.

**Lideres:** São responsáveis por coordenar a produção de determinados tipos de máquinas mais específicas, auxiliando o encarregado no alcance das metas. Também devem treinar e supervisionar diretamente os operadores.

**Operadores:** Responsáveis pela execução dos processos para fabricação das peças seguindo as especificações do projeto.

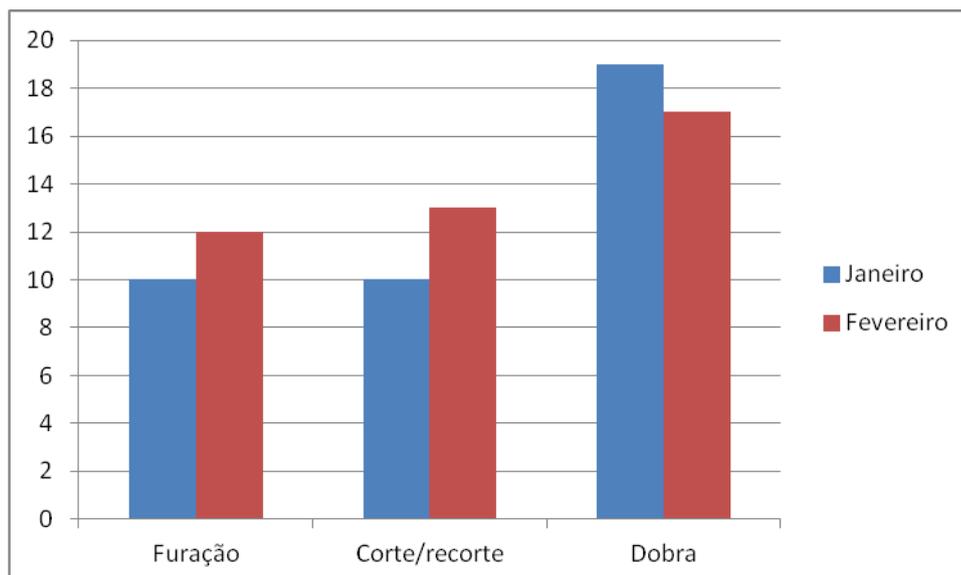
Ajudantes: Auxiliam os operadores em qualquer tarefa que for necessário.

### **4.3 Descrição dos processos**

A engenharia de qualidade elabora todo mês um relatório de não conformidade, anexo I. Esse relatório se divide em falhas de corte, falhas de furação e falhas de dobra. Mostra quais peças tiveram falhas, quais foram as falhas, quantas foram as falhas e onde foram encontradas. Além dessas informações, fornece o total de falhas encontradas e o total de lotes inspecionados. A meta mensal é de que o número de lotes não conformes não ultrapassem 1,5% do número de lotes inspecionados.

Como vários processos no setor ainda necessitam de muitas melhorias foi necessário priorizar algum processo com alta taxa de não conformidade para ser o foco deste trabalho, de uma maneira que pudéssemos ter os maiores ganhos com as melhorias realizadas através deste.

A prioridade definida foram as falhas ocorridas em processos de conformação de chapas em dobradeiras, ou processos de dobra, que segundo os relatórios da engenharia da qualidade, somaram um número maior de ocorrências nos meses de janeiro e fevereiro. O relatório da engenharia da qualidade do mês de janeiro se encontra no anexo I.



**Figura 8: Gráfico de não conformidade**

Nos dois meses visualizados as falhas nos processos de dobra somaram um número maior de ocorrências, sendo colocado como o processo mais crítico do setor. Esses números fornecem uma ideia da situação desses processos, porém como a inspeção de peças ainda é feita de forma precária, pode-se presumir que na verdade há um número muito maior de falhas que não são identificadas pelos inspetores. Sendo que esses dados acabam servindo somente para fazer uma estimativa do cenário atual.

## **5. DESENVOLVIMENTO**

Todo o desenvolvimento foi estruturado a partir do ciclo PDCA com a intenção de tornar mais claro quais eram as etapas necessárias para a real solução dos problemas identificados nos processos de dobra. Foram utilizadas também algumas ferramentas da engenharia da qualidade para solução de problemas, como é o caso do diagrama de causa e efeito, gráfico de pareto e brainstorming.

### **5.1 Planejamento(P)**

Foi montado um cronograma para auxiliar o andamento das ações a serem realizadas durante o ano de 2012. Esse plano contempla desde a coleta de dados, até a entrega final do projeto contendo um modelo a ser seguido para a eliminação dos problemas encontrados.

A coleta de dados envolveu extenso estudo acerca do processo. Muitos dados foram recolhidos e foram necessários alguns dias de observações e procura pelas ocorrências que mostrassem todos os problemas existentes no setor referentes a dobra. As máquinas analisadas foram as dobradeiras mecânicas de 3 e 4 metros, as CNCs de 3 metros e a hidráulica de 6 metros.

CICLO	FASE	DATA	ATIVIDADE
<b>P</b>	Início do trabalho	Dia 05/03/2012	Visualização dos processos e diálogo com os operadores.
	Pesquisa bibliográfica	Mês 03/2012	Documentação da Pesquisa bibliográfica necessária para o entendimento dos processos, ferramentas e métodos utilizados.
	Análise do processo de dobra	Mês 03/2012 e 04/2012	Análise dos relatórios de qualidade e observação in loco do processo
	Coleta de dados e priorização	Mês 04/2012	Aplicação de folha de verificação e montagem do gráfico de Pareto para priorizar as causas a serem tratadas.
	Execução das ferramentas	Mês 4/2012	Aplicação de brainstorming, estratificação, construção do diagrama de causa e efeito.
<b>D</b>	Elaboração do plano de ações	Mês 5/2012	Montar plano de ação para cada uma das causas principais encontradas
	Execução das ações	Mês 5/2012 a 7/2012	Executar e documentar as ações que forem possíveis.
<b>C</b>	Checagem dos resultados	Mês 8/2012	Descrever as ações que não foram possíveis de serem executadas, estrutura-las como futuros projetos.
	Plano de ação para melhorias dos problemas ainda encontrados	Mês 8/2012	Montar plano de ação para cada um dos problemas ainda encontrados.
<b>A</b>	Execução das melhorias e padronização dos resultados	Mês 9/2012 e 10/212	Executar e documentar as ações que forem possíveis.
	Concluir projeto	Dia 17/10/2012	Conclusão do projeto e entrega final do relatório

**Quadro 2: Ciclo PDCA**

### **5.1.1 Observação do processo**

O estado atual das ferramentas de dobra mostra a desorganização em que se encontra o processo conforme figuras 9, 10 e 11. Com uma visualização rápida pode-se observar muitas cenários que propiciam à falhas.

As figuras 9, 10, 11, 12, 13 mostram como são utilizadas os ferramentais de dobra. Não há local correto a para o armazenamento dessas ferramentas, elas acabam jogadas nas prateleiras gerando um desgaste excessivo das mesmas, podendo modificar o raio de dobra em alguns pontos, ou o alinhamento do ferramental.

Também não há procedimento para escolher a ferramenta correta, ficando a cargo dos operadores se dividirem da melhor maneira possível com elas, de acordo com seu senso de utilização.

As ferramentas não seguem um padrão para o raio de dobra, sendo encontrada diversas medidas sem nenhuma especificação. Ao utilizar uma ferramenta com raio inferior ao correto, pode haver uma contração indevida da chapa, fazendo com que as medidas saiam erradas, ou aja trincas nas peças.

A grande maioria das ferramentas encontra-se com alguma espécie de deformação, seja o raio que está desgastado, seja no alinhamento, quase na totalidade encontram-se danificadas e são utilizadas e armazenadas de qualquer forma pelos operadores, sem que aja nenhuma forma de supervisão sobre esse processo.



**Figura 9: Ferramentas de dobra armazenadas.**



**Figura 10: Ferramentas de dobra armazenadas.**



**Figura 11: Ferramentas de dobra armazenadas.**

Muitas vezes são utilizadas ferramentas não adequadas para determinadas operações, é o caso do prisma abaixo que sofreu um esforço excessivo e quebrou, foi danificada uma grande parte de sua ponta.



**Figura 12: Ferramenta de dobra danificada.**

Alguns ferramentais são improvisados utilizando ferramentas quebradas que já estão desgastadas, a qualidade garantida por esses ferramentais é inexistente.



**Figura 13: Ferramenta de dobra danificada.**

### **5.1.2 Coleta de dados**

Foi iniciada uma análise mais minuciosa dos relatórios de qualidade, aonde são mostradas as ocorrências e uma breve explicação do que aconteceu nesta ocorrência, por ele conseguiu-se ter uma noção dos tipos de falhas que mais ocorriam.

Foram realizadas também entrevistas informais com líderes e operadores sobre os problemas que são encontrados, estes além de informações se prontificaram a passar muitas ideias sobre as medidas que poderiam ser tomadas para diminuir as ocorrências.

Após essas análises foi possível discernir quais eram os tipos de falhas no processo de dobra que estavam ocorrendo. No total foram encontrados 5 tipos de falhas:

1. Aba dobrada para o lado errado
2. Aba desalinhada (com barriga)
3. Aba com medidas divergentes do projeto
4. Grau de dobra errado (aberto ou fechado)
5. Peça riscada ou trincada

Utilizando essa divisão foram coletados dados na área de inspeção de qualidade durante 10 dias, sendo analisadas todas as peças que saíam não conformes e quais eram suas falhas. Esses dados foram organizados em uma folha de verificação, mostrando os tipos de falhas que ocorriam com maior frequência. A folha de verificação com as ocorrências pode ser visualizada no quadro 4.

