



Fábio André Decker

**IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE DOBRA PARA PROCESSO DE
CONFORMAÇÃO SEM MARCAS EM PEÇAS DE ALTA VISIBILIDADE**

Horizontina - RS

2019

Fábio André Decker

**IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE DOBRA PARA PROCESSO DE
CONFORMAÇÃO SEM MARCAS EM PEÇAS DE ALTA VISIBILIDADE**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina, sob a orientação da Professora Eliane Garlet, Ma.

Horizontina - RS

2019

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

**"IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE DOBRA PARA PROCESSO DE
CONFORMAÇÃO SEM MARCAS EM PEÇAS DE ALTA VISIBILIDADE"**

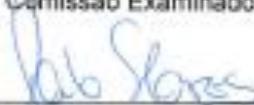
Elaborada por:
Fábio André Decker

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia da Produção

Aprovado em: 05/12/2019
Pela Comissão Examinadora



Mestra. Eliane Garlet
Presidente da Comissão Examinadora - Orientadora



Mestre. Paulo Marcos Flores
FAHOR – Faculdade Horizontina



Especialista Valmir Wilson-Beck
FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS
2019

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim. Aos meus pais, sogro e sogra pelo seu cuidado e dedicação com minhas filhas na minha ausência, a minha orientadora Eliane Garlet e ao coordenador do curso de Engenharia de Produção, Sirnei C. Kach.

AGRADECIMENTO

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

(Albert Einstein)

RESUMO

Um ambiente cada vez mais competitivo tem forçado as empresas a olharem para dentro da sua manufatura na busca por processos cada vez com maior qualidade e valor agregado. O trabalho surgiu de reuniões entre times multifuncionais focados em resultados de qualidade, no reconhecimento do processo de conformação e coleta de dados. Tendo como objetivo implementar uma ferramenta de dobra diferenciada no setor de conformação com intuito de eliminar as marcas superficiais causadas pelo processo de dobra em itens de superfície classe "A". O método utilizado se caracteriza como uma pesquisa-ação, com abordagens qualitativas com predominância ao caráter exploratório e descritivo. Frente a isso, pode-se identificar os itens de maior impacto negativo ao indicador de qualidade, e que precisariam ser atendidos pela solução proposta no objetivo deste trabalho. Tendo-se completado a análise dos itens, decidiu-se pela aquisição e implementação de uma nova ferramenta no processo de dobra, para solucionar o problema das marcas superficiais causadas pela ferramenta atual. Como principal resultado passou-se a ter superfícies dobradas com total isenção de marcas superficiais, reduzindo 50% dos defeitos de qualidade dos itens envolvidos. Outro importante ganho obtido foi a eliminação de 100% dos retrabalhos com lixamento de marcas que eram causadas no processo de dobra atual, e conseqüentemente um custo a menos de sete mil reais mensais. Além disso, atingiu-se uma redução de dezoito para um em termos de defeito por máquina dos itens envolvidos. Desta maneira, todos os resultados alcançados viabilizaram mais qualidade, com menor custo produtivo e maior valor agregado para os clientes.

Palavras-chave: Processo de dobra. Qualidade. Melhoria Contínua.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Máquina Dobradeira.....	16
Figura 2 – Ferramentas <i>Standard</i> de dobra	18
Figura 3 – Ferramentas de dobra estampada	19
Figura 4 – Ferramentas de dobra prensada.....	20
Figura 5 – Ferramentas de dobra.....	21
Figura 6 – Etapas pesquisa ação.....	31
Figura 7 – Cronograma de implementação	33
Figura 8 – Diagrama de Ishikawa.....	39
Figura 9 – Catálogo de Ferramentas de dobra.....	43
Figura 10 – Solicitação de orçamento da ferramenta.....	44
Figura 11 – Solicitação de orçamento dos custos de importação	45
Figura 12 – Pedido de compra	46
Figura 13 – Ordem de compra	46
Figura 14 - <i>Invoice</i>	47
Figura 15 – Parametrização da ferramenta na dobradeira	48
Figura 16 – Parametrização da ferramenta no Radbend	49
Figura 17 – Programação de dobramento.....	50
Figura 18 - Programação de dobramento	51
Figura 19 – Registro de treinamento	52
Figura 20 – Try out.....	53
Figura 21 – Sequência de eventos.....	54
Figura 22 – Marcas produzidas pela ferramenta <i>standard</i>	55
Figura 23 – Marcas produzidas pela ferramenta <i>standart</i>	55
Figura 24 – Resultado de dobra com a nova ferramenta	56
Figura 25 - Resultado de dobra com a nova ferramenta	56
Figura 26 – Resultado de dobra com a nova ferramenta	57
Figura 27 – Funcionamento da nova ferramenta.....	58
Figura 28 – Registros de defeitos por máquina.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

CNC - Controle Numérico Computadorizado

DPM – Defeitos Por Máquina

ERP - *Enterprise Resource Planning* (Planejamento de recursos empresariais)

NVAs - *Not Added Value* (Valor não agregado)

PPM - Peças Por Milhão

RADAN – Soluções de *Software* CAD, CAM e *Nest* do mundo para indústrias *sheet metal*.

RADBEND – *Software* da RADAN dedicado a programação *Offline* de máquinas dobradeiras

SAP - Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados

Share Point IM&S – *Indirect Material and Service* (Serviço e materiais indiretos)

Step - Arquivo Desenho Modelo 3D

TFC – Trabalho Final de Curso

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	12
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.4 HIPÓTESES.....	13
1.5 JUSTIFICATIVA	13
1.6 OBJETIVOS	14
1.6.1 Objetivo Geral	14
1.6.2 Objetivos Específicos	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 MÁQUINA DE DOBRA E PROCESSO	15
2.1.1 Modelos de máquinas dobradeiras	16
2.2 PROCESSO DE DOBRAMENTO DE CHAPAS METÁLICAS.....	17
2.2.1 Tipos de dobra e suas aplicações	18
2.3 FERRAMENTAS DE DOBRA.....	20
2.4 QUALIDADE.....	22
2.5 GESTÃO DA QUALIDADE	22
2.6 FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	23
2.7 MELHORIA CONTÍNUA	24
2.8 SISTEMAS DE GESTÃO	25
2.9 MANUFATURA ENXUTA	26
2.10 SOFTWARE RADAN - RADBEND.....	27
3 METODOLOGIA	28
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	28
3.1.1 Método de pesquisa adotado	28
3.1.2 Quanto à abordagem	29
3.1.3 Quanto aos Objetivos	29
3.1.4 Coleta de dados	30
3.1.5 Etapas da pesquisa-ação	31
3.1.6 Cronograma de implementação	33
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	36
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	36
4.2 ANÁLISE DO PROCESSO DE CONFORMAÇÃO	37
4.2.1 Índice de defeitos e retrabalhos	37
4.2.2 Identificação e confirmação das causas	39
4.3 PROPOSTA DE MELHORIA.....	41
4.4 IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE DOBRA	42
4.4.1 Especificação do modelo e dimensões da nova ferramenta	42
4.4.2 Solicitação do orçamento da ferramenta	44
4.4.3 Solicitação do orçamento dos custos de importação	45
4.4.4 Criação e aprovação do pedido de compra	45
4.4.5 Envio da ordem de compra ao fornecedor	46
4.4.6 Envio da nova ferramenta	47
4.4.7 Recebimento da nova ferramenta	47
4.4.8 Cadastro da nova ferramenta na máquina de dobra	48
4.4.9 Cadastro da nova ferramenta no software de programação de dobra (Radan)	49
4.4.10 Criação dos novos programas de dobramento	50

4.4.11 Treinamento dos operadores para uso da nova ferramenta	51
4.4.12 <i>Try out</i> dos novos programas junto à máquina	52
4.4.13 Alteração da sequência de eventos e liberação para uso	53
4.5 RESULTADOS COMPARATIVOS	54
CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

Diante de mercados com clientes cada vez mais difíceis de se fidelizar por marcas de produtos do agronegócio, visualiza-se como diferencial a importância no acabamento das partes visíveis, principalmente aplicadas na periferia dos equipamentos desenvolvidos para trabalhos na lavoura. A estética já faz parte dos critérios de escolha na hora da compra, e estes níveis de exigências por parte dos clientes ajudam no desenvolvimento contínuo por processos com níveis de qualidade cada vez maiores dentro da manufatura.

De acordo com Alvarez (2015), muitas das vendas de produtos eram realizadas aos clientes com pensamento de curto prazo, que passa a ser revertida a uma busca contínua de conquista e retenção dos clientes. Para isso, a visão passa a considerar a construção de relacionamento mais centrada no cliente, buscando atender completamente suas necessidades por meio da adequação dos produtos e serviços a suas demandas e exigências.

Atualmente muitos dos equipamentos aplicados no meio agrícola ainda contam com acabamentos metálicos aplicados em suas blindagens externas. Ao analisar os processos internos das fábricas, é possível identificar diversas dificuldades nos processos de manufatura, os quais encontram obstáculos cada vez maiores em entregar os componentes bem-acabados, sem marcas aparentes nas superfícies das peças após pintadas.

Quando tais dificuldades não são vencidas, os resultados são altos índices de retrabalho e de sucata. Como descrito por Liker, Hoseus e *Center For Quality People And Organizations* (2009), dois elementos considerados como NVAs (*Not Added value*) dentro do processo que estão relacionados a aquilo que o sistema Toyota acredita serem fatores que devem ser perseguidos e eliminados continuamente para chegar cada vez mais perto da excelência operacional.

Neste contexto, o Trabalho de Final de Curso (TFC), tem o objetivo de implementar uma ferramenta de dobra diferenciada em uma empresa do agronegócio da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

1.1 TEMA

No desenvolvimento deste trabalho o foco principal foi a implementação de uma ferramenta no setor de conformação como recurso diferenciado para a entrega de peças sem marcas superficiais.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O trabalho foi desenvolvido em uma empresa de fabricação de máquinas agrícolas situada na região noroeste do estado Rio Grande do Sul, focalizado no setor primário, em duas prensas dobradeiras, empregadas na fabricação de peças metálicas de espessuras entre 0,9 a 2,0 milímetros e comprimentos de até quatro metros, que exigem acabamento superficial classificado como tipo classe “A”, implementando-se uma ferramenta de dobra diferenciada, que pode ser usada nas duas máquinas envolvidas neste estudo.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A percepção do cliente foi um dos principais indicadores de caminhos potenciais pela busca da diferenciação sobre a concorrência para o ganho de mercado. Nos últimos anos percebeu-se em feiras e eventos do agronegócio o alto nível de exigências dos clientes no momento de avaliar aspectos estéticos nos equipamentos em suas intenções de compra. Esta percepção ao ser trazida para dentro da fábrica oportunizou os diversos processos a se desafiarem e produzirem cada vez mais com qualidade diferenciada.

O problema identificado estava localizado no processo primário do setor de dobramento de chapas metálicas de alta visibilidade, onde o processo atual de dobra com ferramentas *standard* estava deixando marcas e deformações nas regiões afetadas pela dobra, gerando retrabalhos e contribuindo para o aumento do índice de sucata em peças deste processo.

Com base no exposto, o problema de pesquisa caracteriza-se com o seguinte questionamento: a implementação de uma ferramenta diferenciada é a ação necessária para garantir um processo de dobra sem marcas superficiais e redução do índice de sucata?

1.4 HIPÓTESES

- a) A aplicação de ferramentas inferiores com maior área de apoio conforma com melhor distribuição da força de pressão e não deixam marcas superficiais perceptíveis;
- b) A utilização de um material de proteção entre as ferramentas e a peça a ser dobrada evita o atrito metal com metal podendo possibilitar uma dobra sem marcas superficiais;
- c) A aplicação de ferramentas inferiores compostas de materiais não metálicos permitindo executar as dobras sem contato da peça com metal e conseqüentemente sem marcas superficiais.

1.5 JUSTIFICATIVA

O presente TFC, aplicado em uma empresa de agronegócio localizada no Rio Grande do Sul, se justifica primeiramente por buscar atender as exigências de mercado frente aos níveis de qualidade atualmente apresentados pelos clientes, no que diz respeito a estética dos produtos aplicados no campo. Sendo que este diferencial de qualidade quando entregue aos clientes tornará sua satisfação mais completa. Além disso, o fidelizará para novas compras que vão resultar em retorno financeiro à empresa e ainda aumentarão seu diferencial competitivo sobre possíveis concorrentes.

Diante deste novo cenário foi necessário que os processos de manufatura tivessem imediatamente um tratamento inovador para garantir a qualidade superficial das peças, a se iniciar no processo primário. Permitindo assim entregar para os próximos processos internos, peças sem marcas superficiais aparentes. Evitando-se assim que este novo critério de aceitação se transformasse no aumento dos índices de peças não conforme, de sucata, retrabalhos e conseqüentemente dos custos de operação.

A percepção em decorrências destes pontos culminou diretamente com a teoria de *Lean Manufacturing*, relacionados com o índice de sucatas, retrabalhos e atrasos na operação, indicadores estes que são prejudiciais e indesejáveis em qualquer processo produtivo, sendo enfatizados frequentemente na formação do Engenheiro de Produção, onde este por sua vez tem a responsabilidade de implementar e manter os processos dentro das fábricas.

Assim, se oportunizou a inovação, onde buscou-se por soluções de custo benefício que se traduzem sempre na busca por zero defeito, melhor custo operacional e aumento do valor agregado.

Baseado em dados e fatos buscou-se inovações no ramo metal mecânico, analisando de maneira detalhada o processo de dobramento, identificando como solução a aplicação de uma ferramenta de dobra diferenciada, que viria tornar-se a principal solução no processo de dobra, para os defeitos de qualidade superficial em partes metálicas dos produtos que utilizam chapas metálicas como parte em seu acabamento.

A implementação de uma ferramenta diferenciada, é pelo fato de permitir maior apoio e distribuição uniforme dos esforços aplicados durante o processo de dobra, proporcionando uma fabricação de peças de alta visibilidade do produto final sem marcas e deformações. Entregando assim peças com melhor acabamento para processos posteriores.

1.6 OBJETIVOS

Para nortear o estudo de acordo com o que exposto, foram elaborados o objetivo geral e os específicos.

1.6.1 Objetivo Geral

Implementar uma ferramenta diferenciada de dobra dentro do setor de conformação buscando-se atingir níveis de qualidade superficial diferenciado.