Defeito	Dia									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aba dobrada para o lado errado		I				I	I			
Aba desalinhada (com barriga)	I		I	II			I	II		
Aba com medidas divergentes do projeto	IIIIII	III	IIII	III	IIIIII	IIII	II	IIIIIIII	IIIIII	IIII
Grau de dobra errado (aberto ou fechado)	II	I		I				I	II	
Peça riscada ou trincada					II					I

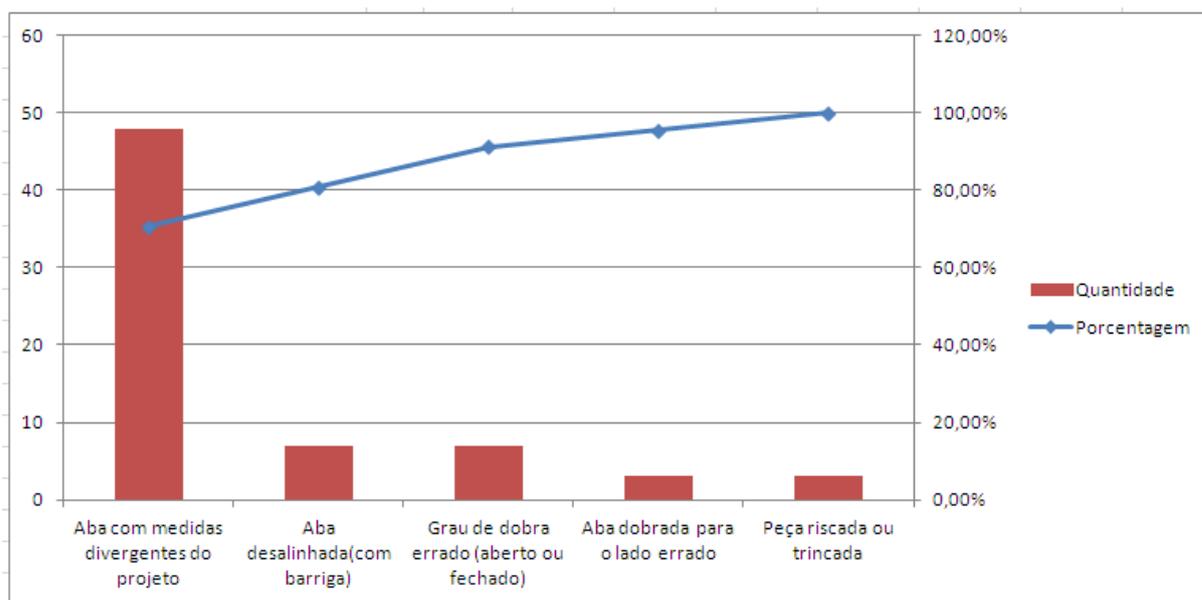
Quadro 3: Folha de verificação falhas de dobramento

Os dados coletados com a folha de verificação foram resumidos no quadro 5, que mostra de maneira mais clara a quantidade total de falhas e a frequência com que esses tipos de falhas ocorriam.

TIPO DE FALHAS	QT.	FREQ.
Aba dobrada para o lado errado	3	4,41%
Aba desalinhada(com barriga)	7	10,29%
Aba com medidas divergentes do projeto	48	70,59%
Grau de dobra errado (aberto ou fechado)	7	10,29%
Peça riscada ou trincada	3	4,41%
TOTAL	68	100%

**Quadro 4: Frequência dos tipos de falhas.**

Com esses dados percebe-se claramente que a falha prioritária é a aba com medidas divergentes do projeto, que corresponde por 71% de todas as falhas. Pode-se observar isso mais claramente utilizando-se um gráfico de Pareto.



**Figura 14: Gráfico de Pareto para frequência dos tipos de falhas.**

Nessa etapa ficou definido que a falha a ser estudada deveria ser as abas com medidas divergentes do projeto.

### 5.1.3 Abas com medidas divergentes do projeto

Após essa etapa foi feito uma reunião particular com membros da engenharia de processos que tinham conhecimento sobre processos de dobra e também alguns representantes da

produção. Nessa reunião foi aplicado um brainstorming com o objetivo de encontrar causas para a existência das falhas de dobra de qualquer tipo.

A tabela 3 mostra o resultado dessa atividade, com todas as possíveis causas comentadas pelos membros.

<b>BRAINSTORMING</b>	
<b>N°</b>	<b>CAUSA</b>
1	falta de localização das linhas de dobra no plano
2	falta de procedimento para qual ferramenta usar
3	não especificado o código da ferramenta no plano
4	peças liberadas para CNC sem uma pré-visualização(simulador)
5	aço sem padronização
6	falta de inspeção na chegada
7	corte e planificação da chapa sem qualidade
8	falta de treinamento
9	falta de auxílio/supervisão dos superiores
10	desinteresse/ma vontade
11	máquinas desniveladas
12	falta de manutenção preventiva
13	falta de cadastro de ferramentais de dobra
14	falta de especificação nos ferramentais de dobra
15	muitas ferramentas danificadas
16	tamanho do blanq mal calculado
17	raios das ferramentas diferente dos colocados em projeto
18	falta de instrumentos de medição
19	falta de planos de processos
20	imagens de visualização complexa (falta de imagem 3d)
21	falta de especificação de tolerâncias

**Quadro 5: Brainstorming**

Para uma melhor análise dos dados obtidos nesta etapa foram filtrados os itens que tinham relação com a falha de aba dobrada com medida divergente do projeto, falha que será o objeto de estudo desse trabalho. Isso possibilitou uma estratificação das causas da falha e a posterior elaboração do diagrama de causa e efeito objetivando-se estruturar de uma forma mais clara esses dados.

Nº	Aba dobrada com medidas divergentes do projeto
1	falta de interesse
2	falta de acompanhamento do encarregado
3	falta de treinamento
4	cota em local errado
5	projeto feito sem padronização dos raios de dobra
6	pistão desalinhado
7	aço sem padronização
8	corte irregular (com barriga)
9	raio de dobra gasto
10	utilização da ferramenta errada
11	vista ruins dos planos
12	sem localização das linhas de dobra
13	falta de aparelhos para aferição de medidas
14	tamanho do blank mal calculado
15	falta de identificação das ferramentas

**Quadro 6: Problemas relacionados a abas dobradas com medidas divergentes do projeto**

Com os dados estratificados foi possível a elaboração de diagramas de causa e efeito para cada tipo de problema. O diagrama possibilitou maior aprofundamento na análise das falhas e foram encontradas algumas causas das causas.

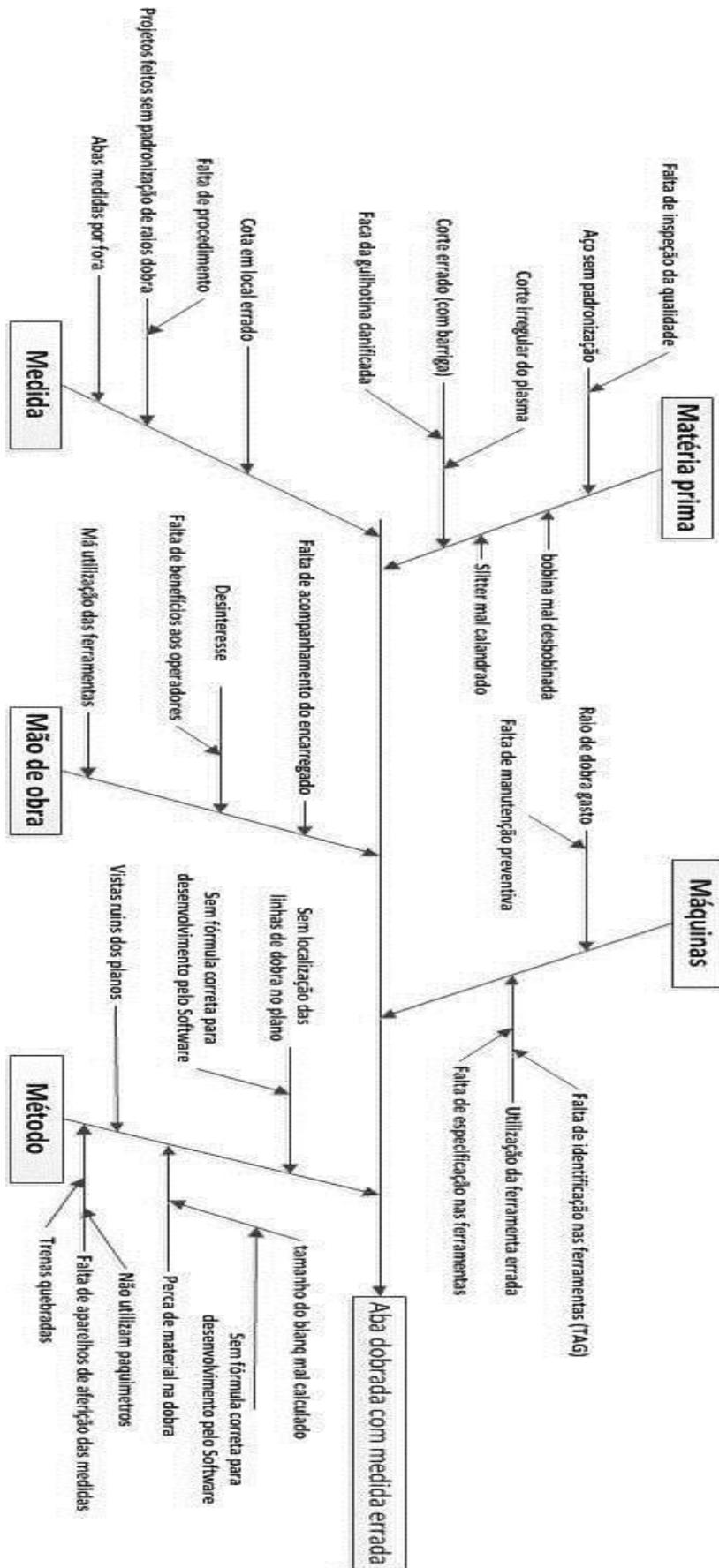


Figura 15: Diagrama de causa e efeito medida divergente do projeto.

## 5.2 Execução(D)

Com a análise e coleta de dados feita na etapa de planejamento foi possível a construção de um plano de ações com o objetivo de eliminar as causas responsáveis pela divergência nas abas.