1.6.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral seja alcançado, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Quantificar os itens envolvidos, para sucata e retrabalhos.
- b) Identificar e definir a causa raiz;
- c) Desenvolver proposta de solução;
- d) Testar e validar a ferramenta.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são apresentados os principais temas que serviram de embasamento para a elaboração da pesquisa. Constando nesta abordagem, conceitos relacionados ao processo, a máquinas e ferramentas para o dobramento de chapas metálicas. Também são abordados alguns tópicos sobre gestão e ferramentas da qualidade para embasar o conceito de manufatura enxuta.

2.1 MÁQUINA PARA DOBRAMENTO

De acordo com a Directi Industry (2019), as máquinas de dobra são equipamentos que podem ter grandes variações de tamanho e tonelagem de força, podendo atingir mais de trinta metros de comprimento e aproximadamente 19.600KN como força de dobra, compostas basicamente por barra de pressão ou mesa superior móvel onde é fixado o punção que executa seu movimento de força no sentido vertical em direção a matriz que é posicionada sobre a mesa inferior, tendo como gerador da força um sistema eletro-hidráulico.

De acordo com Syamal (2011), máquinas de dobrar ou também chamadas de prensas dobradeiras são máquinas usadas normalmente para dobrar peças de aço de diversas espessuras e comprimentos. Onde a parte inferior da prensa usa uma ferramenta em forma de V que é chamado de "matriz", e a parte superior da prensa contém um punção que irá pressionar a chapa metálica para baixo no molde em V, fazendo com que ela se deforme até o perfil desejado. Um modelo de dobradeira é apresentado na Figura 1.

De acordo com o pesquisador citado anteriormente, o mesmo descreve que para o processo de dobra podem ser usadas várias técnicas, mas o modelo mais comum é a "dobra no ar", onde a matriz possui um ângulo mais acentuado do que a dobra necessária (tipicamente 85 graus para uma dobra de 90 graus) e a ferramenta superior é controlada com precisão em seu curso para empurrar o metal para baixo, aplicando uma quantidade necessária de força de dobra, de aproximadamente vinte e cinco toneladas por metro da dobra a ser executada.

A abertura da largura da matriz inferior é tipicamente oito a dez vezes a espessura do metal a ser dobrado (por exemplo, material de 5 mm pode ser dobrado em um molde de 40 mm); o raio interno da dobra formada no metal não é determinado pelo raio do punção superior, e sim pela largura da matriz inferior. Normalmente, o

raio interno é igual a 1/6 da largura do V usado no processo de conformação (SYAMAL, 2011).

Figura 1 – Máquina Dobradeira



Fonte: Trumpf, 2019

No próximo tópico são apresentados os modelos de máquinas utilizadas neste tipo de processo.

2.1.1 Modelos de máquinas dobradeiras

Segundo Wilson Tool (2017), as máquinas de dobra assim como tantos outros setores tiveram uma evolução tecnológica muito grande nas últimas duas décadas e parte da razão disso acontecer foi devido a chegada de máquinas com altas tecnologias aplicadas nos processos de corte de chapas, como o corte laser, por jato de água, plasma e puncionadeiras.

O universo de tipos de máquinas de dobra é bem diversificado, composto principalmente por:

- Dobradeiras Mecânicas: Nestas, o acionamento se dá por engate de chaveta ou por meio de embreagem mecânica, onde uma vez acionada, esta completa o curso entre o ponto morto superior até o inferior, sem a possibilidade de parar no meio do ciclo (NASCIMENTO, 2010).
- Dobradeiras Hidráulicas: São equipamentos que por meio da união de conjuntos mecânicos conseguem transferir a força hidráulica gerada pela

bomba, que ainda é multiplicada com o uso de cilindros com o fluido pressurizado (GOOSSEN, 2014).

- Dobradeiras Hidráulicas CNC: Possuem um sistema hidráulico para geração de força, onde os movimentos são controlados e sincronizados por servo-válvulas e réguas lineares de alta precisão, todos comandados através do CNC (Controle Numérico Computadorizado) (SCHELLENBERG, 2019).
- Dobradeiras Elétricas CNC: São máquinas de funcionamento totalmente elétricas e seus movimentos são gerados por Servo-elétricos (PRIMA POWER, 2019).

2.2 PROCESSO DE DOBRAMENTO DE CHAPAS METÁLICAS

Segundo Rahulkumar (2015), a conformação de metais é um processo importante desde os primórdios da existência do ser humano. É o processo em que o tamanho e as formas são obtidos pela deformação plástica do material. As tensões aplicadas durante o processo são maiores do que a força de resistência do material a deformação, mas menores do que a resistência a ruptura do material.

O mesmo autor supracitado, destaca que a conformação das chapas metálicas realizada em máquina dobradeira ocorre de forma inteligente, pois abrange a combinação da ciência de controle, ciência da computação e teoria da conformação de chapas metálicas. Uma etapa fundamental é identificar as propriedades do material e o seu coeficiente de deformação. Com a programação em *software* compatível, a máquina pode ler e interpretar em tempo real as características da peça e as dimensões que devem ser atendidas, de modo que o processo de formação possa ser concluído automaticamente com os parâmetros de processamento ideais.

De acordo com a Wilson Tool (2017), o processo de dobramento neste tipo de equipamento é normalmente realizado a frio, aplicando-se ferramentas adequadas e respeitando os limites de escoamento e demais características do material usado na conformação. Considera-se o dobramento como uma operação de conformação de chapa podendo esta ser de alta complexidade e com grandes variações de aplicações e utilizações. Isso é possível devido a diversidade de ferramentas e suas formas construtivas.

2.2.1 Tipos de dobra e suas aplicações

Segundo Wilson Tool (2017), como parte deste estudo foram considerado três processos de conformação em chapa por dobramento, que são considerados os mais importantes encontrados no processo primário:

- Dobra no ar ou parcial – Nesta forma de dobra, pode-se observar que a chapa sofre o esforço de pressão em três pontos, sem atingir o fundo da matriz. De modo geral pode ser aplicado a todas as espessuras de chapas, exigindo uma força de dobra não muito elevada, tendo como uma das grandes vantagens a de poder conformar uma série de ângulos diferentes usando as mesmas ferramentas. Neste tipo de dobra não se faz necessário que as ferramentas inferior e superior tenham o mesmo ângulo. Porém, devido a chapa não ser prensada até o limite entre as ferramentas superior e inferior ocorre um retorno elástico do material após cessar a força de dobra, onde o ângulo de dobra aumenta ligeiramente. Este conceito de dobra é mais usado em máquinas com tecnologia CNC pela necessidade de precisão de controle da força aplicada para atingir o ângulo desejado, conforme Figura 2.

Figura 2 – Ferramentas *Standard* de dobra



Fonte: Bystronic (2019)

- Dobra Estampada ou Moldada – Nesse tipo de dobra tem-se a chapa se moldando conforme o perfil do punção e da matriz, aplicado principalmente quando se pretende atingir uma geometria diferente do padrão original de

dobra. Para esta aplicação não há o controle sobre a ação elástica promovida pela resistência do material, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Ferramentas de dobra estampada



Fonte: Wilson Tool (2019b)

- Dobra Prensada – O processo de dobra prensada requer a aplicação de forças de dobra bem mais elevadas do que a dobra no ar, devido a chapa precisar ser esmagada entre as ferramentas para atingir o ângulo pré-definido. Por outro lado, oferecendo a vantagem de menor retorno elástico do material após cessar a força de prensagem. Este tipo de dobra requer obrigatoriamente que as ferramentas superior e inferior tenham a mesmo ângulo construtivo, sendo mais indicado para chapas finas, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Ferramentas de dobra prensada



Fonte: Wilson Tool, (2019b)

Em sequência expõe-se sobre a importância e necessidade sobre ferramentas de dobra.

2.3 FERRAMENTAS DE DOBRA

Conforme Wilson Tool (2019a), ferramentas de dobra são a parte essencial para conseguir executar o processo de dobramento com as máquinas dobradeiras. Obrigatoriamente é necessário ter um conjunto formado por ferramenta superior normalmente chamado de punção e também por ferramenta inferior chamada de matriz, para conseguir produzir um determinado perfil de dobra, definido para as chapas metálicas, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Ferramentas de dobra



Fonte: Wilson Tool (2019a)

De acordo com o site Wilson Tool (2019b), para a definição da correta ferramenta para uma dobra precisa-se considerar os seguintes dados:

- Tipo de material a dobrar;
- Espessura do material;
- Ângulo desejado;
- Aba mínima da peça;
- Raio interno da dobra;
- Comprimento do perfil;
- Força máxima da dobradeira;
- Tipo de fixação das ferramentas na máquina.

O mesmo autor supracitado, descreve sobre a importância do tratamento térmico aplicado sobre as ferramentas de dobra, enfatizando-se que cada ferramenta requer um tipo de aço e tratamento térmico específico de acordo com a função que vai ser utilizada. Descreve também, que para a produção de ferramentas de dobra são utilizados basicamente dois tipos de aço:

- O C45, como sendo um aço especial que permite boa têmpera na superfície e mantém sua necessária elasticidade natural em seu interior;

- O 42CrMo, que contém outros minerais (cromo e molibdênio) que permitem uma maior profundidade de têmpera e uma maior resistência a pressão.

Nos tópicos seguintes aborda-se sobre a qualidade, seu gerenciamento e principais ferramentas.

2.4 QUALIDADE

Segundo Toledo et al. (2017), o conceito sobre qualidade é um atributo que pode estar intrínseco às coisas e pessoas, e ao mesmo tempo afirma que o que pode ser identificado e observado são as características de cada um.

De acordo com Lobo (2010), o conceito de qualidade tem evoluído e se tornado mais compreensível à medida em que é aplicado ao longo do tempo em empresas com destaque mundial. Tendo suas características até pouco antes do período da segunda guerra mundial voltadas muito para as características físicas dos produtos, onde para atender este conceito praticava-se a produção orientada onde uns produziam e outros inspecionavam para atender um padrão pré-definido.

2.5 GESTÃO DA QUALIDADE

De acordo com Lobo (2010), Deming utilizava-se de uma prática básica para prover algum tipo de gestão da qualidade, que nada mais era do que usar a estatística sobre os dados coletados. Aliado a este princípio colocava-se muito em prática a regra dos 80-20, onde 80% dos problemas estavam relacionados a 20% das causas.

Para Toledo et al. (2017, p.IX), A gestão da qualidade total está associada a um estágio de incorporação da qualidade no âmbito estratégico das organizações, ampliação do escopo da gestão para toda a organização e à cadeia de produção, e representa uma visão de como gerenciar globalmente os negócios com uma orientação voltada para a satisfação total dos clientes.

Com isso o autor enfatiza que não há como estacionar os controles de qualidade, devido aos mesmos estarem expostos à necessidade de melhoria contínua para atender os requisitos de qualidade que aumentam constantemente em consequência das mudanças nas exigências dos clientes.

2.6 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

De acordo com Toledo et al. (2017), estão disponíveis muitas ferramentas da qualidade para suportar e dar apoio à gestão da qualidade. Sendo muito importante saber integrar o uso destas para identificação e especificação do problema a ser trabalhado. Dando seguimento estão citadas as sete ferramentas básicas da qualidade as quais serão descritas e caracterizadas de forma resumida, de acordo com o autor citado:

- Folha de Verificação ou Tabela de contagem: são formulários impressos ou digitais aplicados para registrar e concentrar informações de maneira simples, facilitando desta forma sua análise posterior. Para melhor ganho no uso desta ferramenta o agrupamento das informações deve seguir uma forma lógica e organizada do problema que se deseja identificar;
- Histograma: A função do histograma ou também conhecido como gráfico de barras é demonstrar a frequência com que acontece um determinado valor ou conjunto de valores de uma variável dentro do processo que está sendo avaliado, onde a análise dos valores tornará possível avaliar a eficiência do processo estudado;
- Diagrama de Dispersão ou correlação: O diagrama de dispersão é uma ferramenta que permite por meio de gráficos comparar a relação existente entre duas variáveis com objetivo de correlacionar a intensidade e tipo de relação entre as mesmas. Para confirmar a relação entre as variáveis deverão ser seguidos as seguintes etapas do uso desta ferramenta, que são: coleta e ordenação dos dados; representar graficamente os dados; e análise do gráfico;
- Estratificação: Caracteriza-se por pegar um conjunto de informação e dividi-lo em grupos de importância. Tendo concluído esta primeira etapa então pode-se aplicar Histogramas, Diagramas de Dispersão-Correlação e Diagrama de Pareto para grupo principal encontrado na divisão inicial;
- Diagrama de causa e efeito ou Diagrama de Ishikawa: Esta ferramenta que foi criado por Kaoru Ishikawa com direcionamento especial de utilização pelos Círculos da Qualidades (CCQs), que também muito conhecida por espinha de peixe pelo formato gráfico característico quando aplicado na identificação de um problema. Onde permite organizar de maneira lógica e

ordenada as possíveis causas em potencial que possam contribuir com o efeito ao problema identificado;

- Diagrama ou Análise de Pareto: Este diagrama se caracteriza pela representação gráfica dos dados obtidos em relação ao problema investigado, sendo muito importante na ajuda em identificar por priorização dos aspectos que devem ser considerados no trabalho, muito conhecido também pela prática dos 20-80;
- Técnica de *Brainstorming*: Conhecida popularmente como tempestade de ideias, trata-se de uma técnica geral que pode ser aplicada como suporte a muitas ferramentas de gestão, onde incentiva a criação de ideias de um grupo de pessoas que está reunido para uma mesma finalidade. O uso desta ferramenta busca permitir que todas as pessoas envolvidas usem sua criatividade de forma espontânea e sem medo do certo ou errado.

2.7 MELHORIA CONTÍNUA

De acordo com Junior (2008), a definição para melhoria contínua provém da palavra de origem japonesa *Kaizen*, que significa mudança (*kai*) e melhor (*zen*) e juntas indicam melhores mudanças. *Kaizen* ainda pode ser definido como um processo de melhoramento contínuo aplicado na busca de melhorias inovadoras dos processos produtivos, métodos, dos produtos e para os processos.

Segundo Shiba, Graham e Walden (1997), a melhoria contínua é um método estruturado de resolução de problemas, diferenciando-os em três níveis. O primeiro deles como controle, visando a manutenção dos níveis operacionais; o segundo reativo, que direciona a reabilitação do estado atual. E o terceiro, chamado de proativo, tendo por incumbência o aumento do desempenho.

Tem-se segundo Junior (2008), como ponto de início para aplicação desta ferramenta a identificação de um problema, que pode ter sido obtido por meio de indicadores, gráficos, tabelas ou reclamações. Destacando-se a importância de, sempre que possível, não esperar pela ocorrência do problema para reagir na busca de sua solução e sim agir preventivamente na identificação. Havendo-se identificado o problema, chega-se o momento da investigação e definição das causas prováveis envolvidas, onde se deve ter cuidado ao avaliar todas as variáveis como a mão-de-obra, o método, a matéria-prima, a máquina, o meio ambiente e a medição. Tendo-se

descoberto uma ou mais causas prováveis alcança-se o momento de implementar as melhorias possíveis na busca dos resultados previamente elencados.

Segundo Junior (2008), empresas que buscam a aplicação desta ferramenta de melhoria contínua, conseguem manter-se em pleno e contínuo desenvolvimento devido a possibilidade de estarem aprimorando resultados como:

- melhoria nos processos produtivos;
- adequação dos postos de trabalho, máquinas e equipamentos;
- melhoria na qualidade dos produtos;
- adequação dos métodos de trabalho;
- redução de desperdícios em processos;
- capacitação e envolvimento dos colaboradores;
- aumento da produtividade.

2.8 SISTEMAS DE GESTÃO

De acordo com Campanario, Maccari e Paulo (2004), *Enterprise Resource Planning* – ERP, ou Planejamento de Recursos Empresariais é a descrição dos *softwares* utilizados no gerenciamento empresarial. Onde as grandes empresas já o usavam desde os anos de 1970 para os princípios básicos de controle de materiais e produção, e assim como todas as evoluções ao longo dos anos o ERP seguiu o mesmo caminho, permitindo que hoje as informações gerenciais sejam alinhadas com todos os setores da empresa, favorecendo a tomada de decisões, sendo estas mais embasadas e assertivas, assegurando melhores resultados para o negócio.

Segundo os autores mencionados anteriormente, relaciona-se sobre a importância do uso de sistemas de gestão e a busca pela excelência empresarial diante de cenários cada vez mais competitivos e de difícil sobrevivência, onde as empresas precisam constantemente aprender a satisfazer as necessidades do mercado. Nesse contexto fica subentendido a correlação das necessidades e vantagens que a aplicação de *softwares* de gerenciamento pode trazer para gestão focada nos clientes.

De acordo com Toffano et al. (2018), junto do fenômeno ao final dos anos 90 chamado de globalização, já com a *Internet* presente os sistemas de gestão até então conhecido como ERP precisou evoluir, ampliando o seu foco de abrangência em seus produtos e serviços aparecendo assim o ERP II. Possibilitando atender a partir de

então de maneira virtual todas as inter-relações departamentais e com destaque a incorporação do sistema de Gestão de Relacionamento com Clientes (CRM).

De acordo com o autor citado anteriormente, uns dos marcos mais recentes e importantes relacionados com os sistemas ERPs é a Indústria 4.0, com ela a gestão e uso de informações se tornou mais autônoma e eficiente, onde os sistemas de ERPs são considerados como espinha dorsal da Indústria 4.0

2.9 MANUFATURA ENXUTA

A manufatura enxuta é definida por Tubino (2015), como sendo uma estratégia de produção distinta, tendo como base um conjunto de boas práticas, herdadas do Sistema Toyota de Produção, que traz como objetivo contínuo a busca por melhorias dentro dos sistemas produtivos que buscam eliminar os desperdícios que não agregam valor para o cliente e pelos quais ele não está disposto a pagar.

Ainda de acordo com Tubino (2015) existem oito principais desperdícios:

- Desperdícios de Superprodução: Se caracteriza quando é produzido além do necessário na forma quantitativa ou ainda por produzir de forma antecipada a necessidade;
- Desperdícios de Estoque: Está relacionado direto com a superprodução, devido a gerar a necessidade de guardar a produção excessiva não utilizada no período planejado de produção;
- Desperdícios de Transporte: Esta é uma perda inerente aos processos produtivos, que acontece nas movimentações de materiais ou produtos já manufaturados entre máquinas, processos ou armazéns;
- Desperdício de Espera: É o tempo em que os produtos ficam parados dentro ou entre os processos aguardando ser processados;
- Desperdícios de Processamentos Desnecessários: Caracteriza-se quando são executadas atividades de processamento não descritas no processo de manufatura do produto envolvido;
- Desperdícios de Movimentos Improdutivos: Esta é uma perda no ambiente de trabalho que comete ao operador a necessidade de se movimentar de forma desnecessária para realizar a produção devido à falta de organização do local de trabalho;

- Desperdícios de Elaborar Produtos Defeituosos: Este desperdício com certeza é um dos de maior relevância que pode ocorrer dentro de uma fábrica, isso porque ao ser identificado a falha na peça ou produto, o mesmo já consumiu matéria prima, passou por máquinas e pessoas para ser processado e no final não ter utilidade ou necessitar de retrabalho;
- Desperdício Intelectual: Completando a lista dos oito desperdícios, tem-se como um dos mais recentes considerados nas organizações o que se refere às pessoas, o qual ocorre sempre em que a opiniões dos colaboradores não são consideradas.

2.10 SOFTWARE RADAN - RADBEND

De acordo com a RADAN (2019), o Radbend é um *Software* oferecido pela RADAN para a programação *offline* para dobradeiras. Possui uma solução completa para programação e simulação 3D do processo de dobramento, oferecendo inúmeras funções:

- Sequenciamento automático de dobras;
- Seleção automática de ferramentas;
- Otimização de configuração de ferramentas;
- Posicionamento de batentes;
- Relatórios personalizáveis;
- Sistemas de medição de ângulo;
- Integração 3D.

Todas estas funções de aplicação na programação de dobramento permitem ao programador mais assertividade e menor interferência junto da máquina na execução de ajustes (RADAN, 2019).

3 METODOLOGIA

Do ponto de vista de Vergara (2016), a metodologia deve ser aplicada como veículos que remetem a caminhos, formas e maneiras de encontrar instrumentos para captar informações de alguma realidade para determinado fim.

Neste capítulo são abordados os procedimentos metodológicos que foram utilizados como base para realizar a implementação de uma ferramenta de dobra para processo de conformação sem marcas em peças de alta visibilidade utilizando método de pesquisa-ação.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Neste tópico são apresentados os métodos e técnicas utilizados pelo pesquisador para o desenvolvimento do presente trabalho.

3.1.1 Método de pesquisa adotado

De acordo com Bernardes, Júnior e Nakano (2019), a pesquisa-ação é vista como um método que converge os interesses acadêmicos com os organizacionais, na busca por soluções de problemas complexos. Desta forma, colocando em prática as teorias sob as situações que exigem planejamento, observação e ação de forma organizada entre acadêmico e representante da organização.

Este estudo se caracteriza como uma pesquisa-ação, que segundo Gil (2018), vem evoluindo como uma metodologia voltada a identificar, desenvolver e aplicar mudanças de forma planejada e organizada sob os problemas identificados que se deseja resolver, proporcionando chegar a algum resultado prático.

Ou seja, o pesquisador participou de reuniões entre times multifuncionais, buscando conhecer de forma mais detalhada uma parte do processo do setor de dobramento. Dentro deste processo o mesmo buscou primeiramente entender o problema, em seguida realizou análises, coletando dados e informações durante a execução do processo de dobra, permitindo assim uma melhor assertividade nas sugestões de melhorias, estas embasadas no conhecimento técnico e teórico adquirido.

Com base nas informações, o pesquisador verificou as possíveis causas e alternativas de soluções que se traduzissem em resultados sobre o problema, sempre

considerando a qualidade, eficiência do processo, segurança dos operadores e equipamentos utilizados.

Caracteriza-se assim, como um caso específico relacionado ao setor de conformação de uma empresa do ramo metal mecânico, situada no estado do Rio Grande Do Sul, composto principalmente por máquinas de corte e dobramento no setor primário, onde optou-se por um estudo que abrangesse a gestão da qualidade e sistema de produção, olhando para as perdas e com foco no resultado para o cliente.

3.1.2 Quanto à abordagem

De acordo com Bernardes, Júnior e Nakano (2019), a pesquisa qualitativa busca considerar a visão daqueles que participam junto do que está sendo estudado, permitindo interpretar os fatos apontados durante o estudo. Esta interpretação muitas vezes é necessária devido os dados identificados na pesquisa não serem entregues com medidas diretas, como opiniões e sensações que acabam sendo expressas de forma escrita.

De acordo com Miguel (2010), a abordagem qualitativa pode tomar forma e atingir um alto grau de relevância no desenvolvimento da pesquisa, a qual fica condicionada a participação efetiva dos indivíduos envolvidos no caso. Que diante de todos os pontos observados e mencionados neste modelo de abordagem, exigem ao pesquisador coletar, classificar e encaixar no estudo as informações relevantes que se alinham com os resultados que estão sendo buscados.

Tomando-se como base as orientações teóricas, o pesquisador interagiu sempre próximo aos operadores, acompanhando, questionando e registrando tudo sobre a forma como estavam sendo executadas as etapas de produção, da seleção das ferramentas, sequência de operações e movimentação das peças em estudo.

3.1.3 Quanto aos Objetivos

Na visão de Miguel (2010), o objetivo principal possibilita e direciona a ocorrência de três variações em uma pesquisa:

- Exploratória - Ocorre nas fases iniciais da pesquisa, objetivando a percepção e posicionamento inicial de fatos que possibilitem embasar um estudo mais direcionado sobre a situação observada;

- Descritiva – Conforme o próprio nome já sugere, esta variação permite o fato de redigir os principais acontecimentos observados que servirão de embasamento para elaboração das possíveis soluções;
- Explanatória – Caracteriza-se por testar a teoria e proposições de modelos teóricos já desenvolvidos, criando possibilidade de confirmação das hipóteses.

Caracteriza-se neste trabalho a predominância por exploratório e descritivo. Exploratória devido o pesquisador usar a percepção e observação para capturar as atividades com potencial problema de qualidade, gerados pelo processo observado sem interferir no resultado. E descritiva, devido o pesquisador registrar a coleta de informações obtidas com os gestores e operadores durante as abordagens exploratórias.

3.1.4 Coleta de dados

De acordo com Miguel (2010) o emprego de diferentes técnicas de coletas neste tipo de método melhora as condições para estruturação da pesquisa. O pesquisador deve assumir um papel chave no desenvolvimento e aplicação das formas de coleta de dados, que se dividem em primários, onde os dados são aqueles gerados por relatórios e estatísticas, e secundários que são obtidos através de percepções e entrevistas. Independente da forma de coleta adotada, a mesma tem seu sucesso condicionado ao teor de envolvimento do pesquisador.

De acordo com Nascimento (2012), uma característica bem evidente na pesquisa de campo é o envolvimento direto do pesquisador com o fato a ser investigado. Onde como primeira fase ocorre as observações e registros dos dados para posteriormente fazer a explicação dos mesmos por meio de métodos adequados. Diante das diversas formas de se coletar dados o autor menciona as seguintes:

- Questionário – Neste formato o pesquisador tem a vantagem de possibilitar que sejam coletadas de uma só vez várias informações por meio de perguntas claras e objetivas que remetam ao objetivo proposto;
- Formulário – Permite que o pesquisador escreva, ele mesmo, sobre as informações coletadas junto do informante, permitindo melhorar a descrição dos fatos.

A parte de coleta de dados é parte fundamental para que o pesquisador se aproxime da atividade problema e consiga estruturar o estudo do que está sendo pesquisado.

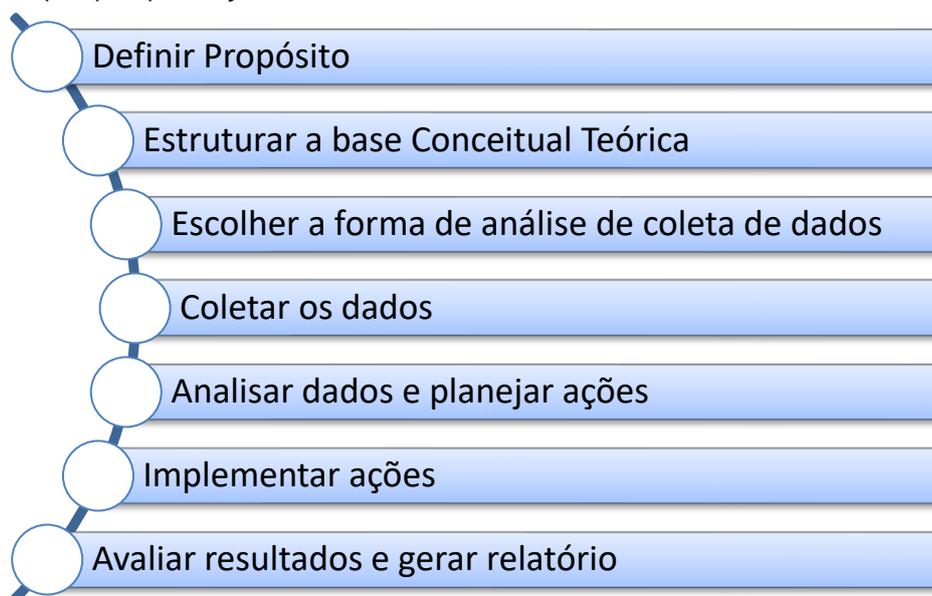
De posse do entendimento e conhecimento teóricos expostos, o pesquisador interagiu junto aos operadores para a parte de coleta dos dados que não possuíam registros de controles sistematizados, onde foi solicitado aos colaboradores da área que os mesmos fizessem registro quanto aos modelos de peças que eram retrabalhadas, assim como o tempo e quantidades envolvidas neste processo.

Para a parte de dados como os indicadores de qualidade que são controlados e apontados de forma sistemática, foi possível extraí-los de relatórios dos Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados (SAP) e transferi-los para planilhas Excel para melhor análise.

3.1.5 Etapas da pesquisa-ação

Diante do método de pesquisa escolhido para elaboração deste estudo, o pesquisador dividiu o mesmo em sete etapas que são identificadas na Figura 6.