<b>Plano de ações - Melhorias no processo de dobra</b>			
<b>N°</b>	<b>Ação</b>	<b>Explicação</b>	<b>Problemas contemplados</b>
1	Definir raios de dobra padrão	Definir através de testes quais serão os raios padrões de dobra por espessura de chapas a serem adotados nos projetos e nos ferramentais de dobra. Alinhando dessa forma o que está no projeto com o que está na produção.	falta de procedimento para qual ferramenta usar, falta de especificação nos ferramentais de dobra, raios das ferramentas diferente dos colocados em projeto.
2	Definir fator neutro utilizado no projeto	Definir através de testes o fator neutro padrão a ser utilizado no software Solid Edge. Esse fator deve possibilitar realizar o desenvolvimento da chapa corretamente, para que após dobrada as medidas possam ficar corretas.	falta de localização das linhas de dobra no plano, tamanho do blank mal calculado.
3	Padronização dos projetos	Alinhar com a engenharia do produto e a engenharia de processos qual será a data marcada e como será feito a alteração dos projetos já em linha de produção.	falta de localização das linhas de dobra no plano, tamanho do blank mal calculado, falta de procedimento para qual ferramenta usar, falta de planos de processos, falta de especificação de tolerâncias.
4	Reformar ferramentas danificadas.	Listar ferramentas danificadas que ainda tem condições de concerto e orçar a reforma dessas ferramentas para adequá-las ao novo padrão.	Muitas ferramentas danificadas, raios das ferramentas diferente dos colocados em projeto
5	Orçar ferramentas novas	Conseguir orçamento em 3 empresas para os ferramentais de dobra novos que precisarem ser adquiridos para suprir as necessidades atuais da empresa	falta de procedimento para qual ferramenta usar, falta de especificação nos ferramentais de dobra, muitas ferramentas danificadas, raios das ferramentas diferente dos colocados em projeto

6	Armazenagem das ferramentas	Organizar layout do setor e orçar armários específicos para armazenamento das ferramentas de dobra.	Muitas ferramentas danificadas,
7	Determinar procedimento para manutenção preventiva	Criar procedimento para manutenção preventiva das ferramentas de dobra.	Muitas ferramentas danificadas,
8	Correção de roteiros de produção	Corrigir roteiros de produção de peças com dobras críticas que são cortadas em máquinas sem garantia.	Corte errado

**Quadro 7: Plano de ações.**

### **5.2.1 Definir raios de dobra padrão**

De acordo com fornecedores especializados em ferramentas de dobra, o raio ideal da parte superior, chamada também de facão, deve ser igual à medida da espessura da chapa que será dobrada. Seguindo esse padrão teríamos que ter ao menos uma ferramenta superior para cada espessura de chapa utilizada na empresa. Esse método se torna inviável, pois o custo para adquirir todos esses ferramentais seria muito alto, além de fazer com que sejam necessários muito mais trocas de ferramentas, aumentando o tempo de setup e batendo de frente com a filosofia de produção enxuta adotada atualmente pela empresa. O controle e a correta utilização desses ferramentais também se tornariam mais complicado.

Devido a esses motivos até hoje não havia sido feito essa adequação das ferramentas de dobra, todas as ferramentas novas que eram adquiridas vinham com o raio de 3mm, e eram utilizadas para dobrar chapas de qualquer espessura. Como resultado houve muitas ocorrências de não conformidade relatando sobre a contração do material que havia quando chapas mais espessas eram dobradas com raios próximos a 3mm também utilizados para dobras de chapas finas. Levando em conta que nem todos eram 3mm pois havia muito desgaste e pouca manutenção nessas ferramentas. A figura 16 demonstra uma dessas ocorrências.

**Dados da Ocorrência**  
0377/2012

LOG da Ocorrência

DESCRICÃO | PARECER | ANÁLISE | AÇÕES

Geral | Dados Complementares

Setor: Engenharia de Processos

Tipo: Falhas de especificação da Engª

Identificação: Blanque não garante as cotas após conformação das dobras (4011939)

Descrição: Após a conformação das dobras da peça TRAVESSA 6,3x25x80x140x1105 (4011939) ficou evidenciado que o blanque da vista planejada não possibilita a garantia das cotas descritas no desenho:  
  
Soma das dobras:  
325mm  
Blanque da vista Planificada:  
325mm

Providências: Comunicado os Responsáveis;  
Aberto RNC para Registro.

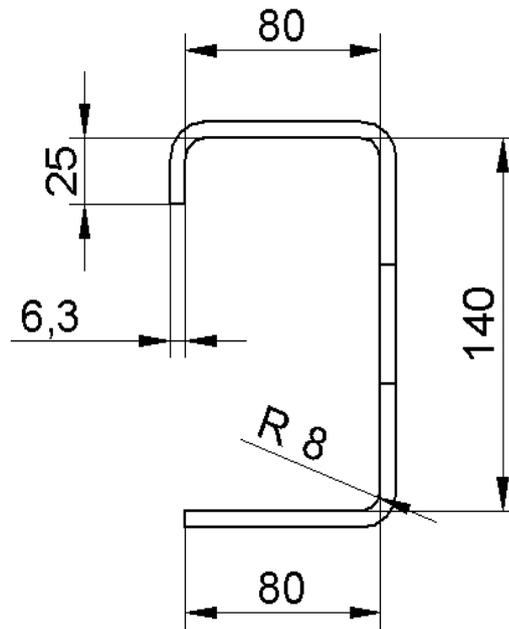
Data/Hora: 15/ 3 /2012 13:43:16

Emitente: César Alves da Silva

**Figura 16: Ocorrência de falha de dobra.**

Como podemos observar na figura 16, após a conformação foi evidenciado que o desenvolvimento da chapa não possibilitou a garantia das cotas descritas no desenho, ou seja, como o projeto da peça é desenvolvido no Solid Edge e como padrão o software adota a medida do raio de dobra como a medida da espessura de chapa, e na realidade todas essas chapas eram dobradas com raios de dobra em torno de 3mm, havia uma grande diferença nos raios interno de dobra do projeto e nos raios de dobra que estavam nas ferramentas.

Todas as peças mais espessas tinham em projeto um raio maior, porem eram dobradas com os mesmos facões de raios em torno de 3mm encontrados na produção. Essa diferença alterava as medidas das abas, originando as diversas falhas já detalhadas.



**Figura 17: Perfil com raio 8mm.**

A figura 17 mostra o projeto de um perfil de espessura 8mm com raio interno de 8mm, porem esse mesmo perfil era dobrado com ferramentas de raio de dobra de 3mm, acarretando uma contração maior do material e conseqüente erro nas medidas. Essa falha também propiciava trincas nas peças.

Para resolver essa divergência primeiramente irão ser definidos os raios padrões para certas faixas de espessura de chapas, dessa forma pode-se diminuir o número de punções superiores necessárias e também diminuir o número de setups realizados, pois uma mesma punção poderá dobrar um conjunto de chapas que atendam uma faixa de espessura e não chapas de apenas uma espessura.

Por meio de pesquisas bibliográficas, troca de informações com fornecedores e colaboradores da engenharia da própria empresa, foi definido o novo padrão de raios de dobra para aços convencionais e aços especiais. O quadro X mostra esse padrão.

<b>MATRIZ (ESPESSURA X RAIOS DE DOBRA)</b>		
<b>ESPESSURA</b>	<b>RAIO DE DOBRA</b>	
	<b>AÇO CONVENCIONAL</b>	<b>AÇO ESPECIAL</b>
1,00 mm	2,00 mm	
2,00 mm	2,00 mm	5,00 mm
2,65 mm	2,00 mm	
3,00 mm	2,00 mm	5,00 mm
3,35 mm	2,00 mm	
3,75 mm	2,00 mm	5,00 mm
4,00 mm		5,00 mm
4,25 mm	2,00 mm	
4,75 mm	5,00 mm	5,00 mm
6,30 mm	5,00 mm	10,00 mm
8,00 mm	5,00 mm	10,00 mm
9,50 mm	10,00 mm	10,00 mm
12,70 mm	10,00 mm	

**Quadro 8: Padronização dos raios de dobra.**

Com esse padrão fica definido que serão necessários ferramentais de dobra com apenas 3 raios diferentes, 2mm, 5mm e 10mm. Para dobrar chapas de aços convencionais com espessura até 4,25mm serão utilizadas as ferramentas de raio 2mm. Para espessuras entre 4,75mm e 8mm serão utilizados ferramentas de raio 5mm. Espessura de 9,5mm até 12,7mm, serão utilizadas ferramentas de raio 10mm. Para aços especiais apenas dois raios serão utilizados, espessura até 4,75, raio de 5mm. Espessura até 12,7mm, ferramentas de raio 10mm.