Figura 6 – Etapas pesquisa ação



Fonte: Adaptado de Miguel (2010)

Na primeira etapa, definir propósito, foi a fase onde ocorreu a identificação da oportunidade de melhoria observada pela origem de reclamações de problemas de qualidade em blindagens metálicas com classe de acabamento tipo A, que tinham

como origem marcas superficiais causadas pelo processo de dobra. Tendo identificado e comprovado a origem do problema definiu-se por estudar e implementar uma ferramenta de dobra diferenciada no processo de dobra para possibilitar entregar as blindagens metálicas do tipo classe “A” sem marcas superficiais.

A segunda etapa, estruturar a base conceitual teórica, dedicou-se a busca por literaturas que pudessem embasar o estudo que por sua vez envolveu uma série de informações do ramo metal mecânico como máquinas, ferramentas, processos, qualidade, manufatura enxuta e resultado para o negócio. Esta pesquisa foi necessária e importante para permitir organizar as ideias sobre o tema e definir quais seriam os objetivos propostos frente a situação problema identificada para esta pesquisa-ação.

Tendo-se identificado a situação problema, ficou evidente a necessidade de coletar informações que de alguma forma quantificassem os impactos gerados pelo processo em estudo, complementando a terceira etapa. Tendo o processo de qualidade do setor bem definido e controlado optou-se por extrair os dados por meio de relatórios de registros gerados pelo sistema SAP e planilha Excel.

A quarta etapa se caracterizou pela coleta de dados primários que ocorreu através de relatórios de Defeitos Por Máquina (DPM), Peças por Milhão (PPM) índice de sucata gerados, apontados e salvos dentro sistema SAP. Para a coleta dos dados secundários, como índice de retrabalhos que envolvessem os itens classe “A” aplicou-se o uso de planilhas Excel impressas junto à máquina. Salienta-se que o pesquisador selecionou os doze itens (peças) que compõe as blindagens do produto final, que apresentam o maior índice de problema e de maior impacto em valor financeiro para área. Por motivo de confidencialidade os doze itens estudados não foram nomeados e ilustrados neste estudo.

O momento de analisar dados e planejar ações ocorreram na quinta etapa, período muito importante para fazer contrapontos que possam comparar de alguma forma os dados coletados com a parte teórica ao assunto pesquisado. Com o resultado da análise, conseguir elaborar um plano de ação que possa resolver um problema técnico e para isso o plano precisa deixar claro alguns questionamentos pertinentes ao estudo, do tipo como: O que precisa mudar? Em que parte do processo? Quais seriam as mudanças? Algo a mais precisa ser feito?

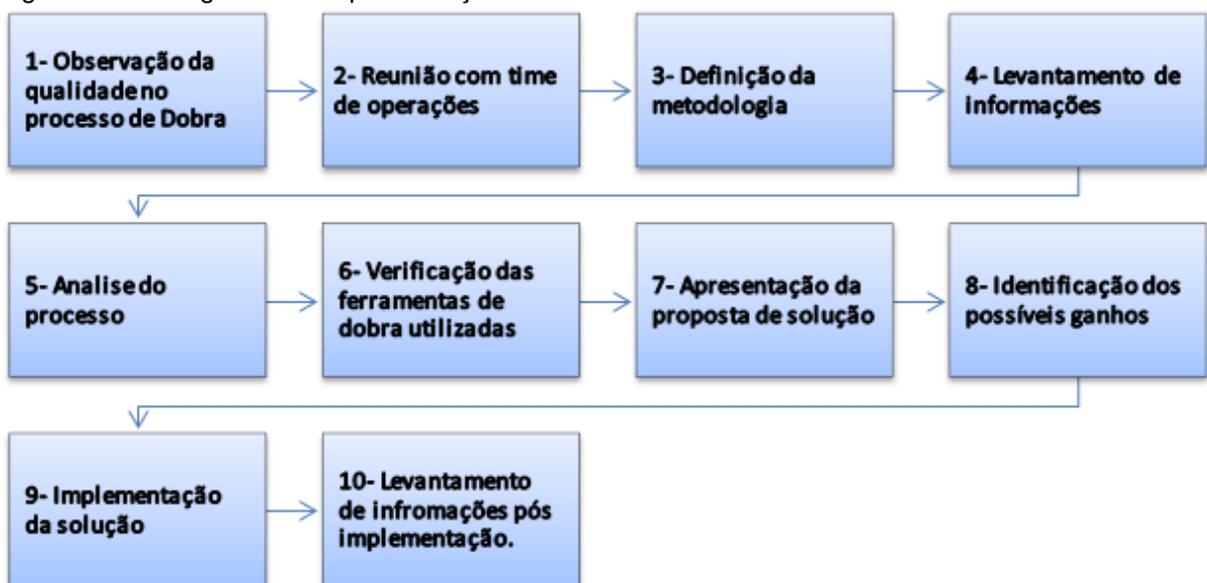
Na sexta etapa, pesquisador e demais envolvidos colocaram em execução as ações necessárias para a implementação.

Na sétima e última etapa, considerado como uma das mais importantes do estudo, pois trata-se do momento de avaliar os resultados em um segundo momento de medição após ter as ações implementadas, com o objetivo de confirmar as hipóteses inicialmente definidas para este estudo. Todos os resultados provenientes das ações implementadas devem ser registrados, mesmo aqueles que não haviam sido mapeados. Tendo estes registros feitos, é o momento de envolver todas as etapas anteriores e transcrever em forma de relatório os resultados do estudo.

3.1.6 Cronograma de implementação

Como forma de melhor entendimento das atividades desenvolvidas para implementação da nova ferramenta no processo de dobra, construiu-se um cronograma de atividades detalhado, conforme fluxo da Figura 7.

Figura 7 – Cronograma de implementação



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A primeira atividade foi realizada durante o mês de janeiro de 2019, onde o pesquisador foi convidado a participar de uma reunião entre os representantes do departamento de qualidade e auditoria do produto, supervisão e engenharia do processo de pintura, supervisão do departamento de solda e a supervisão do processo de dobra. Com o objetivo de identificar em quais etapas dos processos estavam ocorrendo as marcas superficiais que se tornavam visíveis após o processo de pintura.

A segunda atividade foi desenvolvida no mês de fevereiro de 2019, onde por meio de reuniões com a gerência e supervisão das áreas de Engenharia e Manufatura,

apresentou-se uma proposta de solução, os objetivos a serem alcançados e as fases para implementação do estudo. Tendo assim a confirmação para seguir no desenvolvimento do mesmo.

Na terceira atividade, em se tratando de uma implementação, optou-se pela metodologia de pesquisa-ação, onde o pesquisador definiu iniciativas para o estudo envolvendo pesquisas junto a um fornecedor Internacional parceiro, especialista no desenvolvimento de ferramentas de dobra.

Na quarta atividade que foi conduzida dentro do mês de março de 2019, realizou-se o levantamento das informações relevantes dentro do processo, como qual o equipamento utilizado, sequencias do processo e conversa com os operadores. Os dados numéricos foram coletados de duas formas, a primeira por relatórios de registros de defeitos/sucata de peças reprovadas extraídos do SAP pelo pesquisador deste estudo. Como segunda forma, usou-se o preenchimento de formulários pelos operadores, dos itens que precisavam ser retrabalhados com lixa antes de serem liberados para os processos posteriores.

Na quinta atividade, buscou-se de maneira mais aprofundada entender e identificar de forma detalhada todas as variáveis possíveis que poderiam impactar na causa dos defeitos gerados nas peças por marcas superficiais. Isso contemplou verificar, componentes móveis da máquina, tipo e condições das ferramentas usadas, formas de manipulação das peças, condições de armazenamento e expedição das peças para os processos posteriores.

Com os resultados da quinta atividade, na sexta, foi possível direcionar e focar nas análises junto ao conjunto de ferramentas de dobra aplicados na fabricação dos itens classe “A”, pois as principais marcas nas peças estavam aparecendo nas faces das abas dobradas.

Na sétima atividade, foram realizados testes de dobra em chapas metálicas de baixa espessura junto com os operadores com uma ferramenta de dobra de conceito funcional diferente das tradicionais, possibilitando assim a apresentação de uma proposta de solução para o problema em questão.

Na oitava atividade, foram estimados os possíveis ganhos tomando como base os dados coletados da forma de como o processo é desenvolvido atualmente. Estimativas estas voltadas para a eliminação de marcas indesejáveis junto às faces dobradas, que vai ao encontro a não gerar sucatas, assim como os possíveis ganhos

de produtividade na eliminação de atividades que não agregam valor como os retrabalhos de lixamento nas peças, e principalmente a satisfação total do cliente final.

A atividade nove, que ocorreu no final do mês de abril de 2019, onde constituiu-se a implementação da nova ferramenta de dobra proposta, cabendo então conscientizar e treinar os operadores na correta utilização e zelo da mesma.

Para fechar, na décima atividade, buscou-se a geração de novos relatórios de registros no sistema SAP para confirmar a ocorrência de registro de defeitos por danificação das superfícies causados por ferramentas de dobra em itens do tipo classe "A".

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como forma de apresentação e análise dos resultados utilizou-se os conceitos obtidos com a revisão do material bibliográfico para o entendimento e elaboração de uma nova proposta, substituir a ferramenta atualmente utilizada no processo de dobra dos itens classe “A” em acabamento superficial envolvidos no estudo inicial. Tomando-se como foco de análise as perdas que ocorrem dentro dos processos fabris.

Inicialmente, foram identificados os itens que apresentavam mais problemas de qualidade em relação ao seu grau de acabamento superficial, os que geravam alto índice de retrabalho e em alguns casos peças sucateadas. Dando continuidade foram apresentados os resultados obtidos com a implementação da nova ferramenta de dobra.

Importante constar que, para que esta nova proposta fosse apresentada como solução para a equipe de gestão e operadores da área, o pesquisador precisou realizar uma série de estudos e testes no processo de dobra para poder então construir e apresentar uma proposta de solução.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Primeiramente, é preciso esclarecer que, por motivo do contrato de confidencialidade, não foi possível apresentar o nome da empresa. O que não compromete o entendimento do estudo executado e seus resultados, que foram apresentados de forma quântica e percentual aliado com a representação por imagens.

A empresa escolhida para este estudo localiza-se no estado do Rio Grande do Sul, e é uma multinacional de grande porte que atua no agronegócio, sendo especializada em atender as necessidades do homem do campo, do plantio a colheita, empregando uma grande capacidade tecnológica em seu portfólio de produtos.

Constitui-se em uma empresa sólida, de referência mundial, especialmente pelos seus quase duzentos anos de atuação, aplicando processos bem desenvolvidos e com capacidade de manufaturar todos seus produtos com alto nível de qualidade, que lhe garantem uma excelente participação de mercado.

O foco no cliente e no desenvolvimento das pessoas são um dos seus principais diferenciais, possuindo hoje algumas diversas fábricas. A unidade contemplada por

este estudo, que teve seu início na década de 90 e conta hoje com aproximadamente mil e oitocentos colaboradores.

4.2 ANÁLISE DO PROCESSO DE CONFORMAÇÃO

Tendo-se tomado como base a análise o diagnóstico extraídos do processo em questão, o pesquisador pode apresentar o trabalho executado no setor de dobra, direcionando-o a uma máquina específica onde é fabricado o maior índice de peças com superfície de acabamento classe “A”.

4.2.1 Índice de defeitos e retrabalhos

Como parte desta atividade, analisou-se todos os itens que são processados na máquina definida, classificando os mesmos conforme descrição do desenho de engenharia do produto, quanto ao grau de acabamento superficial tipo “A”, que deve ser atendido para sua montagem no produto final.

Tendo identificado a lista dos itens envolvidos, elencou-se os doze itens de maior relevância, aos quais buscou-se estratificar a quantidade de defeitos e retrabalhos por meio de relatórios.

Para definir o índice de defeitos foi possível usar o relatório de dados de registros extraídos do SAP e compilados para no Quadro 1.

Esta relação de defeitos extraída do SAP foi composta, considerando de forma geral todo e qualquer defeito relacionado a marcas superficiais nas superfícies das peças. Tomando-se como base de dados iniciais os registros a partir de 2018.

Quadro 1 – Índice de defeitos

Peça	Esp	Descrição	Qt.	Custo	Defeito	Data
4	1.9	PAINEL	1	R\$ 195,00	PEÇA DANIFICADA	2018
11	1.6	PAINEL	1	R\$ 148,00	PEÇA DANIFICADA	2018
1	1.2	PAINEL	1	R\$ 61,00	PEÇA DANIFICADA	2018
8	1.6	PAINEL	1	R\$ 157,00	PEÇA DANIFICADA	2018
12	1.6	PAINEL	1	R\$ 89,00	PEÇA DANIFICADA	2018
11	1.6	PAINEL	1	R\$ 148,00	PEÇA DANIFICADA	2018
2	2.0	PAINEL	2	R\$ 432,00	PEÇA DANIFICADA	2018
4	1.9	PAINEL	1	R\$ 195,00	PEÇA DANIFICADA	2018
3	1.2	PAINEL	1	R\$ 52,00	PEÇA DANIFICADA	2018
4	1.9	PAINEL	1	R\$ 195,00	PEÇA DANIFICADA	2018
6	1.5	PAINEL	3	R\$ 1.626,00	PEÇA DANIFICADA	2018
7	2	PAINEL	2	R\$ 726,00	PEÇA DANIFICADA	2018
9	1.9	PAINEL	1	R\$ 77,00	PEÇA DANIFICADA	2018
5	2	PAINEL	1	R\$ 70,00	PEÇA DANIFICADA	2018
11	1.6	PAINEL	1	R\$ 148,00	PEÇA DANIFICADA	2018
4	1.9	PAINEL	1	R\$ 195,00	PEÇA DANIFICADA	2018
11	1.6	PAINEL	1	R\$ 148,00	PEÇA DANIFICADA	2019
11	1.6	PAINEL	2	R\$ 590,00	PEÇA DANIFICADA	2019
11	1.6	PAINEL	1	R\$ 148,00	PEÇA DANIFICADA	2019
12	1.6	PAINEL	1	R\$ 89,00	PEÇA DANIFICADA	2019
11	1.6	PAINEL	1	R\$ 148,00	PEÇA DANIFICADA	2019
3	1.2	PAINEL	1	R\$ 52,00	PEÇA DANIFICADA	2019
9	1.9	PAINEL	3	R\$ 693,00	PEÇA DANIFICADA	2019
10	1.6	PAINEL	1	R\$ 80,00	PEÇA DANIFICADA	2019
TOTAL			31	R\$ 6.462,00		

Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Para quantificar o índice de retrabalho das peças que permitiam esta recuperação por meio de lixamento, precisou-se coletar dados de uma planilha impressa junto aos operadores, devido a atividade não estar sendo reportada a nenhum meio sistematizado. Salienta-se que dentre os doze itens que foram analisados, somente em oito deles ocorreu este tipo de possibilidade, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Índice de retrabalhos

Registros retrabalhos com lixa			
Período coleta tempo Lixamento	Item	Quantidade Produzida	Tempo gasto em Minutos por lote
fev/19	1	69	25
	2	71	15
	3	87	35
	4	73	73
	5	69	18
	6	69	18
	7	64	15
	8	64	15
	Total	566	214

Fonte: Elaborado pelo Autor

Pode-se observar no Quadro 2 que os oito itens somam quinhentas e sessenta e seis peças recuperadas por lixamento com a finalidade de evitar o sucateamento das mesmas.

No tópico seguinte é apresentada a continuidade na identificação e confirmação das causas relacionadas às perdas mencionadas.

4.2.2 Identificação e confirmação das causas

Na Figura 8, como forma de organizar de maneira lógica e ordenada as possíveis causas em potencial que possam contribuir com a identificação do problema mencionado, o pesquisador fez uso do Diagrama de Ishikawa, seguindo as oito etapas sugeridas pela ferramenta.

Figura 8 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Elaborado pelo Autor

Diante dos principais fatores apontados, destacou-se no diagrama as causas mais prováveis, que possibilitou obter algumas conclusões, as quais foram importantes para obter de forma assertiva a solução final, a fim de resolver ou controlar o problema estudado.

Em uma abordagem concentrada é transcrito sobre cada um dos pontos destacados, com o objetivo de esclarecer e elencar o fator principal a seguir para a solução do problema:

- Excesso de rigor no nível de acabamento: Esta variável foi verificada junto ao processo de pintura e o setor de qualidade, que realizaram vários testes

de pintura em corpos de prova com diferentes tipos e profundidades de marcas superficiais, chegando-se a um consenso que toda marca superficial que ao deslizar da unha fosse travar no relevo da peça seria considerado como não atendido ao nível de acabamento necessário para receber o acabamento de pintura, para posteriormente não apresentar marcas visíveis no produto final. Se mostrando assim uma causa não confirmada.

- Falta definição do processo: Frente a este ponto foram verificadas todas as sequências de eventos definidas para fabricação dos itens envolvidos neste estudo, confirmando que todos os roteiros e programas de dobra estavam seguindo o uso correto de ferramentas e máquina de dobra, vindo assim a ser uma causa não confirmada para o problema.
- Falta de treinamento operacional: De posse das matrículas dos operadores foi checado junto ao departamento de recursos humanos o registro de treinamento para operador em prensa dobradeira, como forma padrão e formal de confirmação. Mas que pode também ser percebido tal domínio de operação durante a coleta de dados e testes executados junto ao equipamento, não confirmando assim esta variável.
- Máquina velha e pouca precisão: Verificando-se o manual e a placa de identificação junto a máquina, constatou-se que é uma máquina com ano de fabricação de 2012, de controle CNC e visualização 3D para o operador do painel de operação, com precisão centesimal de ajuste, não confirmando assim esta variável.
- Existência de condições inseguras para se trabalhar: A máquina de dobra envolvida no estudo atende a todos os requisitos exigidos por normas de segurança, tendo todos seus sistemas de segurança em perfeito funcionamento. Contando ainda com um sistema de manipulação para as peças maiores, evitando assim que o esforço seja realizado pelo operador, vindo assim a não confirmar esta variável apontada.
- Ferramentas de dobras inadequadas: De acordo como já confirmado na variável sobre a definição e seguimento do processo, como conclusão preliminar poder-se-ia afirmar que as ferramentas estão corretas do ponto de vista de conseguirem executar e entregar o dimensional das dobras conforme requerimentos do estudo. Porém, não conseguem atender ao nível

de acabamento superficial atualmente exigido, devido seu conceito construtivo e funcional associado ao tipo de aplicação conhecido como dobra no ar, onde a chapa é empurrada pela ferramenta superior e escorrega para dentro do “V” da matriz até atingir o ângulo determinado. Neste escorregamento se identificou a geração de marcas indesejadas e causadoras do problema em questão, confirmando-se assim esta variável analisada.

- Falta de dureza na ferramenta: A dureza das ferramentas envolvidas no estudo foi medida pelo fornecedor, confirmando estar dentro dos parâmetros especificados pelo fabricante. Sendo assim uma variável que não se confirma.

Diante de todas as análises concluídas e tendo a real confirmação da variável envolvendo a ferramenta inferior, segue-se no próximo tópico a proposta pela busca de melhoria.

4.3 PROPOSTA DE MELHORIA

Diante de todas as análises realizadas e tendo a real confirmação da variável envolvendo a ferramenta inferior, o pesquisador realizou uma reunião com os supervisores e colaboradores, apresentando os resultados do estudo. Colocando como proposta de melhoria, a substituição de uma ferramenta de dobra e do conceito de dobra aplicado em determinada família de itens que requerem um grau de acabamento superficial elevado e que atualmente, estão impactando negativamente nos resultados de qualidade da área e de perdas de produção por retrabalhos de lixamento de peças.

Nesta reunião explicou-se aos envolvidos o conceito funcional da nova ferramenta de dobra, os ganhos e benefícios que ela poderia trazer para o processo e indicadores da área, assim como a maior satisfação do cliente final.

Depois de passar pela avaliação e diante da análise dos ganhos esperados, a equipe envolvida acreditou na melhoria proposta, que foi aprovada para seu seguimento.

Com isso o pesquisador deu sequência nas atividades propostas, solicitando cotação e aquisição da nova ferramenta, que foi importada dos Estados Unidos da América, onde o fornecedor internacional Wilson Tool fabrica este tipo de ferramenta.

No tópico seguinte mais detalhes são apresentados sobre cada etapa para a solução proposta.

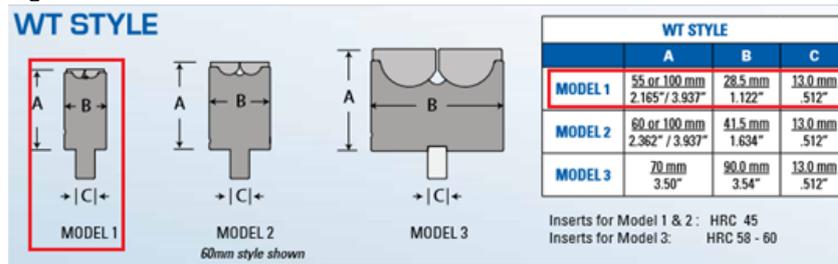
4.4 IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE DOBRA

Uma vez estando definido pela aquisição da nova ferramenta de dobra, várias etapas foram seguidas até completar sua implementação. Descreve-se nos tópicos seguintes nos tópicos seguintes de forma detalhada, todas as etapas para a implementação deste estudo, e etapas que exigem do profissional de engenharia a busca e a interpretação de dados técnicos para a tomada de ações de uma forma cronológica no decorrer do tempo disponível planejado, que podem ser observadas nos subtópicos seguintes.

4.4.1 Especificação do modelo e dimensões da nova ferramenta

Para definir o modelo e dimensões corretas da ferramenta a ser aplicada no processo, primeiramente precisou-se analisar os desenhos de engenharia de todos os itens envolvidos no estudo, que totalizavam doze peças diferentes. Os fatores principais a serem considerados, não necessariamente nesta ordem foram: ângulo das dobras, espessura do material, comprimentos de dobra, raio de dobra e tamanho das abas. De posse destes dados, avaliou-se o catálogo do fornecedor, conforme Figura 9.

Figura 9 – Catálogo de Ferramentas de dobra



WILSON TOOL							
	MT	MF	Ton/FT	Max OR	Min Angle	Center to Center	Tonnage Cap/FT
Model 1 Max .079" (2.0)	.039" (1.0)	.185" (4.7)	2,5	.197" (5.0)	30°	.315" (8.0)	33
	.063" (1.6) Ideal	.212" (5.6)	7	-	-		
	.079" (2.0)	.220" (5.6)	23	-	-		
Model 2 Max .157" (4.0)	.063" (1.6)	.343" (8.7)	3	.354" (9.0)	45°	.591" (15.0)	50
	.079" (2.0)	.386" (9.8)	5,5	-	-		
	.118" (3.0) Ideal	.406" (10.2)	22	-	-		
Model 3 Max .315" (8.0)	.118" (3.0)	.956" (24.3)	5,5	.945" (24.0)	75°	1.496" (38.0)	80*
	.157" (4.0)	1.003" (25.5)	7	-	-		
	.236" (6.0) Ideal	1.043" (26.5)	23	-	-		

Fonte: Wilson Tool (2019a)

A seleção em destaque na Figura 9, traduz o seguinte escopo de aplicação: Possível aplicar em chapas metálicas de espessuras entre 1,0mm a 2,0mm, com menor ângulo de dobra a ser alcançado de 30°, aba igual ou maior a 4,7mm, capacidade 33 toneladas força/Ft e com comprimento conforme necessidade do cliente. Conforme Quadro 3, pode-se constatar que todos itens se enquadram dentro da especificação.

Quadro 3 – Lista de Itens

Peça	Espessura (mm)	Descrição
1	1.5	PAINEL
2	1.2	PAINEL
3	1.9	PAINEL
4	2.0	CHAPA
5	1.5	PAINEL
6	1.5	PLACA
7	1.9	PAINEL
8	2.0	CHAPA
9	1.2	PAINEL
10	1.5	PAINEL
11	1.9	PAINEL
12	1.5	PAINEL

Fonte: Elaborado pelo Autor

Após analisado os pré-requisitos técnicos de aplicação da ferramenta e compará-los aos itens em estudo, no próximo tópico são apresentadas as etapas iniciais para executar o processo de compra da ferramenta.

4.4.2 Solicitação do orçamento da ferramenta

Para obter o orçamento da ferramenta especificada foi necessário, devido o valor envolvido, aplicar uma ferramenta corporativa interna da empresa em estudo, denominado como *Share Point IM&S online*, onde é descrito tecnicamente toda especificação, que via *internet* é repassado para o fornecedor anexar sua proposta, conforme informações técnicas previamente alinhadas com o responsável pela compra. A Figura 10 ilustra esta etapa.

Figura 10 – Solicitação de orçamento da ferramenta

Comentários e Anexos IM&S

Histórico dos Comentários de todos os participantes do processo

- 01 Jogo completo de 4 metros da ferramenta "V-Series Black WT model 1 100mm tall D le. (total comprimento com seccionado de 4550mm) para máquina Bytronic Xpert320
- Usuário: fd04751 - Data: 12/02/2019, 09:06 h
- Log do Comentário:Item solicitado abaixo foi Incluído. - Usuário: gl63682 - Data: 30/01/2019, 15:54 h
- Log do Comentário:Favor solicitar oa fornecedor deste orçamento para adicionar o seguinte item:

Endereço dos anexos no SharePoint, o endereço só estará disponível após o salvamento do formulário. Você também receberá o endereço pelo e-mail caso o seu arquivo não possa ser adicionado neste momento, pois excede o tamanho de 4mb.

<http://share-internal.deere.com/teams/requestportal/DocumentoRequisitante/10271>

Negociação com Fornecedores

Resumo das Cotações

Seleção do Requisitante	Seleção do Comprador	Fornecedor	Valor Inicial	Valor Negociado	Redução
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Milling - reais	R\$ 88,318.23		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Milling - USD	23,614.5	23,614.5	0%

Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Por se tratar do processo de compra de um produto importado, todas as informações relacionadas a ele, são apresentadas no próximo tópico.

4.4.3 Solicitação do orçamento dos custos de importação

Após a confirmação da aquisição conforme orçamento da ferramenta, cujo fornecedor é estrangeiro, fez-se a necessidade de solicitar orçamento para os custos de importação, o qual somando-se a todas as suas tarifas chegam a 56% do valor do item em questão, devido o mesmo ser classificado como um bem de consumo. Este orçamento é emitido por um departamento específico da empresa, que fornece ao requisitante, informações conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Solicitação de orçamento dos custos de importação

Estimativa de custos de Importação <i>NCM 8466.94.90</i>	Aereo	Marítimo
	USD	USD
Valor FOB	13.103,07	13.103,07
Frete Aéreo	2.300,00	1.200,00
Seguro Internacional	35,12	35,12
TOTAL CIF	15.438,19	14.338,19
Imposto de Importação	2.161,35	2.007,35
IPI	0,00	0,00
Armazenagem	308,76	286,76
Comissão Despachante	370,37	370,37
ICMs	4.012,39	3.732,29
PIS	324,20	301,10
COFINS	1.644,17	1.527,02
AFRMM		300,00
Inland	650,00	650,00
CUSTO TOTAL IMPORTAÇÃO C/ICMS (USD)	24.909,43	23.513,08

Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Estando o requisitante com todas as informações, foi possível dar continuidade as próximas etapas.

4.4.4 Criação e aprovação do pedido de compra

Esta é uma etapa onde o pesquisador de posse do orçamento da ferramenta, juntamente com o orçamento dos custos de importação, pode executar a criação do pedido de compras, que contém toda a descrição, aplicação e valores. Este pedido ganha um número de identificação, que passa a seguir um *workflow* de assinaturas de forma eletrônica para aprovação, o qual é comunicado por *e-mail* seguindo uma hierarquia de baixo para cima até o gerente do departamento ou da fábrica, de acordo com o valor envolvido. A Figura 12 ilustra essa situação.

Figura 12 – Pedido de compra

Fonte: Empresa Pesquisada (2019)

Uma vez concluída a aprovação do pedido de compras, há na etapa seguinte, novamente o envolvimento do fornecedor.

4.4.5 Envio da ordem de compra ao fornecedor

Passando-se todas as etapas pré-determinadas pela empresa envolvida neste estudo, alcança-se o momento de comunicar formalmente o pedido de compra ao fornecedor, onde o mesmo ao recebê-lo poderá dar início a concepção do mesmo. O formato do pedido é apresentado conforme Figura 13.