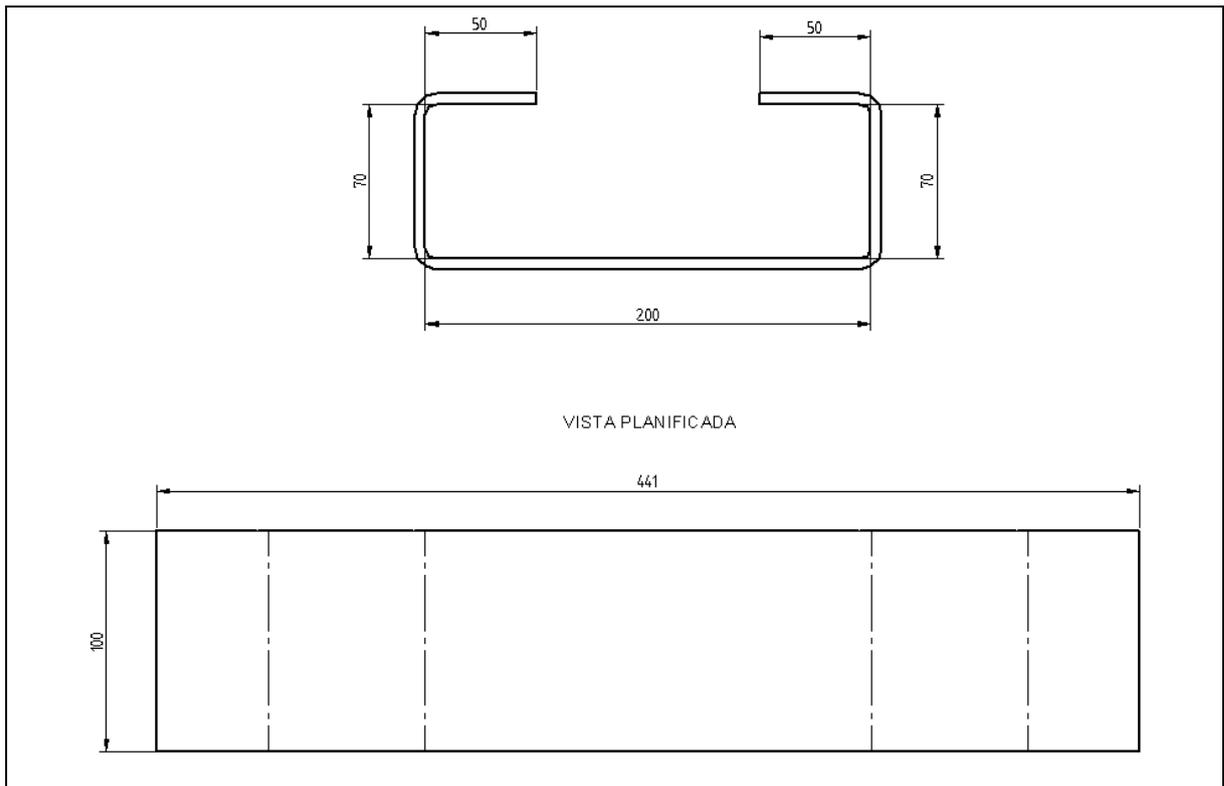
### **5.2.2 Definir fator neutro utilizado no projeto**

O fator neutro é uma constante que o software utiliza para calcular o desenvolvimento da chapa a ser dobrada, isso é, o tamanho que a chapa deve ser cortada para após dobrada, ficar com as medidas corretas. Para saber qual deveria ser o fator neutro correto, teríamos que saber primeiramente qual o tamanho de chapa que esse fator deveria fornecer.

Com essa finalidade foi utilizada uma fórmula, fornecida pela engenharia de produto para obter o desenvolvimento da chapa. Esse desenvolvimento por sua vez foi testado utilizando-se

ferramentas que se encontravam em bom estado na produção. Assim que o desenvolvimento fosse calculado corretamente, o próximo passo seria encontrar um fator neutro que resultasse naquele desenvolvimento encontrado.

A figura 18 representa projeto do perfil utilizado nos testes.



**Figura 18: Projeto do perfil utilizado no teste.**

Fórmula geral para cálculo do desenvolvimento:  $R_i = (e/3 + r) \cdot 0,01745 \cdot \hat{\text{Ângulo}}$

$e = 4,75\text{mm}$  (espessura da chapa)

$r = 5,00\text{mm}$  (raio da ferramenta)

$\hat{\text{Ângulo}} = 90^\circ$  (ângulo de dobra)

$$R_i = (4,75/3 + 5) \cdot 0,01745 \cdot 90 = 10,3391$$

$$\text{Abas 1 e 5 (50): } 50 - (r) 5 = 45 + (r_i/2) 10,3391/2 = 50,16955 \times 2 \text{ abas} = 100,3391 \text{ mm}$$

$$\text{Abas 2 e 4 (70): } 70 - (2r) 10 = 60 + (r_i) 10,3391 = 70,3391 \times 2 \text{ abas} = 140,6782 \text{ mm}$$

$$\text{Aba 3 (200): } 200 - (2r) 10 = 190 + (r_i) 10,3391 = 200,3391 \text{ mm}$$

Soma das abas desenvolvidas

$$100,3391 + 140,6782 + 200,3391 = 441,3564 \text{ mm}$$

$$\text{Soma abas desenvolvidas} - \text{Soma das abas} = 441,3564 - 440,00 = 1,3564\text{mm}$$

Resultado: Acréscimo de 0,3391mm por dobra na chapa #4,75mm, utilizando a ferramenta com r: 5,00mm

Os testes feitos utilizando-se o desenvolvimento calculado pela fórmula foram satisfatórios, ou seja ao final das dobras as peças estavam com todas as medidas corretas. Foram testadas chapas de 2, 3, 4,75, 6,3 e 8mm.



**Figura 19: Perfil utilizado no teste.**

Após ser comprovado que o blank fornecido pela fórmula estava correto, foi a vez de encontrar um fator neutro a ser colocado no software que calculasse um blank com a mesma

medida do encontrado na fórmula. Após alguns testes ficou definido que o fator neutro seria 0,330.

Dim	Flat_Pattern_Model_CutSizeX	2811,57 mm			
Var	MaterialThickness	19,05 mm	Limit		(0,00 mm;)
Var	BendRadius	23,81 mm	Formula & Limit	= MaterialThickness *1.25	[0,00 mm;)
Var	ReliefWidth	3,00 mm	Limit		(0,00 mm;)
Var	ReliefLength	3,00 mm	Limit		[0,00 mm;)
Var	NeutralFactor	0,33	Limit		(0,00;1,00]
Var	PhysicalProperties_Density	7833 kg/m <sup>3</sup>	Limit		[0 kg/m <sup>3</sup> ;)
Var	PhysicalProperties_Accuracy	0,99	Limit		(0,00;1,00]
Var	ContourFlange_1_DistOrAngleAtStart	-45,00 °			
Var	ContourFlange_1_DistOrAngleAtEnd	-45,00 °			

**Figura 20: Fator neutro. Software Solid Edge.**

Dessa forma o próprio software é capaz de calcular corretamente o blank de todas as peças, e utilizando-se as ferramentas com os raios de dobra definidos como padrão, não haveria falhas devido a essa causa.

### 5.2.3 Padronização dos projetos

Já foi definido qual seria o raio interno de dobra a ser utilizado para cada espessura de chapa e também qual a constante que o software deveria utilizar para calcular o desenvolvimento correto das peças. A etapa seguinte era implantar essas definições nos projetos para que todas as peças novas que fossem criadas já estivessem dentro do padrão.

Foi realizada uma reunião dia 16/08/2012 entre engenharia de processos e engenharia de produto aonde foi definido qual seria o novo padrão a ser utilizado nos projetos e desenhos técnicos da empresa. Ficou acertado que em todas as peças seriam cotados os raios internos e que estes deveriam se enquadrar no padrão mostrado no quadro 4. Em todas as peças haveriam vistas planificadas e essas deveriam estar posicionadas corretamente em relação as outras vistas, evitando do operador confundir alguma aba.

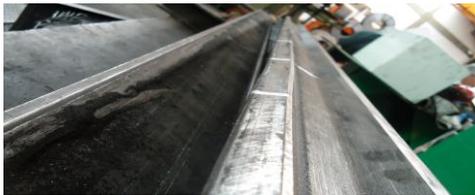
Também ficou definido que deveria ser inserido no desenho técnico o máximo de tolerância aceitável para o produto, evitando que peças ficassem barradas na inspeção de qualidade sem

necessidade. Por ultimo foi colocado que todas as cotas das abas deveriam necessariamente ser cotadas pela parte interna, evitando leitura equivocada do desenho pelos operadores. O anexo II mostra um desenho técnico que segue o novo padrão estabelecido.

#### 5.2.4 Reformar ferramentas danificadas

Foi feito um levantamento de quais eram as ferramentas que necessitavam de reformas, tanto por alguma espécie de dano, desalinhamento, desgaste, quanto para adequar o raio de dobra ao novo padrão implantado.

O quadro 5 mostra a lista de ferramentas em condições de uso que necessitavam de alguma reforma.

FERRAMENTAS	DEFEITO	FOTO
Jogo de facas raio 2mm curvo - 160mm altura	raio desgastado	
jogo de canais unicos (15, 20x2, 25, 40) raio 2mm	raio e apoio desgastado	
Jogo de facas raio 5mm curvo - 140mm altura	facão desalinhado	
Jogo de facas raio 2mm curvo 4m	raio despadronizado	
Facão raio 10mm, 1,3m	raio despadronizado	

Jogo de facas curvo raio 5mm 5x1200x170	raio despadronizado	
Jogo de facas raio 2mm 3x1200x225	raio despadronizado	
Jogo de facas raio 2mm curvo	facão desalinhado e raio despadronizado	
Prisma com vários canais 2x3m	raios de apoio desgastados	

**Quadro 9: Ferramentas danificadas.**

Foi orçada a manutenção dessas ferramentas e passado a situação para o setor de manutenção.