Figura 13 – Ordem de compra

ORDEM DE COMPRA									
								NÚMERO:	4510247527
								EMIÇÃO:	18.03.2019
								PÁGINA:	1 / 2
FORNECEDOR - 9470				LOCAL DE ENTREGA			LOCAL DE FATURAMENTO		
Empresa: WILSON TOOL INTERNATIONAL				Empresa:			Empresa:		
Endereço: 12912 FARNHAM AVE				Endereço:			Endereço:		
CEP: 55110-5029		Cidade: WHITE BEAR LAKE		CEP:		Cidade:		CEP:	
UF: MN		País: US		UF: RS		País: BR		UF: RS	
CNPJ:		IE:		CNPJ:		IE:		CNPJ:	
Contato:		Telefone:		Contato:		Telefone:		Contato:	
E-mail:				Fax:			Fax:		
ITEM	COD. MATERIAL E DESCRIÇÃO	DATA ENT.	NCM	QTD.	U/M	PREÇO UNIT.	VLR. ICMS	VLR. IPI	TOTAL C/ ICMS
00030	IMN00745 PUNCAO 61100-500 V-Series Black WT Model 1, 100mm Tall Die, 500mm [19.69"] in Length *** Item entregue integralmente Quantidade atendida: 8,000 PC	02.07.2019	82073000	8.000	PC	1.158,30	0,00 (0,00%)	0,00 (0,00%)	9.266,40

Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Na próxima etapa, é abordado o momento que antecede a entrega do pedido.

4.4.6 Envio da nova ferramenta

Tendo-se concluída a etapa de fabricação do pedido, o próximo passo é o cliente fazer o pagamento ao fornecedor, que na sequência providencia o envio do pedido ao cliente. Este envio é formalizado para o cliente através da *invoice*, documento aplicado em transações comerciais internacionais. A Figura 14 apresenta uma melhor interpretação de seus dados.

Figura 14 - Invoice

Please Send your Payment to: Wilson Tool International, Inc. CM # 9676, P.O. Box 70870 St. Paul, MN 55170-9676 651-286-6125		 12912 Farnham Avenue White Bear Lake MN 55110		Invoice	
		Customer Sold To No.		1018558	
		Invoice Number		91842983	
		Invoice Date		29.04.2019	
		Purchase Order No.		4510247527	
		Sales Order Number		1666930	
		Payment Terms		Net due in 30 days	
		Currency		USD	
		Billing Date		29.04.2019	
		Incoterms		EXW	
		Shipping Method		Will Call International Freight Collect	
Your Tax ID: 89674782000158			Page 1 of 2		
Item	Material Description	Quantity	Unit Price	Amount	
54	61100-500 V-Series Black WT Model 1, 100mm Tall Die, 500mm [19.69"] in Length	8 EA	1.158,30	9.266,40	

Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Na etapa seguinte, após ter sido completado todo processo de compra, chega-se à etapa de recebimento.

4.4.7 Recebimento da nova ferramenta

Depois de passar pelo desembaraço aduaneiro, a nova ferramenta segue o processo logístico até ser entregue no almoxarifado da empresa em estudo, onde neste momento comunica-se o responsável pela aquisição para que faça a conferência e retirada da mesma. É de extrema importância, principalmente quando se envolve produtos de alto valor e com processo de aquisição complexo como este, que o responsável verifique atentamente o produto recebido observando-se para que o mesmo esteja conforme foi executado o pedido e sem avarias.

4.4.8 Cadastro da nova ferramenta na máquina de dobra

Nesta fase do estudo o pesquisador utilizou-se do arquivo de desenho em modelo 3D para realizar o cadastro da ferramenta no banco de dados de uma dobradeira modelo Xpert320 da marca Bystronic. Sendo esta etapa de extrema importância para que a máquina reconheça e aplique toda a parametrização da nova ferramenta de dobra quando for executar o trabalho. Na Figura 15, é possível visualizar uma parte dos parâmetros.

Figura 15 – Parametrização da ferramenta na dobradeira

General settings		
Name		JD-Y16
Description		Praege-Wilson 65086016
Creation date		24/9/2008 08:25:04
Created by		gg
Modification date		19/3/2010 08:44:09
modified by		johndeere
Height	[mm]	100
Width	[mm]	30
Dimensional units code values for input		SI units
Coining permitted		yes
Hemming permitted		no
3-point bending permitted		no
Bottom-tool clamping		Wifa
Safety zone in X-direction	[mm]	3
Safety zone in Y-direction	[mm]	3
Safety distance to bending aid	[mm]	0
Groove width	[mm]	16.95
Inlet radius	[mm]	1.6
Segment angle	[°]	86
Offset groove width	[mm]	0
Offset hemming	[mm]	0
Correction of bottom tool pin	[mm]	0
Total height of insert	[mm]	0
Groove depth	[mm]	8.34
Min. bend angle	[°]	86
Max. bend angle	[°]	180

Type of point	X [mm]	Y [mm]
Upper contact point		
Bottom contact point	0	0
Reference point	0	100.1
Hemming reference point		

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Angle [°]
1	5.738	-20	0
2	6.5	-19.238	0
3	6.5	0	0
4	15	0	0
5	15	99.238	0
6	14.238	100	0
7	9.17	100	47
8	8	99.491	0
9	1.17	92.167	-94
10	-1.17	92.167	0
11	-8	99.491	47
12	-9.17	100	0
13	-14.238	100	0
14	-15	99.238	0
15	-15	8.905	-73.74
16	-15	5.095	0
17	-15	0	0
18	-6.5	0	0
19	-6.5	-19.238	0
20	-5.738	-20	0

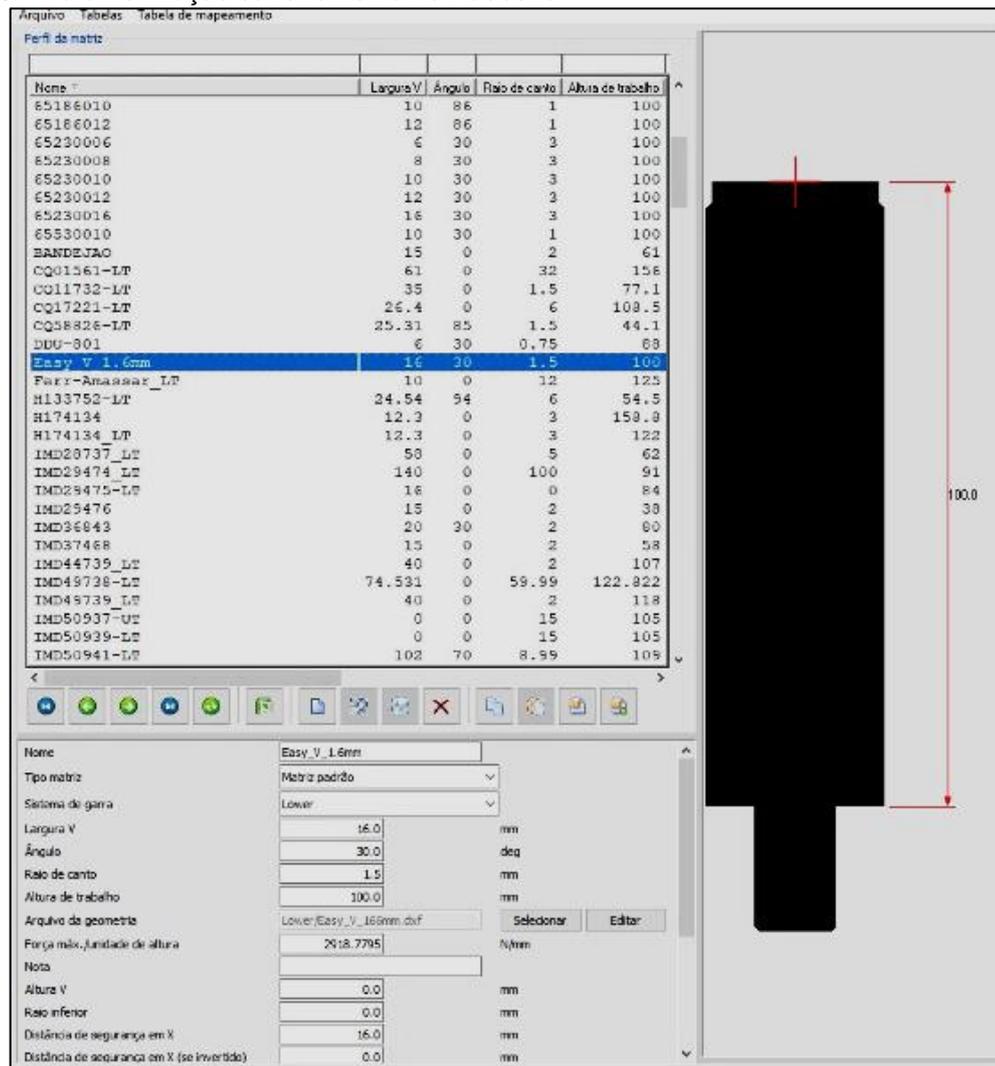
Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Como a empresa em estudo faz uso de programação *offline* para suas máquinas de dobra, o pesquisador precisou realizar uma segunda etapa de cadastro para a ferramenta que está descrita no próximo tópico.

4.4.9 Cadastro da nova ferramenta no software de programação de dobra (Radan)

De forma similar a fase descrita anteriormente, foi utilizado do desenho e modelo 3D para cadastro e parametrização da nova ferramenta de dobra, desta vez dentro do *software* de programação do Radabend, para que o mesmo quando utilizado possa executar de forma correta a aplicação da nova ferramenta nos programas e principalmente transferi-los para a execução na máquina de dobrar sem causar qualquer tipo de problema. Na Figura 16 tem-se a visualização desta etapa.

Figura 16 – Parametrização da ferramenta no Radbend



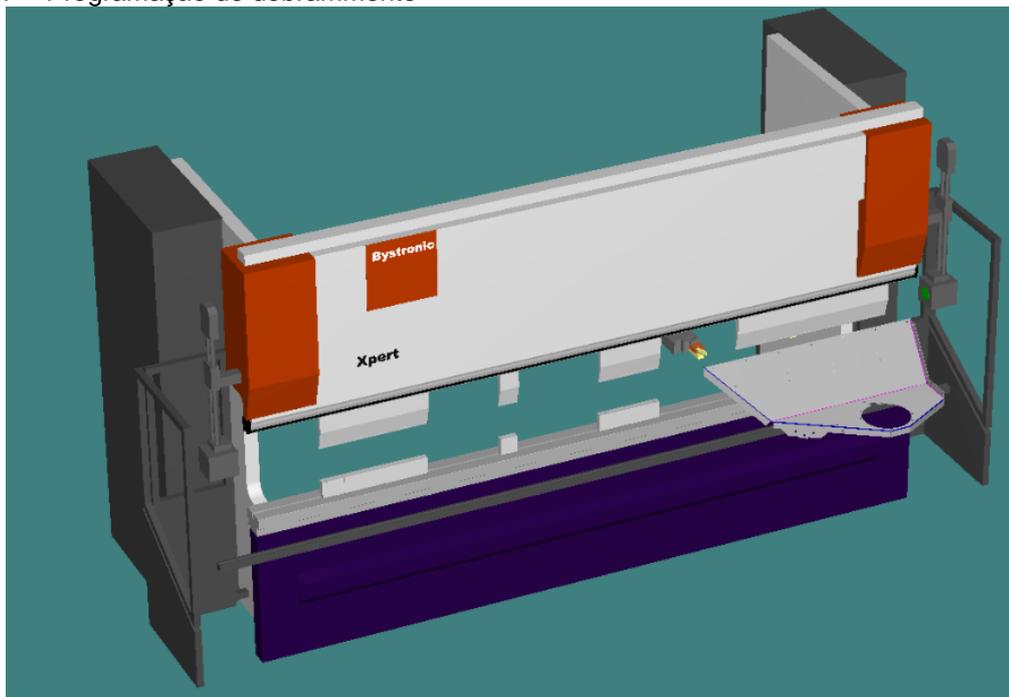
Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Tendo-se a parte de cadastro e parametrização da ferramenta concluídas, pode-se dar início a programação de dobramento.

4.4.10 Criação dos novos programas de dobramento

Para execução desta etapa de programação o pesquisador precisou colocar em prática seus conhecimentos, previamente adquiridos sobre programação *offline* utilizando o *Software* Radbend, sendo assim possível realizar a programação de dobramento dos itens envolvidos. Utilizando-se dos desenhos baixados na versão *Step* do sistema da empresa em estudo, foi realizada a programação de dobramento para os doze itens envolvidos na pesquisa. As Figuras 17 e 18 ilustram o resultado da simulação virtual 3D do programa de dobramento.

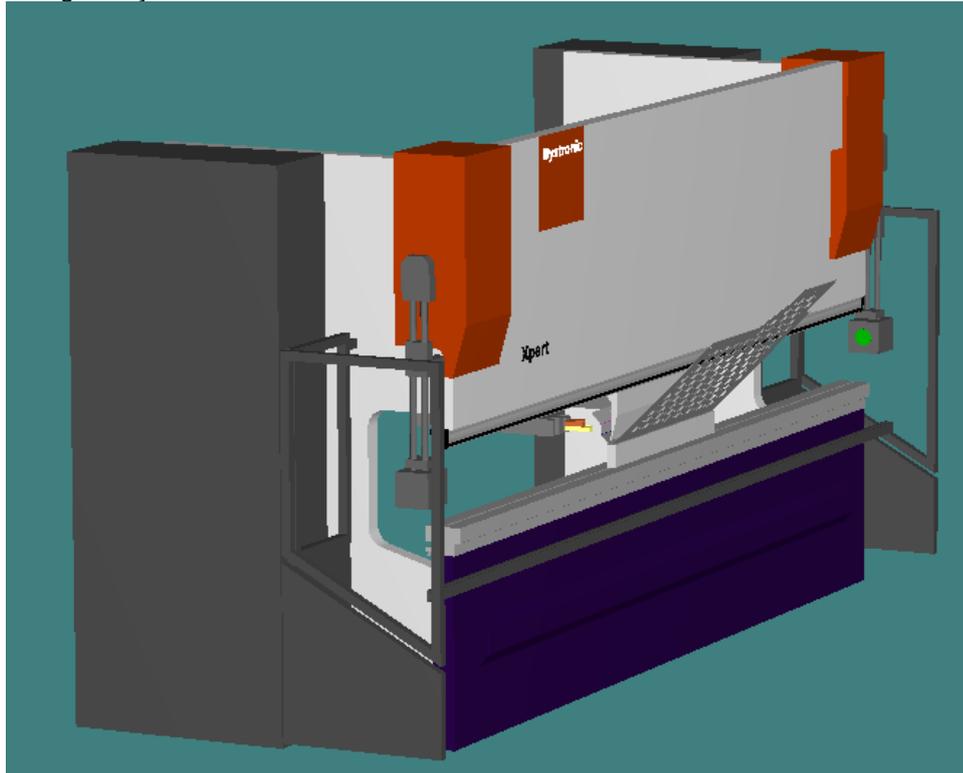
Figura 17 – Programação de dobramento



Fonte: Elaborado pelo Autor

Na Figura 18 é possível visualizar mais um exemplo da visualização virtual 3D.