### 5.2.5 Orçar ferramentas novas

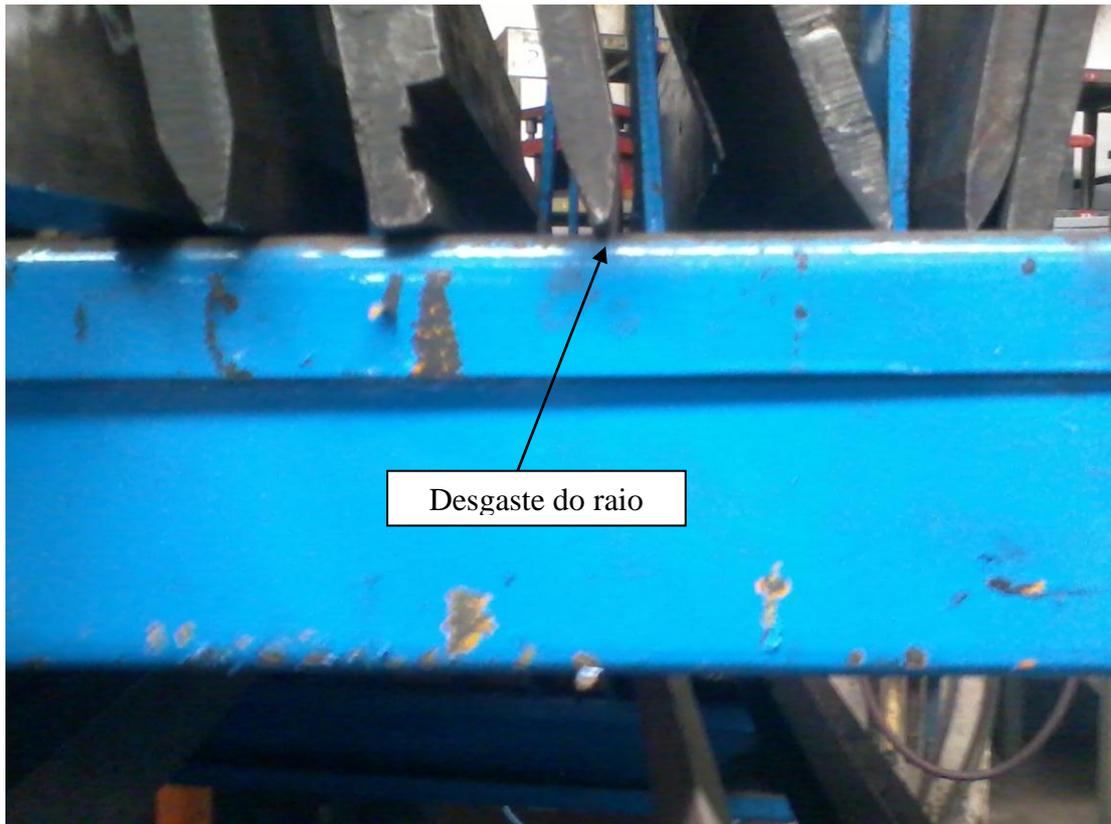
Foi feito levantamento das ferramentas que seriam necessárias para atender as demandas e ao novo padrão estabelecido. O foco foi nos ferramentais novos para as dobradeiras CNC, que possuem maior capacidade de garantir a qualidade dos processos, e na dobradeira hidráulica, a única que possui 6 metros.

Tipo de ferramenta	Altura(mm)	Comprimento(mm)	Máquina
punção superior raio 5mm	160	6200	DBHID6M
punção superior raio 5mm	160	3050	DBCNC3M1
punção superior raio 2mm	160	3050	DBCNC3M1
conjunto de canais únicos	60	3050	DBCNC3M1
prisma com vários canais	80	6200	DBHID6M
punção superior raio2mm	200	4100	DBMEC4M
punção superior raio 2mm	200	3050	DBMEC

**Quadro 10: Ferramentas novas.**

### 5.2.6 Armazenagem das ferramentas

Para evitar maior desgaste dos ferramentais é necessário pensar em um local correto para armazenagem, se ficam guardadas de qualquer forma há um desgaste mais excessivo principalmente nos raios de dobra das punções e nos raios de curvatura dos canais.



**Figura 21: Armazenagem atual de ferramentas de dobra.**

Na figura 21 é possível observar que o modelo atual de armazenamento propicia o desgaste dos raios de dobra. Foi proposta a compra de um novo sistema de armazenagem próprio para esse tipo de ferramental. A figura 22 ilustra esse sistema



**Figura 22: Armário para armazenagem das ferramentas.**

Trata-se de um armário com prateleiras especialmente projetadas para encaixe das ferramentas de dobra de uma forma que não aja nenhum contato entre o raio de dobra e o apoio. Esse armário também tornaria mais simples a organização dessas ferramentas.

A ideia foi apresentada a diretoria que achou mais interessante produzir o armário internamente. Foi aberta uma ordem de produção para a ferramentaria, mas devido à alguns outros projetos já em andamento, ainda não foi definido um prazo para conclusão.

### **5.2.7 Determinar procedimento para manutenção preventiva**

Foi determinado junto à ferramentaria e ao setor de programação da manutenção quais deveriam ser os procedimentos para manutenção preventiva em ferramentais de dobra. Até o momento não havia nenhuma espécie de manutenção preventiva nesse tipo de ferramentas.

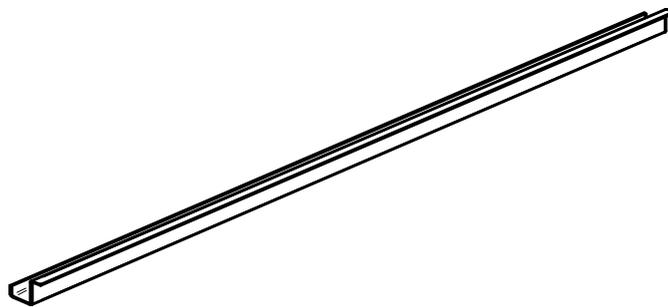
As ferramentas de dobra agora terão um cadastro como já acontece com as ferramentas das prensas. Dentro desse cadastro é colocado o tempo para manutenção preventiva da peça.

Foi definido junto ao setor de ferramentaria que as ferramentas teriam manutenção preventiva a cada 6 meses de uso, melhorando em muito a forma atual que só realizava a manutenção após o ter ocorrido algum dano.

### **5.2.8 Correção de roteiros de produção**

Durante todo o ano de 2012 foram corrigidos e alterados roteiros de produção com o objetivo de melhorar o corte em peças cuja as dobras eram críticas, possuíam pouca ou nenhuma tolerância.

É o caso, por exemplo, da longarina utilizada na montagem do semirreboque basculante, que era cortada na guilhotina, deixando as laterais ligeiramente desalinhadas, o que é uma limitação da máquina. Para contornar esse problema a peça passou a ser cortada na blanqueadeira, garantindo um corte mais reto e facilitando o processo de dobra.



**Figura 23: Longarina.**

Outras peças menores que tinham esse tipo de problema foram passadas para a máquina de corte a laser que também garante uma ótima qualidade de corte. Essas melhorias no roteiro produtivo objetivando uma melhora no corte e conseqüentemente no processo de dobra foram feitas em diversas peças.

Material 4013186      LONGARINA INFERIOR 4,75X77X107X2570						
Seqüência 0						
Síntese operações						
Oper.	Sb...	Centro tr...	Cen.	Ch...	Chave d...	Descrição
0010		GUI6M1	PL01	PP05		CORTAR
0020		GUI3M1	PL01	PP05		CORTAR
0030		PRE40T	PL01	PP05		FURAR (Ø16MM)
0040		DBCNC3M2	PL01	PP08		DOBRAR
0050			PL01			
0060			PL01			
Material 4013186      LONGARINA INFERIOR 4,75X77X107X2570						
Seqüência 0						
Síntese operações						
Oper.	Sb...	Centro tr...	Cen.	Ch...	Chave d...	Descrição
0010		BLANQ1	PL01	PP05		CORTAR E FURAR
0020		DBCNC3M2	PL01	PP08		DOBRAR
0050			PL01			
0060			PL01			

Alterado corte de guilhotina para blaqueadeira

Objetivo: melhor alinhamento da peça

**Figura 24: Alteração de roteiro.**

### 5.3 Checagem (C)

Para checar se as ações da etapa de execução foram eficazes foram organizados alguns testes. Foi acompanhada a produção de algumas peças já com o projeto devidamente padronizado, utilizando o fator neutro que havia sido definido e ferramentas com aios de dobra padrão para as espessuras.

#### 5.3.1 Checagem das máquinas e ferramentais

Primeiramente foi feito uma checagem as máquinas e dos novos ferramentais que foram adquiridos durante o trabalho.

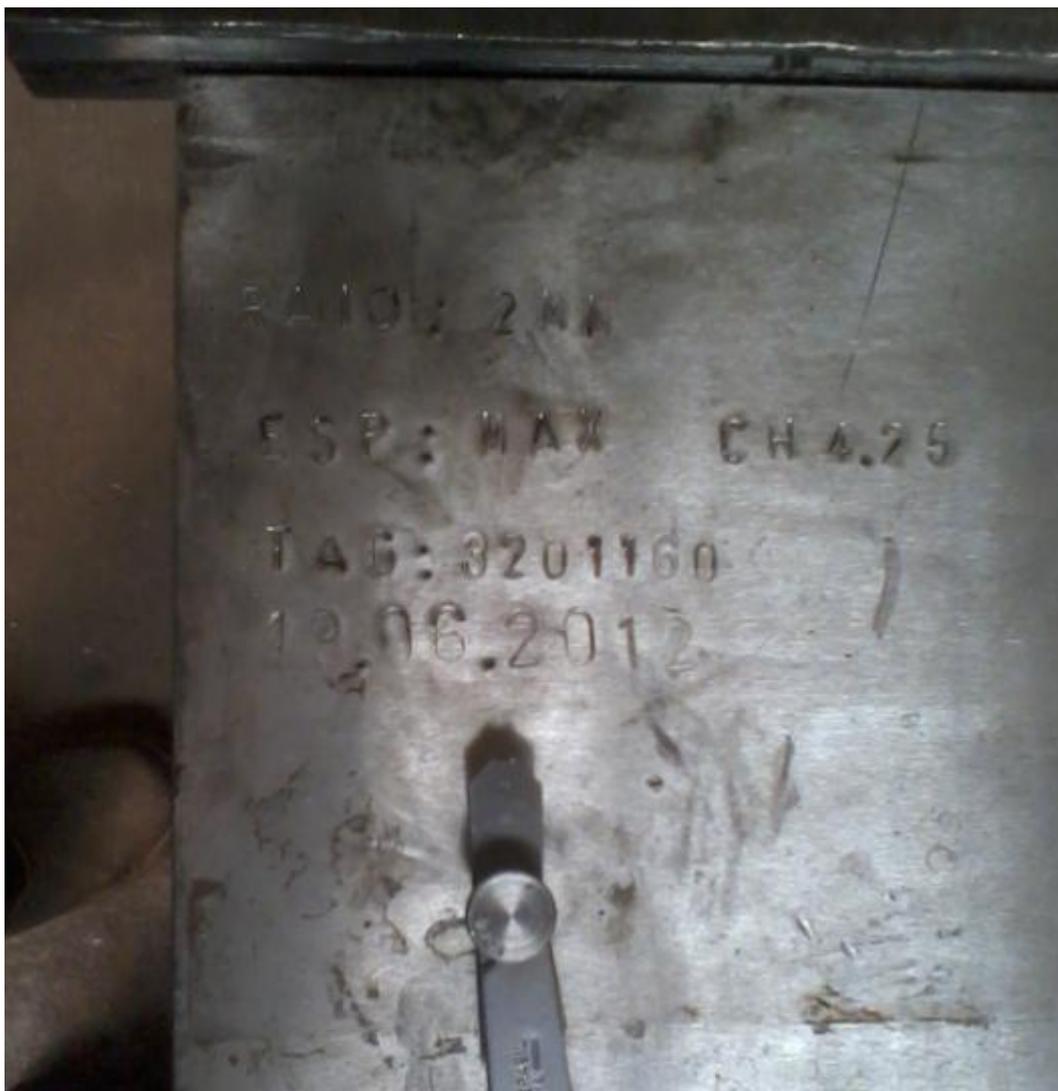
Durante a checagem das máquinas foi observado que um dos encostos da dobradeira CNC 3M1, utilizado para apoiar as peças durante o processo de dobramento, estava desmontado ao lado da máquina. O operador explicou que o sistema de acoplamento que já estava velho havia cedido, e por isso o encosto tinha sido colocado de lado. Porém agora para produzir as peças utilizava somente um encosto.