Figura 18 - Programação de dobramento



Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Nos próximos tópicos, estarão as etapas de teste e validação junto aos operadores.

4.4.11 Treinamento dos operadores para uso da nova ferramenta

Estando mais próximo das etapas práticas de aplicação da nova ferramenta de dobra, precisou-se realizar um treinamento de orientação aos operadores quanto ao correto *setup* e aplicação junto à dobradeira.

Enfatizando-se neste momento sobre o funcionamento diferenciado da nova ferramenta, sobre os cuidados no manuseio para evitar batidas entre as mesmas no momento de armazenagem e montagem na mesa da máquina.

Sendo que este treinamento é registrado e arquivado junto ao controle realizado pela área de treinamentos da empresa, como pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 – Registro de treinamento

F-CQ-770-01-01 REALIZAÇÃO DE TREINAMENTO				
Data de Edição: 29/05/2019 Analista de Recursos Humanos				
PROCEDIMENTOS				
<ul style="list-style-type: none"> • Preencher o formulário e enviar ao Depto de Recursos Humanos – Treinamento & Desenvolvimento em até 20 (vinte) dias após a realização do treinamento. • Treinamentos de JSA enviar ao Depto de Segurança do Trabalho. • A organização, reserva do local e demais recursos, bem como o convite aos participantes e instrutor, são responsabilidade do próprio departamento. • A avaliação da eficácia do treinamento deve ser realizada pelo próprio instrutor ao final do treinamento. • Todos os campos deverão ser preenchidos. Caso o formulário não esteja completo, ele não será aceito pelo RH. • Em caso de registro manual (sem leitor de crachá), não é necessário preencher as colunas Crachá e Centro de Custo. A lista deve ser entregue pessoalmente no RH dentro do mês vigente. 				
DADOS DA ATIVIDADE				
Nome do treinamento: Treinamento Utilização Ferramenta de Dobra				
Instrutor/Entidade: FÁBIO DECKER				
Local de realização: Area de Dobra			Data de realização: 01/03/2019	
Horário: 08:00 Turno A e às 16:00 Turno B			Carga Horária Total: 1 H	
OBS.:				
CONTEÚDO (Tópicos abordados)				
1- Conceito funcional 2- Cuidados no manuseio e uso 3- Cuidados no setup 4- Cuidados no armazenamento				
AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO TREINAMENTO				
O treinamento foi eficaz? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não Aplicável - Palestra				
Se aplicável, método: <input type="checkbox"/> Avaliação / teste <input checked="" type="checkbox"/> Observação <input type="checkbox"/> Outros. Qual?				
CRACHÁ	USUÁRIO	NOME DOS PARTICIPANTES	Centro de Custo	Participante Aprovado?
1	1	Operador 1 - Turno A		Sim(<input checked="" type="checkbox"/>)Não(<input type="checkbox"/>)
2	2	Operador 2 - Turno A		Sim(<input checked="" type="checkbox"/>)Não(<input type="checkbox"/>)
3	3	Operador 1 - Turno B		Sim(<input checked="" type="checkbox"/>)Não(<input type="checkbox"/>)
4	4	Operador 2 - Turno A		Sim(<input checked="" type="checkbox"/>)Não(<input type="checkbox"/>)
Instrutor passe aqui o seu crachá:				
4751		Fabio Decker		
Instrutor				

Fonte: Empresa pesquisada (2019)

O treinamento aos operadores contemplou o conceito funcional da nova ferramenta, que aspectos de funcionamento diferem das usuais *standard*, além disso, cuidados no manuseio e uso na mesa da máquina. Outro tópico abordado no treinamento foi sobre o cuidado no *setup* e armazenamento quanto a colisões entre as ferramentas.

Na sequência das atividades, são descritos os ajustes realizados na prática durante o primeiro uso da ferramenta.

4.4.12 Try out dos novos programas junto à máquina

Seguindo-se a demanda de planejamento de produção foram executados junto dos operadores a fabricação de cada um dos doze itens envolvidos no estudo, fazendo

os ajustes necessários durante a fabricação dos mesmos. Onde cada item exigiu pequenos ajustes de posicionamento do *setup* de ferramentas, ajustes de posição dos encostos e sequência de dobra para melhor distribuir as distâncias de posicionamento entre as dobras, facilitando a movimentação e uso de sistemas de manipulação de peças pelo operador durante a execução das dobras. Assim como correções de grau e ajustes no tamanho das abas para atender conforme desenho e projeto dos itens. A Figura 20, exemplifica a interação junto à máquina de um dos doze itens envolvidas no estudo.

Figura 20 – Try out



Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Aproximando-se da conclusão das etapas de implementação estará apresentado no tópico seguinte, a formalização do novo processo.

4.4.13 Alteração da sequência de eventos e liberação para uso

Ao concluir os testes de aplicação, a próxima atividade é oficializar junto ao sistema de controle de processos da empresa em estudo, a nova sequência de eventos, onde ficam carregadas todas as informações necessárias para o operador seguir e atender o processo definidos pela engenharia de manufatura. Para este estudo, basicamente foi necessário alterar o tipo de ferramenta a ser utilizado, conforme pode ser visto na Figura 21.

Figura 21 – Sequência de eventos

Today's Print Decision No.:		CHAPA		Weight = 28.896 KG (63.705 LB)		?		E		
Special Note :										
Engineering Mfg. Note : Sheet, RH GRAIN TANK SIDE										
01 ROTEIRO DE PRODUCAO				Usage : 1		Status : 4				
Group Counter	Cost Center							WorkCenter	Media	
Sequence :										
0010	01	CORTAR - POSSUI DESVIO 210800240 CORTAR EM LA SER	CQ011230	CCL00025	0.0F	No Operation specific media	No Workcenter specific media			
0020	01	SORTING - POSSUI DESVIO 210800240	CQ011230	PR2908OM	3.83T	No Operation specific media	No Workcenter specific media			
0030	01	DOBRAR PV-POSSUI DESVIO 210800240	CQ011240	PV000040	6.3T	OMB	No Workcenter specific media			
08 ROTEIRO DE REPOSICAO				Usage : 1		Status : 4				
Group Counter	Cost Center							WorkCenter	Media	
Sequence :										
0010	08	CORTAR - DESVIO 210800240 CORTAR EM LA SER	CQ011230	CCL00025	0.0F	No Operation specific media	No Workcenter specific media			
0020	08	SORTING - DESVIO 210800240	CQ011230	PR2908OM	3.83T	No Operation specific media	No Workcenter specific media			
0030	08	DOBRAR - DESVIO 210800240	CQ011240	PV000040	4.06T	OMB	No Workcenter specific media			
Seq	Equipment	Description	Notes	Qty	Occur	Tooling Media				
		KeyChar	UnitOfMeasure	Lower	Target	Upper	Occur			
0010	ATIVAR PROGRAMA DE DOBRA NA MÁQUINA									
	PQA00000	PAQUIMETRO UNIV QQ CAP			1		No Tooling Media	1ª E ÚLT		
	(0010)									
		FREQUENCIA INSPECAO								
0020	MONTAR CONJUNTO DE FERRAMENTAS									
	TAB00000	TRANSF ANGULO QQ CAP			1		No Tooling Media	1ª E ÚLT		
	(0020)									
		FREQUENCIA INSPECAO								
0030	EXECUTAR SEQUÊNCIA DE DOBRA DO PROGRAMA									
0040										
	3093024	VR- EASY V16 mm			1.000		No Tooling Media			
0050	ENCERRAR OPERAÇÃO NO SAP									
	3226318	FM-4MD218356 -FERRAMENTA MEDIÇÃO			1.000		No Tooling Media			

Fonte: Empresa pesquisada (2019)

A conclusão desta etapa finaliza a implementação da nova ferramenta no processo de dobramento para os itens envolvidos no estudo.

4.5 RESULTADOS COMPARATIVOS

A fim de analisar os benefícios da implementação da ferramenta quanto a eficiência da melhoria, foram realizadas análises comparativas. Estas, foram realizadas de duas formas.

Primeiramente através de observação visual das peças por meio de imagens, que foram registradas das áreas de contato das ferramentas nas superfícies das abas dobradas dos itens, onde de forma perceptível são facilmente identificadas as marcas causadas pela ferramenta *standard* no conceito de dobra no ar onde ocorre o

escorregamento da peça pra dentro da matriz em formato de “V” antes da implementação da nova ferramenta, como pode ser visualizado na Figura 22.

Figura 22 – Marcas produzidas pela ferramenta *standard*



Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Tem-se na Figura 23 a demonstração das marcas da ferramenta *standard* em mais uma peça.

Figura 23 – Marcas produzidas pela ferramenta *standart*

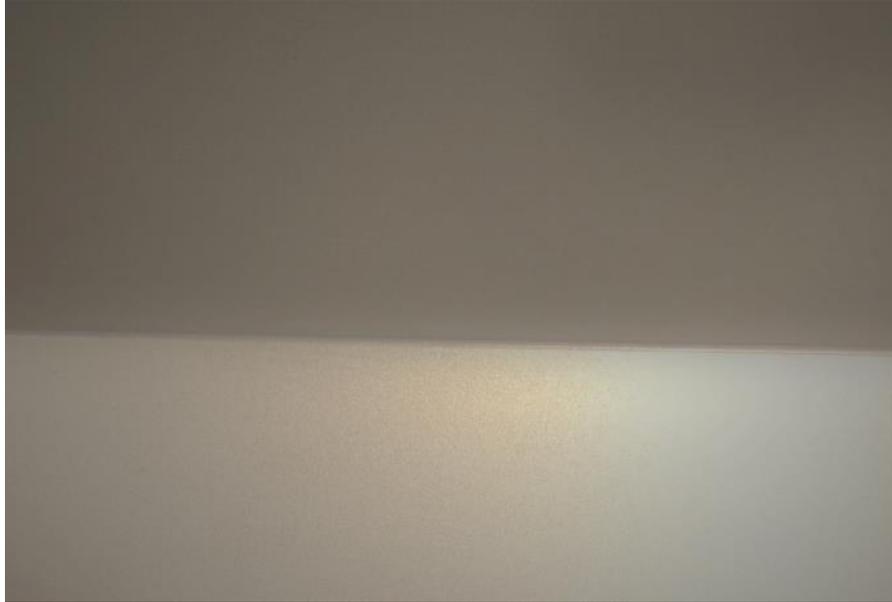


Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Posteriormente, foram analisadas peças após a implementação da nova ferramenta. É possível perceber a diferença, conforme ilustrado na Figura 24, na

sequência imagens de peças dobradas com a nova ferramenta, focalizando as superfícies das abas dobradas que sofreram contato e esforço da nova ferramenta.

Figura 24 – Resultado de dobra com a nova ferramenta



Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Percebe-se na Figura 24 uma superfície dobrada com total isenção de marcas superficiais. Na sequência, a Figura 25 ilustra mais uma imagem, confirmando o excelente acabamento na superfície dobrada.

Figura 25 - Resultado de dobra com a nova ferramenta



Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Na Figura 26, pode se observar o resultado de acabamento superficial no encontro entre dobras na mesma peça, que assim como as demais está isenta de marcas superficiais nas faces dobradas.

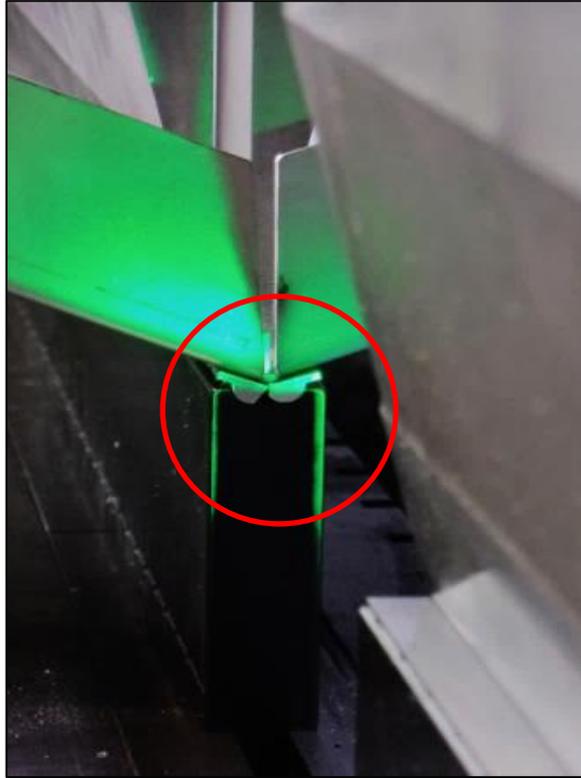
Figura 26 – Resultado de dobra com a nova ferramenta



Fonte: Empresa pesquisada (2019)

O excelente resultado de acabamento superficial nas áreas de dobra é possível devido a não ocorrer o escorregamento das peças para dentro do “V” da matriz, e sim pelo fato de parte da ferramenta que executa o apoio à força aplicada acompanhar o movimento de construção da aba. Desta forma ocorre a distribuição uniforme da força de dobra ao longo de toda a aba em execução, conforme demonstra a Figura 27.

Figura 27 – Funcionamento da nova ferramenta



Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Na observação comparativa foram considerados os doze itens envolvidos no estudo inicialmente, para os quais foram coletados por meio de tabelas, gráficos da quantidade de defeitos, sucatas e retrabalhos. Tomando-se como base o ano de 2018, que se pode comparar com o ano de 2019, dados coletados após início do uso da nova ferramenta.

Na Tabela 1 estão identificados dentro do universo dos doze itens todos os que foram sucateados por problemas de qualidade, especificamente por defeitos de danificação na sua superfície. Como pode ser observado, houve um acúmulo de trinta e um defeitos que juntos representam um custo de R\$ 6.462,00. Todas estas ocorrências foram evidenciadas e registradas dentro do processo de fabricação primário entre os anos de 2018 e 2019.