**Figura 25: Suporte dobradeira desmontado.**

Também foram checados os novos ferramentais de dobra que foram adquiridos durante o desenvolvimento do trabalho

Foi observado que todos tinham identificação clara, tanto sobre qual o seu código de cadastro no SAP, qual a espessura de chapa que atendia, no caso até 4,25mm e qual o seu raio de dobra, no caso 2mm.



**Figura 26: Especificação nas ferramentas de dobra.**

O cadastro também serve para poder realizar a programação da manutenção preventiva.

Também foram checados o raio das ferramentas reformadas assim como seu estado e alinhamento. Não houveram problemas nas ferramentas que haviam sido reformadas, porém ainda faltavam muitas manutenções.



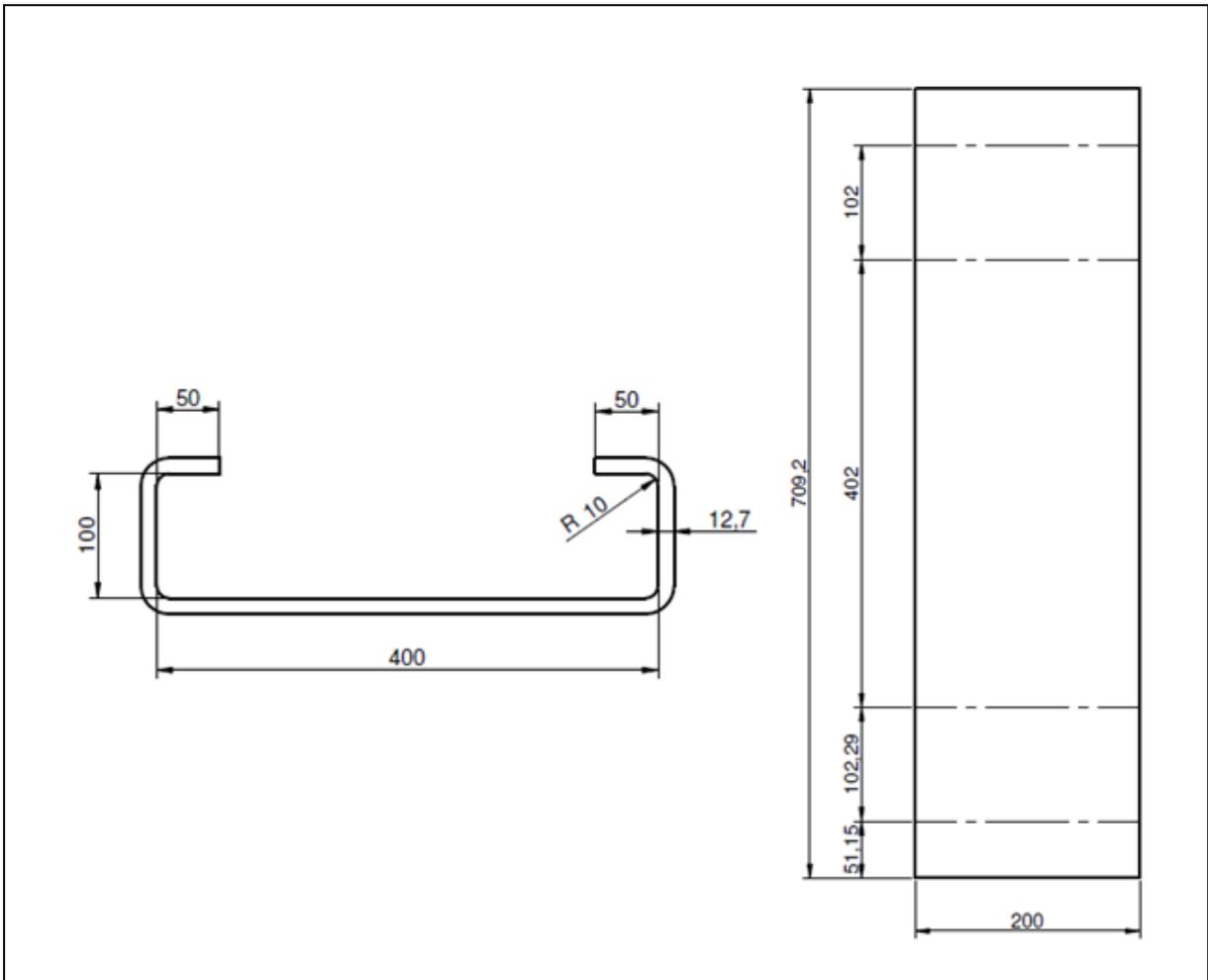
**Figura 27: Conferência de raios de dobra.**

### **5.3.2 Checagem dos novos padrões de projeto**

A checagem dos novos padrões definidos só foi possível após a chegada de algumas ferramentas que haviam sido enviadas para reforma e algumas que haviam sido adquiridas.

Quando foram feitos os primeiros testes na fase de execução não havia ferramentas de raio 10mm na fábrica, o que impossibilitou testes com esse raio. Também não havia uma ferramenta em bom estado com raio de 2mm.

Para ser testado todo o novo padrão foi necessário realizar testes com raios de 2mm, 5mm e 10mm. As peças escolhidas foram perfis como os mostrados na figura 25. As espessuras escolhidas foram 2mm, 4,25mm, 4,75mm, 8mm, 9,5mm, 12,7mm. Duas espessuras para cada raio.



**Figura 28: Perfil utilizado nos testes.**

Os testes foram feitos do dia 03/09/2012 ao dia 06/09/2012, o quadro 7 mostra os resultados.

Teste nº	Espessura	Raio interno de dobra	Blank pedido em projeto	Somatória das abas em projeto	Blank real do teste	Somatória das abas do teste	Erro acumulado
1	2	2	700,7	700	701	705,1	4,8
2	4,25	2	705,4	700	705,833	706	5,57
3	4,75	5	701,3	700	702,2	701,3	0,4
4	8	5	708	700	708,333	700,6	0,267
5	9,5	10	702,5	700	702,125	695,58	-4,045
6	12,7	10	709,2	700	709,5	691,38	-8,92

**Quadro 11: Checagem do fator neutro**

A coluna blank pedido em projeto mostra o desenvolvimento gerado pelo software Solid Edge utilizando o fator neutro de 0,33, o blank real do teste mostra a média dos blanks que

utilizados na prática. Retirando a diferença do blank testado com o blank de projeto e subtraindo a somatória das abas em projeto pela média de somatória das abas resultantes do teste obtemos o erro acumulado

As peças que estavam na faixa de espessura para utilizar raio de 5mm tiveram um erro acumulado médio de desenvolvimento menor do que 1mm e foram consideradas satisfatórias pois estão dentro da tolerância admitida. Porém nas que utilizavam raios de 2mm e 10mm houveram erros acumulados de até 8mm, o que mostra que o fator neutro adotado de 0,33 não era satisfatório para esses raios.

Na coluna erro acumulado pode-se ver um erro médio de aproximadamente 5mm para peças que utilizam raios de 2mm, e 4mm para as peças que utilizam raios de 10mm.

### **5.3.3 Checagem de modificações de roteiro**

Foram checadas as modificações feitas em roteiros produtivos com intuito de melhorar o corte para posterior melhora nas condições de dobra. Foi acompanhado um lote das longarinas que foram transferidas para blanqueadeira e verificou-se que o problema com o alinhamento do corte que existia no processo da guilhotina foi eliminado com o novo processo.

A largura e alinhamento da peça são garantidos pelo fornecedor da matéria prima, que no caso da blanqueadeira é o slitter. Do lote de 50 peças que foi acompanhado a produção, nenhuma peça saiu com problemas de alinhamento.

## **5.4 Ação(A)**

Nesta última etapa do PDCA foi elaborado um plano de ações para eliminar os problemas ainda encontrados durante a fase de checagem. Também foi elaborado métodos de instrução para padronização dos resultados.

<b>N°</b>	<b>Ação</b>	<b>Explicação</b>
1	Encontrar fator neutro correto para raios de 2mm e 10mm	Serão testados outros desenvolvimentos para tentar encontrar na prática qual o fator neutro correto a ser utilizado para esses raios
2	Realizar manutenção do suporte da dobradeira	Abrir ordem para manutenção informando sobre a quebra de um dos suportes da dobradeira CNC de 3 metros
3	Elaborar e implantar tabela padrão para ser utilizada pela produção	Fornecer para a produção uma tabela padrão que será utilizada como procedimento para a escolha do ferramental correto a ser utilizado. Prender essas tabelas nas máquinas de dobra.
4	Treinamento para operadores de dobradeira	Instruir e treinar os colaboradores sobre os novos padrões que estão sendo estabelecidos.

**Quadro 12: plano de ações.**

#### **5.4.1 Encontrar fator neutro correto para raios de 2mm e 10mm**

Foram testados outros desenvolvimentos para peças dentro da faixa de espessura que utiliza raios de 2mm e 10mm.

As novas medidas a serem testadas foram encontradas a partir dos testes feitos na fase de checagem, utilizando a média de erros acumulados encontrada.

Para os novos testes, o perfil a ser produzido foi o mesmo, o que mudou foi o fator neutro empregado para cada faixa de espessura. Para espessuras até 4,25mm utilizou-se o fator neutro de 0,13, para espessuras entre 9,5 e 12,7mm utilizou-se fator neutro de 0,44. Os resultados seguem no quadro 9.

Teste	Espessura (mm)	Fator neutro	Raio interno de dobra	blank pedido em projeto	somatória das abas em projeto	blank real do teste	Somatória das abas do teste	Erro acumulado (mm)
1	2	0,13	2	698,2	700	699,333	701,466	0,333
2	4,25	0,13	2	700,04	700	700,166	700,833	0,707
3	9,5	0,44	10	709,1	700	710	703,533	2,633
4	12,7	0,44	10	717,94	700	717,833	706,1	6,207

**Quadro 13: Teste fator neutro.**

Para espessuras 9,5mm e 12,7mm que utilizam o raio de 10mm o erro acumulado foi muito alto, ultrapassando 1mm de tolerância, o que mostra que o fator neutro 0,44 não foi eficiente. Para espessuras entre 2mm e 4,25mm que utilizam raios de 2mm foi satisfatório o resultado do teste, pois o erro acumulado ficou abaixo de 1mm, porém como os resultados tiveram uma tendência a ficar acima da média também será testado um novo fator neutro na tentativa de centralizar mais os resultados.

No novo teste foi utilizado fator neutro de 0,385 para espessuras de 9,5 e 12,7mm. Em espessuras na faixa de 2mm a 4,25mm foi utilizado um fator neutro de 0,11. O Quadro 10 exhibe os resultados. Para este teste as peças foram cortadas no laser para evitar qualquer tipo de erro no corte.

Teste	Espessura (mm)	Fator neutro	Raio interno de dobra	blank pedido em projeto	somatória das abas em projeto	blank real do teste	somatória das abas do teste	erro acumulado (mm)
1	2	0,11	2	697,9	700	698	700,6	0,5
2	4,25	0,11	2	699,5	700	699,5	700,3	0,3
3	9,5	0,385	10	705,81	700	705,5	699,8	0,11
4	12,7	0,385	10	713,55	700	713	699,5	0,05

**Quadro 14: Segundo teste fator neutro.**

Com esses novos valores par ao fator neutro obteve-se o desenvolvimento correto para chapas de 9,5mm e 12,7mm e também para 2mm e 4,25mm. Com esses resultados validou-se o novo padrão de fator neutro que deverá ser utilizado em todos os projetos da empresa.



**Figura 29: Teste para calculo do fator neutro correto.**

#### **5.4.2 Realizar manutenção do suporte da dobradeira**

Foi aberta ordem para o setor de manutenção que restaurou e instalou corretamente o suporte, melhorando a capacidade do operador em garantir as medidas corretas no processo de dobra.



**Figura 30: Suporte dobradeira restaurado**

### **5.4.3 Elaborar e implantar tabela padrão para ser utilizada pela produção**

Após a definição de todos os padrões é necessário deixar isso registrado e a vista dos operadores para que não ajam dúvidas sobre quais ferramentas utilizar para quais peças.

O quadro 4 foi fixado em todas as dobradeiras para poder ser retirado dúvidas a qualquer momento.

ESPESSURA	RAIO DE DOBRA	
	RAIO CONVENCIONAL	RAIO ESPECIAL
1.00 mm	2.00 mm	
2.00 mm	2.00 mm	5.00 mm
3.00 mm	2.00 mm	
4.00 mm	2.00 mm	5.00 mm
5.00 mm	2.00 mm	
6.00 mm	2.00 mm	5.00 mm
8.00 mm	2.00 mm	5.00 mm
10.00 mm	5.00 mm	10.00 mm
12.00 mm	10.00 mm	10.00 mm
15.00 mm	15.00 mm	10.00 mm

**Figura 31: Tabela padrão para raios de dobra.**

#### **5.4.4 Instrução para operadores de dobradeira**

Foi realizado um treinamento para os operadores e líderes sobre os novos padrões definidos. Também foi informado sobre a continuação das reformas dos ferramentais e sobre as novas ferramentas e sistemas de armazenamento que serão adquiridos pela empresa.

Explicou-se sobre a questão do fator neutro, e como a adoção do parâmetro correto poderá facilitar o processo de dobragem, fornecendo o desenvolvimento correto para dobra e inclusive o local correto para encostar a punção superior.

Foi acertado a realização de um treinamento dado pela empresa que fornecerá a maior parte das ferramentas de dobra, nesse treinamento seriam repassados todos as questões referentes ao processo de dobramento. Porém o treinamento só irá ser realizado quando for fechado com a diretoria a compra do pacote de ferramentais.

## 6. CONCLUSÃO

Ao final do trabalho foi possível observar que as ferramentas da qualidade foram muito úteis para a resolução dos problemas encontrados. Brainstorming, diagrama de Pareto, diagrama de causa e efeito, folha de verificação, entre outras, foram utilizadas para avaliar, priorizar e solucionar as falhas ocorridas no processo de dobramento. Em especial o ciclo PDCA se mostrou extremamente importante para a estruturação de todo o trabalho, por meio dele foi possível visualizar e seguir uma sequência lógica para os eventos.

Foi possível estudar o fator neutro correto para cada faixa de espessura de chapas e cada raio de dobra. Desta forma será possível o cálculo correto do desenvolvimento de todas as peças que passam pelo processo de dobra. A melhoria tem grande importância, pois influencia na melhora da qualidade da grande maioria das peças produzidas na fábrica.

Foi levantada uma lista de ferramentas que necessitavam de reforma e outras que precisavam ser adquiridas. Até o final desse trabalho só foram adquiridos três jogos de punções superiores e reformado um jogo de punção superior e uma matriz com vários canais. A lista e os orçamentos das ferramentas restantes já se encontram com a diretoria que optou por adquiri-los aos poucos.

Evidenciou-se com esse trabalho que o processo de dobramento possui muitos fatores a serem analisados, tais como ferramentas, padronização de projetos, fator neutro, planos de processos, matéria prima, mão de obra, e todos eles são determinantes diretos para a qualidade final dos produtos.

Após a definição dos parâmetros e procedimentos corretos foi instruído os operadores com o intuito de disseminar as conclusões obtidas e esclarecer sobre as melhorias que iriam ser executadas. Vale ressaltar que houve grande colaboração dos operadores e líderes com os testes que foram feitos e também com o conhecimento e experiência para a visualização dos problemas analisados.

## **6.1 Propostas para trabalhos futuros**

Seria muito interessante para toda fábrica iniciar um processo de treinamento de liderança junto as supervisores, encarregados e lideres. Percebeu-se a falta de disposição dos operadores e muitas vezes a falta de instrução para trabalhar corretamente com as máquinas que operam. Outro aspecto importante a ser trabalhado seria a qualidade de vida no trabalho, muitas reclamações foram ouvidas sobre condições rotineiras ruins, tudo isso pode implicar em uma piora da qualidade das peças, independente das melhoras que forem realizadas nos processos.

Outra questão importante a ser trabalhada são os planos de processos, hoje a grande maioria das peças é produzida tendo como base somente o desenho técnico o que acaba possibilitando uma má interpretação dos operadores, é importante que seja traçado um plano de ações no setor de engenharia de processos com o intuito de implantar planos de processos para todas as peças, melhorando a comunicação entre o que se pede em projeto e o que é executado.

Também é necessário que se faça um trabalho sobre uma melhor padronização na qualidade da matéria prima, o aço adquirido pela empresa tem uma variancia muito grande de bobina para bobina, as vezes com uma variação alta dentro da mesma bobina,, o que gera propriedades diferentes para cada peça dobrada, resultando em peças fora de esquadro, trincas e abas fora de medida.

## **6.2 Dificuldade e limitações do trabalho**

Houve dificuldade com a liberação para compra de novas ferramentas e reforma das antigas. Essa demora acabou tirando a possibilidade de avaliar o grau e melhoria geral que ocorrerá na qualidade das peças depois que as ferramentas estiverem de acordo com o novo padrão implantado.

Houve também uma demora excessiva na atualização dos projetos, sendo até o final do trabalho alterado somente alguns poucos que causavam falhas regularmente. Elaborou-se um plano de ações para as correções dos projetos, porem as atividades ficaram para ser finalizadas somente em 2013.

## 7. REFERÊNCIAS

BRESCIANI FILHO; SILVA; BATALHA; BUTTON; **Conformação plástica dos metais**, 1 ed. dig., EPUSP, 2011

COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI; **Controle Estatístico de Qualidade**. 1º Edição, Editora Atlas, São Paulo, 2004.

DEMING, W. E.; **Saia da Crise**, 1 Edição, Editora Futura, São Paulo, 2003.

FALCONI, V.C.; **Controle da Qualidade Total – No estilo japonês**, 2º Edição, Editora INDGTecs, Nova Lima, 1992.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2007

ISHIKAWA, Kaoru; **Controle de Qualidade Total – À Maneira Japonesa**, 6 Edição, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1993.

JURAN, J. M.; **A Qualidade Desde o Projeto**, Pioneira. São Paulo, 1992.

KUME, Hitoshi; **Métodos Estatísticos para a Melhoria da Qualidade**. 3º Edição, Editora Gente, São Paulo, 1993.

PALADINI, Edson Pacheco; **Gestão da Qualidade – Teoria e Prática**, 2 edição, Editora Atlas, São Paulo, 2004.

PALADINI, Edson Pacheco; **Gestão da Qualidade – Teoria e casos**, 3 edição, Editora Elsevier, Rio de Janeiro, 2006.

PALADY, Paul; **FMEA – Análise dos Modos de falha e Efeitos**, 3 edição, Editora IMAM, São Paulo, 2004.

RITZMAN, L.P.; KRAJEWSKI, L.J.; **Administração da Produção e Operações**, 1 edição, Editora Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2004.

ROCHA, Otávio; **Conformação Plástica dos Metais – Fundamentos e Projetos**. 1º Edição, CEFET/PA, Pará, 2005.