Tabela 1 – Itens sucateados

Peça	Dados	
	Soma de Defeitos	Soma de Custos Sucata
1	1	61
2	2	432
3	2	104
4	4	780
5	1	70
6	3	1626
7	2	726
8	1	157
9	4	770
10	1	80
11	8	1478
12	2	178
Total Geral	31	6462

Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Em sequência, na Tabela 2 apresenta-se o histórico dos defeitos relacionados apenas ao ano de 2018, onde estes somam um total de vinte defeitos, representando um custo de R\$4.624,25.

Tabela 2 – Itens sucateados em 2018

Peça	Dados	
	Soma de Defeitos	Soma de Custos Sucata
1	1	61
2	2	432
3	1	52
4	4	780
5	1	70
6	3	1626
7	2	726
8	1	157
9	1	77
11	3	554,25
12	1	89
Total Geral	20	4624,25

Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Na Tabela 3, foram estratificados os defeitos que tiveram seus registros ocorridos no ano de 2019, que conforme definido pela empresa onde foi aplicado estudo, o mês de outubro é o último mês do ano fiscal. O resultado apresentado apontou uma redução de 50% nos defeitos e 40% de redução do valor envolvido em perda por sucateamento dos itens por ano.

Tabela 3 – Itens sucateados em 2019

Dados		
Peça	Soma de Defeitos	Soma de Custos Sucata
3	1	52
9	3	693
10	1	80
11	5	923,75
12	1	89
Total Geral	11	1837,75

Fonte: Empresa pesquisada (2019)

Conforme dados da Tabela 3, pode-se verificar que mesmo após a implementação e uso efetivo da nova ferramenta foram registrados onze defeitos, que foram analisados pelo pesquisador, que identificou e concluiu que os riscos e marcas presentes nestes itens eram gerados pelo deslizamento das peças sobre alguma superfície nos demais processos posteriores. Constatou-se que estes defeitos não foram gerados na operação de dobramento, devido os mesmos não estarem localizados na área dobrada.

Como ganhos ainda dentro de resultados comparativos, com dados quantitativos apresentados no Quadro 4, um retrabalho onde usava-se vinte e sete horas mensalmente de mão de obra qualificada para retrabalhar as peças antes de enviar ao próximo processo, o qual gerava um custo mensal de mais de sete mil reais. Com o uso da nova ferramenta, 100% dos retrabalhos com lixamentos de marcas causadas pela ferramenta de dobra *standard* foram eliminados.

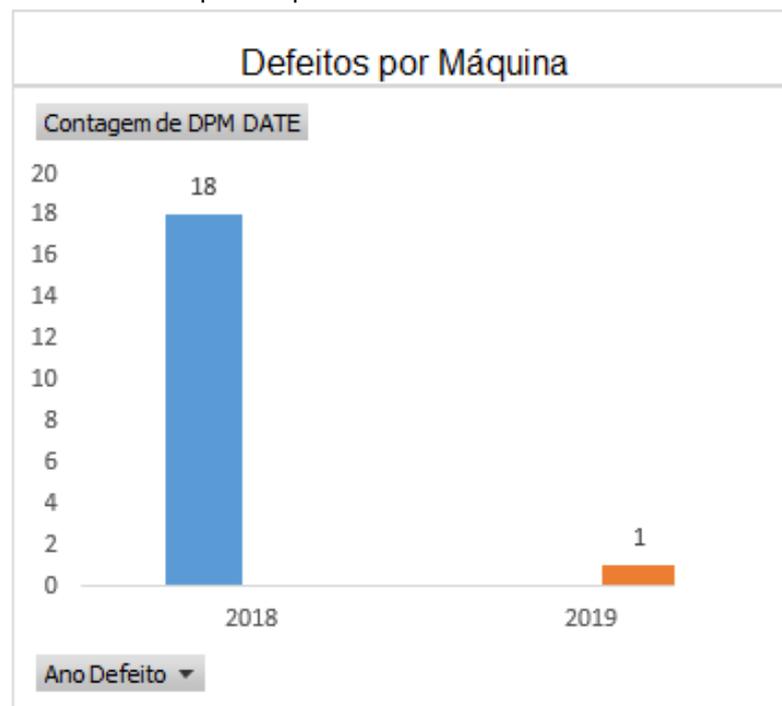
Quadro 4 – Retrabalhos

Registros retrabalhos com lixa								
Período coleta tempo Lixamento	Item	Quantidade Produzida	Tempo gasto em Minutos por lote	Quantidade peças/lote	Quantidade Lotes/mês	Tempo total retrabalho Min/mês	Tempo total retrabalho Hrs/mês	Custo hora/homem /mês
fev/19	1	69	25	12	5,75	144	2,4	618,13
	2	71	15	10	7,10	107	1,8	457,95
	3	87	35	12	7,25	254	4,2	1091,13
	4	73	73	7	10,43	761	12,7	3273,53
	5	69	18	12	5,75	104	1,7	445,05
	6	69	18	12	5,75	104	1,7	445,05
	7	64	15	12	5,33	80	1,3	344,00
	8	64	15	12	5,33	80	1,3	344,00
Total	566	214	89	52,70	1632	27	R\$ 7.018,83	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Possivelmente um dos ganhos de maior impacto está apresentado na Figura 28, que apresenta o comparativo de Defeitos por Máquina (DPM), tendo-se por base os doze itens envolvidos no estudo onde estes foram responsáveis por dezoito ocorrências em 2018 contra apenas uma ocorrência em 2019. Lembrando-se que o DPM são os defeitos que são identificados já fora de seu processo de origem, e por isso quando ocorrem em uma linha final de montagem acabam gerando muitos contratempos para serem retrabalhados.

Figura 28 – Registros de defeitos por máquina



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Ao final da análise comparativa dos resultados atingidos, percebe-se o quanto significativo foram os ganhos para a empresa, que tem agora implementado em seu processo de conformação, uma ferramenta diferenciada para dobrar peças que exijam um grau de acabamento superficial fino. Ressalta-se também a satisfação por parte dos operadores, que puderam deixar de realizar os retrabalhos de lixar as marcas deixadas pelas ferramentas na superfície das peças. E por fim conseguir ajudar a empresa a entregar seus produtos com qualidade superior, aos seus clientes.

CONCLUSÃO

Como fator inicial, cabe destacar a relevância desse estudo para a área de Engenharia de Produção, onde, diante das atividades executadas, identifica-se o quanto de oportunidades o setor produtivo tem ainda para evoluir e tornar os produtos mais competitivos no mercado.

Analisando a problemática deste estudo, comprovou-se que a implementação da ferramenta diferenciada garantiu um processo de dobra sem marcas superficiais, reduzindo os índices de sucata, conforme pode ser analisado no tópico 4.5 onde são apresentados os resultados comparativos antes e depois da implementação. Sendo que esta implementação vem confirmar a primeira hipótese que direcionava para o uso de ferramentas que melhor distribuíssem sua força de conformação sem deixar marcas superficiais perceptíveis.

A segunda hipótese foi analisada, onde se identificou a existência de material de proteção para ser usado na eliminação do contato entre os metais no momento da dobra, porém o mesmo não foi indicado pelo fabricante para uso em produção com regime de uso elevado.

Para a terceira hipótese consultou-se fornecedores do mercado de ferramentas, e indiferente da qualidade e garantia que cada um poderia oferecer, o que fez com que fosse descartada esta hipótese, foi o limite de espessura que este tipo de ferramenta constituídas de materiais não metálicos pudessem atender.

Tendo-se completadas todas as atividades propostas deste estudo, verificou-se que o objetivo geral proposto para o mesmo foi alcançado, com a implementação de uma ferramenta de dobra diferenciada para o processo de conformação de itens com classificação de acabamento tipo "A", a verificar-se no tópico 4.5 que de forma detalhada estratifica os ganhos obtidos no índice de defeitos e eliminação do retrabalho manual por lixamento.

Relacionado aos objetivos específicos do estudo, onde o primeiro era quantificar os itens envolvidos, seus percentuais de sucata e retrabalhos, o mesmo foi alcançado de acordo com o exposto no tópico 4.2.1, onde se apresenta além das quantidades envolvidas o impacto em valores perdidos.

Ao que se refere ao segundo objetivo específico de identificar e definir a causa raiz, este foi alcançado analisando-se as principais variáveis envolvidas com o auxílio da ferramenta do Diagrama de Ishikawa, conforme descrito no tópico 4.2.2.

De acordo com o terceiro objetivo específico, que seria desenvolver uma proposta de solução, este foi alcançado baseando-se na causa raiz, que segue descrito por completo no tópico 4.3, onde definiu-se pela implementação de uma nova e diferenciada ferramenta de dobra.

Testar e validar a ferramenta foi o resultado alcançado para com o quarto objetivo específico, descrito no tópico 4.4 e seus sub tópicos, que detalham todas as etapas para implementação e tópico 4.5 que trata sobre os resultados comparativos.

Como resultado positivo e significativo foi alcançada a eliminação total do retrabalho por lixamento nas superfícies dobradas das peças, trazendo satisfação aos operadores que podem passar a usar este tempo de maneira mais eficiente na produção, além da redução do custo operacional apresentado no tópico 4.5.

Ainda cabe ressaltar dentro do mesmo tópico mencionado no parágrafo anterior os resultados significativos alcançados na redução de defeitos e seu impacto no valor economizado com peças defeituosas. Sendo este resultado também estendido aos processos posteriores, que podem seguir operando de forma *lean*.

Cabe também destacar o excelente resultado obtido sobre os itens envolvidos no estudo na redução do DPM, onde o mesmo caiu de dezenove, para um registro apenas. Melhoria esta que reflete e impacta de forma positiva ao cliente final que passa a receber produtos com melhor acabamento.

Também, durante a análise dos resultados, o pesquisador constatou que alguns defeitos superficiais como riscos nas peças que ainda estão ocorrendo, sendo registrados como defeito de qualidade. Ficando este como oportunidade de trabalho futuro a fim de obter uma solução complementar.

Por fim, o trabalho foi extremamente importante para o autor, pois possibilitou complementar os conhecimentos acadêmicos adquiridos durante o curso de Engenharia de Produção, possibilitando entregar um processo de manufatura com melhorias em qualidade, com menor custo produtivo e maior valor agregado para o cliente.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, F. J. S. M. **Gestão estratégica de clientes**. São Paulo: Saraiva, 2015.
- BERNARDES, E.; JUNIOR, J. M.; NAKANO, D. N. **Pesquisa qualitativa em engenharia de produção e gestão de operações**. São Paulo: Atlas, 2019.
- BYSTRONIC. **Prensas de dobra**. 2019. Disponível em: <<https://www.bystronic.com.br/pt/Produtos/Prensas-de-dobra/>>. Acesso em 01 out. 2019.
- CAMPANARIO, M. A.; MACCARI, E. A.; PAULO, W. C. ERP – Enterprise Resource Planning “Como escolher o melhor para uma empresa”. **RAI – Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 1, n.2, p. 5-19, 2004.
- DIRECTI INDUSTRY. **Prensas Dobradeiras**. 2019. Disponível em: <<http://www.directindustry.com/pt/fabricante-industrial/prensa-dobradeira-tandem>> Acesso em 18 jun. de 2019.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- GOOSSEN, E.W. **NR-12. Em prensa dobradeira hidráulica de chapas em uma indústria de fabricação de máquinas**. Monografia de Especialização (Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2014.
- JUNIOR, E. L. C. **Gestão em processos produtivos**. 20. ed. Curitiba: Ibpex, 2008.
- LIKER, J. K; HOSEUS M. e CENTER FOR QUALITY PEOPLE AND ORGANIZATIONS. **A Cultura Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- LOBO, R. N. **Gestão da Qualidade**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2010.
- MIGUEL, P. A. C.; et. al. **Metodologia da pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- NASCIMENTO, L. P. **Elaboração de projetos de pesquisa: monografia, dissertação, tese e estudo de caso, com base em metodologia científica**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- NASCIMENTO, W. **Dobradeira viradeira**. 2010. Disponível em: < <https://wagner-nascimento.webnode.com.br/dobradeira-viradeira/> >. Acesso em 01 out 2019.
- PRIMA POWER. **Prensa dobradeira elétrica / CNC**. 2019. Disponível em: <<https://www.directindustry.com/pt/prod/prima-power/product-9328-869839.html>>. Acesso em 01 out 2019.
- RADAN. **Programações e simulações "offline" para dobradeiras**. 2019. Disponível em:< <http://www.radansoftware.com.br/bending/radanradbend>>. acesso em: 27 out 2019.
- RAHULKUMAR, S. H. **Advances in metal forming**. Berlin: Springer-Verlag, 2015.

SCHELLENBERG. **Prensa dobradeira hidráulica sincronizada CNC**. 2019. Disponível em: <<https://www.schellenberg.com.br/prensa-dobradeira-hidraulica-cnc>>. Acesso em: 01 out 2019.

SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **TQM: quatro revoluções na gestão da qualidade**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

SYAMAL, M. **Metal Fabrication Technology**. Publicado por Asoke K. Ghosh, 2011.

TOFFANO, M. V. N; FREIRE, A. A.; CARVALHO, R. A.; HORA, H. R. M. **Enterprise Resource Planning (ERP): Uma revisão sistemática entre os anos de 2007 à 2017**. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. XVI SEGet. 2018. Resende. Anais... Rio de Janeiro, 2018.

TOLEDO, J. C.; BORÁS, M. Á. A.; MERGULHÃO, R. C.; MENDES, G. H. S. **Qualidade: gestão e métodos**. Rio de Janeiro : LTC, 2017. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2195-9/cfi/10!/4/2@100:0.00>>. Acesso em: 18 set. 2019.

TRUMPF. **TruBend série 3000**. 2019. Disponível em: <https://www.trumpf.com/pt_BR/produtos/maquinas-sistemas/dobradeiras/trubend-serie-3000/>. Acesso em 04 ago. 2019.

TUBINO, D. F. **Manufatura enxuta como estratégia de produção: a chave para a produtividade industrial**. São Paulo: Saraiva, 2015.

VERGARA, S. C. - **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

WILSON TOOL. **Ferramentas de dobra**. 2019a. Disponível em: <<https://www.wilsontool.com/en-US>> Acesso em: 30 jun 2019.

WILSON TOOL. **Ferramentas de dobra**. 2019b. Disponível em: <<https://www.wilsontool.com/en-US/Products/Bending/American-Planed/Special/Hemming>>. Acesso em 01 out 2019.

WILSON TOOL. **Treinamento técnico de processos em dobradeiras CNC**. Manual Técnico, 2017.