WHITELEY, Richard. **Os altos custos do retrabalho**. INFOBUSINESS, JUN, 1999.

## ANEXO I

RELATÓRIO DE QUALIDADE JANEIRO DE 2012

<b><u>Perfilados</u></b>			
<b><u>Falhas originadas - JANEIRO/2012</u></b>			
<b>FALHAS DE FURAÇÃO</b>	<b>Nº RNC</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>ORIGEM</b>
Furação do suporte do reservatório de água fora de posição (845412) - (845415) - (848556) - (843608) - (845416)	-	5	Inspeção de Acabamento
Furação da alma fora de posição impossibilita a montagem do para-lama (845398)	-	1	Inspeção de Acabamento
Furação do suporte do 3º eixo desalinhada (842720)	-	1	Inspeção de Acabamento
Furação do conjunto do sacrifício desalinhada (848888)	-	1	Inspeção de Acabamento
Furação da chapa fora de padrão, especificado 11 furos ,encontrado 12 furos (849470)	-	1	Inspeção de Acabamento
Faltou furação no suporte da caixa de ferramentas (842720)	-	1	Inspeção de Acabamento
Peças com furação divergente. Especificado: 57mm. Encontrado: 52mm (4013918).	0027/2012	1	Inspeção do Setor

Peças com a furação divergente ao PPF. Especificado: Oblongo 11x20mm. Encontrado: diâmetro 11mm (4020145)	0046/201 2	1	Inspeção do Setor
Furação do suporte do pé-de-apoio desalinhada (845433)	-	1	Inspeção de Pintura
Faltou furação no suporte do paralamas (840694)	-	1	Inspeção de Montagem
<b>FALHAS DE CORTE E RECORTE</b>	<b>Nº RNC</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>ORIGEM</b>
Peças cortadas de forma divergente ao PPF. Especificado: 200mm. Encontrado até: 192mm. (4018024 / 4020291)	0012/201 2	2	Inspeção do Setor
Peças cortadas com matéria-prima fora do especificado. (4020161 / 4018745).	0022/201 2	2	Inspeção do Setor
Assoalho com comprimento fora de especificação. Especificado: 2940 mm Encontrado: 2920 á 2960 mm (4002095)	0003/201 2	1	Inspeção do Setor
Perfil U 6,3x35x35x84x290 conformado fora de especificação. Largura especificada:84 mm +/- 1 mm Encontrada: 86 mm (4005084)	0004/201 2	1	Inspeção do Setor
Fechamento 3,0x55x105 conformado fora de especificação. Especificado: 55 mm +/-1mm.Encontrado: 49 mm (4013995)	0007/201 2	1	Inspeção do Setor

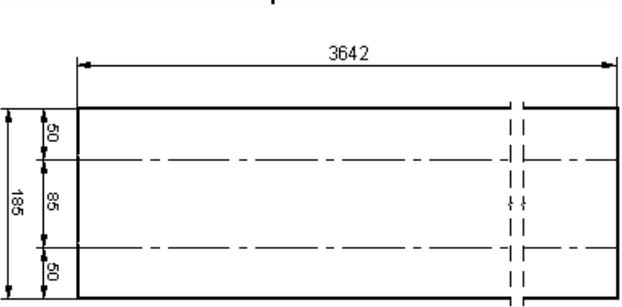
Peças cortadas fora do especificado. Especificado: 368mm. Encontrado: entre 365mm e 367mm (4016163).	0028/201 2	1	Inspeção do Setor
Peças cortadas fora do especificado. Especificado: 1470mm Encontrado até:1460mm. (4010783)	0029/201 2	1	Inspeção do Setor
Peças com seu comprimento maior do que especificado do PPF. Especificado:1003 mm. Encontrado até: 1007 mm (4019454)	0045/201 2	1	Inspeção do Setor
Peças com corte e furação (I) fora da especificação (4019844). Comprimento da peça:Especificado: 9291mm.Encontrado: 9282mm.	0088/201 2	1	Inspeção do Setor
Peças com corte e furação (I) fora da especificação (4019814). Comprimento da Peça:Especificado: 8588 mm.Encontrado: 8577 mm.	0089/201 2	1	Inspeção do Setor
<b>FALHAS DE DOBRA</b>	<b>Nº RNC</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>ORIGEM</b>
Peças conformadas de maneira divergente ao PPF (4018880 / 4018881) Especificado: 1386mm Encontrado até: 1410mm	0086/201 2	2	Inspeção do Setor
Suporte de estepe conformado fora de especificação (4016275)	0001/201 2	1	Inspeção do Setor
Peças dobradas de forma divergente ao PPF (4009921) Especificado: 1402mm +2/-10 mm Encontrado até: 1355mm	0077/201 2	1	Inspeção do Setor
Travessa inferior traseira dobrada de forma divergente ao PPF, especificado: 112mm, encontrado até: entre 106mm a 114mm (4012769)	0241/201 2	1	Inspeção do Setor

Cobertura do pneu dobrada de forma divergente ao PPF, especificado: 743mm encontrado: 735 á 738mm (4019664)	0280/201 2	1	Inspeção do Setor
Travessa do pescoço dobradas de forma divergente, especificado: 81mm encontrado: entre 75 á 78mm (4001624)	0294/201 2	1	Inspeção do Setor
Costela dobrada de forma divergente ao PPF, especificado: 45mm, encontrado: 42 á 47mm (4018656)	0311/201 2	1	Inspeção do Setor
Costela dobrada de forma divergente ao PPF, especificado: 1263mm, encontrado : 1235mm (4018016)	0316/201 2	1	Inspeção do Setor
Perfil lateral dobrado fora do especificado, especificado: 285mm, encontrado: 281mm(4021122)	0369/201 2	1	Inspeção do Setor
Perfil U dobrada de forma divergente ao PPF, especificado: 792 mm +/-1 mm, encontrado entre: 789 mm a 794 mm (4020848)	0370/201 2	1	Inspeção do Setor
Perfil da rampa produzida com dobra fora de especificação, especificado: 60mm, encontrado: de 53mm a 60mm na mesma peça (4017838)	0380/201 2	1	Inspeção do Setor
Caixa do fueiro dobrada de forma divergente ao PPF, especificado: 100mm, encontrado: 95mm (4016817)	0383/201 2	1	Inspeção do Setor
Travessa da 5ª roda com dobra fora do especificado, especificado 175mm, encontrado até 169mm (4020620)	0393/201 2	1	Inspeção do Setor

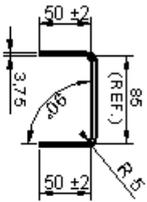
Suporte do corote de água dobrada de forma divergente ao PPF, dobradas com o lado invertido. (4019012)	0410/2012	1	Inspeção do Setor
Perfil lateral dobrado fora do especificado, especificado: 285mm, encontrado: 290mm (4000584)	0418/2012	1	Inspeção do Setor
Chapa produzida com dobra fora de especificação, especificado: 578mm, encontrado: 574mm (4017962)	0428/2012	1	Inspeção do Setor
Chapa frontal com dobra de forma divergente ao PPF, especificado:50 mm, encontrado até: 85 mm (4019469)	0432/2012	1	Inspeção do Setor
Fixador do perfil com dobra fora de especificação, especificado: 47mm +/- 1mm, encontrado: 42mm (4010875)	0431/2012	1	Inspeção do Setor
Peças dobradas de forma divergente ao PPF (4000770) Especificado: 318mm encontrado: 326mm	0085/2012	1	Inspeção do Setor
<b>TOTAL</b>	-		
<b>Total de defeitos encontrados</b>	<b>46</b>		
<b>Total de OP's inspecionadas</b>	<b>1893</b>		
<b>Porcentagem de defeitos originados por falhas do Perfilados</b>	<b>2,4%</b>		
<b>Máximo Aceitável</b>	<b>1,5%</b>		

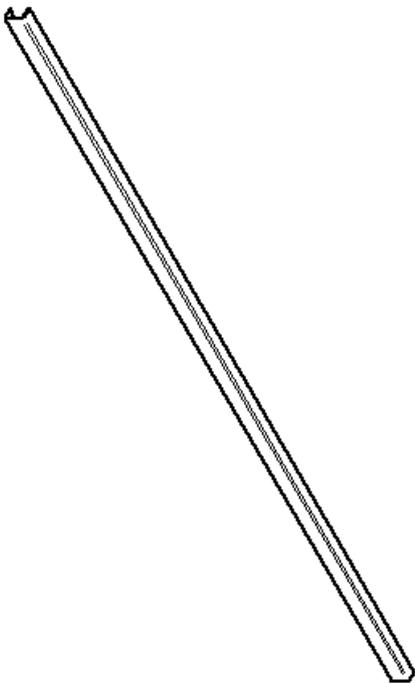
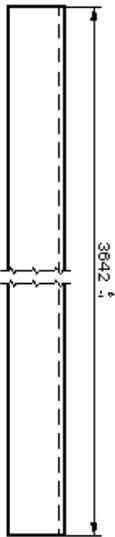
## ANEXO II

### EXEMPLO DE PROJETO PADRONIZADO



VISTA PLANIFICADA



<b>NOMA</b> <small>NOMA DO BRASIL S/A</small>	9100693		CH. AÇO 3,75X50X85X3642 ASTM-A36 CO. SUB.		Kg	
	CÓDIGO MP		DESCRIÇÃO DA MATÉRIA PRIMA		U. M.	
ESCALA: 1:5	FORMATO: A4 - Horizontal	DIMENSÕES SEM INDICAÇÃO INDIVIDUAL DE TOLERÂNCIA CONFORME ITM-003		DESENHISTA: Loslekann	12/3/2012	
REVISÃO N.º: 00	REG. REVISÃO: ...	MEDIDAS EM: mm			REVISOR: Vivian	16/3/2012
					APROVADOR: Vivian	16/3/2012
DENOMINAÇÃO: PERFIL U 3,75X50X85X3642 2012			PESO BRUTO: ...		PESO LÍQUIDO: 16,99 kg	
CÓDIGO: 4021619					FOLHA: 1 / 1	